

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-I
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA**



SKRIPSI

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN BIOARANG DARI
KOTORAN HEWAN BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51**

Disusun Oleh :
IMAM SUSANTO
99.17.136



OKTOBER, 2005

LEMBAR PERSETUJUAN



PERANCANGAN DAN PEMBUATAN BIOARANG DARI KOTORAN HEWAN BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51

SKRIPSI

*Disusun Dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektronika Strata (S-1)*

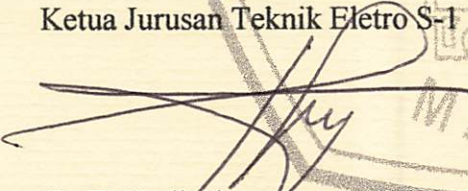
Disusun Oleh :

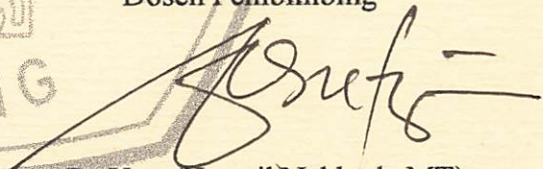
IMAM SUSANTO

99.17.136

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Disetujui
Dosen Pembimbing


(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP. Y. 1039500274


(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP. Y. 1018800189

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
2005**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA S-1

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : IMAM SUSANTO
Nim : 99.17.136
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Elektronika S-1
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Bioarang Dari Kotoran Hewan Berbasis Mikrokontroler AT89S51

Diperiksa dihadapan tim penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari : Jum'at
Tanggal : 7 Oktober 2005
Dengan Nilai : 78.25 (B⁺)




(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
Ketua

Malang, 12 Oktober 2005
Disetujui



(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
Sekretaris

Anggota Tim Penguji



(Ir. Widodo P. M, MT)
Penguji I



(Cahyo Crysdiyan, Msc)
Penguji II

LEMBAR PERSEMBAHAN

MANUSIA BAPAT BERTANUTIRAN
MANUSIA BAPAT BERTANUTIRAN
NAMA MANUSIA TAN BAPAT
BERTANUTIRAN

SEIAMA JA MASHA SEUJA SEPAWA
TANUNJA SEINERJ

UCAP`Q TRIM`S BUAT



The bast family di Kumai Kalian sangat berati bagi hidupku, Ayah engkau pigur bapak yang kami banggakan dan kami semua sangat sangat membanggakan engkau, Uma engkau seorang ibu yang sangat sangat menyayangi n merawat kami dengan telaten juga sabar meliat tingkah laku kami.



Brotier trim` s atas nasehat n dukungan yang kam berikan keabang. Semoga Kelak Abang dapat memberikan yang terbaik buat Kam, Kaka, dan Ayah Uma. Teruskan Kufiahmu dan wujudkan keinginan Ayah Uma.



Kakak Abang, Selam pergunakan kalian belum pernah aq ucapkan selamat menempuh hidup baru, Bang aq minta jaga kaka qu karna dia satu-satunya kaka kami. Kaka terima kasih atas perhatian kaka selama aq kefilangan semangat hidup kemaren, Trim` s sister, you thebast and you is true sister.



Imam teruslah berjuang mungkin ini cobaan yang ALLAH S.W.T. berikan kekamu. Ingat dan Yakini! Tuhan takkan akan memberikan cobaan diatas kemampuan hamba-hambanya.



Sarfah erdawati atau Ida kamu emang tak mudah ditaklukkan. Seandainya emang kita kelak berjodoh Puja Puji dan Sujud Syukur Aq haturkn ke-Madirat ALLAH S.W.T. dan jikalau kita tak berjodoh tetaplh kamu menjadi teman, sobat yang terbaikku.



M. Irwan Riyadi, ST. Kisah percintaan dan orang yang kita cintai hampir sama pendek dan meninggalkan kita, tapi tetaplah Semangat semangat sama pendek dan meninggalkan kita, tapi tetaplah Semangat semangat, teruslah berjuang kita gapai impian selama kita dimalang. Banjar ada di depan mata n sebentar lagi ada ditangan kita.



Hendara K, J, ST. Sebelumnya selamat atas pernikahan kalian, kapan plening pembuatan sibubahan hati. Sadang sudah bet-obat jagan bebinian haja yang di gawi. Doa kami semoga kalian bahagia sampai tuha.



Dian sang korban bom bali II. Teruslah berjuang kita taklukkan banjar masin setalah kita semua L'ULUS dari ITN yang tercinta. Trim's atas kendaraanya dan TV nya, yang selalu menemani sampai terlelap tidur.



Siska ratna sari, encis panggilanannya. Cis aksirnya abah L'ULUS juwa, teruskan perjuangan kam, jangan putus asa. Cis makasih atas telponnya untuk mengurus mama kam yang meninggalkan abah. Dia memang penghianat dan munafik,

Semua teman-teman aku yang tak dapat didapat aku sebutkan satu persatu karna masalah duit yang kurang dan waktu yang handak habis.

spesial buat IDAR, LEHA

Trim's atas bantuannya selama aku menghadapi teman mu yang penghianat cinta itu. Takkan aku lupakan pahitnya cinta yang dia berikan ke hatiku hanya tuhan yang dapat membalas semua itu.

Spesial Bak MISTI

Trim's bak atas saran-sarannya. Bak hanya tuhan n aku berjanji akan memberikan hadiah yang spesial buat bak misti. Emba tempat aku curhat tentang adek bak yang meninggalkan aku dan menikah dengan orang lain.

WAHID, ST. NATORA, ST. FILLIP, ST.

TRIM'S ATAS SEMUA ILMU YANG KALIAN BERIKAN SEMOGA AKU DAPAT MEMBALAS KELAK,

PAK DULAH SEKELUARGA, PAK WASI KELEUARGA, PAK SAMALI DAN SEMUA ORANG YANG TELAH MEMBANTU MENYELESAIKAN SKRIPSI INI SAMPAI TUNTAS

AKHIRNYA ST JUGA AKU

AMIN...N

ABSTRAKSI

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN BIOARANG DARI KOTORAN HEWAN BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51.

(Imam susanto, 9917136, Teknik Elektro/Elektronika S1)
(Dosen Pembimbing: Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)

Kata kunci : Penggiling Pengering dan Mikrokontroler AT89S51

Dalam skripsi ini dibahas sebuah perancangan dan pembuatan suatu kontrol yang berbasis mikrokontroler yang diaplikasikan pada sistem kontrol suhu dan kelembaban pada proses pembuatan bahan baku bioarang.

Perancangan dan pembuatan alat ini menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai pengendali utama dan beberapa komponen pendukung, antara lain: sensor suhu untuk mendeteksi suhu pengeringan, sensor kelembaban air untuk mendeteksi presentase dari kelembaban bahan baku, *driver heater*, *driver motor* dan komponen mekanis lainnya.

Adapun untuk mengasilkan panas didapat dari kawat *nikelin* yang dirancang dan dihubungkan ke tegangan jala-jala PLN/AC 220 Volt, panas yang dihasilkan oleh kawat *nekelin* sebesar 100°C dengan *output* penguatan sebesar 1.95 V dan untuk menegetahui presentase dari keringnya bahan baku bioarang dari kotoran hewan ini dipergunakan sebuah sensor kelembaban air, kelembaban disini diseti sebesar 35% pada suhu 35°C.

PERENCANAAN DAN PERILAKU MOTOR DAN KONTROL
SISTEM BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51

(Jurnal sains, 9917130, Teknik Elektronika 21)
(Dosen Pembimbing: Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)

Kata kunci : Perancangan dan Mikrokontroler AT89C51

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam perancangan dan pembuatan suatu kontrol yang berbasis mikrokontroler yang diimplementasikan pada sistem kontrol suhu dan kelembaban pada proses pembuatan bahan baku bioarang. Perancangan dan pembuatan alat ini menggunakan mikrokontroler AT89C51 sebagai pengendali utama dan beberapa komponen pendukung lainnya. Untuk mendeteksi suhu untuk mendeteksi suhu pengeringan, sensor kelembaban air untuk mendeteksi presensi dan kelembaban bahan baku, wave sensor, wave motor dan komponen lainnya lainnya.

Adapun untuk mengasalkan panas didapat dari kawat wick yang dibanangi dan dihubungkan ke tegangan jala-jala PLN. 220 V. Panas yang dihasilkan oleh kawat wick ini sebesar 100°C dengan waktu pengisian sebesar 1,92 V dan untuk mengetahui presensi dan kelembaban bahan baku bioarang dari korosi bahan ini digunakan sensor kelembaban air. Kelembaban ini dapat diukur sebesar 32% pada suhu 32°C.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah S.W.T, karena oleh rahmat dan anugrah-Nya semata maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“PERANCANGAN DAN PEMBUATAN BIOARANG DARI KOTORAN HEWAN BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51”**

Skripsi ini merupakan syarat yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa untuk dapat memperoleh gelar kesarjanaan di jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Elektronika Institut Teknologi Nasional Malang.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada:

- Seluruh keluargaku yang kucintai dan kusayangi diatas segala-galanya, yang telah memberikan semangat dan kekuatan agar tercapainya skripsi ini.
- Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi,MSEE selaku rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- Bapak Ir. Ir. Yusuf Ismail Nakhoda,MT selaku dosen pembimbing skripsi atas arahan, dorongan serta dukungan materi ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono,MT selaku ketua Jurusan Teknik Elektro konsentrasi Elektronika Fakultas Teknologi Industri Institut / Teknologi Nasional Malang.

- Yang sangat Terkasih “**Margiani**” yang telah meluluh lantahkan cinta kasih sayang kita selama bertahun-tahun, tapi “**You Is Thebest In My Heart**”

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini memiliki kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi sempurnanya laporan ini.

Akhir kata dari penulis mengharapkan semoga apa yang penulis kerjakan dapat bermanfaat dan dapat dimanfaatkan bagi kebaikan semua pihak.

Malang, Oktober 2004

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Pembahasan	4
1.4 Metodologi	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Pembahasan	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1. Mikrokontroller AT89S51	7
2.1.1. Pendahuluan	7
2.1.2. Perangkat Keras Mikrokontroller AT89S51	8
2.1.3. Konfigurasi Pena-Pena Mikrokontroller AT89S51	9
2.1.4. Struktur Memori	13
2.1.5. Port I/O	16

2.1.6. Port Timer	16
2.2. Analog To Digital Converter (ADC)	20
2.3. Penguat (OP-AMP)	22
2.3.1. Penguat Pembalik (<i>Inverting Amplifier</i>)	23
2.3.2. Penguat Tidak Membalik (<i>Non Inverting Amplifier</i>)	25
2.3.3. Pengikut Tegangan (<i>Voltage Follower</i>)	26
2.3.4. Penguat Differensial	28
2.4. Tranduser	29
2.5. Sensor Suhu LM 35	31
2.6. Sensor Kelembaban Air	32
2.7. LCD	33
2.8. Relay	34
2.9. Diac (<i>Diode Alternating Current</i>)	36
2.10. Triac (<i>Triode Alternating Current</i>)	37
BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT	38
3.1. Pendahuluan	38
3.2. Perancangan Minimum Sistem AT89S51	40
3.2.1. Rangkaian Clock Minimum System	42
3.2.2. Rangkaian Reset	42
3.3. ADC (<i>Analog To Digital Converter</i>)	44
3.4. Rangkaian Osilator NE555	46
3.5. Rangkaian Sensor Suhu	47
3.6. Rangkaian Sensor Kelembaban	49
3.7. Rangkaian Driver Heater Dan Motor AC220V	50

3.8. LCD	52
BAB IV PENGUJIAN ALAT	53
4.1. Pengukuran Rangkaian Sensor Suhu	53
4.2. Pengukuran Rangkaian Sensor Kelembaban Air	57
BAB V PENUTUP	62
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran-Saran	

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Blok Mikrokontroler AT89S51	9
Gambar 2.2. Konfigurasi Pena-Pena AT89S51	10
Gambar 2.3. Osilator Eksternal AT89S51	13
Gambar 2.3. Bentuk Dan Pin-Pin ADC 0809	22
Gambar 2.4. Simbol Op-Amp	23
Gambar 2.5. Rangkaian Penguat Pembalik	24
Gambar 2.6. Rangkaian Penguat Tak Membalik	25
Gambar 2.7. Rangkaian Pengikut Tegangan	27
Gambar 2.8. Rangkaian Penguat Defferensial	28
Gambar 2.9. Jenis-Jenis Dan Bentuk LM 35	32
Gambar 2.10. Bentuk Fisik HS15P	33
Gambar 2.11. LCD	34
Gambar 2.12. Symbol Relay	35
Gambar 2.13. Simbol Diac	36
Gambar 2.14. Simbol Triac	37
Gambar 3.1. Diagram Blok Rangkaian	38
Gambar 3.2. Kaki – Kaki Mikrokontroler AT 89S51	41
Gambar 3.3. Rangkaian Clock Minimum Sistem	42
Gambar 3.4. Rangkaian Power On Reset	43
Gambar 3.5. Konversi ADC	45
Gambar 3.6. Rangkaian Osilator Ne555	46
Gambar 3.7. Rangkaian Penguat Sensor Suhu	48

Gambar 3.8. Rangkaian Sensor Kelembaban	49
Gambar 3.9. Rangkaian Driver Heater Dan Motor AC220V	50
Gambar 3.10. Rangkaian Penampil (LCD)	52
Gambar 4.1. Diagram Blok Pengujian Rangkaian Sensor Suhu Dan Op – Amp ..	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Table 2-1. Fungsi Khusus Port	11
Tabel 2-2. Fungsi Khusus Pada Port 3	11
Table 2-3. Alamat Register Fungsi Khusus	14
Tabel 2-4. Timer Mode Register	19
Tabel 2-5. Timer Control Register	19
Tabel 2-6. Spesifikasi Sensor Kelembaban Hs15p	32
Table 4-1. Hasil Pengukuran Pada Rangkaian Sensor Suhu	54
Table 4-2. Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Rangkaian Sensor Suhu	55
Table 4-3. Error Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Rangkaian Sensor Suhu	56
Tabel 4-4. Karakteristik Kelembaban Pada Tiap-Tiap Temperatur	58
Table 4-5. Hasil Pengukuran Rangkaian Sensor Kelembaban Pada Suhu 30°C	58
Table 4-6. Hasil Pengukuran Pada Rangkaian Sensor Kelembaban	59
Tabel 4-7. Error Hasil Pengukuran Dengan Karakteristik Pada Tiap-Tiap Kelembaban.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG MASALAH

Limbah dalam berbagai wujudnya selalu mempunyai kondisi yang negatif, yang harus dihindari atau dimusnahkan. Hampir setiap hari berbagai media cetak maupun elektronik tidak henti-hentinya mengekspos masalah limbah. Berbagai akibat burukpun sering kita dengar akibat terakumulasinya limbah, lebih lebih limbah yang mengandung bahan racun (*toxin*) atau bahan pencemar yang kadarnya melebihi ambang batas toleransi untuk kelangsungan hidup berbagai ragam hayati termasuk manusia.

Walaupun limbah atau bahan pencemaran tersebut kadarnya rendah, namun bila kadarnya naik melampaui ambang batas yang diizinkan oleh Departemen Kesehatan atau WHO maka akan menjadi masalah. Jadi, meskipun limbah atau bahan pencemaran tersebut kadarnya rendah, sebaiknya perlu diatasi dengan berbagai upaya untuk mencegah terkumpulnya limbah tersebut sehingga tidak melebihi ambang batas yang diizinkan. Oleh karena itu, masalah limbah perlu mendapatkan perhatian yang serius sebab limbah atau bahan pencemaran tersebut dapat merusak lingkungan seperti pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran lingkungan biologis yaitu tumbuh-tumbuhan, binatang, dan manusia.

Menurut UU No.4 tahun 1982 tentang lingkungan hidup, pencemaran adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan

ataupun komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan dengan peruntukannya (Martopo, 1994). mengenai wujudnya, bahan pencemaran dapat berupa padat, cair, gas atau merupakan bahan pencemaran antara lain : SO_2 , CO , CO_2 , NO_2 , debu, Pb , As , Hg , NO_3 (nitrat), CN , Cd , Ba , berbagai bahan radioaktif, bahan biologis (bakteri, parasit, jamur dan virus) yang kesemuanya itu merupakan bahan yang bersifat racun (*toxin*), bahkan beberapa diantaranya bersifat *carcinogenic* pada manusia maupun hewan (Martopo, 1990).

Berdasarkan asalnya limbah dapat dibedakan menjadi limbah industri yang berasal dari pabrik-pabrik besar maupun industri rumah tangga dan limbah *non* industri yang berasal dari limbah pertanian dan limbah dari rumah tangga.

Sebagai akibat dari banyaknya usaha dalam bidang peternakan tersebut adalah terakumulasinya limbah peternakan berupa kotoran (*fesses*) dan sisa pakan untuk pupuk kandang atau campuran dalam pembuatan kompos. Namun bila ternyata jumlah limbah terlalu banyak dan tidak segera dimanfaatkan maka akan menimbulkan bau yang kurang sedap disamping dapat menimbulkan berbagai penyakit.

Potensi limbah peternakan di Indonesia cukup besar. Sebagai gambaran dapat dilihat berikut ini: 1 (satu) ekor sapi / lembu dewasa dapat menghasilkan 20 kg/hari (Dyer dan O'Marry, 1973). Berdasarkan data

stasiun komposer lain ke dalam lingkungan dan atau berkegiatan dalam lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Munro, 1990). Mengingat di bidang bahan pencemaran dapat berupa padat, gas atau merupakan bahan pencemaran antara lain : CO₂, CO, NO₂, debu, PM₁₀, PM_{2.5}, H₂S, NH₃, SO₂, HCN dan berbagai bahan beracun lainnya, bahan biologis (bakteri, parasit, jamur dan virus) yang kesemuanya itu merupakan bahan yang bersifat racun (toxic), bahan beracun ditamainya bersifat beracun karena pada manusia maupun hewan (Munro, 1990).

Berdasarkan esensi limbah dapat dibedakan menjadi limbah industri yang berasal dari pabrik-pabrik besar maupun industri rumah tangga dan limbah non industri yang berasal dari limbah pertanian dan limbah dari rumah tangga.

Sebagai akibat dari panyakiknya maka dalam bidang peternakan tersebut adalah terkumpulnya limbah peternakan berupa kotoran (kotoran) dan sisa pakan untuk pupuk kandang atau campuran dalam pembuatan kompos. Namun bila ternak-jumlah limbah ternak dan tidak segera dimanfaatkan maka akan menimbulkan bau yang kurang sedap disamping dapat menimbulkan berbagai penyakit.

Potensi limbah peternakan di Indonesia cukup besar. Sebagai gambaran dapat dilihat bahwa di (satu ekor sapi) 1 tahun dewasa dapat menghasilkan 20 kg/hari (Ader dan O'Kwara, 1973). Berdasarkan data

tersebut, jika dikonversikan dalam perusahaan penggemukan sapi / lembu dengan jumlah antara 1500 - 7500 ekor, maka akan menghasilkan *fesses* sebanyak 30 – 140 ton per hari atau sekitar 10,9 – 51,1 ribu ton per tahun.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa potensi limbah peternakan, khususnya limbah dari usaha peternakan ayam, sapi / lembu cukup besar. Oleh karena itu, tumbuh ide untuk membuat kotoran hewan tersebut menjadi upaya tepat guna yaitu bioarang.

2. RUMUSAN MASALAH

Dalam perencanaan dan pembuatan bioarang dari kotoran hewan berbasis mikrokontroller AT89S51 dapat dirumuskan beberapa permasalahan seperti dibawah ini :

1. Bagaimana cara mendesain perangkat keras (*hardware*) alat otomatisasi pada pelembutan dan pengeringan *fesses* menggunakan mikrokontroller AT89S51.
2. Bagaimana mengontrol peralatan pelembut dan pengering bahan baku bioarang agar bekerja seperti yang diinginkan.
3. Bagaimana cara mendesain perangkat lunak (*software*) alat otomatisasi pada pelembutan dan pengeringan *fesses* menggunakan mikrokontroller AT89S51.
4. Bagaimana Proses Kerja sistem secara keseluruhan dapat bekerja.

tersebut jika dikonstruksikan dalam persamaan pengkomputeran sapi & lembu dengan jumlah antara 1200 - 7500 ekor maka akan menghasilkan kelas sebanyak 30 - 140 ton per hari atau sekitar 10,9 - 31,1 tpa ton per tahun.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa potensi jumlah beternak sapi khususnya jenis dari rasda beternak sapi & lembu cukup besar. Oleh karena itu untuk ide untuk membuat koloni beternak tersebut menjadi lebih baik guna meningkatkan

2. KEMASAN MASAKAN

Dalam beternakan dan pembuatan pangan dan koloni beternak berbasis mikrokontroler AT89251 dapat diwujudkan sebagai berikut ini :

1. Bagaimana cara mendesain perangkat keras (hardware) dan otomasi pada pembuatan dan pengendalian kelas menggunakan mikrokontroler AT89251.

2. Bagaimana mengontrol peralatan pembuatan dan pengeringan bahan pangan pangan agar bekerja seperti yang diinginkan.

3. Bagaimana cara mendesain perangkat lunak (software) dan otomasi pada pembuatan dan pengendalian kelas menggunakan mikrokontroler AT89251.

4. Bagaimana Proses Kerja sistem secara keseluruhan dapat bekerja.

3. TUJUAN PEMBAHASAN

Adapun tujuan dari perencanaan dan pembuatan bioarang dari kotoran hewan berbasis mikrokontroller AT89S51 ini adalah untuk membantu masyarakat serta mengurangi polusi akibat penggunaan bahan bakar yang berlebihan.

4. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis Data

Jenis data digunakan adalah struktur dasar dan arsitektur dari komponennya. Data-data ini dititik beratkan pada perangkat keras (*hardware*).

2. Pengambilan Data

Data yang diperlukan dalam pembuatan skripsi ini berupa data *primer* dan data *sekunder*. Data *primer* yaitu data yang diambil dari hasil pengujian alat sedangkan data *sekunder* data yang diambil dari beberapa *reference* buku panduan, *hand book*, *data sheet*, dan lain-lain.

3. Variable

Variable meliputi mikrokontroller sebagai pengendali *system* keseluruhan alat, *real time clock*, sebagai pemberi data waktu dan *EEPROM* sebagai *media* penyimpan data.

4. Pengujian dan Analisa Data

Melakukan ujicoba *system* yang dibuat apakah sesuai dengan perencanaannya dan melakukan perbaikan-perbaikan pada *system* jika diperlukan. Penerapan konsep teori diperlukan untuk menganalisa data yang diperoleh baik data *primer* ataupun data *sekunder*.

5. Penyusuna Laporan

Penyusunan buku laporan akhir tentang perencanaan dan pembuatan sitem yang telah dibuat sebagai pedoman pengembangan sitem selanjutnya.

5. BATASAN MASALAH

Agar tidak meluas pembahasan didalam penulisan skripsi ini, maka perlu pembatasan masalah sebagai berikut:

1. *Minimum system* yang dirancang menggunakan *Chip AT 89S51* sebagai unit kontrol utama.
2. *Fesses* yang dibahas pada skripsi ini Ayam dan Sapi/Lembu.
3. Pembahasan alat hanya sampai pelembuatan dan pengeringan bahan baku bioarang.
4. Tidak membahas masalah motor.
5. Tidak membahas masalah catu daya / *power supply*.

6. SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Sitematika pembahasan dalam skripsi ini meliputi beberapa pokok bahasan yang terbagi dalam beberapa bab sebagai berikut :

4. Pengujian dan Analisis Data

Menentukan metode review yang dibuat apakah sesuai dengan perencanaan dan melakukan perbaikan-perbaikan pada review jika diperlukan. Penelitian konsep teori diperlukan untuk menganalisa data yang diperoleh baik data review maupun data skripsi.

5. Penyusunan Laporan

Penyusunan buku laporan akhir tentang perencanaan dan pembuatan sistem yang telah dibuat sebagai pedoman pengembangan sistem selanjutnya.

5. BATAUAN MASALAH

Agar tidak meluas pembahasan dibatasi penulisan skripsi ini maka perlu batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dimaksud menggunakan C++ AT 89C231 sebagai unit kontrol utama.

2. Review yang dibahas pada skripsi ini Azim dan Sapriyanto.

3. Pembahasan ini hanya sampai pembuatan dan pengembangan bahan baku program.

4. Tidak membahas masalah motor.

5. Tidak membahas masalah cara data review yang...

6. SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Sistematika pembahasan dalam skripsi ini meliputi beberapa pokok bahasan yang terdapat dalam beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, yang digunakan dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI PENUNJANG

Berisi penjelasan tentang teori-teori dasar yang menunjang dan mendukung perencanaan dan pembuatan alat

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Berisikan penjelasan secara rinci bagian-bagian blok rangkaian yang dirancang.

BAB IV PENGUJIAN ALAT

Berisikan mengenai pengujian dari sistem peralatan yang dibuat.

BAB V PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dan saran untuk perbaikan serta kemungkinan pengembangan lebih lanjut

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan daftar dari buku referensi dan sumber-sumber lainnya yang digunakan dalam penyelesaian skripsi sebagai sarana pendukung dan penunjang.

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi yang digunakan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN TEORI

Berisi penjelasan tentang teori-teori dasar yang menunjang dan mendukung perencanaan dan pelaksanaan di

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBAHATAN ALAT

Berisi perencanaan secara rinci bagian-bagian blok rangkaian yang dimaksud.

BAB IV PENGELOMPOKAN

Berisi mengenai pembagian dan sistem peralatan yang dibuat.

BAB V PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dan saran untuk perbaikan serta kemungkinan pengembangan lebih lanjut.

DALAM BUKU

Berisi daftar dan buku referensi dan sumber-sumber lainnya yang digunakan dalam penyusunan skripsi sebagai acuan pendukung dan penunjang.

BAB II

LANDASAN TEORI

Untuk dapat memahami alat yang akan direncang ini maka dalam bab II ini dijelaskan mengenai teori dasar yang berkaitan dengan sistem ini, diantaranya meliputi: mikrokontroller AT89S51, ADC 0809, LM 35, HS15P, LCD sebagai komponen penunjang dalam pembuatan alat ini.

2.1. Mikrokontroller AT 89S51

2.1.1 Pendahuluan

Perbedaan mendasar antara mikrokontroller dan mikroprosesor adalah mikrokontroller selain memiliki *CPU* juga dilengkapi memori dan input output yang merupakan kelengkapan sebagai system minimum mikrokomputer sehingga sebuah mikrokontroller dapat dikatakan sebagai mikrokomputer dalam kepingan tunggal (*Singge Chip Microcomputer*) yang dapat berdiri sendiri.

Mikrokontroller AT 89S51 adalah mikrokontroller ATMEL yang komputibel penuh dengan mikrokontroller keluarga MCS-51, membutuhkan daya rendah, memiliki *performance* yang tinggi dan merupakan mikrokomputer 8 bit yang dilengkapi 4 Kbyte EEPROM (*Electrical Erasable and Programmable Read Only Memory*) dan 128 Byte RAM internal. Program memori yang dapat diprogram ulang dalam *system* atau menggunakan programmer *Nonvolatile Memory* konvensional. Dalam *system* mikrokontroller terdapat dua hal yang mendasar, yaitu: perangkat lunak dan perangkat keras yang keduanya saling terkait dan mendukung.

2.1.2. Perangkat Keras Mikrokontroller AT 89S51

Secara umum Mikrokontroller AT 89S51 memiliki :

CPU 8 bit termasuk keluarga MCS-51.

- 4 Kbyte *Flash Memory*.
- 128 byte *Internal RAM*.
 - 4 *bank register*, masing-masing berisi 8 *register*.
 - 16 byte yang dapat dialamati pada *bit level*.
 - 80 byte *general purpose memory data*.
- 32 buah Port I/O, termasuk atas P0-P3, masing-masing 8 bit.
- 2 *Timer / conter 16 bit*.
- 2 *Serial Port Full Duplex*
- Kecepatan pelaksanaan intruksi per siklus 1 μ s pada frekuensi *clock* 12 Mhz.
- 2 DPTR (*Data pointe*).
- *Watchdog Timer*.
- *Fleksibel ISP Programming*.

Dengan keistimewaan diatas pembuatan alat menggunakan AT 89S51 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan banyak komponen pendukung lain. Adapun blok diagram dari Mikrokontroller AT 89S51 adalah sebagai berikut:

3.1.3. Perangkat Keras Mikrokontroler AT 89C51

Secara umum Mikrokontroler AT 89C51 memiliki

(VLSI) bit terintegrasi kelengkapan 4102-51.

- 4 Kbyte Flash Memory
- 128 byte Internal RAM
- 4 bank register masing-masing berisi 8 register
- 16 byte yang dapat dilaman pada bit ke-4
- 80 byte general purpose memory data
- 32 buah Port I/O terintegrasi masing-masing 8 bit
- 2 timer counter 16 bit
- 2 serial Port Full Duplex
- Kecepatan pelaksanaan instruksi per siklus 1 Hz pada frekuensi clock 12

Mhs.

• 3 DBTR (Data Pointer)

• Watchdog Timer

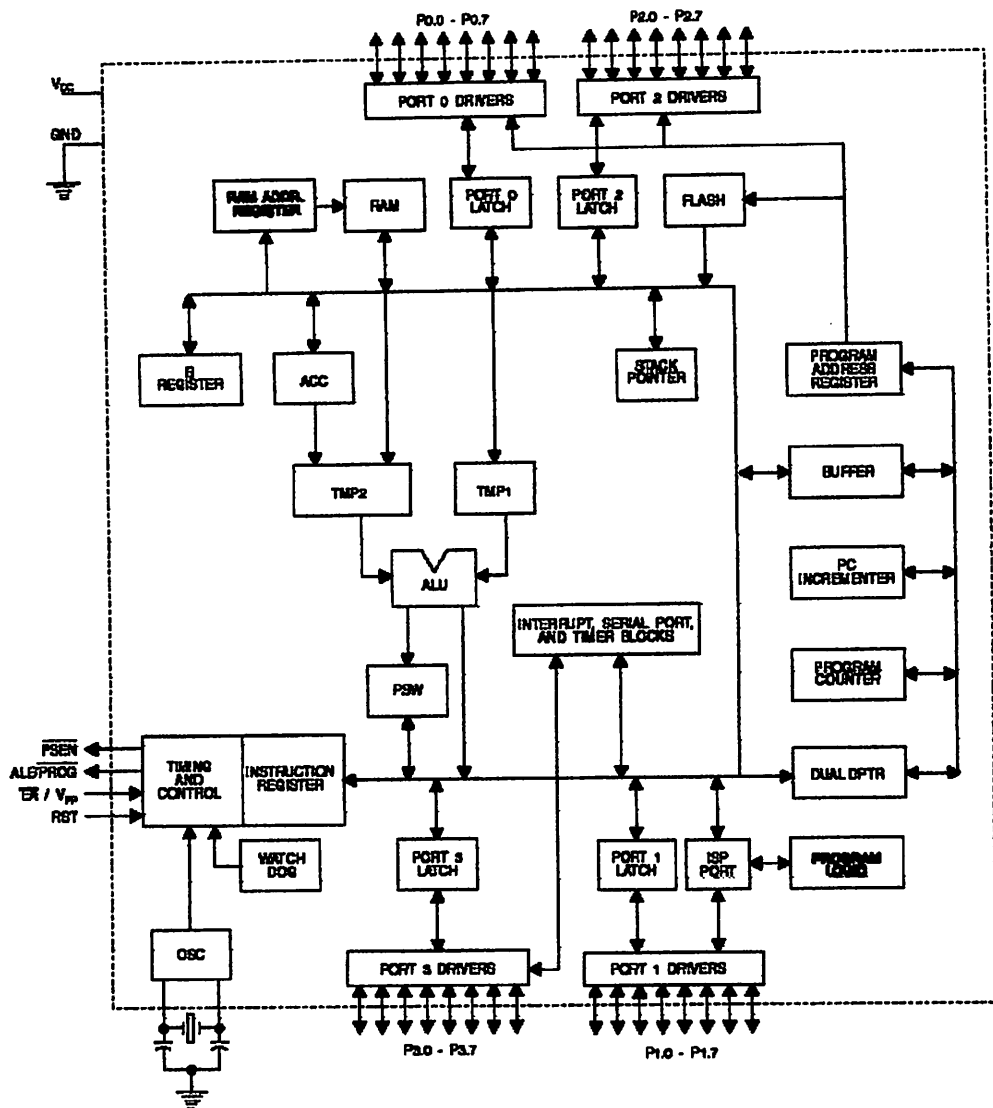
• Fleksibel ISP Programming

Dengan kemampuan diatas pembuatan alat menggunakan AT 89C51

terjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan banyak komponen pendukung

lain. Adapun blok diagram dari Mikrokontroler AT 89C51 adalah sebagai

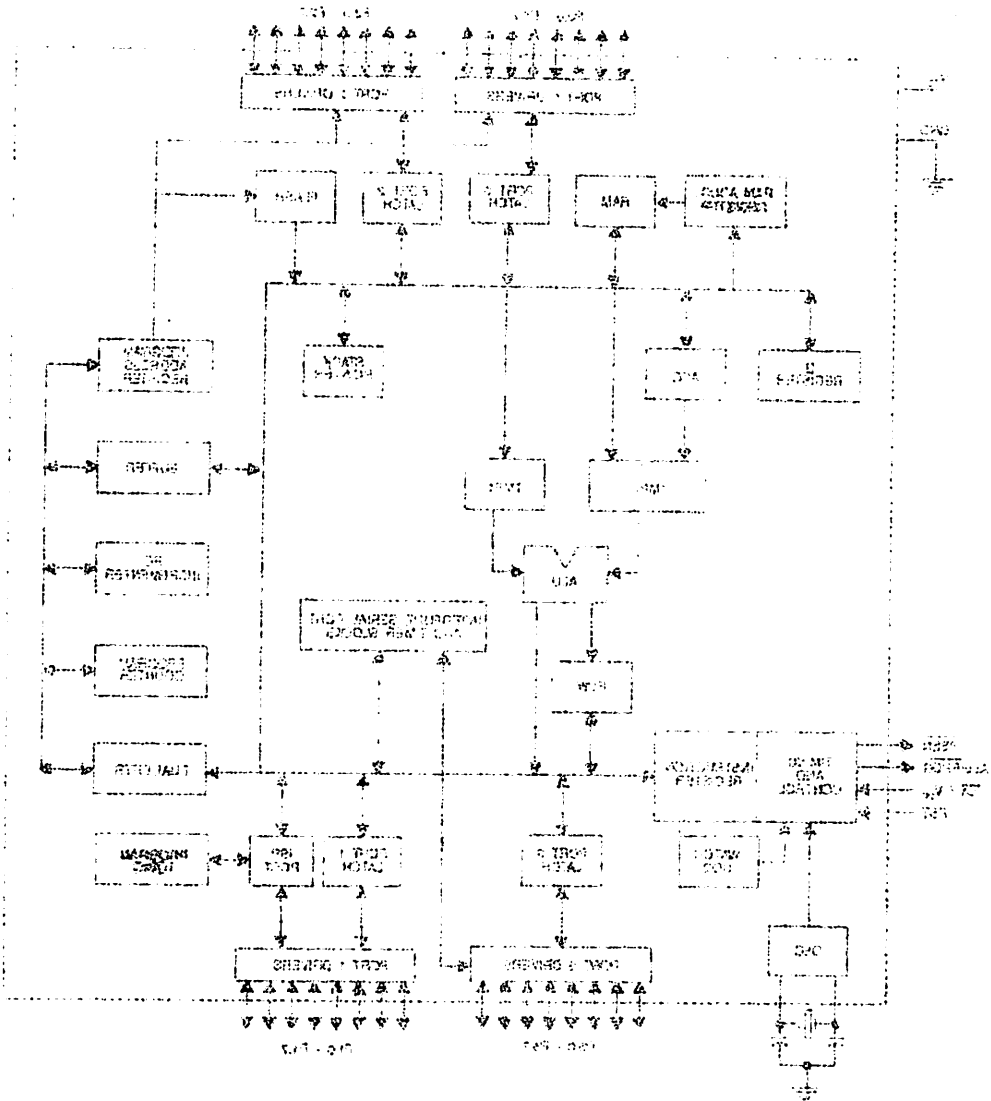
berikut:



Gambar 2.1. Diagram Blok Mikrokontroler AT 89S51^[6]

2.1.3. Konfigurasi Pena-Pena Mikrokontroler AT 89S51

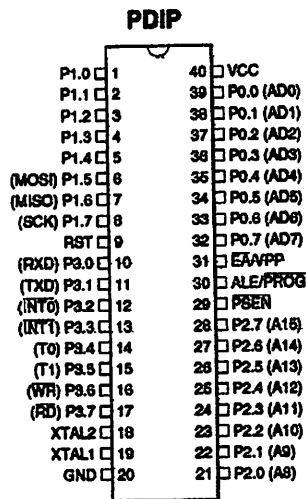
Mikrokontroler AT 89S51 terdiri dari 40 *Pin* dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Blok Mikrokontroler AT 80251

3.1.3. Konfigurasi Pin-Pin Mikrokontroler AT 80251

Mikrokontroler AT 80251 terdiri dari 40 pin dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar2.2. Konfigurasi Pena-Pena AT 89S51^[6]

Fungsi tiap pin-nya adalah sebagai berikut:

- VCC (*Supply* tegangan), pin 40

Dihubungkan dengan sumber tegangan.

- GND (*Ground*), pin 20

Dihubungkan dengan *ground* rangkaian.

- Port 0, pin 32 – 39

Merupakan *port input-output* dua arah, tanpa *internal pull-up* dan konfigurasikan sebagai *multipleks bus* alamat rendah (A₀ – A₇) dan data selama pengaksesan *program memory* dan *data memory external*.

- Port 1, pin 1 – 8

Merupakan *port input-output* dua arah dengan *internal pull-up*. Sebagai masukan, jika kaki-kaki *port 1* dihubungkan ke *ground*, maka masing-masing kaki akan memberikan arus karena di-*pulled high* secara *internal*.

Port1 juga menerima alamat bagian rendah selama pemrograman dan verifikasi flash.

Table 2-1. Fungsi Khusus Port 1^[6]

Port Pin	Alternate Functions
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

Dalam AT 89S51 Port 1 merupakan Port yang digunakan sebagai ISP header.

- Port 2, pin 21 – 28

Merupakan port input-output dua arah dengan internal pull-up. Port 2 mengeluarkan alamat tinggi selama pengambilan program memory external dan selama.

- Port 3, pin 10 – 17

Merupakan port input-output dengan internal pull-up, dimana Port 3 juga memiliki fungsi khusus dan dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 2-2. Fungsi Khusus Pada Port 3^[6]

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

- RST (Reset), pin 9

Merupakan pin yang aktif tinggi (high), pin ini aktif tinggi selama dua siklus mesin ketika osilator bekerja akan mereset peralatan.

Port 1 yang menerima aliran bagian tengah selama pembangunan dan
 verifikasi hasil.

Table 2-1. Fungsi Klasifikasi Port 1

Port Pin	Aliran/Fungsinya
Pin 8	VCC (sumber daya)
Pin 4	VCC (sumber daya)
Pin 1	GND (sumber daya)

Dalam AT 2021 Vow 1 merupakan Vow yang digunakan sebagai VV.

berikut

- Port 2 pin 21 - 28

Mempakan port input-output dan akan dengan secara port 2
 mengeluarkan aliran tinggi selama pengalihan ke bagian bawah
 keluar dan selama

- Port 3 pin 10 - 17

Mempakan port input-output dengan secara port 3 juga
 memiliki fungsi khusus dan dapat dilihat pada table berikut ini

Table 2-2. Fungsi Klasifikasi Port 3

Port Pin	Aliran/Fungsinya
Pin 12	VCC (sumber daya)
Pin 11	VCC (sumber daya)
Pin 10	VCC (sumber daya)
Pin 9	VCC (sumber daya)
Pin 8	VCC (sumber daya)
Pin 7	VCC (sumber daya)
Pin 6	VCC (sumber daya)
Pin 5	VCC (sumber daya)
Pin 4	VCC (sumber daya)
Pin 3	VCC (sumber daya)
Pin 2	VCC (sumber daya)
Pin 1	GND (sumber daya)

- RST (Reset) pin 9

Mempakan pin yang akan tinggi (high) pin ini akan tinggi selama dia
 siklus mesin ketika osilator bekerja akan mereset peralatan

- **ALE (*Address Latch Enable*) / Prog, pin 30**
 Keluaran ALE menghasilkan *pulsa-pulsa* untuk mengancing *byte* rendah alamat selama mengakses *memory external*. Kaki ini juga berfungsi sebagai masukan pulsa *program PROG* selama pemrograman *flash*. Pada operasi normal, ALE akan berpulsa dengan laju 1/6 dari frekuensi kristal dan dapat digunakan sebagai pewaktu atau untuk tujuan *peng-clock-an*.
- **PSEN (*Program Store Enable*), pin 29**
 Pin ini aktif rendah yang merupakan *strobe* pembacaan ke program memori *external*.
- **EA / VPP (*External Access*), pin 31**
 Dapat diberikan logika rendah (*Ground*) atau logika tinggi (+5V). jika diberikan logika tinggi maka mikrokontroller akan mengakses *program* dari ROM *internal* (EEPROM / *Flash Memory*), dan jika diberikan logika rendah maka mikrokontroller akan mengakses program dari memori *external*.
- **X-TAL 1 dan X-TAL 2, pin 19,18**
 Pin ini dihubungkan dengan kristal bila menggunakan *isolator internal*. *X-TAL 1* merupakan masukan ke rangkaian osilator *internal* sedangkan *X-TAL 2* merupakan keluaran dari osilator *internal*. Untuk keperluan ini diperlukan kapasitor penstabil sebesar 30pF. Dan nilai dari *X-TAL* tersebut antara 4 – 24 Mhz. untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar pemasangan *X-TAL* serta kapasitor yang digunakan.

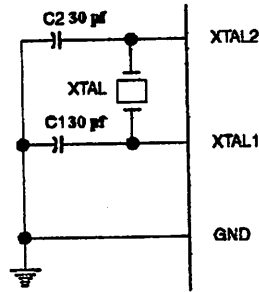
- ALU (Arithmetic Logic Unit) (Fig. 30)

Kelebihan ALU memberikan para-pemakai untuk menghemat biaya dengan alih-alih selama melakukan operasi aritmatika. Kita ini juga bertanggung sebagai masalah pada program yang akan dijalankan oleh ALU. Pada operasi normal, ALU akan bekerja dengan 16 bit dan kemudian hasil dan dapat digunakan sebagai bagian untuk pengkodean.
- PSEN (Program Store Enable) pin 29

Pin ini aktif rendah yang merupakan sinyal pembebasan ke program memori eksternal.
- EA (VPP (Verifying Access)) pin 31

Dapat diberikan logika rendah (low) atau logika tinggi (+5V). Jika diberikan logika tinggi maka mikrokontroler akan mengakses program dari ROM internal (EEPROM / Flash Memory) dan jika diberikan logika rendah maka mikrokontroler akan mengakses program dari memori eksternal.
- X-TAL 1 dan X-TAL 2 pin 19,18

Pin ini dibebankan dengan kristal jika menggunakan sistem waktu. 7-VCC 1 merupakan masukan ke rangkaian osilator waktu sedangkan 7-VCC 2 merupakan keluaran dari osilator waktu. Untuk keperluan ini dibutuhkan kapasitor sebesar 30pF. Dan nilai dari 7-VCC tersebut antara 4 – 24 MHz, untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar pemasangan 7-VCC serta kapasitor yang digunakan.



Gambar 2.3. Osilator Eksternal AT 89S51^[6]

2.1.4. Struktur Memori

AT 89S51 mempunyai struktur *memory* yang terdiri atas :

- **RAM Internal**

Memory 128 *Byte* yang biasanya digunakan untuk menyimpan *variable* atau data yang bersifat *permanent*. *RAM internal* terdiri atas:

- **Register Banks**

AT 89S51 mempunyai delapan buah *register* yang terdiri atas R0 hingga R7. Kedelapan *register* ini selalu terletak pada alamat 00H hingga 07h pada setiap kali *system* direset. Namun posisi R0 hingga R7 dapat dipindah ke *Bank* 1 (08H hingga 0FH), *Bank* 2 (10H hingga 17H) dan *Bank* 3 (18H hingga 1FH), dengan mengatur *bit* RS0 dan RS1.

- **Bit Addressable RAM**

RAM pada alamat 20H hingga 2FH dapat diakses secara pengalamatan *bit* (*bit addressable*), sehingga hanya dengan sebuah instruksi saja setiap *bit* dalam area ini dapat diset, *Clear*, *AND*, *OR*.

- **Keperluan umum**

RAM keperluan umum dimulai dari alamat 30H hingga 7FH dan dapat diakses dengan pengalamatan langsung maupun tak langsung. Pengalamatan langsung dilakukan ketika salah satu *operand* merupakan bilangan yang menunjukkan lokasi dialamti.

- **Spesial Function Register**

Memory yang berisi *register-register* yang mempunyai fungsi-fungsi khusus yang disediakan oleh mikrokontroller tersebut, seperti *timer*, *serial*, dan lain-lain. AT 89S51 mempunyai 21 *special function register* yang terletak pada alamat 80H hingga FFH. Alamat *register* fungsi khusus ditunjukkan pada table 2.3.

Table 2.3. Alamat register fungsi khusus^[6]

Simbol	Nama Register	Alamat
ACC	Accumulator	E0 _H
B	Register B	F0 _H
PSW	Program Statut Word	D0 _H
SP	Stack Pointer	81 _H
DPTR	Data Pointer 2 Byte	82 _H
DPL	Bit Rendah	83 _H
DPH	Bit Tinggi	80 _H
P0	Port 0	90 _H
P1	Port 1	A0 _H
P2	Port 2	B0 _H
P3	Port 3	D8 _H
IP	Interrupt Periority Control	A8 _H
IE	Interrupt Enable Control	89 _H
TMOD	Timer/Conter Mode Control	88 _H
TCON	Timer/Counter Control	8C _H
TH0	Timer/Conter 0 High Control	8A _H
TL0	Timer/Conter 0 Low Control	8D _H
TH1	Timer/Conter 1 High Control	8B _H
TL1	Timer/Conter 1 Low Control	98 _H
SCON	Serial Control	99 _H
SBUF	Serial Data Buffer	87 _H
PCON	Power Control	

Memor yang berisi register-register yang mempunyai tingas-tingas khusus yang disediakan oleh mikrokontroler tersebut seperti word, byte dan lain-lain. AT 89521 mempunyai 21 special function register yang terdapat pada alamat 80H hingga F7H. Alamat ke-80H hingga F7H khusus ditunjukkan pada

• Special Function Register

menyatakan bitangan yang menunjukkan lokasi disaat ini. Pengalaman langsung dilakukan ketika salah satu program diskses dengan pengembangan langsung maupun tak langsung. AT89C51 kebutuhan utama ditinjau dari alamat 80H hingga F7H dan dapat

table 2.3.

Table 2.3. Alamat register fungsi khusus

Alamat	Nama Register	Simbol
80H	Accumulator	ACC
81H	Register B	B
82H	Program Status Word	PSW
83H	Stack Pointer	SP
84H	Data Pointer 2 byte	DPTR
85H	Bit Register	DIR
86H	Bit Tingga	DPH
87H	Port 0	P0
88H	Port 1	P1
89H	Port 2	P2
8AH	Port 3	P3
8BH	Interrupt Enable Control	IE
8CH	Interrupt Enable Control	IE
8DH	Timer/Counter 0 Mode Control	TMOD
8EH	Timer/Counter Control	TCN
8FH	Timer/Counter 0 High Control	TH0
90H	Timer/Counter 0 Low Control	TL0
91H	Timer/Counter 1 High Control	TH1
92H	Timer/Counter 1 Low Control	TL1
93H	Serial Control	SCON
94H	Serial Data Buffer	SBUF
95H	Power Control	PCON

Beberapa macam *register* fungsi khusus yang sering digunakan adalah sebagai berikut ini:

- *Accumulator* (ACC) merupakan register untuk penambahan dan pengurangan perintah *mnemonic* untuk mengakses akumulator disederhanakan sebagai A.
- *Register B* merupakan *register* khusus yang berfungsi melayani operasi perkalian dan pembagian.
- *Stack Pointer* (SP) merupakan register 8 bit yang dapat diletakkan di alamat manapun pada *RAM internal*.
- 2 *Data Pointer* (DPTR) terdiri dari dua *register*, yaitu untuk *byte* tinggi (*Data Pointer High*, DPH) dan *byte* rendah (*Data Pointer Low*, DPL) yang berfungsi sebagai pengunci alamat 16 bit.
- *Port 0* sampai *Port 3* merupakan *register* yang berfungsi untuk membaca dan mengeluarkan data pada port 0, 1, 2, 3. masing-masing *register* ini dapat dialamati per-*byte* maupun per-bit.
- *Control Register* terdiri dari *register* yang mempunyai fungsi control. Untuk mengontrol system *interrupsi*, terdapat dua *register* khusus, yaitu *register* IP (*Interrupt Priority*) dan *register* IE (*Interrupt Enable*). Untuk mengontrol pelayanan *timer/counter* terdapat *register* khusus, yaitu *register* TCON (*Timer/counter conter*) serta pelayanan *port* serial menggunakan *register* SCON (*Serial Port Control*).

Beberapa macam register kelas yang sering digunakan adalah:

sebagai berikut ini:

- **Acronyms (ACC)**: merupakan register untuk berpindah dan berpindahan perintah untuk mengakses skematis

disederhanakan sebagai A.

- **Register B** merupakan register kelas yang berfungsi mengatur operasi perintah dan berpindah.

- **Stack Pointer (SP)** merupakan register 8 bit yang dapat dilekaskan di alamat memori pada 256 memori.

- **Index Register (DIR)** terdiri dari dua register yang untuk mengontrol (Data Pointer, DIR) dan bisa terdiri (Data Pointer, DIR) yang

berfungsi sebagai pengontrol alamat memori.

- **Port 0** sebagai Port 0 merupakan register yang berfungsi untuk membaca dan mengirimkan data pada port 0. 1, 2, 3 masing-masing register ini

lebar diizinkan ber-funcion sebagai

- **Control Register** terdiri dari register yang mempunyai fungsi control. Untuk mengontrol sistem mikroprosesor dan register kelas yang

register IP (Instruction Pointer) dan register IE (Interrupt Enable) untuk mengontrol program yang akan dijalankan register kelas yang

register IO (Input/Output Control) serta register port serial menggunakan register SOC (Serial Output Control).

- **Flash PEROM**

AT 89S51 memiliki 4Kb *Flash PEROM (Programmabel and Erassable Read Only Memory)*, yaitu ROM yang dapat ditulis ulang atau dihapus menggunakan sebuah perangkat *Programmer*. Program yang ada pada *Flash PEROM* akan dijalankan jika pada saat *system* direset, pin EA/VP berlogika satu sehingga mikrikontroller aktif berdasarkan program yang ada pada *flash PEROM*-nya. Namun jika EA/VP berlogika nol, mikrikontroller aktif berdasarkan program yang berada pada memori *eksternal*.

2.1.5. Port I/O

Port Input/Output merupakan salah satu bagian / element yang berfungsi sebagai jalur keluar/masuk dengan *hardeare* lain.

Mikrokontroller ini memiliki 4 *port I/O* dimana tiap *port* memiliki 8 *bit* jalur data. Selain itu untuk *Port* ke tiga terdapat beberapa fungsi khusus diantaranya.

2.1.6. Port Timer

AT 89S51 mempunyai dua buah data *timer*, yaitu *Timer 0* dan *Timer 1* yang keduanya bias berfungsi sebagai *counter* ataupun sebagai *timer*. Secara fisik sebetulnya *timer* juga merupakan rangkaian *T Flip-Flop* yang dapat diaktifkan dan dinon-aktifkan setiap saat. Perbedaannya terdapat pada sumber *clock* dan aplikasinya. Jika *timer* memiliki sumber *clock* dengan frekuensi tertentu yang sudah pasti sedangkan *counter* mendapatkan sumber *clock* dari pulsa yang hendak dihitung jumlahnya. Aplikasidari *counter* atau penghitung biasa digunakan untuk

AT 80251 memiliki 4Kb kelas PEROM (Programmed Read Only Memory) yang dapat ditulis ulang dan diprogram menggunakan sebuah program Assembler. Program yang ada pada kelas PEROM akan dihapuskan jika pada saat sistem direset. Pada AT 80251, beberapa mikrokontroler dapat berespon dengan program yang ada pada kelas PEROM-ges. Namun jika AT 80251 memiliki mikrokontroler akan berespon program yang berada dalam memori eksternal.

2.1.5. Port I/O

Port I/O dapat merupakan salah satu bagian elemen yang penting sebagai jalur komunikasi dengan mikrokontroler. Mikrokontroler ini memiliki 4 port I/O dimana tiap port memiliki 8 bit jalur data. Selain itu untuk port ke tiga terdapat beberapa fungsi khusus diantaranya:

2.1.6. Port Timer

AT 80251 mempunyai dua buah data timer yaitu Timer 0 dan Timer 1 yang keduanya bisa berfungsi sebagai counter sebagai timer. Secara fisik sebenarnya timer juga merupakan rangkaian T flip-flop yang dapat diaktifkan dan dinon-aktifkan setiap saat. Perbedaananya terdapat pada sumber clock dan aplikasinya. Jika timer memiliki sumber clock dengan frekuensi tertentu yang sudah pasti sedangkan counter mendapatkan sumber clock dari pulsa yang hendak dihitung jumlahnya. Aplikasinya timer akan sangat penting pada digambarkan untuk

aplikasi menghitung jumlah yang terjadi dalam periode tertentu sedangkan *timer* atau pewaktu bias digunakan untuk aplikasi menghitung lamanya suatu kejadian yang terjadi.

Kedua *timer* pada AT 89S51 masing-masing memiliki 16 *bit countet* yang mampu diatur keaktifan maupun mode operasinya, *direset*, dan diset dengan harga tertentu. Untuk mengatur *timer* ini AT 89S51 mempunyai 6 buah *Special Function Register*.

Cara Kerja Timer

Operasi dari *timer* memerlukan sumber *clock* yang didapat dari *eksternal* ataupun *internal*. Jika *timer* menggunakan sumber *clock* dari *eksternal* pin T0(P3.4) berfungsi sebagai *input clock*. Untuk menjadikan sumber *clock eksternal* sebagai sumber *clock timer* maka *bit C/T* dari *register* TMOD harus diset atau berkondisi *high*. Jika *bit C/T* berkondisi *high*, saklar akan menggunakan sumber *clock timer* ke-pin Tx (T0 untuk *Timer 0* dan T1 untuk *Timer 1*).

Jika digunakan sumber *clock internal*, *input clock* tersebut berasal dari *oscillator* yang telah dibagi 12. Untuk ini *bit C/T* dari *register* TMOD harus di *clear* atau berkondisi *low* sehingga saklar akan menghubungkan sumber *clock* dengan *oscillator* yang telah dibagi 12.

Untuk mengaktifkan *timer* dapat dilakukan melalui *hardware* ataupun *software*. *Timer* baru akan aktif setelah mendapat sumber *clock* dan saklar SPST yang terletak antara saklar yang dikontrol oleh *C/T* dan *timer* terhubung sehingga sinyal *clock* dari sumber *clock* akan mengalir masuk ke *timer*. Sedangkan saklar tersebut jika mendapat logika *high* dari *output* gerbang *AND*.

aplikasi monitoring jumlah yang terjadi dalam periode tertentu secara berkala
atau secara bias digunakan untuk aplikasi monitoring jumlah suatu kejadian
yang terjadi.

Kedua water pada AT 82521 masing-masing memiliki 10 pin counter yang
menyapa jatin keaktifan maupun tidak operasinya, driver dan diat dengan harga
tertentu. Untuk menganti water ini AT 82521 mempunyai 6 buah pin
kontrol lainnya.

Gara Kerja Jumer

Operasi dari water memutarakan sumber clock yang dibayar dan diberikan
keaktifan water. Jika water menggunakan sumber clock dan diberikan pin
T0 (P3.4) berfungsi sebagai input water. Untuk menjalakan sumber clock ke water
sebagai sumber clock water maka pin C/T dari register TMOD harus diat satu
berkontribusi jika pin C/T berkontribusi jika aktif akan menggunakan sumber
clock water ke pin T0 untuk water 0 dan T1 untuk water 1.)

Jika diberikan sumber clock water, water clock tersebut beraktif dan
operasinya yang telah diat. Untuk ini pin C/T dari register TMOD harus di
sewa atau berkontribusi sebagai aktif akan menghubungkan sumber clock
dengan operasinya yang telah diat.

Untuk mengaktifkan water dapat dilakukan dengan water sebagai
water. Water ini akan aktif setelah mendapat sumber clock dan aktif 252T
yang teraktif antara aktif yang dikontrol oleh C/T dan water tersebut sehingga
sinyal clock dari sumber clock akan mengalir masuk ke water. Sedangkan aktif
tersebut jika mengaktif logika yang dari water tersebut (7.7).

Sesuai dengan table kebenaran gerbang *AND*, *output* dari gerbang *AND* hanya akan berlogika *high* jika kedua *input*-nya berlogika *high* pula. Jika ada salah satu dari *input*-nya yang berlogika *low*. *Output* akan berlogika *low*. Untuk pengaturan *timer* melalui *software*, keaktifan *timer* hanya ditentukan oleh kondisi *bit* TR0 saja. Oleh karena itu *output* dari gerbang *OR* yang terhubung ke *input* yang lain dari gerbang *AND* dan harus berlogika *high*. Dengan demikian, jika TR0 berlogika *high*, *output* gerbang *AND* akan bergolika *low* dan *timer* akan berhenti.

Agar *output* dari gerbang *OR* berlogika *high*, sesuai dengan table kebenaran dari logika *OR*, cukup salah satu dari *input*-nya saja berlogika *high*. Dengan demikian *output* akan berlogika *high* pula. Untuk pengaturan *timer* melalui *software bit gate* harus berkondisi *low* sehingga hasil inversinya yang merupakan salah satu *input* dari gerbang *OR* berlogika *high*. Hal ini membuat *output* gerbang *OR* selalu berlogika *high* walau apapun yang terjadi pada pin INTx (INT0 untuk *Timer* 0 dan INT1 untuk *Timer*1).

Untuk pengaturan *timer* dengan *hardware*, pin INTx berfungsi sebagai peneti. Oleh karena itu, *bit* TRx harus berlogiak *high*, agar pengaturan *timer* ditentukan oleh *output* dari gerbang *OR*. Agar kondisi *output* dari gerbang *OR* dengan pin INTx maka *bit gate* harus berkondisi *high*.

Jadi kesimpulannya untuk pengaturan *timer* dengan *software* maka *bit* penentu keaktifan adalah TRx sedangkan kondisi dari *bit gate* harus berlogika 0. Untuk pengaturan *timer* dengan *hardware* maka pengaktifan adalah INTx sedangkan *bit gate* dan TRx harus berlogika 1.

Timer Mode Register (TMOD)

Tabel 2.4. Timer control register^[6]

Timer 1				Timer 0			
Gate (1)	C/T (1)	M1 (1)	M0 (1)	Gate (0)	C/T (0)	M1 (0)	M0 (0)

Register TMOD berupa 8 bit register yang terletak pada alamat 89H dengan fungsi setiap bit-nya adalah sebagai berikut:

- Gate : Timer akan berjalan jika bit ini diset dan INT0 (untuk Timer 0)
 ONT 1 (untuk Timer 1).
- C/T : 1 = Counter, 0 = Timer.
- M1 & M0 : untuk memilih Mode.

THx dan TLx

AT 89S51 memiliki dua buah timer yang masing-masing terdiri dari 16 bit dan masing-masing tersimpan dalam dua buah register yaitu THx (untuk timer bit atas) dan TLx (untuk timer bit bawah).

- TH0 : Timer 0 High Byte terletak pada alamat 8AH
- TL0 : Timer 0 Low Byte terletak pada alamat 8BH
- TH1 : Timer 0 High Byte terletak pada alamat 8CH
- TL1 : Timer 0 Low Byte terletak pada alamat 8DH

Timer Control Register (TCON)

Register ini hanya memiliki 4 bit saja, yaitu TCON4, TCON5, TCON6, TCON7, saja mempunyai fungsi berhubungan dengan timer.

Tabel 2.5. Timer control register^[6]

Register Timer 1				Register Timer 0			
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
TCON	TCON	TCON	TCON	TCON	TCON	TCON	TCON
7	6	5	4	3	2	1	0

Tabel 3.4. Timer control register

Timer 1		Timer 0	
Gate (1)	CA1 (1)	Gate (0)	CA0 (0)
1	1	1	1

Keluaran TMOD berupa 8 bit register yang terletak pada alamat 80H dengan fungsi sebagai berikut:

- Gate : Timers akan berjalan jika bit ini diset dan INT0 (untuk Timer 0)
- CA1 (1) (untuk Timer 1)
- CA0 (0) = 1 = Counter 0 = Timer
- CA1 & CA0 : timer memilih Mode

THX dan TLX

AT 8255 memiliki dua buah word yang masing-masing terdiri dari 16 bit dan masing-masing terdistribusi dalam dua buah register yaitu THX (untuk word paritas) dan TLX (untuk word paritas).

- TH0 : Word 0 High Byte terletak pada alamat 87H
- TL0 : Word 0 Low Byte terletak pada alamat 86H
- TH1 : Word 1 High Byte terletak pada alamat 89H
- TL1 : Word 1 Low Byte terletak pada alamat 88H

Timer Control Register (TCR)

Register ini hanya memiliki 4 bit saja yaitu TCR0, TCR1, TCR2, TCR3. TCR0, TCR1, TCR2, TCR3 memiliki fungsi kebutuhan dengan timer.

Tabel 3.5. Timer control register

Register Timer 1		Register Timer 0	
TCR3	TCR2	TCR1	TCR0
1	1	1	1

Register ini bersifat *addressable* sehingga bit TF1 dapat disebut TCON 7, TR1 sebagai TCON 6 dan seterusnya hingga IT0 sebagai TCON 0.

2.2 Analog to Digital Converter (ADC)

Untuk mengubah sinyal *analog* menjadi sinyal *digital* digunakan *ADC*. Komponen bertugas untuk membantu dalam pengambilan *data analog*, karena *computer* bekerja dalam domain *digital* yang hanya mampu membaca sinyal *digital* saja. Sedangkan banyaknya *system* diluar *computer* menggunakan *system analog*, sehingga sinyal *analog* harus diubah dahulu kedalam bentuk sinyal *digital*.

Salah satu ADC adalah IC 0809, yaitu suatu rangkaian ter-*integrasi* yang terdiri dari komponen penerima data berupa CMOS terintegrasi, multiplexer delapan ke satu saluran dan *control* logika. IC ini merupakan mikroprosesor yang mengubah sinyal analog ke sinyal *digital* dengan metode berurutan (*successive approximation*). *System* kerja mikroprosesor ini dapat digambarkan pada gambar 2.2. Pada gambar tersebut terdiri atas *multiplexer*, *address latch* dan *decoder*, *converter* dan *three state buffer*.

Multiplexer memiliki delapan buah saluran masukan *analog* yang akan dikonversikan ke bentuk *digital*. Dari delapan saluran *analog* yang masuk akan dipilih salah satu secara bergantian dengan logika *control* yang diberikan untuk dikonversikan. *Address latch* dan *decoder* berfungsi mengendalikan *multiplexer*, dimana kombinasi 3 bit alamat akan menunjuk salah satu dari 8 saluran analog untuk dikonversikan. *Sinyal* alamat itu berupa tiga bit alamat A,

Algoritma ini berwujud sebagai rangkaian dari FFT dalam domain DFT.

FFT sebagai DFT dan sebaliknya FFT sebagai DFT sebagai DFT.

3.1 Analisis to Digital Converter (ADC)

Untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital digunakan ADC. Komponen penting untuk memahami dalam pengubahan data analog ke data digital bekerja dalam domain digital yang harus mampu membaca sinyal digital saja. Sedangkan pada bagian analog harus dibantu komputer menggunakan sistem analog sehingga sinyal analog harus diubah dalam keadaan bentuk sinyal digital.

Salah satu ADC adalah IC 0809 yang sangat sederhana dan murah yang terdiri dari komponen pemrosesan data berupa CPU, memori, multiplexer, decoder dan lain-lain yang akan melakukan konversi analog yang diubah menjadi sinyal digital dengan metode pembagian (successive approximation). Sistem kerja mikroprosesor ini dapat digambarkan pada gambar 3.1. Pada gambar tersebut terlihat arus analog yang masuk ke ADC dan keluar sebagai data digital.

Algoritma untuk membaca data digital adalah membaca yang akan dikonversikan ke bentuk digital. Data digital adalah yang masuk akan diolah oleh sistem dengan logika komparasi yang diberikan untuk untuk dikonversikan ke bentuk analog dan sebaliknya mengkonversikan ke bentuk digital. Untuk membaca data digital salah satu dari 8 saluran analog yang akan dikonversikan. Sistem analog ini berupa tiga saluran A,

B, C dan ALE yang berfungsi memberikan tanda kombinasi ketiga alamat suatu saluran adalah sah.

Berikut ini adalah penjelasan dari pin-pin IC 0809.

0. In 0 – In 7

Merupakan jalur masukan *analog* 8 kanal yang tersusun secara *multiplex*. Kanal ini dapat dipilih sewaktu-waktu untuk dikonversikan kesinyal digital dengan mengkombinasikan 3 bit pendekode alamat A, B, dan C.

1. ALE

Merupakan sinyal masukan, digunakan untuk menyatakan bahwa alamat masukan *analog* yang dipilih adalah *valid*.

2. SC (*Star Conversion*)

Sinyal masukan yang digunakan untuk memulai proses konversi sinyal *analog* terpilih.

3. EOC

Sinyal keluaran, sinyal ini akan berlogika tinggi jika proses konversi telah selesai dilakukan.

4. OE

Sinyal masukan yang digunakan untuk mengirimkan data *digital* hasil konversi.

5. D0 – D7

Jalur *data digital* 8 bit hasil konversi, D0 merupakan *Least Significant Bit* (LSB) dan D7 merupakan *Most Significant Bit* (MSB).

6. Ref+ / Ref–

Ը՝ ԽԶԼ - ԲԶԼ -

ԲԱ (ԴԶԲ) զօն ԸԸ առարկան պատշաճացանք ԲԱ (ՄԶԲ)

չարև պատշաճացանք և քաղաք կողմերի ԸԸ առարկան ԴՄԶԻ շահագրգռանք

Զ՝ ԸԸ - ԸԸ

կողմերի

ճանաչ առարկան շահագրգռանք ստոր առարկան զօն պատշաճացանք

Դ՝ ՕԵ

թերև զօների գրգռանք

ճանաչ կողմերի ճանաչ քաղաք կողմերի քաղաք կողմերի կողմերի կողմերի

Զ՝ ԵՕՕ

առարկան զօների

ճանաչ առարկան շահագրգռանք ստոր առարկան ԵՕՕ կողմերի ճանաչ

Զ՝ ԶԸ (ԶԱՄԱՆ ԶԱՅԱՐԱՆ)

առարկան առարկան շահագրգռանք քաղաք կողմերի

առարկան ճանաչ առարկան շահագրգռանք ստոր առարկան քաղաք

Ը՝ ՄԵ

գրգռանք զօների առարկան առարկան և քաղաք կողմերի զօների Զ՝ Ի՝ զօն Ը՝

առարկան կողմերի քաղաք կողմերի զօների զօների զօների զօների

առարկան զօների առարկան առարկան և կողմերի շահագրգռանք զօների

Օ՝ ԻՅ - ԻԶ

առարկան քաղաք կողմերի զօների զօների (Ը՝ ԸՅԸ)

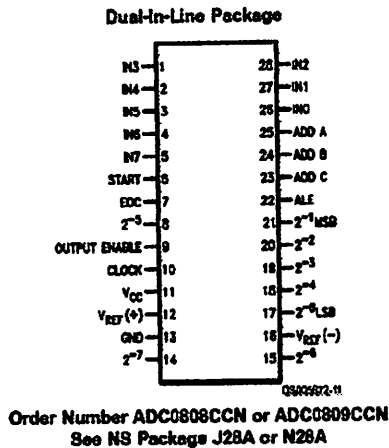
առարկան զօների զօն

Բ՝ Ը՝ զօն ՄԵ շահագրգռանք առարկան զօների կողմերի կողմերի զօների զօների

Pin untuk memberikan referensi tegangan yang diinginkan. Besarnya tegangan referensi ini menentukan besarnya harga LSB.

7. Clock

Merupakan pin untuk memasukan *clock*. *Range* frekuensinya adalah antara 10 – 1280 Khz. Frekuensi *pulsa clock* optimal adalah 640 Khz.



Gambar 2.3. Bentuk dan Pin-Pin ADC 0809^[7]

2.3 Penguat (OP-AMP)

Amplifier atau lazim disebut penguat, dalam suatu rangkaian dapat difungsikan sebagai rangkaian penguat sinyal input, rangkian penjumlahan tegangan *input*, rangkian pembanding anantara 2 sinyal *input*, rangkian *filter* dan masih banyak lagi.

Rangkaian penguat ini sangat sederhana dalam pemakaiannya baik cara merakitnya maupun dalam penggunaannya. Rangkaian ini terdiri dari kombinasi antara Penguat Operasional (Op-Amp) yang dirangkai bersama komponen pasif tahanan atau kondensartor. Dengan kombinasi tersebut di atas maka Op-Amp maka dapat dikembangkan lagi menjadi rangkian yang mempunyai spesifikasi

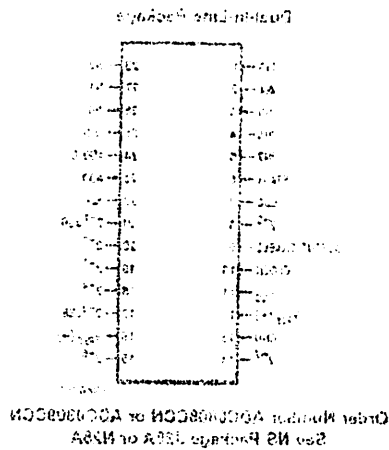
Pin untuk memberikan referensi tegangan yang diinginkan. Biasanya

tegangan referensi ini menandakan besarnya harga USB.

7. Clock

Menggunakan pin untuk menasukakan Clock. Waktu frekuensinya adalah:

antara 10 - 1280 kHz. Frekuensi pada clock optimal adalah 640 kHz.



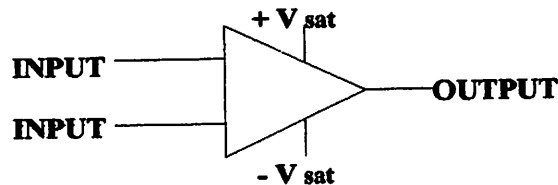
Gambar 2.3. Bentuk dan Pin-Pin AD0008000

2.3. Pengant (OP-Amp)

Amplifier atau lazim disebut pengant, dalam suatu rangkaian dapat difungsikan sebagai rangkaian pembuat sinyal input, rangkaian penjumlahan, rangkaian pembanding antara 2 sinyal yang terdapat. Wew dan masih banyak lagi.

Rangkaian pengant ini sangat sederhana dalam perakitannya baik cara merakitnya maupun dalam penggunaannya. Rangkaian ini terdiri dari komposisi antara Pengant Operasional (Op-Amp) yang diintegrasikan bersama komponen pasif lainnya atau kondensator. Dengan komposisi tersebut di atas maka Op-Amp maka dapat dimanfaatkan bagi berbagai rangkaian yang mempunyai spesifikasi

khusus seperti rangkaian instrumentasi, rangkaian *oscillator*, dan lain sebagainya. Gambar 2.4 menunjukkan simbol dari Op-Amp dengan lima (5) terminal dasar terdiri dari 2 terminal catu daya, 2 terminal input atau masukan yaitu (+) dan (-) dan 1 terminal output atau keluaran dari Op-amp.



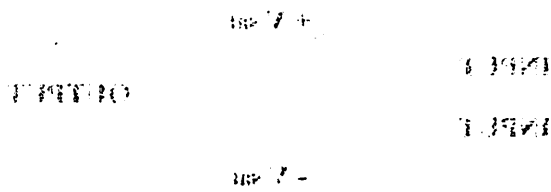
Gambar 2.4. Simbol Op-Amp^[4]

2.3.1 Penguat Pembalik (*Inverting Amplifier*)

Telah diterangkan diatas bahwa salah satu pemakaian Op-amp sebagai penguat. Penguat adalah suatu rangkaian yang menerima sinyal *input* dan menghasilkan sinyal *output* yang tidak berubah serta menjadi lebih besar.

Dasar dari rangkaian penguat ini adalah dengan memberikan tahanan umpan balik antara terminal *output* dengan terminal *input*. Dengan demikian penguatan tidak lagi mengandalkan dari karakteristik Op-amp tetapi sudah tergantung dari besar tahanan umpan balik terhadap tahanan *input* yang ada di terminal *input*. Gambar 2.5 memperlihatkan rangkaian dasar pembalik (*Inverting Amplifier*).

kelas seperti tanggapan instruksional, tanggapan emosional, dan lain sebagainya. Gambar 2.4 menunjukkan simbol yang Op-amp dengan nilai (2) terminal dasar terdapat pada 2 terminal cara daya 2 terminal input dan output yaitu (-) dan (+) dan 1 terminal output dan ketertarikan dan Op-amp.

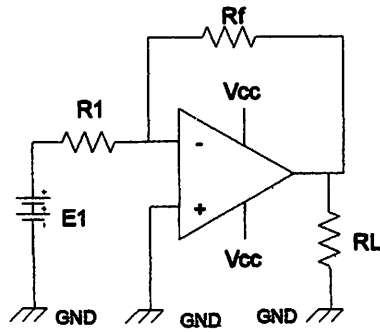


Gambar 2.4 Simbol Op-Amp

3.3.1 Tujuan Pembelajaran (Learning Objectives)

Telah ditunjukkan di atas bahwa setiap satu pemrosesan Op-amp sebagai bagian. Berikut adalah suatu rangkaian yang menentukan sinyal yang dan menghasilkan sinyal output yang tidak berbeda satu dengan yang lebih besar.

Dalam hal rangkaian ini adalah dengan memberikan respon masukan baik secara terminal output dengan terminal input. Dengan demikian rangkaian tidak lagi menggunakan dan karakteristik Op-amp tetapi sudah terdapat dan besar masukan baik terhadap jawaban yang ada di terminal input. Gambar 2.5 menunjukkan rangkaian dasar pembalik (inverting amplifier).



Gambar 2.5. Rangkaian Penguat Pembalik^[4]

Arus yang melewati tahanan R_1 dapat dihitung berdasarkan hukum *Kirchoff* sebesar:

$$I = \frac{E_1}{R_1} \text{ Amp} \dots\dots 1$$

Arus ini akan melewati tahanan umpan balik R_f menuju terminal *output*, dengan melewati tahanan R_f ini, maka besar tegangan di tahanan R_f dapat diketahui sebesar :

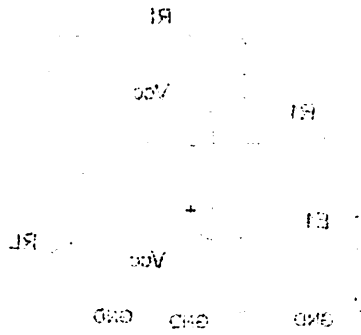
$$V_{Rf} = I \cdot R_f \text{ Volt} \dots\dots 2$$

Dengan memsubtitusikan persamaan 1 dan 2 maka akan dihasilkan :

$$V_{Rf} = \frac{E_1}{R_1} \times R_f \text{ Volt} \dots\dots 3$$

Dari gambar 2.5 bahwa ujung R_f dan R_1 saling berhubungan menjadi satu menyebabkan besar tegangan V_o mempunyai polaritas terbalik terhadap tegangan V_{Rf} bila diukur terhadap *ground* dengan besar tegangan sama, maka tegangan V_o besarnya adalah:

$$V_o = -V_{Rf} = -\frac{E_1}{R_1} \times R_f \text{ Volt} \dots\dots 4$$



Gambar 2. Rangkaian Program Petaliti

Arus yang melewati tabung R₁ dapat dihitung berdasarkan hukum

Kirchoff sebagai

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.1)$$

Arus ini akan melewati tabung unpan balik R₁ menuju terminal output dengan melewati tabung R₂ ini, maka besar tegangan di tabung R₂ dapat

$$V = I \cdot R \quad (2.2)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 1 dan 2 maka akan dihasilkan :

$$V = \frac{V}{R} \cdot R \quad (2.3)$$

Dari gambar 2.2 bahwa output R₁ dan R₂ saling berhubungan menjadi satu menyebabkan besar tegangan V₁ mempunyai polaritas terbalik terhadap tegangan V₂ bila diukur terhadap ground dengan besar tegangan sama, maka tegangan V₁ besarnya adalah :

$$V_1 = -V_2 = -\frac{V}{R} \cdot R \quad (2.4)$$

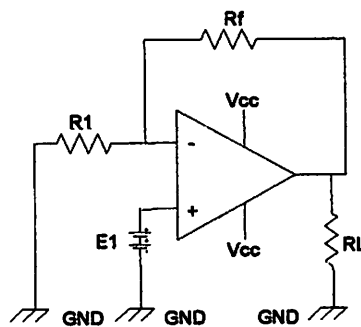
Dengan mengambil definisi dari penguatan A_{ol} yaitu tegangan *output* (V_o) dibagi tegangan *input* (E_1) maka besarnya A_{ol} :

$$A_{ol} = \frac{V_o}{E_1} = -\frac{R_f}{R} \dots\dots\dots 5$$

Tanda minus pada persamaan 4 dan 5 menunjukkan bahwa polaritas tegangan V_o berlawanan dengan polaritas tegangan *input* (E_1). Untuk itu rangkaian ini disebut rangkaian pembalik (*Inverting Amplifier*).

2.3.2 Penguat Tidak Membalik (*Non Inverting Amplifier*)

Selain digunakan sebagai rangkaian penguat pembalik Op-amp dapat pula digunakan sebagai rangkaian penguat tak membalik (*Non Inverting Amplifier*), yaitu sebagai penguat dimana tegangan *output* sephasa dengan *input*-nya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6. Bila tegangan antara terminal *input* (-) dengan terminal *input* (+) terhadap *ground* yaitu sebesar E_1 volt.



Gambar 2.6. Rangkaian Penguat Tak Membalik^[4]

Arus akan melintas tahanan R_1 , dengan arusnya sebesar :

Dengan menggunakan definisi dari potensial \$A\$ yaitu tegangan output (\$V_o\$)

dipada tegangan input (\$E_i\$) maka persamaan \$A_{vL}\$

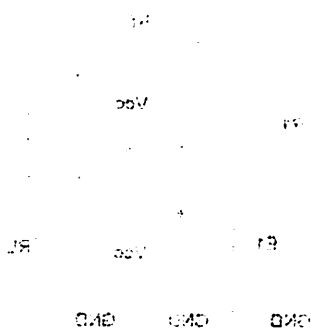
$$A_{vL} = \frac{V_o}{E_i} = -\frac{R_c}{R_e} = -1$$

Terdapat minus pada persamaan 4 dan 5 menunjukkan bahwa polaritas tegangan \$V_o\$ berlawanan dengan polaritas tegangan input (\$E_i\$). Untuk ini rangkaian ini disebut rangkaian pembalik (inverting amplifier).

3.3.2 Rangkaian Tidak Membalik (Non Inverting Amplifier)

Selain digunakan sebagai rangkaian pembalik Op-amp dapat pula digunakan sebagai rangkaian pembalik tak membalik (Non Inverting Amplifier). Rangkaian ini sebagai pembalik dimana tegangan output sefasa dengan inputnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6. Bila tegangan antara terminal input (-) dengan terminal input (+) terhadap common input sebesar

\$E_i\$ volt.



Gambar 3.6. Rangkaian Rangkaian Tidak Membalik

Ini akan membuat tabanan \$K_i\$ dengan output sebesar :

$$I = \frac{E_1}{R_1} \text{ Volt} \dots\dots\dots 6$$

Arah arus tergantung dari polaritas tegangan E_1 , arus akan melewati tahanan umpan balik R_f , maka tegangan di tahanan R_f diperoleh :

$$V_{R_f} = I \times R_f \text{ Volt} \dots\dots\dots 7$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 6 dan 7, maka didapat :

$$V_{R_f} = \frac{R_f}{R_1} \times E_1 \text{ Volt} \dots\dots\dots 8$$

Tegangan *output* V_o dapat diperoleh dari tegangan di R_1 ditambah tegangan di R_f yaitu :

$$V_o = E_1 + V_{R_f}$$

$$V_o = E_1 + \frac{R_f}{R_1} \times E_1 \text{ Volt} \dots\dots\dots 9$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) \times E_1 \text{ Volt} \dots\dots\dots 10$$

Besar penguatan (*gain*) adalah tegangan *output* dibanding dengan tegangan *input*-nya, akan diperoleh :

$$A_{ol} = \frac{V_o}{E_1}$$

$$= \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right)$$

2.3.3 Pengikut tegangan (*Voltage Follower*)

Pembebanan dari suatu rangkaian terhadap *input* lain bila tidak seimbang artinya lebih tinggi dari diisyaratkan oleh pabrik pembuat komponen, akan mempengaruhi kerja dari komponen bahkan rangkiannya sendiri.

$$V = \frac{R_2}{R_1} \text{ Volt} \dots \dots \dots \text{ (1)}$$

Untuk arus tegangan dari potensial tegangan E_1 arus akan mengalir

kekanan menuju pada R_1 maka tegangan di masing-masing resistor

$$V_{R_1} = V \times R_1 \text{ Volt} \dots \dots \dots \text{ (2)}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (1) dan (2) maka didapat :

$$V_{R_1} = \frac{R_1}{R_1} \times \frac{R_2}{R_1} \text{ Volt} \dots \dots \dots \text{ (3)}$$

Tegangan output V_0 dapat diperoleh dari tegangan di R_1 ditambah

tegangan di R_2 yaitu :

$$V_0 = V_{R_1} + V_{R_2}$$

$$V_0 = V + \frac{R_2}{R_1} \times V \text{ Volt} \dots \dots \dots \text{ (4)}$$

$$V_0 = V \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \text{ Volt} \dots \dots \dots \text{ (5)}$$

Resam persamaan (5) adalah tegangan output dibanding dengan

tegangan input-nya akan diperoleh :

$$\frac{V_0}{V} = A_v$$

$$\left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) =$$

2.3.3. Rangkaian Tegangan (Voltage Divider)

Pembesaran dan suatu rangkaian terdapat pada bila tidak

seimbang artinya lebih dari disambungkan oleh pada pembesaran

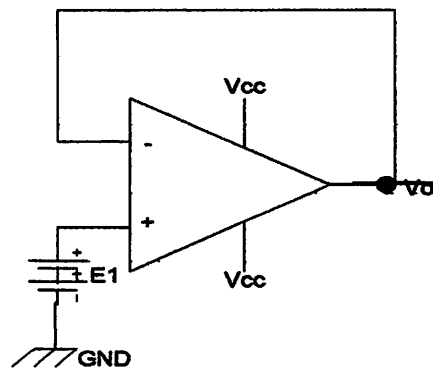
komponen akan mempengaruhi kerja dari komponen bahkan rangkaian

sendiri.

Untuk mengatasi masalah beban ini dapat digunakan suatu rangkaian pengikut tegangan (*Voltage Follower*) sebagai pengaman rangkaian tersebut. Rangkaian pengikut tegangan ini disebut juga sebagai rangkaian penguatan satu, penguat isolasi atau penguat penyangga seperti gambar 2.7

Tegangan *input* dihubungkan ke terminal *input* (+), dimana antara tegangan terminal *input* (+) dan terminal (-) besar tegangannya sama, maka besar tegangan output V_o adalah :

$$V_o = E_1$$



Gambar 2.7. Rangkaian Pengikut tegangan^[4]

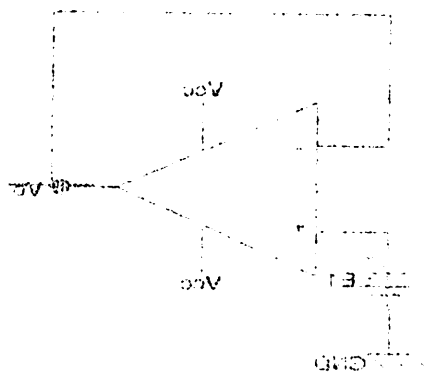
Dari persamaan diatas terlihat jelas bahwa besar tegangan *output* sama besarnya dengan tegangan *input*-nya, maka dikatakan rangkaian ini rangkaian pengikut tegangan (*Voltage Follower*). Sedang penguatan (*Gain*) diperoleh berdasarkan tegangan *output* dibandingkan dengan tegangan *input* atau dapat ditulis.

$$A_{Cl} = \frac{V_o}{E_1} = 1$$

Untuk menganalisis masalah beban ini dapat digunakan suatu transformasi rangkaian dengan tegangan (Thévenin's voltage) sebagai pengganti rangkaian tersebut. Rangkaian pengganti tegangan ini disebut juga sebagai rangkaian pengganti tegangan atau pengganti beban pengganti pengganti sebagai gambar 2.7.

Tegangan open yang dihubungkan ke terminal A dan B (gambar 2.7) adalah tegangan terminal open (+) dan terminal (-) besar tegangan akan sama besar tegangan output V_o adalah :

$$V_o = E_1$$



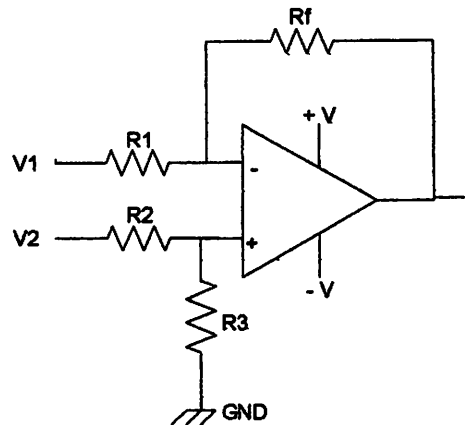
Gambar 2.7. Rangkaian pengganti tegangan

Dari persamaan diatas terlihat jika pada beban pengganti open atau besarnya beban tegangan open akan dikalikan rasio ini rasio pengganti tegangan (Thévenin's voltage). Sebagai pengganti (open) diperoleh berdasarkan tegangan open dibandingkan dengan tegangan open atau dapat ditulis

$$V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s$$

2.3.4 Penguat Differensial

Penguat differensial akan menghasilkan sinyal *output* yang sebanding dengan selisih pada kedua *input*-nya. Gambar dibawah ini adalah rangkiana dari penguat differensial.



Gambar 2.8. Rangkian Penguat Defferensial^[4]

Output dari rangkian diatas dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip superposisi.

Dengan memasukkan $V_2 = 0$ diperoleh

$$V_0 = -V_1 \times \frac{R_f}{R_1}$$

Bila memasukkan $V_1 = 0$, maka

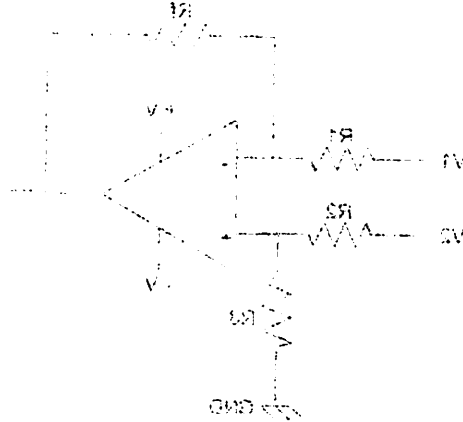
$$V_0 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times V_2 \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right)$$

Output total V_0 adalah penjumlahan kedua hasil diatas

$$V_0 = -V_1 \times \frac{R_f}{R_1} + \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times V_2 \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right)$$

2.3.4 Penguat Differensial

Penguat differensial akan menghasilkan sinyal output yang sebanding dengan selisih pada kedua inputnya. Gambar dibawah ini adalah rangkaian dari penguat differensial



Gambar 2.8. Rangkaian Penguat Differensial

Output dari rangkaian diatas dapat diturunkan dengan menggunakan

prinsip superposisi

Dengan mensuikan $V_2 = 0$ diperoleh

$$V_0 = -V_1 \times \frac{R_3}{R_2}$$

Bila mensuikan $V_1 = 0$ maka

$$V_0 = \frac{R_3}{R_2 + R_2} \times V_2 \times \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right)$$

Output total V_0 adalah penjumlahan kedua hasil diatas

$$V_0 = -V_1 \times \frac{R_3}{R_2} + \frac{R_3}{R_2 + R_2} \times V_2 \times \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right)$$

Jika $R_1=R_2=R_3=R_f$ maka rangkaian differensial akan berfungsi sebagai penguat selisih tegangan dengan $V_0 = V_2 - V_1$

2.4 Transduser

Transduser instrumentasi elektronik terdiri dari sejumlah komponen yang secara bersama-sama digunakan untuk melakukan suatu pengukuran dan pencatat hasilnya. Sebuah *system* instrumentasi umumnya terdiri dari tiga elemen utama, yaitu: peralatan masukan, pengkonsisi sinyal (*signal conditioning*) atau peralatan pegolah, dan peralatan keluaran (*output*)

Besaran masukan pada kebanyakan system instrumentasi bukan besaran listrik, untuk mengubah menggunakan metoda dan teknik listrik pada pengukuran, manipulasi atau pengontrolat, besarnya yang bukan listrik ini diubah menjadi suatu sinyal listrik oleh sebuah alat yang disebut Transduser. Suatu definisi mengatakan bahwa transduser adalah sebuah alat yang bila digerakkan oleh energi didalam bentuk *system* transmisi, menyalurkan energi dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk yang berlainan ke *system* trasmisi kedua. Transmisi energi ini bisa listrik, mekanik, kimia, optik (*radiasi*) atau *termal* (panas).

Transduser dapat dikelompokkan berdasarkan pemakaiannya. Metode pengubahan energi, sifat dasar dari sinyal keluaran dan lain-lain. Semua pengelompokan ini biasanya memperlihatkan daerah yang saling melengkapi. Sedangkan pengelompokan transduser berdasarkan prinsip listrik adalah sebagai berikut :

a. Transduser Pasif

Merupakan transduser yang memerlukan daya luar pada saat menghasilkan perubahan dalam sebuah parameter listrik seperti halnya tahanan, kapasitansi dan lain-lain yang dapat diukur sebagai suatu perubahan tegangan atau arus.

b. Transduser Aktif

Merupakan jenis transduser yang memiliki pembangkit sendiri (*self generatin type*), yang menghasilkan suatu tegangan atau arus analog bila dirangsang dengan suatu bentuk fisis energi. Transduser ini tidak memerlukan daya luar dalam bekerja.

Dengan demikian pemilihan transduser yang sesuai merupakan langkah pertama dan mungkin yang paling penting dalam mendapatkan hasil-hasil teliti. Persyarat ketelitian bagi *system* keseluruhan menentukan derajat terhadap masing-masing faktor yang berkontribusi terhadap ketelitian harus dipertimbangkan. Sebagai faktor-faktor tersebut adalah :

a. Parameter dasar transduser

Merupakan jenis dan rangkuman pengukuran, *sensitivitas* dan *eksitasi*.

b. Kondisi fisik

Memperhatikan sambungan-sambungan mekanis dan elektri, perlengkapan-perengkapan pemasaran, tahanan korusi.

c. Kondisi sekeliling

Memperhatikan efek ketidak *linieran*, efek *histerisis*, respon frekuensi, resolusi.

d. Kondisi lingkungan

Merupakan pengaruh atau efek temperature, percepatan, guncangan dan getaran.

Menetapkan parameter yang menunjukkan daya luar pada saat menghisap
perubahan dalam sebuah parameter fisik seperti halnya tekanan, kapasitas dan
lain-lain yang dapat diukur sebagai suatu besaran tegangan statana.

b. Transducer AKU

Menetapkan jenis transducer yang memiliki pembangkitan sendiri (self)
generasi daya yang menghasilkan suatu tegangan atau arus analog jika
durusang dengan suatu bentuk fisik energi. Transducer ini tidak memerlukan daya
luar dalam bekerja.

Dengan demikian pemilihan transducer yang sesuai merupakan langkah
pertama dan mungkin yang paling penting dalam mendapatkan hasil-hasil teknik
Percobaan ketelitian bagi siswa keseluruhan menentukan bentuk terhadap masing-
masing faktor yang berkontribusi terhadap ketelitian harus dipertimbangkan.
Sebagai faktor-faktor tersebut adalah :

a. Parameter dasar transducer

Menetapkan jenis dan rangkaian perhitungannya, selisih dan akurasi.

b. Kondisi luar

Memperhatikan sambungan-sambungan mekanis dan listrik
perbedaan-perbedaan persamaan tekanan kontrol.

c. Kondisi seeling

Memperhatikan efek ketidak linieran oleh selisih tekanan kontrol
keseluruhan.

d. Kondisi lingkungan

Menetapkan program atau teknik pemeliharaan peralatan, pemrosesan
dan kontrol.

e. Kesesuaian peralatan yang disertakan

Merupakan perlengkapan kesetimbangan nol, toleransi sensitivitas, penyesuaian impedansi.

2.5 Sensor Suhu LM 35

Ic LM 35 merupakan rangkaian *integrasi* untuk *sensor* suhu, yang mana tegangan *output* sebanding dengan $^{\circ}\text{C}$ (*Celcius*) temperatur. Ic LM 35 menghasilkan kenaikan tegangan 10 mV pada outputnya setiap kenaikan suhu 1°C .

Ic LM 35 mempunyai keturunan lebih *linier* dari *sensor* suhu yang di sesuaikan pada 0 *Kelvin*. Sebagai pengguna tidak harus mengurang besar tegangan konstan dari *output* yang mendapatkan skala tetap. IC LM 35 juga tidak memerlukan banyak menkalibrasi *ekternal* atau memberikan keakurasian khusus pada suhu ruangan $\frac{1}{4}$ dan $\frac{3}{4}$ $^{\circ}\text{C}$. Lebih lebar yakni *range* suhu antara -55°C sampai $+155^{\circ}\text{C}$.

Ic LM 35 mempunyai impedansi *output* rendah, *output*-nya linier dan sangat tepat mengkalibrasi dalam *interfase*. Ic LM 35 menggunakan *power supply* tegan positif dan tegan minus.

Ic LM 35 mempunyai beberapa macam antara lain LM 35A, LM 35C, LM 35CA, LM 35D, LM 35 tersedia dalam paket *hermotic* TO-46, yang berbentuk seperti teransistor, sedangkan LM 35A, LM 35C, LM 35 CA tersedia dalam paket palstik TO-92 yang bentuknya seperti transistor. Untuk LM 35D terpaket palstik 8 kaki dengan permukaan agak menonjol.

6. Keseluruhan penelitian yang dilakukan

Melakukan penelitian keseluruhan penelitian yang dilakukan
berdasarkan perbedaan penelitian.

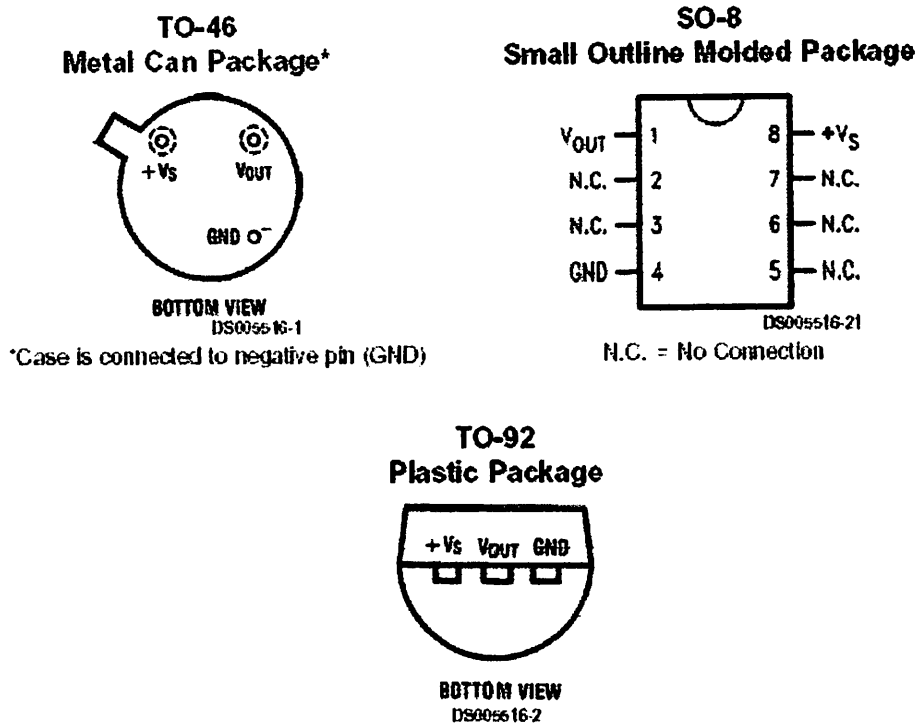
2.2. Keras pada LM 32

LM 32 merupakan rangkaian untuk sensor suhu yang memiliki
tegangan output sebanding dengan $^{\circ}C$ (suhu) temperatur. LM 32
menghasilkan konstanta tegangan 10 mV pada outputnya setiap kenaikan suhu
 $1^{\circ}C$.

LM 32 mempunyai ketahanan lebih lama dan sensor suhu yang di
suarikan pada 0 volt. Sebagai program tidak harus memiliki besar tegangan
konstan dan output yang menghasilkan skala tetap. LM 32 juga tidak
memerlukan banyak ketidakpastian karena akan memberikan kesesuaian linear
pada suhu ruangan $0^{\circ}C$ dan $100^{\circ}C$. Lebih tepat yakni menggunakan $25^{\circ}C$
suhu $0^{\circ}C$ dan $100^{\circ}C$.

LM 32 mempunyai perbedaan output yang rendah, hanya saja dan
sangat tepat mengkalibrasi dalam wilayah. LM 32 menggunakan output yang
terang positif dan tegangan minimal.

LM 32 mempunyai beberapa macam antara lain LM 32A, LM 32C,
LM 32CA, LM 32D, LM 32E tersedia dalam paket berkode TO-46 yang
berbentuk seperti transistor, sedangkan LM 32A, LM 32C, LM 32CA tersedia
dalam paket berkode TO-92 yang berbentuk seperti transistor. Untuk LM 32D
terdapat paket 8 kaki dengan bentuknya agak menonjol.



Gambar 2.9. Jenis-jenis dan bentuk LM 35^[8]

2.6 Sensor Kelembaban Air

Sensor kelembaban merupakan jenis sensor yang resistansinya dapat berubah-ubah tergantung pada kondisi kelembaban udara.

Sensor kelembaban yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah sensor kelembaban jenis HS15P. Sensor kelembaban jenis ini mempunyai spesifikasi seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Spesifikasi Sensor Kelembaban HS15P^[9]

1	<i>Part Name</i>	<i>Humidity Sensor</i>
2	<i>Type</i>	HS15P
3	<i>Storage temperature range</i>	0 ~ 50 °C
4	<i>Storage humidity range</i>	10 ~ 100 %RH
5	<i>Operating humidity range</i>	20 ~ 100 %RH
6	<i>Operating temperature range</i>	0 ~ 50 °C
7	<i>Rated working voltage</i>	AC 1 V (50Hz ~ 1KHz)

Small Outline Model Package

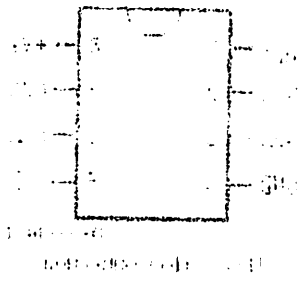


Table 2.1. Specifications of the sensor



Table 2.2. Specifications of the sensor

Table 2.3. Specifications of the sensor

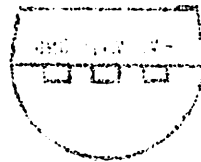


Table 2.4. Specifications of the sensor

Table 2.5. Specifications of the sensor

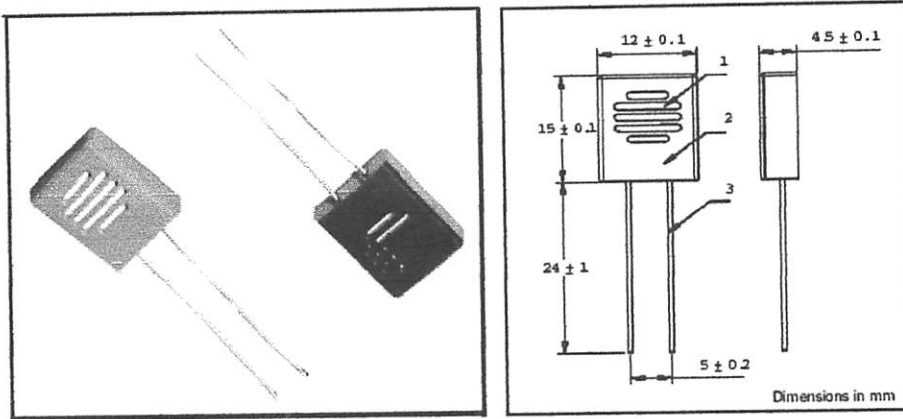
3.0 Sensor Kelembaban Air

Sensor kelembaban merupakan jenis sensor yang fungsinya dapat mendeteksi kelembaban udara. Sensor kelembaban yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor kelembaban jenis HI2131. Sensor kelembaban jenis ini mempunyai spesifikasi seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.6.

Table 2.6. Spesifikasi Sensor Kelembaban HI2131

No	Spesifikasi	Unit
1	Output	Volt
2	Power	Watt
3	Operating temperature range	0 - 50 °C
4	Storage temperature range	-10 - 100 °RH
5	Operating humidity range	20 - 100 %RH
6	Operating temperature range	0 - 50 °C
7	Power supply voltage	AC 1 V (20Hz - 1kHz)

8	<i>Rated power</i>	0.3 mW
9	<i>Standard characteristic</i>	60 K Ω (25 °C, 50 %RH)
10	<i>Tolerance on impedance value</i>	60 \approx 30 K Ω
11	<i>Accuracy</i>	< \pm 5 %RH



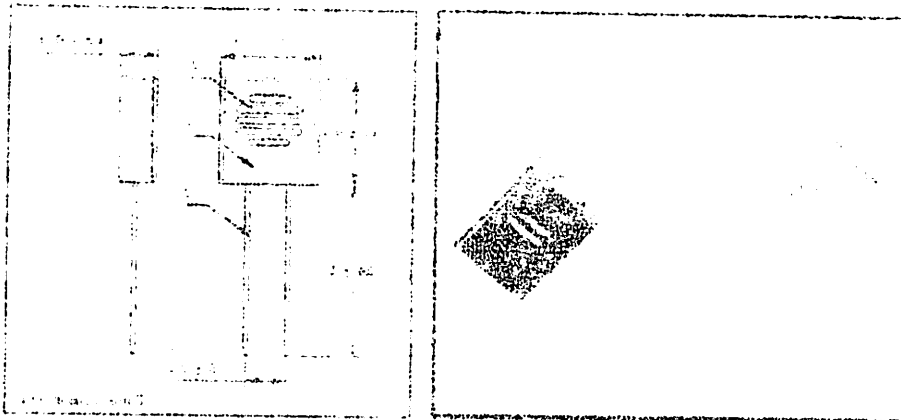
Gambar 2.10. Bentuk Fisik HS15P^[9]

Dalam penggunaannya, sensor kelembaban ini sangat bergantung pada suhu udara saat itu. Persen kelembaban %RH (*Relative Humidity*) besarnya relatif tergantung suhu udara pada saat itu, dalam artian persen kelembaban mempunyai nilai yang berbeda untuk suhu yang berbeda, walaupun nilai resistansi sensor sama.

2.7 LCD

Modul LCD 2 x 16 karakter ini digunakan sebagai tampilan *system* konfigurasi pin dan blok dari modul LCD 2 x 16 karakter ditunjukkan dalam gambaran berikut :

11	10	9	8
10	9	8	7
9	8	7	6
8	7	6	5
7	6	5	4
6	5	4	3
5	4	3	2
4	3	2	1
3	2	1	0
2	1	0	0
1	0	0	0
0	0	0	0

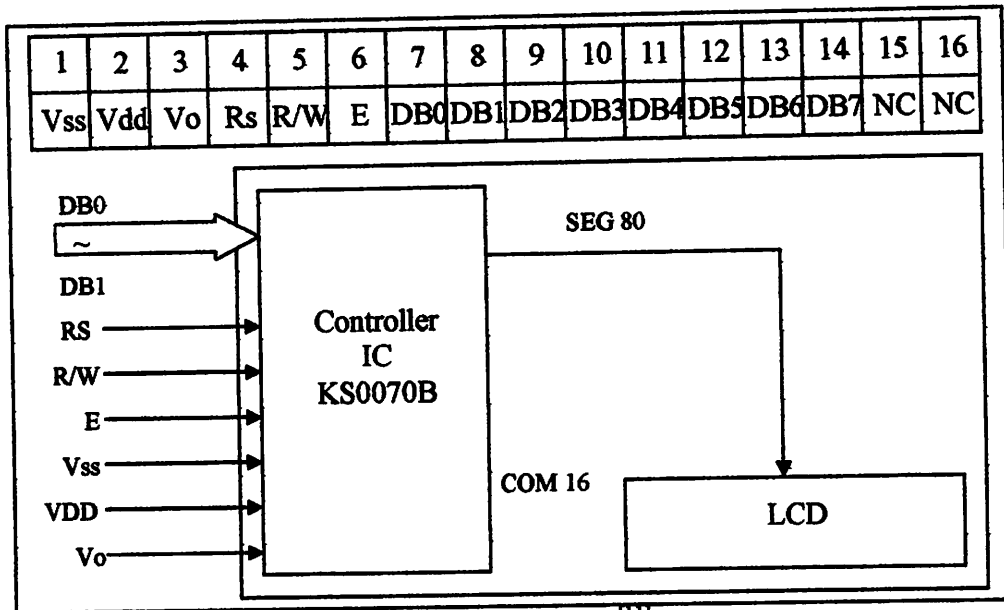


Gambar 2.10. Beban Fisik H212P

Dalam pengembangannya, sensor kelembaban ini sangat bergantung pada suhu udara saat ini. Beban kelembaban "RH" (Relative Humidity) biasanya relatif tergantung suhu udara pada saat ini, dalam satuan persen kelembaban mempunyai nilai yang berbeda-beda untuk suhu yang berbeda. Walaupun nilai resistansi sensor

2.7 LCD

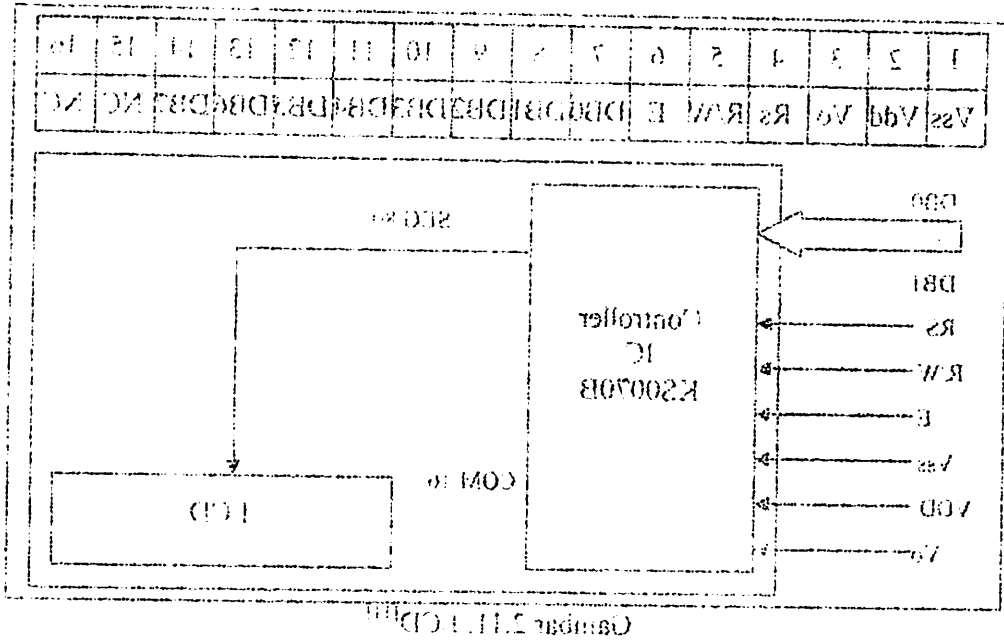
Modul LCD 2 x 16 karakter ini digunakan sebagai tampilan awal konfigurasi pin dan blok dari modul LCD 2 x 16 karakter digunakan dalam gambar berikut:



Gambar 2.11. LCD^[11]

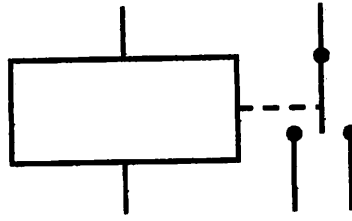
2.8 Relay

Relay adalah komponen elektronika yang umumnya digunakan untuk menghidupkan rangkaian *control* dan peralatan *electric* lainya yang menarik arus *relative* kecil. Namun demikian *relay* dapat mengontrol tegangan dan arus yang lebih besar dengan menggunakan efek penguatan (*amplifying effect*). *Amplifying effect* didapat dengan cara memanfaatkan tegangan kecil (5-24 volt) untuk mengoperasikan koil dan *relay*, kemudian koil tersebut digunakan untuk mengubah-ubah posisi kontak. Kontak pada *relay* dapat digunakan untuk mensklar (*switching*) tegangan yang lebih besar sampai 460 watt. Aliran arus yang digunakan untuk mengatur koil *relay* terpisah dari arus listrik yang dikontrol oleh kontak-kontak pada *relay* tersebut.



2.8. Jenis

Ada adalah komponen elektronik yang umumnya digunakan untuk menghubungkan rangkaian control dan peralatan elektronik yang menarik arus relatif kecil. Namun demikian juga dapat mengontrol tegangan dan arus yang lebih besar dengan menggunakan efek benturan (collision effect). Apabila effect dibatasi dengan arus memantulkannya tegangan kecil (2-24 volt) maka dapat digunakan untuk mengoperasikan kof dan juga digunakan kof tersebut digunakan untuk menghidupkan-buat kontak pada waktu yang digunakan untuk menstar (switching) tegangan yang lebih besar sampai 400 volt. Arus yang digunakan untuk mengantar kof ada terpisah dari arus tarik yang dikontrol oleh kontak-kontak pada waktu tersebut.



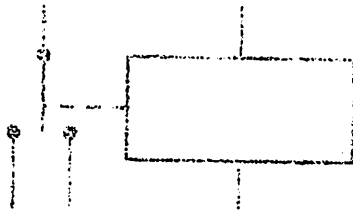
Gambar 2.12. Symbol relay

Pada dasarnya *relay* dapat dikatakan sebagai kuda beban elektrik (*electrical workhorses*) yang mengontrol suatu rangkaian elektrik dengan cara membuka dan menutup kontak pada rangkaian lain (rangkaian *Interval*). Apabila kontak *relay* adalah *normally open* (NO), maka akan terbuka bila *relay* tidak dialiri energi listrik.

Sebaliknya pada titik kontak *relay* yang tergolong *normally closes* (NC) akan tertutup apabila *relay* tidak dialiri energi listrik. Pada kedua kondisi tersebut kontak-kontak dari *relay* akan berubah keadaannya apabila *relay* dialiri arus listrik.

Berdasarkan bebannya *relay* dapat dibagi menjadi dua golongan besar yaitu *electro-mechanical relay* atau *solid-state relay*. Pada *electro-mechanical relay* kontak-kontak dibuka dan ditutup dengan kekuatan daya magnet (*magnetic forces*). Sedangkan pada *solid-state relay* tidak terdapat kontaktor, semua penskaralan (*switching*) dilakukan secara elektronik (memanfaatkan sifat bahan semikonduktor).

Terdapat berbagai jenis konfigurasi yang berbeda dari *relay* bergantung pada jumlah dari *break*, *pole* dan *throw*. Sebagai catatan sebuah *relay* dapat digambarkan sebagai *single-pole double-throw* (SPDT) atau *double-pole double throw*.



(gambar 2.1.2. simbol relay)

Pada dasarnya relay dapat diklasikan sebagai suatu beban elektrik
 relay yang mengontrol suatu rangkaian elektrik dengan cara
 membuka dan menutup kontak pada rangkaian lain (rangkain lain) apabila
 kontak yang salah satu (NO) maka akan terbuka bila relay tidak dilalui
 energi listrik.

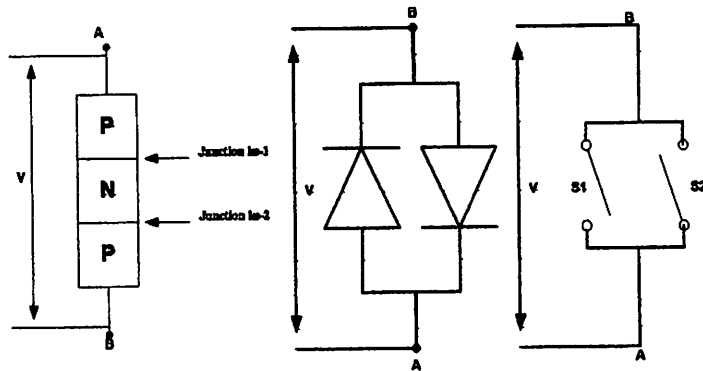
Seperti pada tipe kontak yang tergolong normally closed (NC)
 akan tertutup apabila relay tidak dilalui energi listrik. Pada kondisi tersebut
 kontak-kontak dan relay akan berubah keadaannya apabila relay dilalui arus
 listrik.

Berdasarkan besarnya relay dapat dibagi menjadi dua golongan besar
 yaitu electromechanical relay dan solid-state relay. Pada electromechanical
 relay kontak-kontak terbuka dan tertutup dengan bantuan daya magnet (magnetic
 force) sedangkan pada solid-state relay tidak terdapat kontak, semua
 pemindahan (transfer) dilakukan secara elektronik menggunakan sifat semikonduktor.

Terdapat berbagai jenis konfigurasi yang berbeda dan relay berfungsi pada
 jumlah dari relay yang dan waktu. Sebagai contoh sebuah relay dapat
 digambarkan sebagai switch-point (SPDT) dan switch-point kondisi

2.9. Diac (*Diode Alternating Current*)

Diac adalah dua dioda yang disusun secara berlawanan, yang mengalirkan arus bolak-balik yang artinya bergantian bias maju (*forward*) dan bias mundur (*reverse*) bila diberi tegangan pada elektrodanya. Sebenarnya susunan diac ini hampir sama dengan transistor, namun elektrodanya ada 2 dan mempunyai 2 sambungan (*junction*) seperti gambar 2.13



Gambar 2.13. Simbol Diac^[5]
(A) Susunan Diac (B) Rangkaian Diac (C) Rangkaian Pengganti Diac

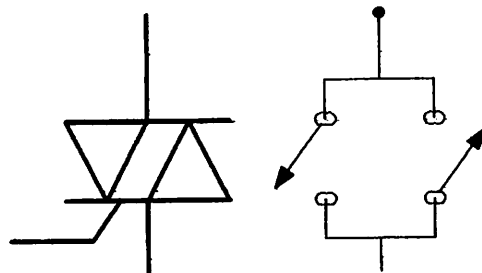
Apabila titik A adalah titik muatan positif, maka *junction* ke-1 pada bias maju sedangkan *junction* ke-2 pada keadaan bias mundur. Pada saat titik A tegangan positif terhadap titik B, maka setelah pada tegangan tertentu dapat menembus tegangan dadal (*break down*) sehingga arus mengalir pada diac. Demikian juga apabila titik B tegangannya lebih positif terhadap titik A.

Sampai menembus *junction* ke-1, maka arus mengalir melalui diac. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.13, yaitu apabila titik A dalam keadaan bias maju, maka saklar S₁ pada kondisi *On* sedangkan saklar S₂ pada kondisi *Off*. Dengan demikian jelaslah bahwa prinsip kerja dari diac hampir sama dengan arus

bolak-balik, yaitu bergantian *forward* bias dan *reverse* biasnya apabila diberi tegangan arus bolak-balik (AC).

2.10. Triac (*Triode Alternating Current*)

Triac adalah komponen semikonduktor empat lapis (PNPN) dengan tiga terminal, dua terminal utama (T_1 dan MT_2) dan gerbang (*ate*). Arus dapat mengalir antara MT_1 dan MT_2 dan juga antara gerbang (*Gate*) dan MT_1 . Dengan demikian aliran arus adalah dua arah, dimana MT_1 digunakan sebagai pengukur terminal *referensi*.



Gambar 2.14 Simbol Diac^[5]
(A) Simbol Triac (B) Rangkaian Penggantinya Sebagai Saklar

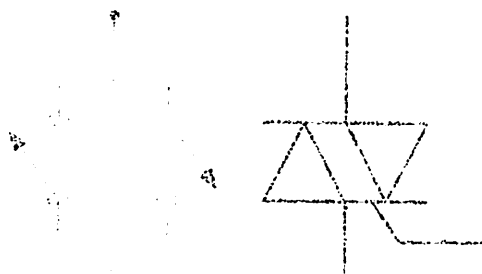
Triac dirancang untuk menghantarkan pada kedua tengahan dari bentuk gelombang *output*. Oleh karena itu, *output* triac adalah arus bolak-balik. Triac juga dibuat untuk menyediakan cara agar kontrol daya AC ditingkatkan. Karena triac dapat menghantarkan pada kedua tengahan siklus, maka sangat bermanfaat untuk mengontrol beban yang beroperasi pada arus searah.

Pada gambar 2.14 di atas triac terdiri dari 3 kaki, yaitu : *Gate*, MT_1 , MT_2 , dengan prinsip kerja apabila MT_1 diberi *foward* bias, maka saklar S_1 menutup (*ON*), dan sebaliknya jika MT_1 diberi *reverse* bias bisa menyebabkan saklar S_2 menutup (*OFF*), dengan kata lain triac bekerja secara bergantian.

tegangan arus bolak-balik (V_c) bolak-balik yang besarnya konstan dan reverse biasnya selalu diberikan

2.10. Triac (Triode Alternating Current)

Triac adalah komponen semikonduktor empat lapis (P-N-P-N) dengan tiga terminal, dua terminal utama (T1 dan T2) dan bagian (gate). Arus dapat mengalir antara MT1 dan MT2 dan juga antara bagian (gate) dan MT1. Dengan demikian sifatnya akan adalah sama dengan MT1 digunakan sebagai pemutus terminal (cathode).



(A) Simbol triac (B) Rangkaian Pengaliran Arus pada Triac

Triac dirancang untuk menghantarkan pada kedua tegangan dari bentuk gelombang ac. Oleh karena itu, arus triac adalah arus bolak-balik. Triac juga dibuat untuk menyediakan cara yang kontrol daya AC ditunjukkan. Karena triac dapat menghantarkan pada kedua tegangan siklus, maka sangat bermanfaat untuk mengontrol beban yang berbeda-beda secara

Pada gambar 2.14 di atas triac terdiri dari 3 kaki yaitu : Gate, MT1, MT2. Dengan prinsip kerja seperti itu, diberi reverse bias, maka siklus 2, merupakan (ON) dan sebaliknya jika MT1 diberi reverse bias maka menyediakan siklus 2, merupakan (OFF), dengan kata lain triac bekerja secara bergantian.

BAB III

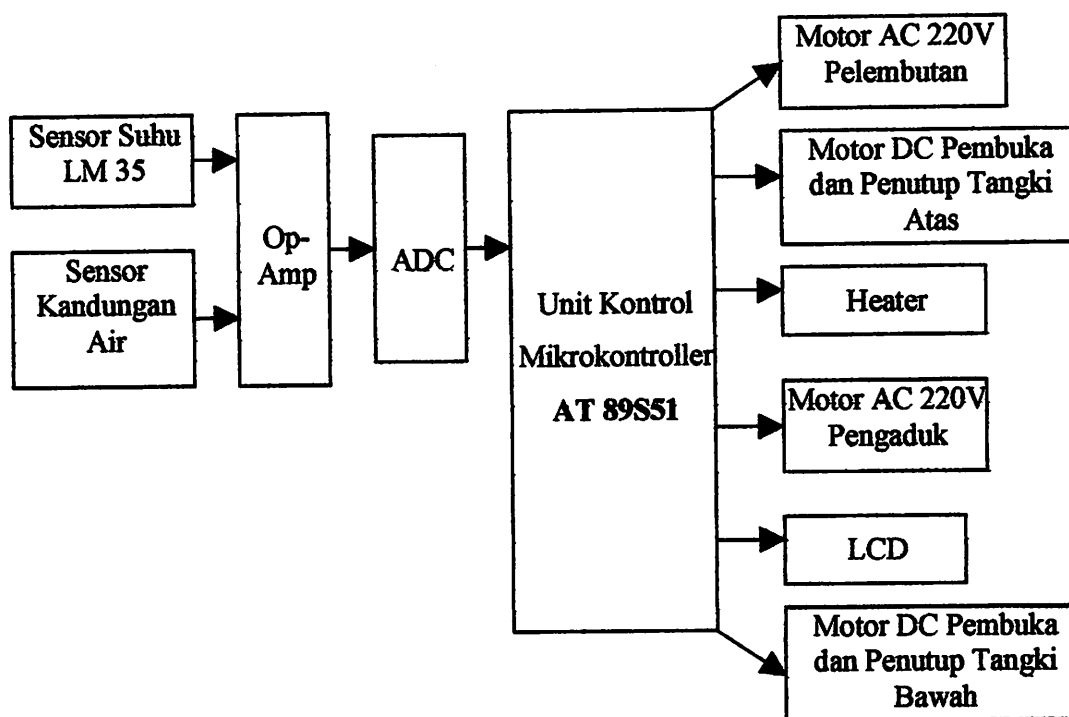
PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Pendahuluan

Perencanaan alat ini secara garis besar dibagi atas 2 bagian, yaitu :

1. Perencanaan Perangkat keras .
2. Perencanaan Perangkat lunak.

Untuk mendiskripsikan keseluruhan *system* dari alat ini, maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1. Diagram Blok Rangkaian

PERENCANAAN DAN PERBATASAN ALAT

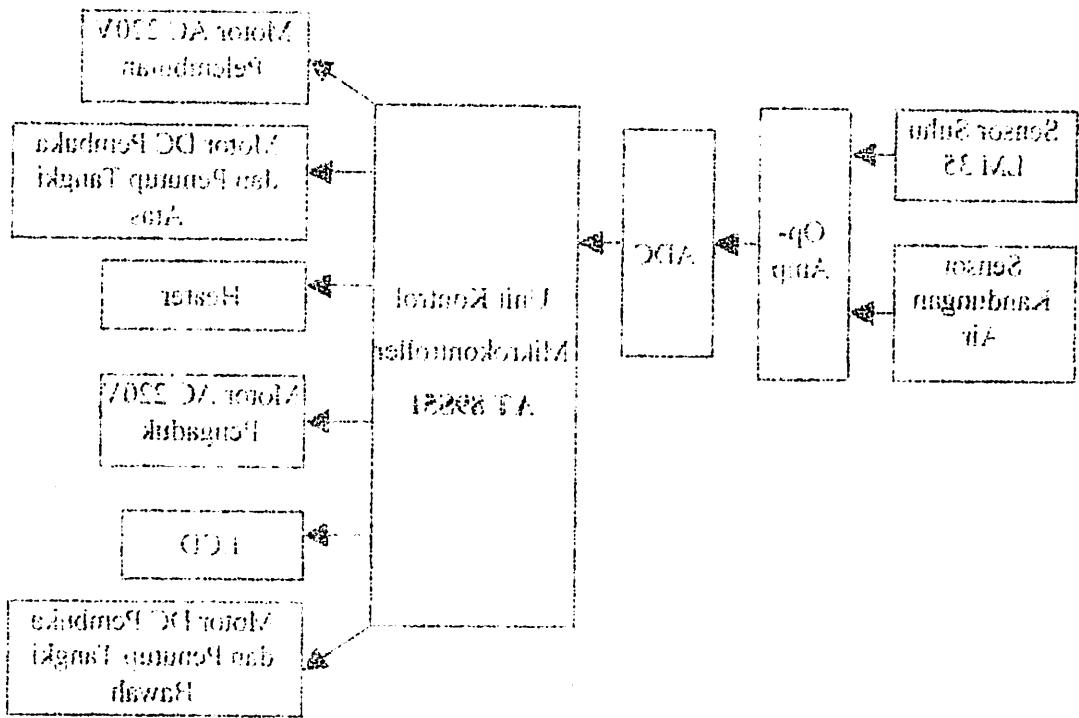
3.1 Pendahuluan

Percobaan alat ini secara garis besar dibagi atas 2 bagian yaitu :

- 1. Perencanaan Perangkat Keras
- 2. Perencanaan Perangkat Lunak

Untuk mendiskripsikan keseluruhan sistem dan alat ini maka

dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem

Dari gambar diatas dapat dijelaskan dari masing-masing blok diagram, yaitu :

1. *Sensor* suhu

Pada peralatan ini sensor suhu berfungsi untuk mendeteksi suhu dari bahan yang diproses (pengering), dimana besarnya suhu adalah 100 °C.

2. *Sensor* kelembaban

Sensor kelembaban ini berfungsi untuk mendeteksi kelembaban dalam tabung pengering dan besar kelembaban 30 %.

3. *Op – Amp*

Op – Amp ini digunakan untuk menguatkan sinyal tegangan dari masing-masing *output-an sensor*.

4. ADC 0809

ADC 0809 berfungsi untuk mengubah sinyal *analog* menjadi sinyal *digital* sehingga data yang diperoleh *sensor* dapat dibaca oleh mikrokontroler.

5. AT 89S51

AT 89S51 berfungsi sebagai pengontrol keseluruhan dari *system* baik *input* maupun *output*.

6. *Display*

Display berupa *LCD* digunakan untuk menampilkan data

7. *Motor* Pelembut

Motor Pelembut menggunakan tenaga AC jala-jala PLN, digunakan untuk melembutkan bahan baku (*fesses*).

8. *Heater*

Heater digunakan untuk memanaskan tabung pengering, sumber arus jala-jala PLN 220V.

9. *Motor* Pengaduk

Motor Pengaduk menggunakan tenaga AC jala-jala PLN, digunakan untuk mengaduk bahan baku sampai kering.

10. *Motor* Pembuka dan Penutup Tangki Atas

Motor Pembuka dan Penutup tangki Atas memakai *motor stepper*. Membuka pada saat bahan baku akan dimasukkan dan menutup saat bahan baku yang dimasukkan habis.

11. *Motor* Pembuka dan Penutup Tangki Bawah

Motor Pembuka dan Penutup tangki Bawah memakai *motor stepper*. Membuka pada saat bahan baku telah kering dan menutup saat bahan habis.

3.2 Perancangan Minimum Sistem AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 dirancang untuk dapat berdiri sendiri karena terdapat EEPROM, RAM serta *port input/output* dan perlengkapan lainya dengan tujuan menambah kemudahan dalam aplikasinya juga dalam *software*-nya.

Mikrokontroler yang digunakan pada sistem adalah mikrokontroler jenis AT89S51 yang merupakan IC CMOS 8 bit *internal* RAM, 40 pin dan 3 *port I/O*.

Dalam perancangan sistem ini *pin-pin* yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

Awalnya digunakan untuk menunjukkan tingkat pengeringan, sumber arus jala-

jenis PLN 220V.

9. Motor Penggerak

Motor Penggerak menggunakan tenaga AC jala-jala PLN digunakan

untuk menggerakkan bahan baku sampai ke tangki.

10. Motor Pembuka dan Pemampatan Tangki Air

Motor Pembuka dan Pemampatan Tangki Air digunakan untuk meng-

gerakkan bahan baku yang ditampung dalam tangki ke tangki

lain yang ditunjukkan dalam

11. Motor Pembuka dan Pemampatan Tangki Gas

Motor Pembuka dan Pemampatan Tangki Gas digunakan untuk meng-

gerakkan bahan baku yang ditampung dalam tangki ke tangki

lain.

3.1 Perencanaan Minimum Sistem Air

Perencanaan minimum sistem air dilakukan untuk dapat menjamin

keberhasilan proses pengolahan air yang akan dilakukan dengan

tujuan memenuhi kebutuhan air yang akan digunakan.

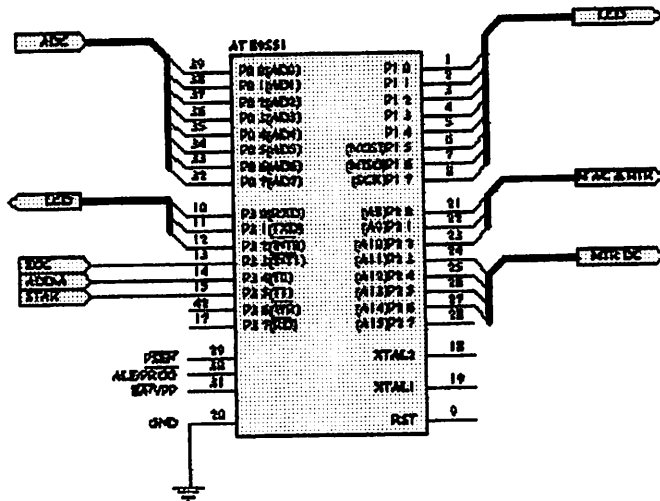
Perencanaan yang dilakukan pada sistem adalah mikrokontroler

jenis AT89C51 yang merupakan IC CMOS & bit word RAM 40 pin dan 8 pin

AVC

Dalam perencanaan sistem ini yang akan digunakan adalah sebagai

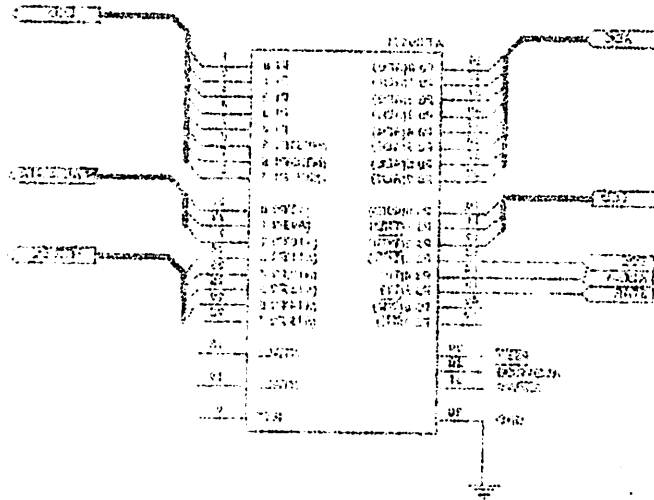
berikut :



Gambar 3.2. Kaki – Kaki Mikrokontroller AT 89S51

Kedudukan kaki – kaki Mikrokontroller AT 89S51 :

1. Pin 1 ($P_{1.0}$) 39 sampai dengan pin 8 ($P_{1.7}$) adalah data untuk LCD
2. Pin 10 ($P_{3.0}$) Untuk jalur RS pada LCD 16x1
3. Pin 11 ($P_{3.1}$) Untuk jalur E pada LCD 16x1
4. Pin 12 ($P_{3.1}$) Untuk jalur RW pada LCD 16x1
5. Pin 32 ($P_{0.0}$) sampai dengan pin 39 ($P_{0.7}$) adalah *input*-an dari ADC 0809
6. Pin 18(X_{TAL2}) Untuk *clock* pada Mikrokontroller AT 89S51
7. Pin 19(X_{TAL1}) Untuk *clock* pada Mikrokontroller AT 89S51
8. Pin 9 (Reset) Untuk *reset* pada Mikrokontroller AT 89S51
9. Pin 20(G_{ND}) Untuk V_{ss} Pada Mikrokontroller AT 89S51
10. Pin 40 (V_{cc}) Berfungsi sebagai V_{cc} 5 Volt



Gambar 2.3. Kaki - kaki Mikrokontroler AT 8921

Kedudukan kaki - kaki Mikrokontroler AT 8921 :

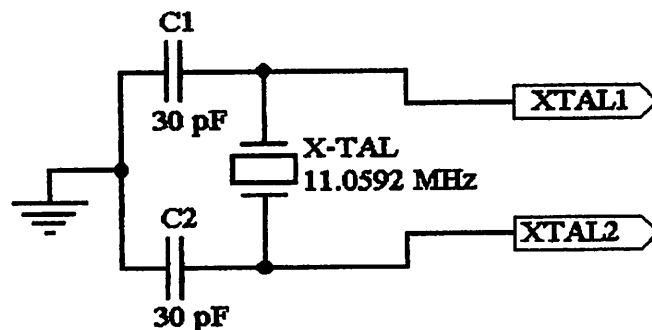
1. Pin 1 (P_{0.0}) sebagai dengan pin 8 (P_{0.7}) adalah data untuk LCD
2. Pin 10 (P_{0.9}) untuk jalur RS pada LCD 16x1
3. Pin 11 (P_{0.8}) untuk jalur E pada LCD 16x1
4. Pin 12 (P_{0.10}) untuk jalur RW pada LCD 16x1
5. Pin 32 (P_{0.31}) sebagai dengan pin 39 (P_{0.37}) adalah sebagai output dari ADC
6. Pin 18 (X₁) untuk clock pada Mikrokontroler AT 8921
7. Pin 19 (X₂) untuk clock pada Mikrokontroler AT 8921
8. Pin 9 (R_{ST}) untuk reset pada Mikrokontroler AT 8921
9. Pin 30 (V_{CC}) untuk V_{CC} pada Mikrokontroler AT 8921
10. Pin 40 (G_{ND}) berfungsi sebagai V_{CC} 5 Volt

3.2.1 Rangkaian Clock Minimum System

Kecepatan proses pengolahan data pada mikrokontroller ditentukan oleh *clock* (pewaktu) yang dikendalikan oleh mikrokontroller tersebut. Pada mikrokontroller AT89S51 terdapat *internal clock*. *Internal clock* generator berfungsi sebagai sumber *clock*, tapi masih memerlukan rangkaian tambahan untuk membangkitkan *clock* yang diperlukan. Rangkaian *clock* ini terdiri dari dua buah kapasitor dan sebuah kristal yang dirangkai sedemikian rupa dan kemudian dihubungkan dengan Pin 18 dan 19 pada AT 89S51.

Dalam perancangan rangkaian ini menggunakan.

1. $C = 33 \text{ pF}$. Penentuan besarnya kapasitansi disesuaikan dengan spesifikasi pada *data sheet* AT 89S51.
2. Kristal 12 MHz (berdasarkan *data sheet* AT89S51) adapun gambar rangkaian *clock* tampak seperti pada gambar 3-3.

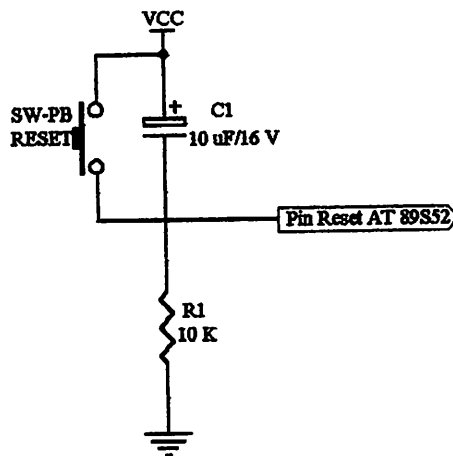


Gambar 3.3. Rangkaian Clock Minimum Sistem^[6]

3.2.2 Rangkaian Reset

Reset pada Mikrokontroller merupakan masukan aktif *High* '1'. Pulsa transisi dari rendah '0' ke tinggi '1' akan mereset Mikrokontroller menuju alamat

0000H. Pin *reset* dihubungkan dengan rangkaian *power on reset* seperti tampak pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Rangkaian Power On Reset^[6]

Rangkaian *reset* bertujuan agar mikrokontroler dapat menjalankan proses dari awal. Rangkaian *reset* untuk mikrokontroler dirancang agar mempunyai kemampuan *power on reset*, yaitu *reset* yang terjadi pada saat sistem dinyalakan untuk pertama kalinya. *Reset* juga dapat dilakukan secara manual dengan menekan tombol *reset* yang berupa *switch push button*.

Rangkaian *Reset* terbentuk oleh komponen R dan C yang sudah baku (ditetapkan oleh perusahaan pembuat IC AT 89S51). Nilai R yang dipakai adalah 10 k Ω dan C =10 μ F.

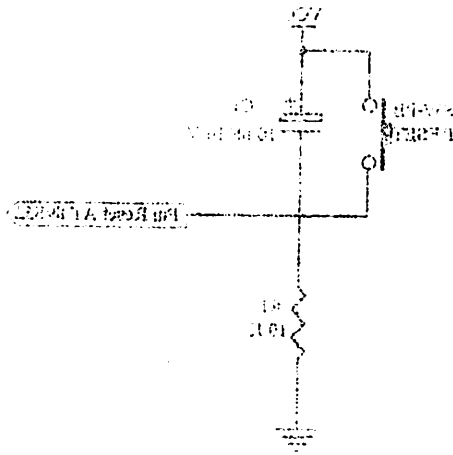
Sedangkan untuk mencari frekuensi dari *reset* tersebut dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_o = \frac{1}{1,1RC}$$

Sehingga dengan komponen resistor dengan nilai 10 k Ω serta kapasitor dengan nilai 10 μ F akan dihasilkan frekuensi sebesar :

000011. Pin reset dihubungkan dengan rangkaian power on reset seperti tampak

pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Rangkaian Power On Reset

Rangkaian reset bertujuan agar mikrokontroler dapat menjalankan proses dari awal. Rangkaian reset untuk mikrokontroler dirancang agar memungkinkan kemampuan power on reset yaitu reset yang terjadi pada saat sistem dinyalakan untuk pertama kalinya. Reset juga dapat dilakukan secara manual dengan menekan tombol reset yang berupa switch push button.

Rangkaian reset terdapat oleh komponen R dan C yang sudah dikenal (ditetapkan oleh pembuat chip reset IC AT 89C251) nilai R yang dipakai adalah 10 kΩ dan C = 10 μF.

Sedangkan untuk memaan teknologi dari reset tersebut dengan menggunakan nilai sebagai berikut :

$$X_0 = \frac{1}{f \cdot C}$$

Schmitts dengan komponen resistor dengan nilai 10 kΩ serta kapasitor dengan nilai 10 μF akan dibagikan frekuensi sebesar :

$$f_o = \frac{1}{1,1 \times 10^3 \times 10^{-6}}$$

$$f_o = 9,09 \text{ Hz}$$

Maka Periode *Clock* dapat dihitung sebagai berikut :

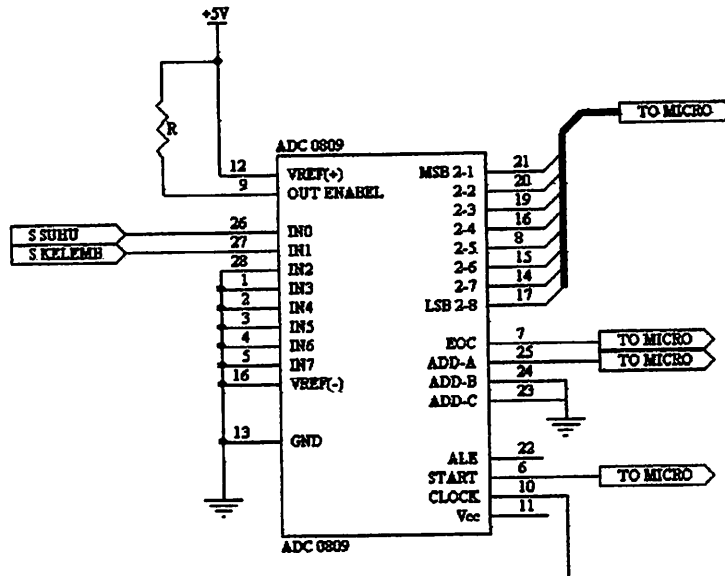
$$T = \frac{1}{f_o}$$

$$T = \frac{1}{9,09}$$

$$T = 0,11 \text{ detik.}$$

3.3 ADC (*Analog To Digital Converter*)

Dalam pembuatan alat ini juga dibutuhkan pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital / disebut juga "*Analog To Digital Converter*" (ADC), hal ini disebabkan karena *input*-an yang didapat dari masing-masing sensor masih berupa sinyal analog sedangkan rangkaian '*controller*' menggunakan sistem digital sehingga membutuhkan masukan berupa sinyal digital. ADC yang digunakan disini adalah 0809. ADC 0809 ini dapat menerima hingga 8 *input* tetapi yang digunakan pada alat ini hanya 2 *input* dan sisa *input* yang lain di *ground*-kan. Karena hanya menggunakan 2 *input* maka ADD A (Pin 25) diteruskan ke mikrokontroler AT89S51, sedangkan ADD B (Pin 24) dan ADD C (Pin 23) di *ground*-kan



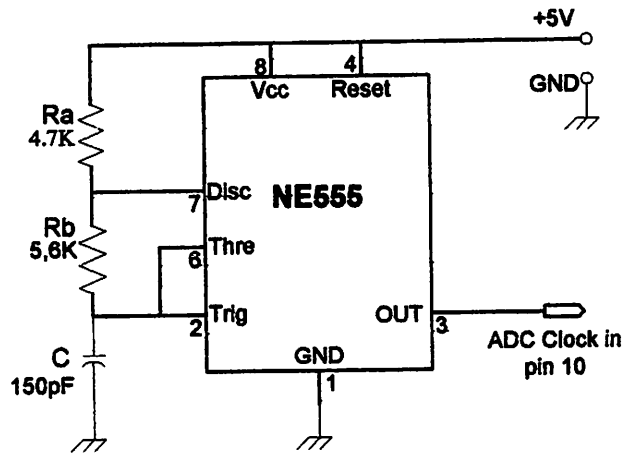
Gambar 3.2. Konversi ADC

Konfigurasi kaki pada ADC 0809 :

- *Input 0 dan input 1 (pin 26 dan 27)* merupakan masukan yang berupa sinyal analog dari sensor suhu LM35 dan HS15P.
- *Pin 17 (LSB) sampai pin 21(MSB)* dipergunakan untuk mengirim data digital ke mikrokontroler AT89C51
- *Pin 7 (EOC – “End Of Conversion”)* akan *high* jika proses konversi telah selesai.
- *Pin 22 (ALE)*
- *Pin 9 (ENABLE)*
- *Pin 6 (START)*
- *Pin 10 dipergunakan untuk input-an clock ADC*
- *Pin 23 (ADD-C),*

- Pin 24 (ADD-B), Pin 25 (ADD-A) Digunakan untuk selektor *input-an* analog.
- Pin 12 (Ref₍₊₎) digunakan sebagai tegangan referensi (+)
- Pin 16 (Ref₍₋₎) digunakan sebagai tegangan referensi (-)

3.4 Rangkaian Osilator NE555

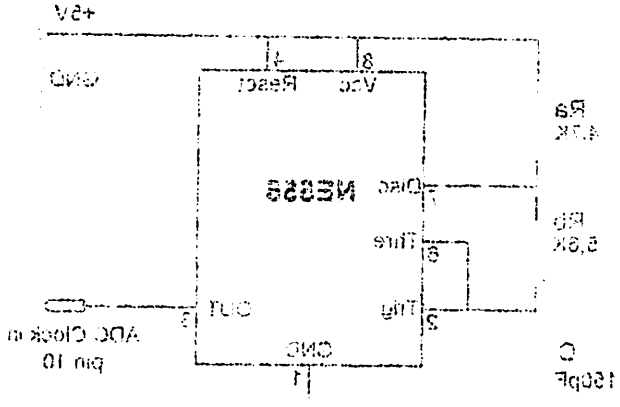


Gambar 3.3. Rangkaian Osilator NE555

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa ADC0809 tidak memiliki *osilator internal* di dalamnya sebagaimana yang terdapat pada seperti ADC0804. Karena agar ADC0809 dapat bekerja dan mendukung sistem maka perlu dibangun sebuah *osilator external*. Dalam hal ini dibangun osilator dari IC NE555, alasan mengapa dipilih IC ini adalah karena mampu menghasilkan frekwensi hingga diatas 500KHz, sederhana, stabil, praktis dan keluarannya sudah berupa gelombang persegi sehingga tidak perlu lagi menambahkan rangkaian pembentuk gelombang.

- Pin 24 (VDD-B), Pin 25 (VDD-A) digunakan untuk seleksi waveform analog.
- Pin 12 (Ref+) digunakan sebagai referensi referensi (+).
- Pin 10 (Ref-) digunakan sebagai referensi referensi (-).

3.4 Rangkaian Osilator NE555



Gambar 3.4 Rangkaian Osilator NE555

Sebagai yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa ADC0804 tidak memiliki osilator bawaan di dalamnya sebagaimana yang terdapat pada ADC0804. Karena itu ADC0804 dapat bekerja dan melakukan sistem maka perlu dibangun sebuah osilator eksternal. Dalam hal ini dibangun osilator dari IC NE555. Sistem tersebut dipilih IC ini adalah karena mampu menghasilkan frekuensi hingga atas 500kHz, stabil, praktis dan ketahanan sedang berupa gelombang persegi sehingga tidak perlu menambahkan rangkaian pembentuk gelombang.

Frekwensi osilasi yang dihasilkan oleh osilator NE555 terbentuk oleh perpaduan antara kapasitor (C), resistor Ra dan resistor Rb. Besarnya frekwensi osilasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f = \frac{1.44}{(Ra + 2Rb) \times C}$$

Untuk f dalam Hz, C dalam Farad dan Ra Rb dalam Ohm. Perlu menjadi catatan bahwa hasil perhitungan ini seringkali tidak tepat dengan hasil pengukuran, hal ini dikarenakan faktor *error* dari komponennya dan besarnya tegangan *supply* yang diberikan. Terutama untuk IC NE555 sangat tergantung dari produsen pembuatnya. Sekalipun demikian perbedaannya tidaklah terlalu signifikan bahkan bisa dikatakan masih sama dengan hasil perhitungan. Untuk rangkaian diatas digunakan C sebesar 150pF, Ra sebesar 4.7 K Ω dan Rb sebesar 5,6 K Ω sehingga frekwensi yang dihasilkan sebesar 650 KHz pada tegangan suplay stabil +5V.

3.5 Rangkaian sensor suhu

Rangkaian *sensor* suhu berfungsi untuk mendeteksi dan mengubah besaran suhu menjadi besaran elektrik dengan IC LM 35 sebagai komponen utama.

Sensor suhu LM 35 mempunyai karakteristik yang mana setiap kenaikan suhu 1 $^{\circ}$ C tegangan output LM 35 akan naik 10 mV. Dalam perancangan, *sensor* suhu dicatu dengan tegangan +5 V.

Kenaikan tiap 1 $^{\circ}$ C tegangan output LM 35 naik 10 mV, sedangkan resolusi ADC 8 bit 0809 adalah 19,6 mV. Berarti resolusi ADC lebih kurang dua kalinya resolusi tiap 1 $^{\circ}$ C pada *sensor* suhu LM 35. Jika keluaran LM 35 langsung dimasukkan keinputan ADC, maka resolusi suhu yang dapat terbaca adalah tiap 2 $^{\circ}$ C. Untuk mengatasinya diperlukan rangkian pengkondisi sinyal yang dapat

frekuensi osilasi yang dihasilkan oleh osilator NE555 tersebut oleh perbedaan antara kapasitor (C), resistor R1 dan resistor R2. Besarnya frekuensi osilasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C}$$

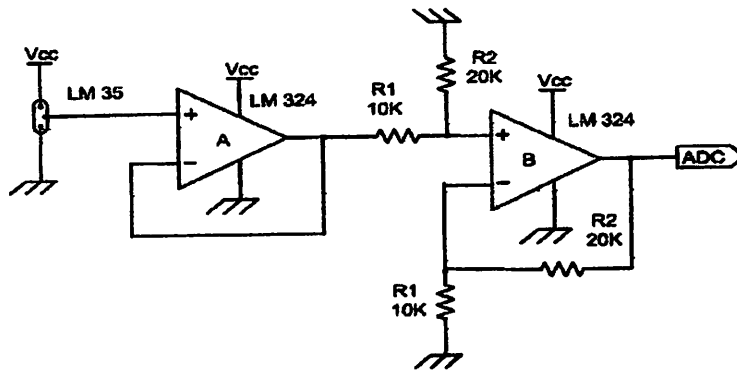
Untuk bagian HX, C dalam Formulasi R1 dan R2 dalam Ohm. Pada kondisi tertentu bahwa hasil perhitungan ini ternyata tidak dapat dengan hasil perhitungan, hal ini dikarenakan faktor error dan komponennya dan besarnya tegangan supply yang diberikan. Tentukan untuk IC NE555 suatu tegangan dan produsen pembuatnya. Sehingga demikian perbedaan-perbedaan tidaklah signifikan dalam bisa dilakukan untuk suatu dengan hasil perhitungan. Untuk rangkaian diatas digunakan C sebesar 100pF, R1 sebesar 4.7 KΩ dan R2 sebesar 2.6 KΩ sehingga frekuensi yang dihasilkan sebesar 0.20 KHz pada tegangan supply stabil ±2V.

3.5 Rangkaiannya resistor suhu

Rangkaiannya resistor suhu bertujuan untuk mendeteksi dan mengukur besaran suhu menjadi besaran elektrik dengan IC LM35 sebagai komponen utama. Resistor suhu LM35 mempunyai karakteristik yang mana setiap kenaikan suhu 1°C tegangan output LM35 akan naik 10 mV. Dalam perancangan, resistor suhu dicantumkan dengan tegangan ±2V. Keunggulan tiap 1°C tegangan output LM35 naik 10 mV, sedangkan resolusi ADC 8 bit 0.809 adalah 1.96 mV. Besarnya resolusi ADC lebih kurang dua kalinya resolusi tiap 1°C pada resistor suhu LM35. Jika demikian LM35 langsung dimasukkan keinputan ADC, maka resolusi suhu yang dapat dibaca adalah tiap 2°C. Untuk mengatasinya diperlukan rangkaian pengkonversi suhu yang dapat

menguatkan tegangan output rangkaian pengkondisi sinyal yang dapat menguatkan tegangan dari LM 35 agar resolusi suhu minimal yang bias terbaca adalah tiap 1°C.

Perancangan rangkaian *sensor* suhu dalam alat ini menggunakan rangkaian penguat difrensial dengan penguatan dua kali sehingga suhu yang bias terbaca adalah 1°C.



Gambar 3.4. Rangkaian Penguat Sensor Suhu

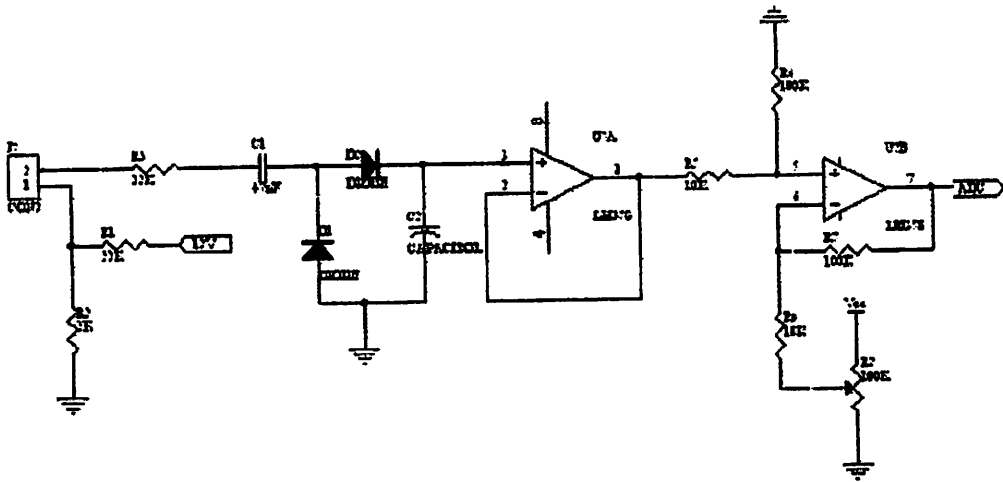
Perhitungan matematika dari rangkaian dalam gambar 3.4 adalah sebagai berikut:

$$V_s = \frac{R_2}{R_1} \times V_{LM35}$$

Agar $V_s = 2 \times V_{LM35}$, maka $\frac{R_2}{R_1}$ harus bernilai 2 Kali, dalam perancangan

$R_1 = 10 \text{ K}\Omega$ sehingga $R_2 = 20 \text{ K}\Omega$

3.6 Rangkaian sensor kelembaban



Gambar 3.5. Rangkaian sensor kelembaban

Sensor kelembaban yang digunakan adalah sensor kelembaban dengan *type* HS15P, karena sensor ini bekerja dengan *rated voltage* sebesar 1 VAC maka jika ditentukan R_2 sebesar 2 K Ω dan *input* AC 12 V, maka nilai R_1 adalah :

$$V = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{cc}$$

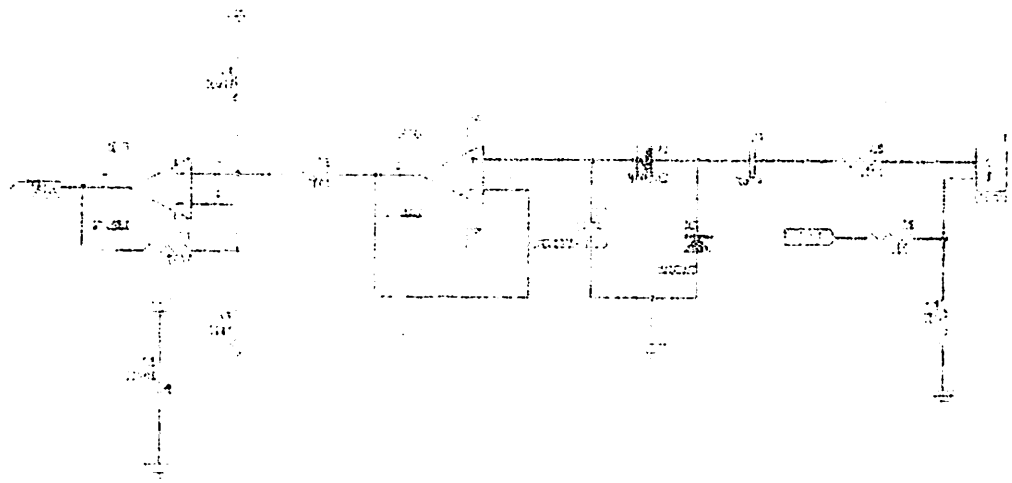
$$1 = \frac{2}{R_1 + 2} \times 12$$

$$R_1 = 22K\Omega$$

Output dari sensor kelembaban ini akan masuk pada rangkaian penyearah sehingga melalui rangkaian arus bolak-balik diubah menjadi arus searah. Pada V_{o4} tegangan masuk pada rangkaian pengkondisi sinyal kelembaban yang menggunakan IC LM 358 yang terdiri OP-AMP *Voltage Follower* dengan keluaran tegan dari *voltage follower* akan mengikuti tegan *input*-nya.

$$V_{o5} = V_{o4}$$

3.6 Rangkaian sensor kelembaban



Gambar 3.6. Rangkaian sensor kelembaban

Sensor kelembaban yang digunakan adalah sensor kelembaban dengan tipe H2121, karena sensor ini bekerja dengan menggunakan resistor 1 VAC maka jika diberikan R_2 sebesar 1 k Ω dan untuk AC 12 V maka nilai R_1 adalah :

$$1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{AC}$$

$$1 = \frac{1}{R_1 + 1} \cdot 12$$

$$R_1 = 11 \text{ k}\Omega$$

Output dari sensor kelembaban ini akan masuk pada rangkaian pengolah sinyal sehingga melalui rangkaian ini sinyal tersebut dapat diproses menjadi sinyal yang mudah dimengerti. Untuk itu digunakan IC LM324 yang terdiri dari OP-AMP. Karena voltase dengan keluaran sensor yang rendah maka akan diperlukan rangkaian penguatan.

$$V_{out} = 7.94$$

Dan rangkaian penguat differensial sebagai penguat dan penguatan yang dibutuhkan sebesar 10 kali dengan persamaan sebagai berikut;

$$A_o = \frac{R5}{R4}$$

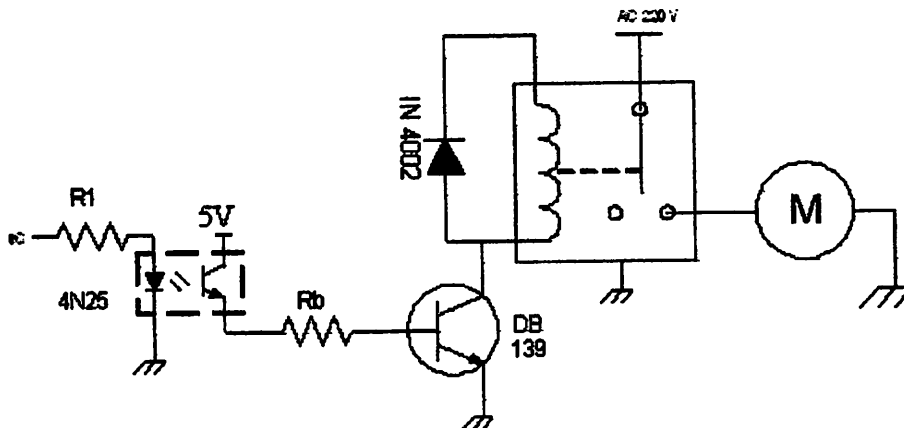
$$A_o = \frac{100 \text{ K}\Omega}{10 \text{ K}\Omega}$$

$$A_o = 10 \text{ kali}$$

3.7 Rangkaian Driver Heater dan Motor AC220

Rangkaian ini berfungsi untuk meyambung dan menunjukkan rangkaian yang diluar mikrokontroller, yaitu *heater*, *motor AC220*, *motor DC 12V*.

Rangkaian lengkapnya sebagai berikut :



Gambar 3.7. Rangkaian Driver Heater dan Motor AC220V

Hambatan dalam *relay* sebesar 320 Ω dan untuk V_{cc} 12 V, maka dalam keadaan saturasi :

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R \text{ relay}}$$

$$= \frac{12}{320}$$

$$= 37.5 \text{ mA}$$

Dan rangkaian berikut diformasi sebagai berikut dan kemudian yang dibutuhkan sebesar 10 kΩ dengan persamaan sebagai berikut:

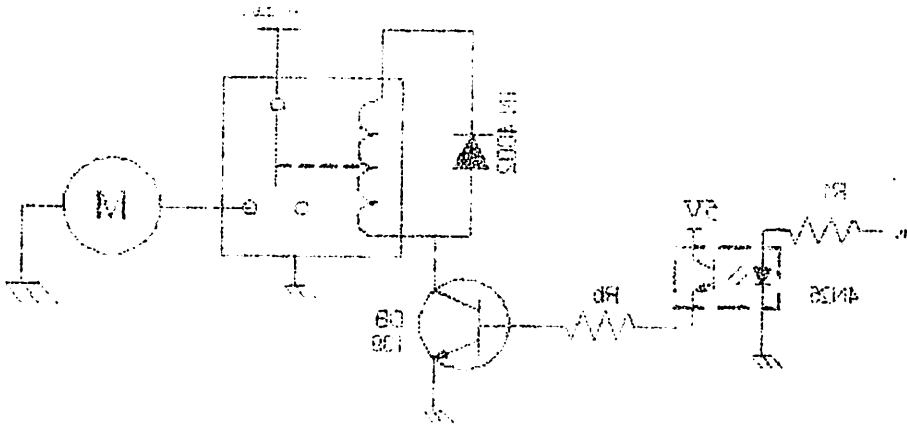
$$I_o = \frac{V_{cc}}{R_{pot}} = \frac{5V}{10K\Omega} = 0.5mA$$

$$I_o = \frac{V_{cc}}{R_{pot}} = \frac{5V}{10K\Omega} = 0.5mA$$

$$I_o = 10k\Omega$$

3.7 Rangkaian Driver Motor dan Motor AC230

Rangkaian ini bertujuan untuk mengontrol dan memunculkan rangkaian yang diolah mikrokontroler yaitu power motor AC230 motor DC 12V. Rangkaian tersebut sebagai berikut :



Gambar 3.7 Rangkaian Driver Motor dan Motor AC230V

Hambatan dalam relay sebesar 350 Ω dan untuk Vcc 5 V maka dalam

persamaan sebagai :

$$I_o = \frac{V_{cc}}{R_{relay}} = \frac{5V}{350} = 14.28mA$$

Dari *data sheet* transistor *Hfe* transistor DB 139 adalah 150, maka

$$\begin{aligned} I_b &= \frac{I_c}{H_{fe}} \\ &= \frac{37.5}{150} \\ &= 250 \mu A \end{aligned}$$

Tegangan *port* mikrokontroller (V_{cc}) = 12 volt, maka nilai R_b dapat dicari sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{(V_{cc} - V_{be})}{I_b} \\ &= \frac{(12 - 0.7)}{250 \times 10^{-6}} \\ &= 45,2 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

Maka didapat nilai R_b -nya sebesar 45,2 K Ω , karena dipasaran tidak terdapat besar nilai resistor yang dihitung maka diganti dengan 47 k Ω . Dioda IN 4002 berfungsi untuk meredam tegangan kejutan yang diakibatkan oleh kontak mekanik *switch relay*.

Untuk R_1 dicari dengan menggunakan rumus $R = \frac{V_{in} - V_f}{I_f}$. Dari *data*

sheet diperoleh :

$$I_f = 10 \text{ mA}$$

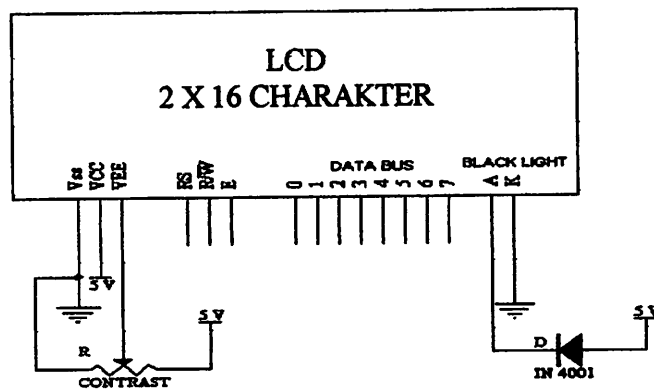
$$V_f = 1,5 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } R_1 &= \frac{5V - 1,5V}{10 \text{ mA}} \\ &= \frac{3,5V}{10 \text{ mA}} \\ &= 350 \Omega \end{aligned}$$

Karena dipasaran tidak terdapat nilai resistor seperti pada perhitungan maka nilai tersebut diganti dengan 350 Ω yang ada dipasaran.

3.8 LCD

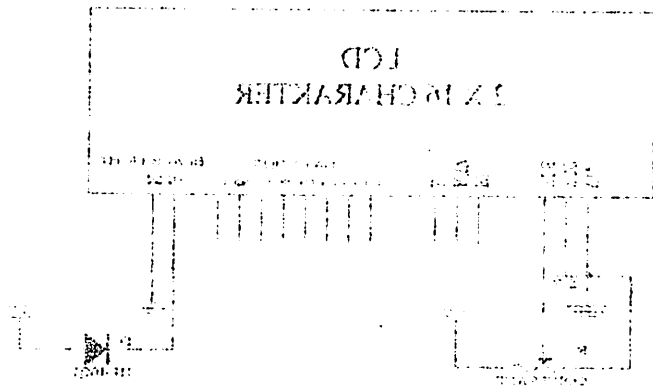
Dalam *system* ini dirancangan menggunakan sebuah layer penampil yang berupa *Liquid Cristal Display* (LCD). Piranti yang digunakan untuk mendukung pengoperasian *system* agar dapat dioperasikan secara interaktif adalah penampil kristal cair. Tipe penampilan kristal cair yang digunakan adalah TM 162 yang mempunyai 2 baris tampilan dan masing-masing terdiri atas 16 karakter tiap barisnya. Penampilan kristal cair tipe TM 162 ini dilengkapi pula dengan *back light* berwarna hijau.



Gambar 3.8. Rangkaian Penampil (LCD)

Alamat rangkaian penampil kristal cair adalah A000h – A001h. penyemat Vcc dihubungkan pada potensiometer 1 KOhm, yang berfungsi untuk mengatur kecerahan *black light*. Penyemat R/W dihubungkan pada *ground* sehingga mode penampilan kristal cair adalah baca. Penyemat RS dihubungkan pada mikrokontroller. Karena penampilan kristal cair hanya mempunyai dua mode pilihan register yaitu bila diberi logika rendah menggunakan *register* perintah dan bila diberi logika tinggi akan menggunakan *register* data.

Dalam sistem ini dimanfaatkan sebuah layar penampil yang berupa Liquid Crystal Display (LCD). Prinsip yang digunakan untuk melakukan pengoperasian sistem agar dapat dipertahankan secara interaktif adalah penampil kristal cair. Tipe penampil kristal cair yang digunakan adalah TN (TN) yang mempunyai 3 pane tampilan dan masing-masing terdiri atas 16 karakter tiap barisnya. Penampil kristal cair tipe TN (TN) ini dilengkapi pola dengan warna hitam berwarna hijau.



Gambar 3.8. Rangkaian Penampil (LCD)

Alat yang digunakan penampil kristal cair adalah A0001 7001H. penampil Vcc dihubungkan pada potensial +5V dan GND yang berfungsi untuk mengatur kecerahan layar. Penampil RW dihubungkan pada bus secara langsung mode penampil kristal cair adalah pada bus. Penampil RS dihubungkan pada mikrokontroler. Karena penampil kristal cair hanya mempunyai dua mode yaitu register yang bisa dibaca (R) dan menggunakan register penampil dan bisa dibaca (R) maka menggunakan register penampil dan

BAB IV

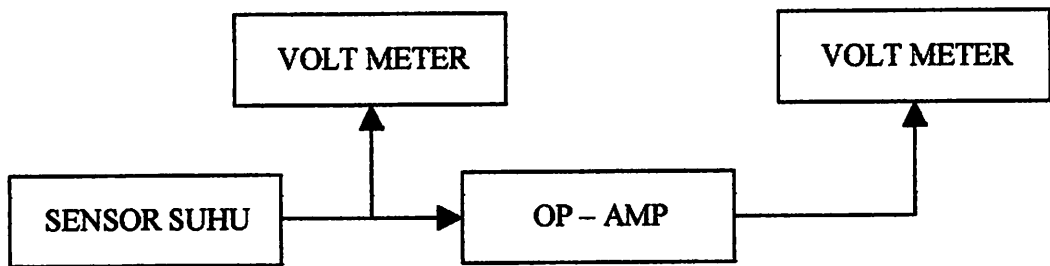
PENGUJIAN ALAT

Setelah *system* selesai, maka untuk mengetahui kesempurnaan alat ini diperlukan suatu pengujian alat. Adapun tujuan dari pengujian alat adalah :

1. Untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat dapat bekerja dengan sempurna.
2. Mengetahui proses kerja dari masing-masing blok *diagram*.

4.1 Pengukuran Rangkaian Sensor Suhu

Pengukuran rangkaian *sensor* suhu ini dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan *output* dari *sensor* suhu pada setiap perubahan suhu. Berikut ini merupakan gambar diagram blok pengujian rangkaian *sensor* suhu dan penguatan *amplifier*.



Gambar 4.1. Diagram blok pengujian rangkaian sensor suhu dan Op - Amp

Pada pengujian saat proses pemanasan bahan, suhu yang diinginkan adalah 50 - 100 °C, berikut ini merupakan table pengukuran alat.

PERENCANAAN ALAT

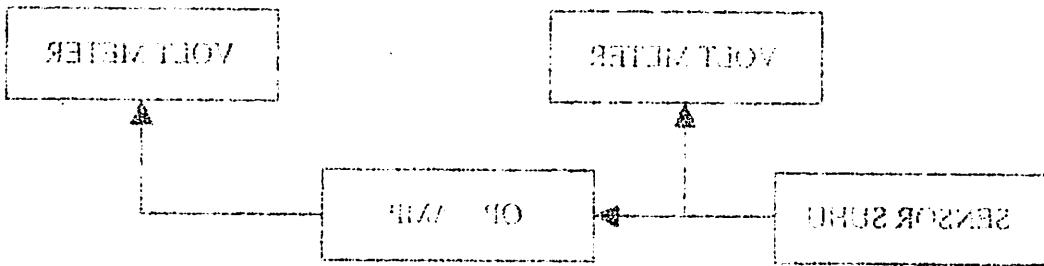
Sebagai sistem sistem maka maka untuk mengetahui kesempurnaan alat

ini diperlukan suatu pengujian alat. Adapun tujuan dan pengujian ini adalah :

- 1. Untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat dapat bekerja dengan sempurna.
- 2. Mengetahui proses kerja dan masing-masing blok sistem

4.1 Pengukuran Rangkaian Sensor Suhu

Pengukuran rangkaian sensor suhu ini dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan output dari sensor suhu pada setiap perubahan suhu. Rangkaian ini merupakan gambar di bagian blok rangkaian rangkaian sensor suhu dan pengujian sebagai berikut:



Gambar 4.1 Diagram blok rangkaian rangkaian sensor suhu dan op-amp

Jika pengujian saat proses pembuatan bahan suhu yang diinginkan

adalah 50 - 100 °C, maka ini membuat tube pengukuran alat.

Table 4-1. Hasil Pengukuran Pada Rangkaian Sensor Suhu

No	Temperatur Acuan (°C)	Vo Sensor (mV)	Vo Penguat Amplifier (V)
1	50	510	0.96
2	55	561	1.06
3	60	595	1.15
4	65	635	1.24
5	70	709	1.34
6	75	750	1.41
7	80	819	1.52
8	85	860	1.65
9	90	905	1.75
10	95	940	1.87
11	100	985	1.95

Analisa dari hasil pengukuran *sensor* suhu adalah sebagai berikut :

Misal suhu referensi yang diinginkan 50 °C maka *output* dari *sensor* suhu dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} V_{o \text{ sensor}} &= \text{Temp} \times 10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C} \\ &= 50 \text{ }^{\circ}\text{C} \times 10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C} \\ &= 500 \text{ mV} \end{aligned}$$

Analisa pada penguatan amplifier adalah sebagai berikut :

$$A = \frac{V_o}{V_{in}}$$

Dari rumus diatas dapat dicari tegangan *output* dari penguatan *amplifier* sebagai berikut :

Misal dicari Vo pada suhu 50 °C, dimana diketahui :

$$A = 2 \text{ X}$$

$$V_{in} = 500 \text{ mV}$$

Maka,

$$V_o = A \times V_{in}$$

Table 4-1. Hasil Pengukuran Pada Karakteristik Sensor Suhu

No	Temperatur Acuan (°C)	V _o Sensor (mV)	V _o Pengantar Amplifier (V)
1	20	210	0.98
2	22	231	1.05
3	25	252	1.12
4	27	273	1.24
5	30	300	1.34
6	32	320	1.41
7	35	349	1.52
8	37	369	1.63
9	40	392	1.72
10	42	410	1.87
11	100	682	1.92

Analisa dan hasil pengukuran sensor suhu adalah sebagai berikut :

Analisa suhu referensi yang ditunjukkan 20 °C maka output dari sensor suhu dapat

dinyatakan menggunakan rumus:

$$V_{\text{sensor}} = 10 \text{ mV} / ^\circ\text{C}$$

$$= 20 ^\circ\text{C} \times 10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$$

$$= 200 \text{ mV}$$

Analisa pada pengantar amplifier adalah sebagai berikut :

$$\frac{V_o}{V_m} = A$$

Dari rumus diatas dapat dicari tegangan output dari pengantar

amplifier sebagai berikut

Analisa dicari V_o pada suhu 20 °C dimana diketahui :

$$A = 2 \times$$

$$V_m = 200 \text{ mV}$$

Maka

$$V_o = A \times V_m$$

$$= 2 \times 500 \text{ mV}$$

$$= 1000 \text{ mV}$$

$$= 1 \text{ Volt}$$

Dari hasil pengukuran dapat dicari penguatannya, yaitu sebagai berikut
 Pada temperatur acuan 50 °C, V_o sensor = 510 mV dan untuk tegangan penguat
amplifier = 0.96 V, dimana V_o sensor adalah V_{in} untuk penguat, maka
 penguatannya adalah :

$$A = \frac{V_o \text{ penguat}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.96}{0.51}$$

$$A = 1.9 \text{ X}$$

Dari hasil pengukuran diatas, maka dapat dibuat table hasil pengukuran dan perhitungan.

Table 4-2. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Rangkaian Sensor Suhu

No	Temperatur Acuan (°C)	PENGUKURAN		PERHITUNGAN		A (X)
		V_o Sensor (mV)	V_o op-amp (V)	V_o sensor (mV)	V_o op-amp (V)	
1	50	510	0.96	500	1.00	2
2	55	561	1.06	550	1.10	2
3	60	595	1.15	600	1.20	2
4	65	635	1.24	650	1.30	2
5	70	709	1.34	700	1.40	2
6	75	750	1.41	750	1.50	2
7	80	819	1.52	800	1.60	2
8	85	860	1.65	850	1.70	2
9	90	905	1.75	900	1.80	2
10	95	940	1.87	950	1.90	2
11	100	985	1.95	1000	2.00	2

Dari table perhitungan dan pengukuran, maka dapat dicari besar kesalahannya dengan menggunakan rumus :

$$E = \frac{|\text{Perhitungan} - \text{pengukuran}|}{\text{Perhitungan}} \times 100\%$$

Dimana :

E (error) = kesalahan relative

Misalkan dicari kesalahan pada suhu 50 °C untuk tegangan output pada *sensor* suhu adalah :

Vo perhitungan = 500

Vo pengukuran = 510

$$E = \frac{|500 - 510|}{500} \times 100\%$$

= 2 %

Misalnya untuk mencari kesalahan pada 50 °C untuk tegangan output pada penguat *amplifier*:

Vo perhitungan = 1.00

Vo pengukuran = 0.96

$$EE = \frac{|1.00 - 0.96|}{1.00} \times 100\%$$

= 4 %

Table 4-3. Error Hasil Pengukuran dan Perhitungan Rangkaian Sensor Suhu

No	Temp (°C)	PERHITUNGAN		Error V Sensor (%)	PENGUKURAN		Error V Op-amp (%)
		Vo Sensor (mV)	Vo op-amp (V)		Vo Sensor (mV)	Vo op-amp (V)	
1	50	500	1.00	2	510	0.96	4

2	55	550	1.10	2	561	1.06	3.64
3	60	600	1.20	0.83	595	1.15	4.17
4	65	650	1.30	2.36	635	1.24	4.62
5	70	700	1.40	2.40	709	1.34	4.28
6	75	750	1.50	0	750	1.41	6
7	80	800	1.60	2.37	819	1.52	5
8	85	850	1.70	1.18	860	1.65	2.94
9	90	900	1.80	0.56	905	1.75	2.78
10	95	950	1.90	1.05	940	1.87	1.58
11	100	1000	2.00	1.5	985	1.95	2.5

$$Error\ rata-rata = \frac{\sum error}{x} \times 100\%$$

Dimana,

$\sum error$ = jumlah *error*

X = banyaknya sample

Error rata-rata pada output sensor suhu sebagai berikut:

$$\sum error = 16.25$$

$$X = 11$$

$$Error\ rata-rata = \frac{16.25}{11} \times 100\% \\ = 1.48\%$$

Error rata-rata pada output Op – Amp sebagai berikut:

$$\sum error = 41.51$$

$$X = 11$$

$$Error\ rata-rata = \frac{41.51}{11} \times 100\% \\ = 3.77\%$$

4.2 Pengukuran Rangkaian Sensor Kelembaban Air

Pengambilan data tegangan dari transduser yang merupakan keluaran dari penguatan sensor sebesar 2x. Dalam pengukuran kelembaban relatif ini transduser

11	100	1009	2.00	1.2	082	1.82	5.2
10	95	950	1.90	1.02	040	1.87	1.28
9	90	900	1.80	0.20	802	1.72	2.78
8	85	850	1.70	1.18	880	1.62	2.91
7	80	800	1.60	2.32	810	1.52	2
6	75	750	1.50	0	720	1.41	0
5	70	700	1.40	2.40	700	1.34	4.28
4	65	650	1.30	2.28	622	1.24	4.62
3	60	600	1.20	0.82	502	1.12	4.12
2	55	550	1.10	2	281	1.00	2.04

$$\text{Akar bias-1919} = \frac{\sum \text{error}}{n} \times 100\%$$

Dimana,

$$\sum \text{error} = \text{jumlah error}$$

$$n = \text{banyaknya sample}$$

Akar bias-1919 pada output sensor suhu sebagai berikut:

$$\sum \text{error} = 16.22$$

$$n = 11$$

$$\text{Akar bias-1919} = \frac{16.22}{11} \times 100\% = 1.48\%$$

Akar bias-1919 pada output Qp - Vmp sebagai berikut:

$$\sum \text{error} = 41.21$$

$$n = 11$$

$$\text{Akar bias-1919} = \frac{41.21}{11} \times 100\% = 3.73\%$$

4.2 Pengukuran Gangguan Sensor Kelembaban Air

Pengambilan data tegangan dan transducer yang merupakan kelentaran dan pengujian sensor sebesar 2X. Dalam pengukuran kelembaban relatif ini transducer

akan dibandingkan dengan *higro meter* sedangkan transduser atau sensor kelembaban ditempatkan pada suatu kondisi tertentu. Dalam pengukuran ini, akan diukur penguatan sensor RH (%), Resistansi pada 30°C (KΩ), dan penguatan OP-AMP dimana semua hal itu dipengaruhi oleh tahanan *thermistor* berubah-ubah.

Tabel 4-4. Karakteristik Kelembaban Pada Tiap-Tiap Temperatur

Setuan dalam : KΩ

% RH	Resistansi Pada 5°C	Resistansi Pada 15°C	Resistansi Pada 25°C	Resistansi Pada 35°C	Resistansi Pada 45°C	Resistansi Pada 55°C
20	16000	10000	6500	4200	2500	1500
25	10000	6500	4200	2500	1500	930
30	6500	4200	2500	1500	930	510
35	4200	2500	1500	930	510	275
40	2500	1500	930	510	275	130
45	1500	930	510	275	130	65
50	930	510	275	130	65	36
55	510	275	130	65	36	19,5
60	275	130	65	36	19,5	11
65	130	65	36	19,5	11	6,5
70	65	36	19,5	11	6,5	3,5
75	36	19,5	11	6,5	3,5	1,95
80	19,5	11	6,5	1,95	1,95	1,2
85	11	6,5	1,2	1,2	1,2	0,7
90	6,5	3,5	0,7	0,7	0,7	0,4

Dari rangkaian sensor kelembaban ini maka didapatkan tabel dibawah ini

Table 4-5. Hasil Pengukuran Rangkaian Sensor Kelembaban Pada suhu 30°C

Pengukuran Sensor RH (%)	Resistansi Pada 35°C (Ω)	Tegangan Pengukuran (Volt)
36	1000	0.9
42	490	1.2
47	255	1.6
51	110	1.9
57	70	2.4

akan dibandingkan dengan yang sedang kita gunakan atau sensor kelembaban di pasaran pada suatu kondisi tertentu. Dalam pengujian ini akan diukur besaran sensor RH (%) Resistansi pada 30°C (R30) dan besaran OP-AMP dimana semua hal ini dipengaruhi oleh tabung dan sensor berbanding-kebal.

Tabel 4-4 Karakteristik Kelembaban pada Tab-Trip Temperatur

No	Resistansi pada 20°C	Resistansi pada 25°C	Resistansi pada 30°C	Resistansi pada 35°C	Resistansi pada 40°C	Resistansi pada 45°C	Resistansi pada 50°C
20	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
22	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
30	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
32	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
40	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
42	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
50	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
52	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
60	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
62	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
70	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
72	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
80	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
82	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
90	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000

Dari rangkaian sensor kelembaban ini maka didapatkan tabel dibawah ini

Tabel 4-5 Hasil Pengukuran Rangkaian Sensor Kelembaban pada suhu 30°C

Pengukuran Sensor RH (%)	Resistansi pada 30°C (Ω)	Pengukuran Pengukuran (Volt)
30	1000	0.8
42	400	1.2
47	322	1.6
51	110	1.9
57	70	2.4

$$E = \frac{|\text{Pengukuran Higro} - \text{pengukuran Sensor}|}{\text{Pengukuran Higro}} \times 100\%$$

Dimana :

E (error) = kesalahan relative

Dari tabel pengukuran diatas dan dibandingkan dengan tabel karakteristik, maka akan didapat erorr sensor kelembaban.

$$\begin{aligned} E &= \frac{35 - 36}{35} \times 100\% \\ &= \frac{1}{35} \times 100\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

Table 4-7. Hasil Pengukuran Pada Rangkaian Sensor Kelembaban

Pengukuran Higro RH (%)	Pengukuran Sensor RH (%)	Resistansi Pada 35 °C (Ω)	Error %	Tegangan Pengukuran (Volt)	Tegangan Penguatan (Volt)
35	36	1000	2	0.9	1.8
40	42	490	5	1.2	2.4
45	47	255	4	1.6	3.2
50	51	110	2	1.9	3.8
55	57	70	3	2.3	4.6

Dari tabel 4-4. karakteristik kelembaban pada tiap-tiap temperatur, maka akan didapat *error* pada masing-masing pengukuran.

$$E = \frac{|\text{Karakteristik} - \text{Pengukuran Sensor}|}{\text{Karakteristik}} \times 100\%$$

Dimana :

E (error) = kesalahan relative

$$A = \frac{\text{Pengukuran Higo} - \text{pengukuran sensor}}{\text{Pengukuran Higo}} \times 100\%$$

Dimana :

E (error) = kesalahan relative

Dari tabel pengukuran diatas dan dibandingkan dengan tabel karakteristik maka akan didapat error sensor kelambahan

$$A = \frac{32 - 30}{32} = \frac{2}{32} = \frac{1}{16} = 6,25\%$$

Table 4-7. Hasil Pengukuran Pada Rangkaian Sensor Kelambahan

Pengukuran Higo RH (%)	Pengukuran Sensor RH (%)	Resistensi Pada 32 °C (Ω)	Error %	Pengukuran Tegangan	Pengukuran Tegangan
32	30	1000	2	0,9	1,8
40	42	400	5	1,2	2,4
45	47	222	4	1,6	3,2
50	51	110	2	1,9	3,8
55	57	70	3	2,2	4,4

Dari tabel 4-4 karakteristik kelambahan pada tiap-tiap temperatur maka

akan didapat error pada masing-masing pengukuran

$$A = \frac{\text{Karakteristik} - \text{Pengukuran Sensor}}{\text{Karakteristik}} \times 100\%$$

Dimana :

E (error) = kesalahan relative

Dari tabel pengukuran diatas dan dibandingkan dengan tabel karakteristik, maka akan didapat erorr resistansi.

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{|930-1000|}{930} \times 100\% \\
 &= \frac{|70|}{930} \times 100\% \\
 &= 7\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4-6. Error Hasil Pengukuran Dengan Karakteristik Pada Tiap-Tiap Kelembaban

PENGUKURAN		Error %	RESISTANSI PADA 35°C		Error %
Higro RH %	Sensor RH %		Karakteristik	Pengukuran	
35	36	2	930	1000	7
40	42	5	510	490	3
45	47	4	275	255	7
50	51	2	130	110	15
55	57	3	65	70	7

$$\text{Error rata-rata} = \frac{\sum \text{Error}}{x} \times 100\%$$

Dimana,

$\sum \text{Error}$ = Jumlah error

X = Banyaknya sample

Error rata-rata pada pengukuran *higro meter* dan sensor, sebagai berikut:

$$\sum \text{Error} = 16$$

$$X = 5$$

$$\begin{aligned}
 \text{Error rata-rata} &= \frac{16}{5} \times 100\% \\
 &= 32\%
 \end{aligned}$$

Error rata-rata pada Resistansi Karakteristik dengan pengukuran

$$\Sigma \text{Error} = 39$$

$$X = 5$$

$$\begin{aligned} \text{Error rata-rata} &= \frac{39}{5} \times 100\% \\ &= 7.8\% \end{aligned}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah tahap demi tahap dilalui, perancangan dan pembuatan bioarang dari kotoran hewan berbasis mikrokontroler AT89S51 dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

- Pada perancangana yang telah dibuat didapat bahwa tingkat perubahan suhu berkisar antara 50°C - 100°C mempunyai keluaran antara 510 mV - 985 mV(sebelum dikuatkan). Perancangan rangkaian *sensor* suhu dalam alat ini menggunakan rangkian penguat difrensial dengan penguatan dua kali sehingga suhu yang bias terbaca adalah 1°C atau sama dengan 0.96 V - 1.95 V(setelah dikuatkan)
- Pada rangkaian pengkondisi sinyal kelembaban, apabila output dari sensor ini naik maka resistansinya akan semakin berkurang, sehingga tegangan pun akan naik. Demikian pula sebaliknya dengan kelembaban yang semakin rendah maka resistansinya akan naik dan tegangannya akan turun. tegangan output dari sensor ini adalah 0.9 Volt - 2.4 Volt sebelum dikutkan sebesar 2 kali.

5.2 Saran-saran

Untuk pengembangan lebih lanjut yang memungkinkan penyempurnaan alat ini maka dapat dilakukan sesuai kebutuhan baik penerapan maupun perluasan sitemnya, khususnya untuk proses pengepresan dan pengovenan agar didapat

REVISI

2.1. Revisi

dan lain-lain yang berkaitan dengan revisi ini. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada lampiran yang tertera di bagian belakang.

2.2. Revisi

- Pada bagian-bagian yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya, yaitu pada bab-bab 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

2.2. Revisi

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada lampiran yang tertera di bagian belakang. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada lampiran yang tertera di bagian belakang.

sebuah bioarang yang sempurna dan siap dipergunakan oleh masyarakat sebagai pengganti bahan bakar kayu minyak dan gas bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Widarto dan Suryanta. *"Teknologi Tepat Guan Membuat Bioarang Dari Kotoran Lembu"*, Kanisus (Anggota IKAPI), Yogyakarta, 1995
- [2] Andi Nalwan, Paulus, *"Panduan praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroller AT 89S51"*, PT, Gramedia, Jakarta, 2000
- [3] Eko Putra, Agfianto, *"Belajar Mikrokontroller AT 89S51/52/55"*, Gava media, Yogyakarta, 2000
- [4] Sutrisno, *"Teori Dasar dan Penerapa, Jilid 1"* ITB, Bandung, 1986.
- [5] Sutrisno, *"Teori Dasar dan Penerapa, Jilid 2"* ITB, Bandung, 1987.
- [6] ATMEL, *"data sheet Mikrokontroller AT 89S51"*.
- [7] NATIONAL Semikonduktor, *"data sheet ADC0809/ADC0808"*.
- [8] NATIONAL Semikonduktor, *"LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors."*
- [9] Crown Industrial Estate. *"HUMIDITY SENSORS: TYPE HS12P, HS15P"*
- [10] Seiko Instruments Inc. *"Liquid Crystal Display Module M1632"*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Widarto dan Sugianto. "Teknologi Yupa (tumpukan) Rancangan
Dua Kotak Lembar," *Kanisius (Anggota IKAPI) Yogyakarta*, 1995
- [2] Anli Nalwan Paulus. "Pembuatan pernis Teknik Elektronika dan
Aurorogama Mikrokontroler IT 80251," *PT. Gramedia Jakarta*, 2000
- [3] Eko Purno Agilano. "Belajar Mikrokontroler IT 80251 25 25," *Grafi
media Yogyakarta*, 2000
- [4] Swisno. "Tutor Dasar dan Percept, Jilid 1," *ITB Bandung*, 1986
- [5] Swisno. "Tutor Dasar dan Percept, Jilid 2," *ITB Bandung*, 1987
- [6] AJMEL, "dua sheet Mikrokontroler IT 80251"
- [7] NATIONAL SEMIKONDUKTOR, "dua sheet 400 0202 400 0202"
- [8] NATIONAL SEMIKONDUKTOR, "DATA 1A133-1A133C 1A133D 1A133D
Faction (single Temperature Sensor)"
- [9] Crown Industrial Estate, "HEAVY DUTY SENSOR: 7748 84121, 84121"
- [10] Seiko Instruments Inc. "Ampuh Digital Display 41625"



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA S-1

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

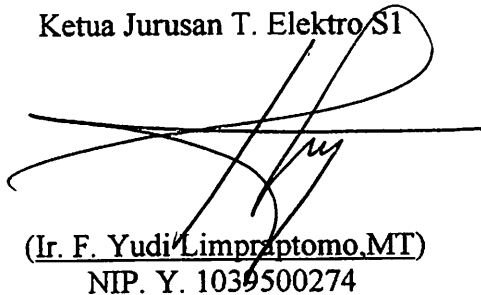
Nama : IMAM SUSANTO
N I M : 99.17.136
Jurusan : Teknik Elektro S1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Bioarang Dari Kotoran
Hewan Berbasis Mikrokontroller AT89S51

Tanggal Pengajuan Skripsi : 12 Feb 2005
Selesai Pengajuan Skripsi : 8 Okt 2005
Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Telah dievaluasi dengan nilai : 85

Malang, 12 Oktober 2005

Mengetahui

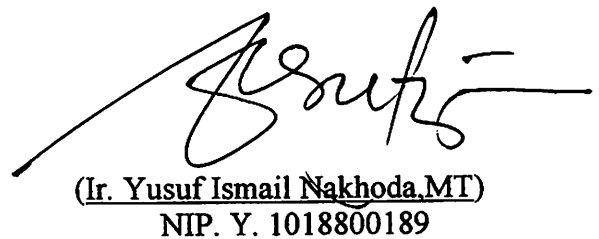
Ketua Jurusan T. Elektro S1



(Ir. F. Yudi Limpraptomo, MT)
NIP. Y. 1039500274

Disetujui

Dosen Pembimbing



(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP. Y. 1018800189



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : IMAM SUSANTO
Nim : 9917136
Masa Bimbingan : 12-Feb-2005 S/D 15-Aug-2005
Judul Skripsi : Perancangan dan pembuatan biorang dari kotoran hewan berbasis mikrokontroller AT89S51

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	12-09-2005	Demo alat	
2	12-09-2005	Revisi alat dan kerapian alat	
3	12-09-2005	Revisi kerapian mekanik	
4	20-09-2005	Maju makalah seminar hasil	
5	20-09-2005	Revisi makalah seminar hasil	
6	26-09-2005	Maju bab I sampai bab V	
7	26-09-2005	Revisi penulisan	
8	26-09-2005	Revisi daftar pustaka	
9	26-09-2005	Revisi gambar dan tabel	
10	26-09-2005	Revisi kesimpulan dan saran	

Malang, 2005
Dosen Pembimbing


Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

Form. S-4a



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTARASI TEKNIK ELEKTRONIKA S-1

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI



Dari hasil ujian Komprehensif Jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Konsentarasasi Elektronika yang diselenggarakan pada:

Hari : Jum`at
Tanggal : 7 Oktober 2005

Telah dilaksanakan perbaikan Skripsi oleh saudara :

Nama : IMAM SUSANTO
N.I.M : 99.17.136
Masa Bimbingan : 2004 – 2005

Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Bioarang Dari Kotoran Hewan Berbasisi Mikrokontroller AT89S51

No	Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Penguji
1	12 Oktober 2005	Harus dilengkapi skema lengkap	
2	12 Oktober 2005	Harus dilengkapi listing program dari mikrokontroller	

Penguji I



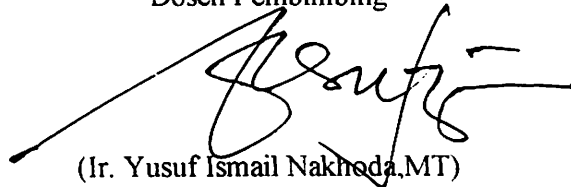
(Ir. Widodo P M,MT)

Penguji II



(Cahyo Crysdian,Msc)

Mengetahui
Dosen Pembimbing



(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda,MT)



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA :
N I M :
Perbaikan meliputi :

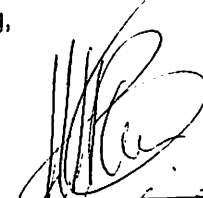
① Harus dituliskan semua konsep.

② Harus dituliskan listing program dari pc.

③.

Malang,

200

(
Widada P.H.)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

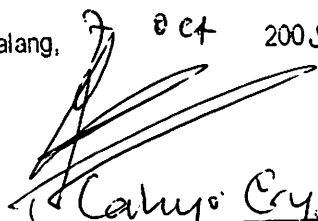
Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Imam Susanto
N I M : 99.17.136
Perbaikan meliputi :

1) Penyelesaian yg complete sahena

Malang,

7 Oct 2005


Cahyo Crystal

```

;=====
; Listing Program
; Device : Alat Bio Arang
; Target : Mikrokontroler AT89S51
; Oleh   :
;   Nama : Imam Susanto
;   NIM  : 99.17.136
;   Jurusan : T. Elektro/Elektronika
;   Fakultas: Teknik
; INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
; Tahun 2005
;=====
;
;   org    00h
;   ljmp   MULAI
;
;-----
; Inisialisasi port & RAM
;-----
LCD    equ    P1
RS     bit    P3.2
RW     bit    P3.3
ENABLE bit    P3.4
ADC    equ    P0
EOC    bit    P3.5
ADDR   bit    P3.6
STAR   bit    P3.7
M_ATAS1 bit    P2.0
M_ATAS2 bit    P2.1
M_BAWAH1 bit    P2.2
M_BAWAH2 bit    P2.3
M_HALUS bit    P2.4
M_ADUK  bit    P2.5
HEATER  bit    P2.6
T_OK    bit    P2.7
D_SUHU  equ    2Ah
D_LMBAB equ    2Ch
;
;-----
; delay u/ tampilan
;-----
DELAY:   mov    R5,#0Ah
DEL1:   mov    R6,#0AFh
DEL2:   djnz   R6,DEL2
        djnz   R5,DEL1
        ret
;
;-----
; delay panjang
;-----
LDELAY:  mov    R5,#0
LDEL1:  mov    R6,#0
LDEL2:  djnz   R6,LDEL2
        djnz   R5,LDEL1
        ret
;
;-----
; inisialisasi LCD
;-----

```

```

INIT_LCD:
    push ACC
    push PSW
    push DPH
    push DPL
    clr RS
    mov LCD,#3Fh
    acall SEND
    mov LCD,#0Dh
    acall SEND
    mov LCD,#06h
    call SEND
    mov LCD,#01h
    acall SEND
    setb RS
    pop DPL
    pop DPH
    pop PSW
    pop ACC
    ret

;
;-----
; sinyal enable LCD
;-----
SEND: clr ENABLE
      acall DELAY
      setb ENABLE
      ret

;
;-----
; membersihkan tampilan
;-----
CLEAR: push ACC
       clr RS
       mov LCD,#01h
       acall SEND
       setb RS
       pop ACC
       ret

;
;-----
; ke awal baris
;-----
HOME: push ACC
      clr RS
      mov LCD,#80h
      acall SEND
      setb RS
      pop ACC
      ret

;
;-----
; ganti baris
;-----
GANTI: push ACC
       clr RS
       mov LCD,#0C0h
       acall SEND
       setb RS

```

```

        pop    ACC
        ret
;
;-----
; penulisan string panjang
;-----
STRING:    push  ACC
           push  PSW
           mov   R4, #16
           setb  RS
AWAL:    clr   A
           movc  A, @A+dptr
           inc   dptr
           mov   LCD, A
           acall SEND
           djnz  R4, AWAL
           acall LDELAY
           acall LDELAY
           acall LDELAY
           pop   PSW
           pop   ACC
           ret
;
;-----
; penulisan string Pengukuran
;-----
STRING1:
           push  ACC
           push  PSW
           mov   R4, #9
           setb  RS
AWAL2:    clr   A
           movc  A, @A+dptr
           inc   dptr

           mov   LCD, A
           acall SEND
           djnz  R4, AWAL2
           acall LDELAY
           acall LDELAY
           acall LDELAY
           pop   PSW
           pop   ACC
           ret
;
;-----
; Proses pengukuran
;-----
UKUR:    clr   ADDR
           acall LDELAY
           acall LDELAY
           setb  STAR
           acall DELAY
           clr   STAR
           acall LDELAY
LOP1:    jnb   EOC, LOP1
           mov   A, ADC
           mov   D_SUHU, A
           setb  ADDR

```



```

    acall LDELAY
    acall LDELAY
    setb STAR
    acall DELAY
    clr STAR
    acall LDELAY
LOP2: jnb EOC, LOP2
      mov A, ADC
      mov D_LMBAB, A
      ret
;
;-----
; menampilkan data kadar air
;-----
TAMPIL:  push ACC
         push DPH
         push DPL
         acall HOME
         mov dptr, #SUHU
         acall STRING1
         mov A, R1
         orl A, #30h
         mov LCD, A
         acall SEND
         mov A, R2
         orl A, #30h
         mov LCD, A
         acall SEND
         mov A, R3
         orl A, #30h
         mov LCD, A
         acall SEND
         mov LCD, #20h
         acall SEND
         mov LCD, #0DFh
         acall SEND
         mov LCD, #43h
         acall SEND
         pop DPL
         pop DPH
         pop ACC
         ret
;
;-----
; menampilkan data kelembaban
;-----
TAMPIL2: push ACC
         push DPH
         push DPL
         acall GANTI
         mov dptr, #LBB
         acall STRING1
         mov A, R1
         orl A, #30h
         mov LCD, A
         acall SEND
         mov A, R2
         orl A, #30h

```

```

    mov    LCD,A
    acall SEND
    mov    LCD,#2Ch
    acall SEND
    mov    A,R3
    orl    A,#30h
    mov    LCD,A
    acall SEND
    mov    LCD,#20h
    acall SEND
    mov    LCD,#25h
    acall SEND
    pop    DPL
    pop    DPH
    pop    ACC
    ret

;
;-----
; konversi suhu
;-----
KONVER:    push  ACC
           push  DPH
           push  DPL
           mov   R1,#0
           mov   R2,#0
           mov   R3,#0
           mov   R0,D_SUHU
JML:      mov   A,R0
           jz    END_JML
           inc   R3
           dec   R0
           mov   A,R3
           cjne A,#0Ah,JML
           mov   R3,#0
           inc   R2
           mov   A,R2
           cjne A,#0Ah,JML
           mov   R2,#0
           inc   R1
           sjmp JML
END_JML:   pop    DPL
           pop    DPH
           pop    ACC
           ret

;
;-----
; konversi data kelembaban
;-----
KONVER2:
           push  ACC
           push  DPH
           push  DPL
           mov   R1,#4
           mov   R2,#0
           mov   R3,#0
           mov   R0,D_LMBAB
JML2:     mov   A,R0
           jz    END_JML2

```

```

    inc    R3
    inc    R3
    dec    R0
    mov    A,R3
    cjne  A,#0Ah,JML2
    mov    R3,#0
    inc    R2
    mov    A,R2
    cjne  A,#0Ah,JML2
    mov    R2,#0
    inc    R1
    sjmp  JML2
END_JML2:
    pop    DPL
    pop    DPH
    pop    ACC
    ret

;
;-----
; Pembanding suhu
;-----
BANDING:
    push  ACC
    clr   A
    clr   C
    mov   A,D_SUHU
    subb A,#100
    jnc  HEAT_OFF
    setb HEATER
    pop  ACC
    ret
HEAT_OFF:
    clr   C
    mov   A,D_SUHU
    mov   R4,#100
    inc   R4
    inc   R4
    subb A,R4
    jnc  HEAT_ON
    pop  ACC
    ret
HEAT_ON:
    clr   HEATER
    pop  ACC
    ret

;
;-----
; Program utama
;-----
MULAI:    clr   A
          mov   LCD,#0FFh
          clr   RW
          setb  ENABLE
          setb  RS
          clr   ADDR
          mov   P2,#0FFh
          clr   STAR
          acall LDELAY
;

```

```

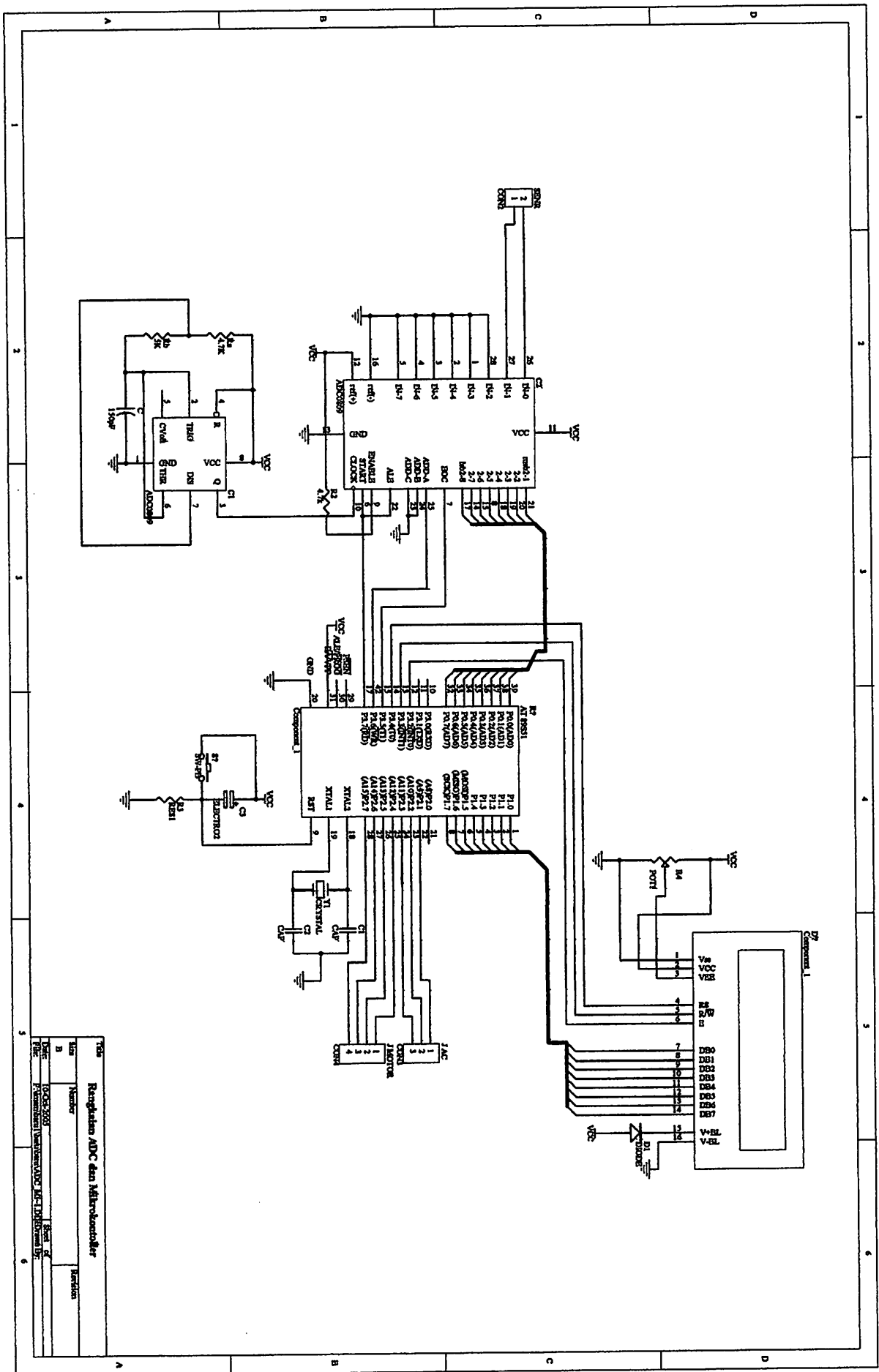
;-----
; menampilkan judul
;-----
    acall INIT_LCD
PROSES:    mov    R7,#5
    mov    dptr,#JUDUL
NEXT:     acall HOME
    acall STRING
    acall DELAY
    acall GANTI
    acall STRING
    acall LDELAY
    djnz  R7,NEXT
    acall LDELAY
    acall LDELAY
    acall LDELAY
;
;-----
; Proses menampilkan REDY
;-----
PILIH:    clr    A
    mov    P2,#0FFh
    clr    ADDR
    clr    STAR
    acall CLEAR
    mov    dptr,#REDY
    acall STRING
    clr    M_BAWAH1
    setb  M_BAWAH2
    acall LDELAY
;
;-----
; menunggu tombol start
;-----
LOOP:     jb    T_OK,LOOP
    acall CLEAR
    mov    dptr,#GILING
    acall STRING
    acall GANTI
    acall STRING
    clr    M_HALUS
    setb  M_ATAS1
    clr    M_ATAS2
LOOP2:    jnb   T_OK,LOOP2
    setb  M_HALUS
    clr    M_ATAS1
    setb  M_ATAS2
    clr    M_ADUK
    clr    HEATER
LOOP3:    acall UKUR
    acall KONVER
    acall TAMPIL
    acall KONVER2
    acall TAMPIL2
    acall BANDING
    clr    C
    mov    A,D_SUHU
    subb  A,#60
    jc    LOOP3

```

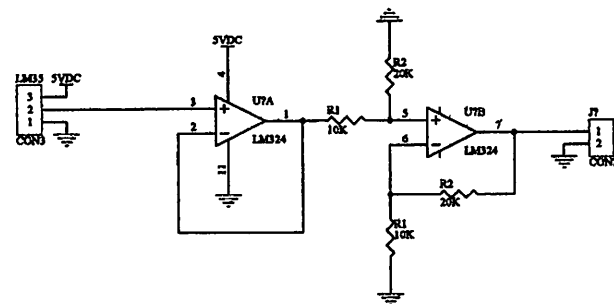
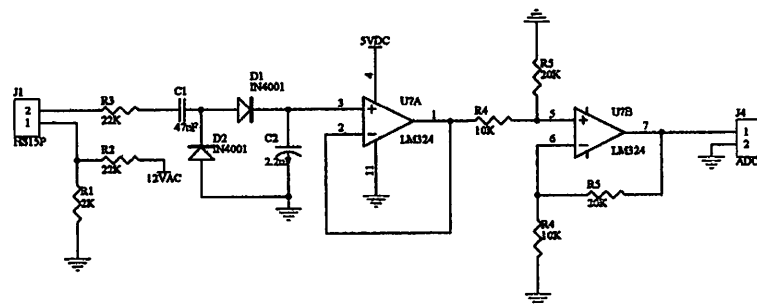
```

setb HEATER
setb M_BAWAH1
clr M_BAWAH2
mov dptr, #AHIR
acall HOME
acall STRING
acall GANTI
acall STRING
LOOP4:  jb    T_OK, LOOP4
        setb M_ADUK
        ajmp PILIH
;
;-----
; Data dan informasi
;-----
JUDUL:  DB    ' ALAT BIO ARANG '
        DB    ' MENGGUNAKAN '
        DB    ' AT89S51 '
        DB    ' -- OLEH -- '
        DB    ' IMAM SUSANTO '
        DB    ' 99.17.136 '
        DB    ' T. ELEKTRONIKA '
        DB    ' FAK T. INDUSTRI '
        DB    ' ITN MALANG '
        DB    ' TAHUN 2005 '
REDY:   DB    ' READY !! '
GILING: DB    ' DALAM PROSES '
        DB    ' PENGGILINGAN '
SUHU:  DB    'SUHU = '
LBB:   DB    'LEMBAB = '
AHIR:  DB    ' PROSES SELESAI '
        DB    ' READYB !! '
;
        End

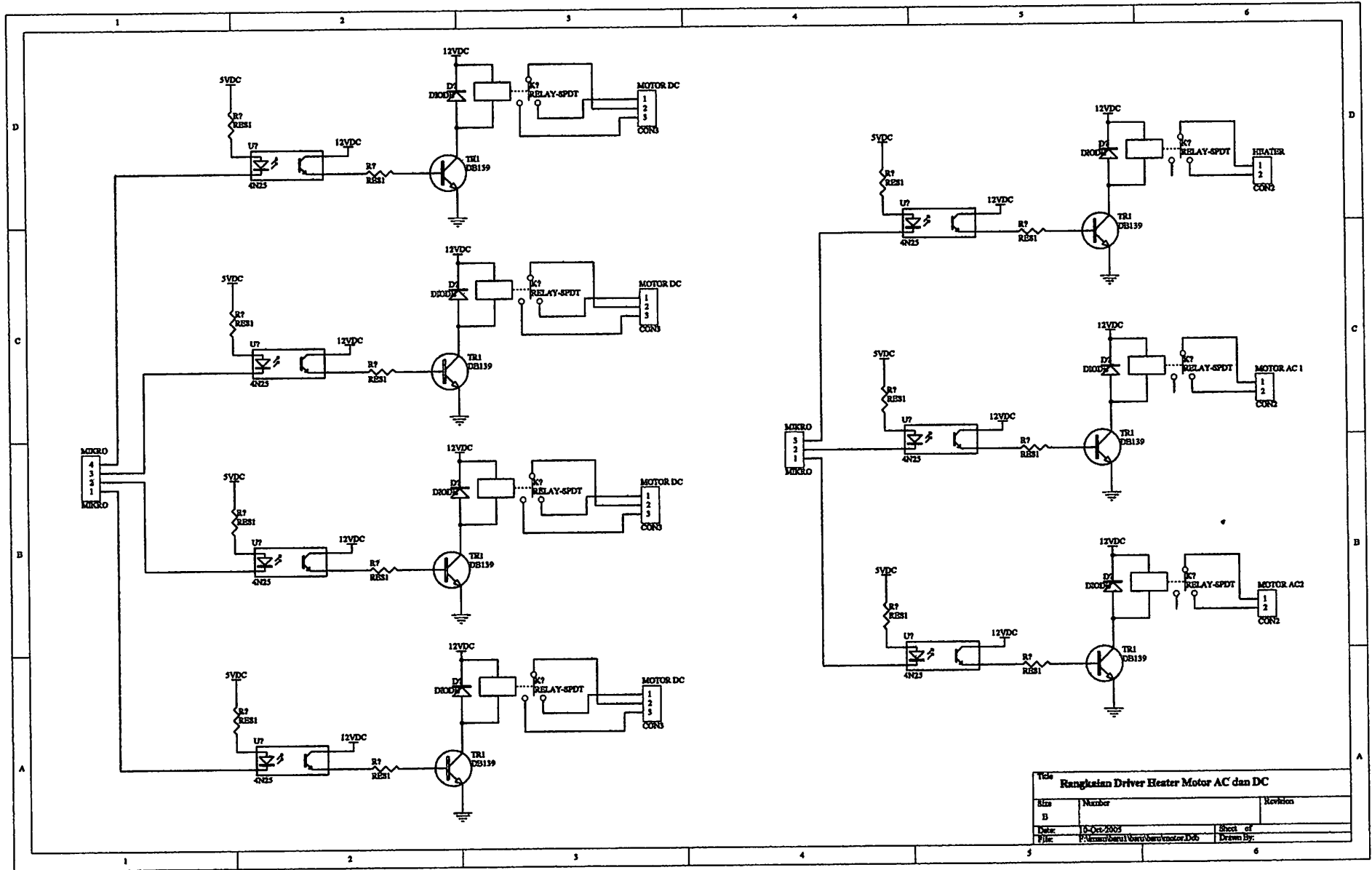
```



Nama		Rangkaian ADC dan Mikrokontroler	
No.	Nomor		
Date:		10/05/2025	
File:		F:\Konsentrasi\Berkas\ADC DAC\Diagram.Dwg	
User:		User	
Printer:		HP LaserJet P1102	



Title		
Rangkaian Sensor Kelembaban dan Suhu		
Dim	Number	Revision
B		
Date:	16-Oct-2005	Sheet of
File:	P:\Jurnal\Bardil\Bardil\Karya ABC\Doc	Drawn By:



Title: Rangkaian Driver Heater Motor AC dan DC
 Size: Number: Revision:
 Date: 10-Oct-2009 Sheet of:
 File: P:\Arca\baru1\baru\baru\motor.Ddb Drawn By:

Features

- Compatible with MCS-51[®] Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
 - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)

Description

The AT89S51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 4K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S51 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.



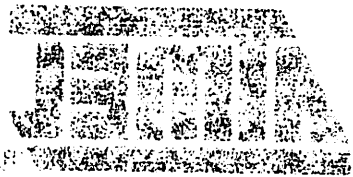
8-bit Microcontroller with 4K Bytes In-System Programmable Flash

AT89S51

Preliminary

Rev. 2487A-10/01





8-bit

Microcontroller
with 4K Bytes
in-system
Programmable
Flash

AT89C51

AT89C51

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 4K Bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density non-volatile memory technology and is designed with a highly-optimized instruction set and architecture to reduce the size and power consumption of the device. It is available in a variety of packages and memory options. By combining a versatile 8-bit CPU with a system and memory that can be programmed in-system, the AT89C51 is a powerful microcontroller for a wide range of applications. It is available in a variety of packages and memory options.

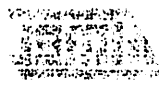
The AT89C51 provides the following features:

- 8-bit CPU with 4K Bytes of in-system programmable Flash memory
- 128 x 8-bit internal RAM
- 2K Bytes of internal ROM
- Two 16-bit timers/counters
- Six interrupt sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupts from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Ports
- Power off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Modes)

Description

Features

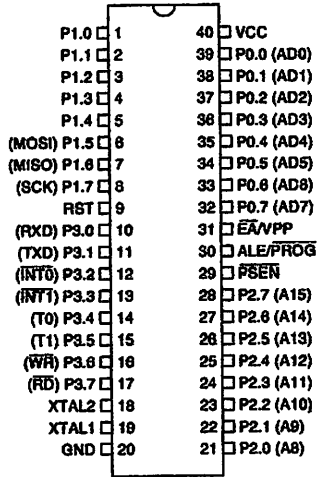
- Operates with 5V or 3V
- 4K Bytes of In-system Programmable (ISP) Flash Memory
- Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: I/Os to 70 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 2K Programmable ROM
- Two 16-bit Timers/Counters
- Six Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupts from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Ports
- Power off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Modes)



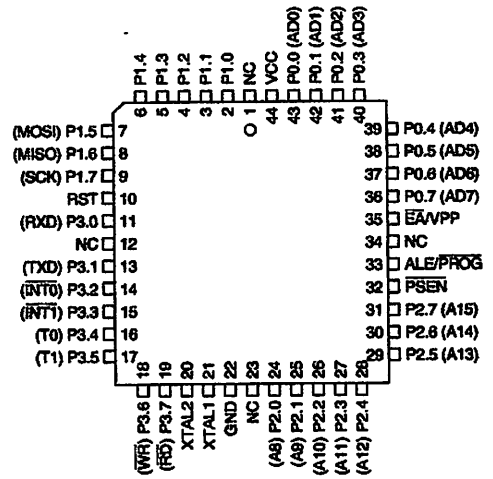


Pin Configurations

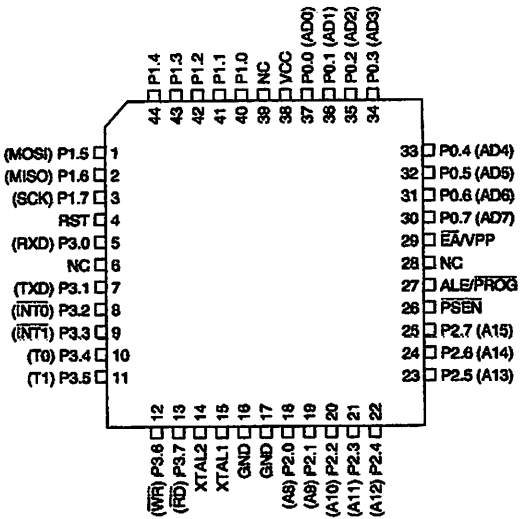
PDIP



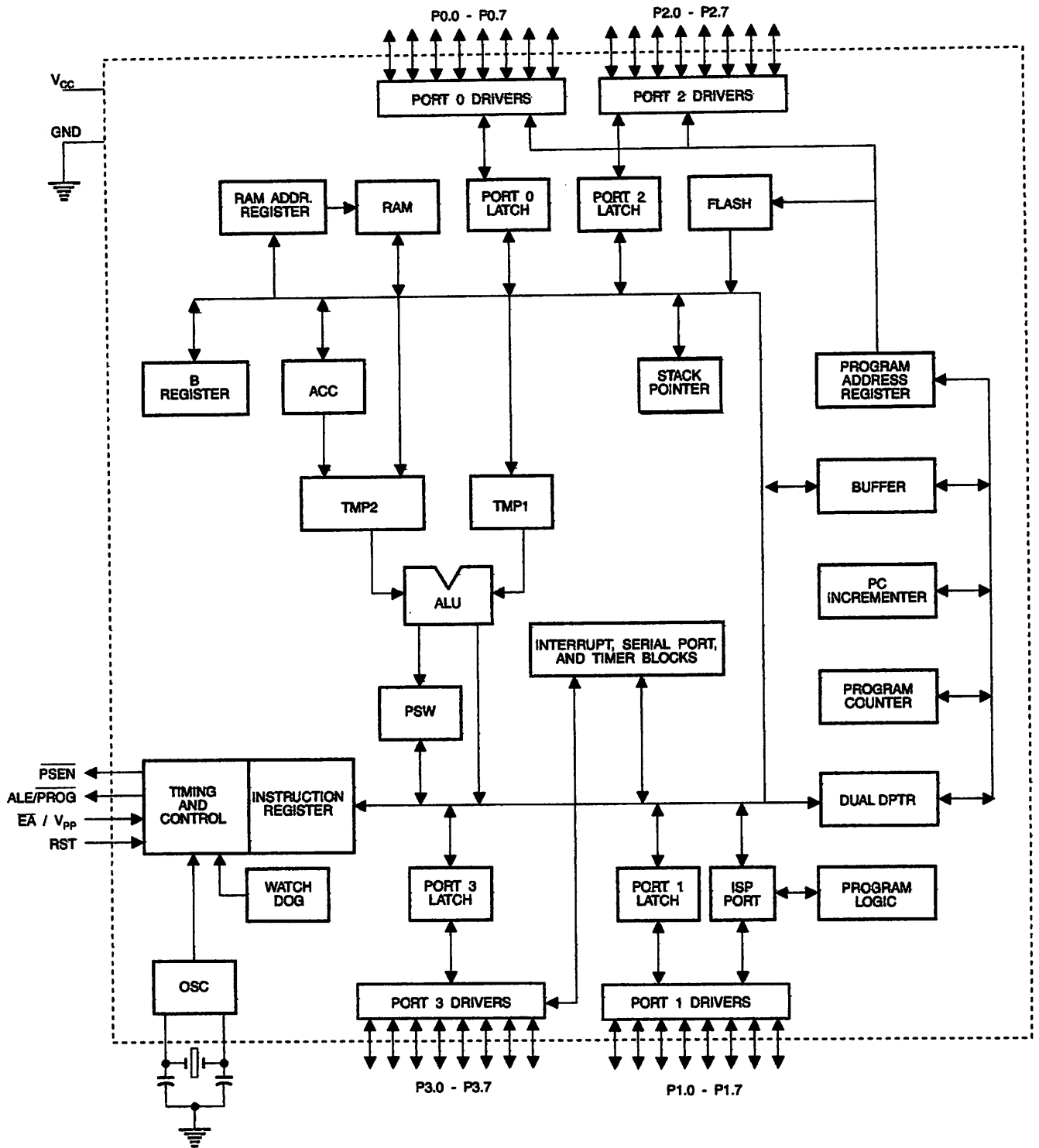
PLCC

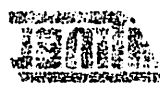
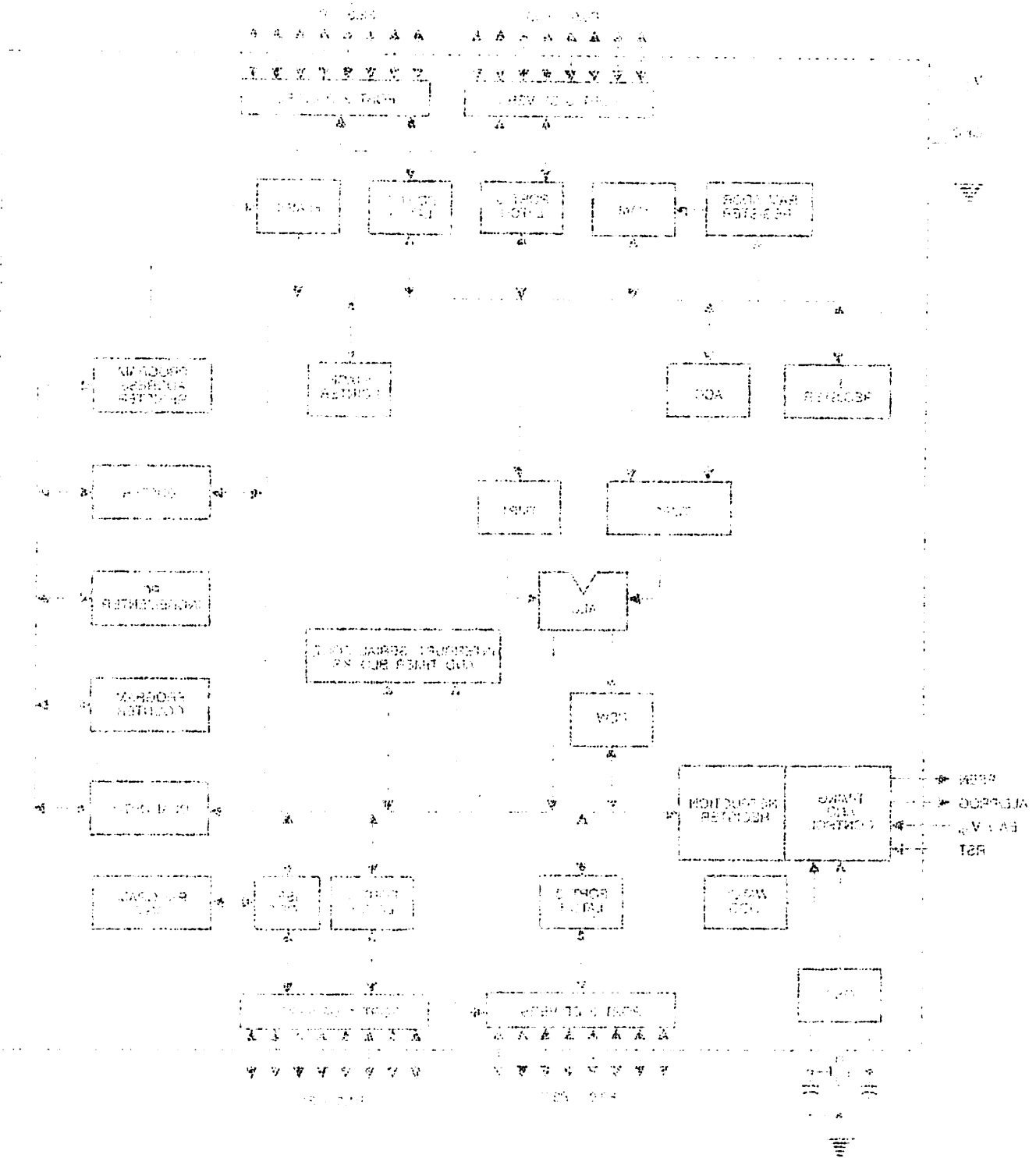


TQFP



Block Diagram







Pin Description

VCC Supply voltage.

GND Ground.

Port 0 Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pull-ups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. **External pull-ups are required during program verification.**

Port 1 Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

Port 2 Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3 Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pull-ups.

Port 3 receives some control signals for Flash programming and verification.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S51, as shown in the following table.

Pin Description

VCC

2-ppv voltage

UID

Ground

Port 0

Port 0 is an 8-bit parallel port. It is used for data transfer. As an 8-bit port, each bit of data is transferred through one of the eight pins. Port 0 pins are located on the right side of the chip.

Port 0 can also be configured to be an 8-bit parallel port. In this mode, Port 0 is used as a parallel port. It is used for data transfer. As an 8-bit port, each bit of data is transferred through one of the eight pins.

Port 0 also receives the data bytes from the program and outputs the data bytes. External pull-ups are provided during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit parallel port. It is used for data transfer. As an 8-bit port, each bit of data is transferred through one of the eight pins. Port 1 pins are located on the right side of the chip.

Port 1 also receives the data bytes from the program and outputs the data bytes. External pull-ups are provided during program verification.

Port Pin	Alternate Functions
Port 0	IO/0 (used as an I/O pin)
Port 1	IO/1 (used as an I/O pin)
Port 2	IO/2 (used as an I/O pin)
Port 3	IO/3 (used as an I/O pin)

Port 2

Port 2 is an 8-bit parallel port. It is used for data transfer. As an 8-bit port, each bit of data is transferred through one of the eight pins. Port 2 pins are located on the right side of the chip.

Port 2 also receives the data bytes from the program and outputs the data bytes. External pull-ups are provided during program verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit parallel port. It is used for data transfer. As an 8-bit port, each bit of data is transferred through one of the eight pins. Port 3 pins are located on the right side of the chip.

Port 3 also receives the data bytes from the program and outputs the data bytes. External pull-ups are provided during program verification.

Port 3 also receives the data bytes from the program and outputs the data bytes. External pull-ups are provided during program verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives High for 98 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

ALE/PROG

Address Latch Enable (ALE) is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{\text{PROG}}$) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable ($\overline{\text{PSEN}}$) is the read strobe to external program memory.

When the AT89S51 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

EA/VPP

External Access Enable. $\overline{\text{EA}}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{\text{EA}}$ will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier



Port Pin	Alternate Functions
P0.0	P0.0 (external interrupt 0)
P0.1	P0.1 (external interrupt 1)
P0.2	P0.2 (external interrupt 2)
P0.3	P0.3 (external interrupt 3)
P0.4	P0.4 (external interrupt 4)
P0.5	P0.5 (external interrupt 5)
P0.6	P0.6 (external interrupt 6)
P0.7	P0.7 (external interrupt 7)

When the AT89C51 is in the idle state, the oscillator running rate is 12 MHz. The oscillator frequency is 12 MHz. The AT89C51 can be used to access the external memory (RAM or ROM) in the address range 0000H-FFFFH. The pin is also the program counter (PC) during program execution.

Address (from P0.0-P0.7) is an output pulse for writing the low byte of the address during accesses to external memory. The pin is also the program counter (PC) during program execution.

In normal operation, ALE is enabled at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. However, when the ALE pin is disabled during each access to external data memory.

The ALE pin can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. When the bit is set, ALE is disabled. ALE is disabled during MOVX and MOVB instructions. However, the ALE pin is disabled during MOVX and MOVB instructions. The microcontroller is in external execution mode.

Program Store Enable (PSEN) is the read strobe to external program memory. When the AT89C51 is executing code from external program memory, PSEN is activated and each machine cycle of the processor. PSEN is activated and strobed during each access to external data memory.

External Access Enable (EA) must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory. Address latching is provided up to FFFFH. EA will be internally latched on reset.

EA should be strapped to Vcc for normal program execution. This pin also receives the 13-volt programming enable voltage (Vpp) during program execution.

Input to the internal flash memory and input to the internal ROM during program execution.

Output from the internal ROM during program execution.

P0.0

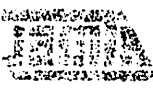
AT89C51

PSEN

EA

P0.0

P0.0





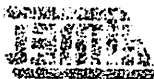
Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H									0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000								0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XX(0)XX0		8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XXX0000	87H



Special
Information
Legislative

A man of the one-trip theory was called the Special Frontier (SFR) and is shown
in Table 1.
While that is the obvious effect, it is not the only one. It is possible that
mentioned in the caption. First, access to these subjects will in general result in a
and will increase will have an administrative effect.

Table 1. A General SFR Map and Basic Values

Year	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
1970								1000
1971								1000
1972								1000
1973								1000
1974								1000
1975								1000
1976								1000
1977								1000
1978								1000
1979								1000
1980								1000
1981								1000
1982								1000
1983								1000
1984								1000
1985								1000
1986								1000
1987								1000
1988								1000
1989								1000
1990								1000
1991								1000
1992								1000
1993								1000
1994								1000
1995								1000
1996								1000
1997								1000
1998								1000
1999								1000
2000								1000
2001								1000
2002								1000
2003								1000
2004								1000
2005								1000
2006								1000
2007								1000
2008								1000
2009								1000
2010								1000
2011								1000
2012								1000
2013								1000
2014								1000
2015								1000
2016								1000
2017								1000
2018								1000
2019								1000
2020								1000

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Interrupt Registers: The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the five interrupt sources in the IP register.

Table 2. AUXR: Auxiliary Register

AUXR	Address = 8EH							Reset Value = XXX00XX0B
Not Bit Addressable	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
-	Reserved for future expansion							
DISALE	Disable/Enable ALE							
	DISALE							
	Operating Mode							
	0	ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency						
	1	ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction						
DISRTO	Disable/Enable Reset out							
	DISRTO							
	0	Reset pin is driven High after WDT times out						
	1	Reset pin is input only						
WDIDLE	Disable/Enable WDT in IDLE mode							
	WDIDLE							
	0	WDT continues to count in IDLE mode						
	1	WDT halts counting in IDLE mode						

Dual Data Pointer Registers: To facilitate accessing both internal and external data memory, two banks of 16-bit Data Pointer Registers are provided: DP0 at SFR address locations 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 in SFR AUXR1 selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. The user should always initialize the DPS bit to the appropriate value before accessing the respective Data Pointer Register.



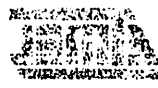
These registers should not be used to store data. They are used to store data only when the processor is in the WAIT state. The WAIT state is entered when the processor is waiting for a data transfer to complete. The WAIT state is always set to 0.

Register: The individual registers are described in the following table. The registers can be set for each of the four states of the processor.

Table 2. AUXR1 Auxiliary Register

AUXR1	Register	Initial Value
0	WAIT	0
1	DATA	0
2	MEMO	0
3	MEMO	0
4	MEMO	0
5	MEMO	0
6	MEMO	0
7	MEMO	0
8	MEMO	0
9	MEMO	0
10	MEMO	0
11	MEMO	0
12	MEMO	0
13	MEMO	0
14	MEMO	0
15	MEMO	0
16	MEMO	0
17	MEMO	0
18	MEMO	0
19	MEMO	0
20	MEMO	0
21	MEMO	0
22	MEMO	0
23	MEMO	0
24	MEMO	0
25	MEMO	0
26	MEMO	0
27	MEMO	0
28	MEMO	0
29	MEMO	0
30	MEMO	0
31	MEMO	0

Data Register: The Data Register is used to store data. The Data Register is always set to 0. The Data Register is used to store data only when the processor is in the WAIT state. The Data Register is always set to 0.





Power Off Flag: The Power Off Flag (POF) is located at bit 4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and rest under software control and is not affected by reset.

Table 3. AUXR1: Auxiliary Register 1

AUXR1							
Address = A2H				Reset Value = XXXXXXX0B			
Not Bit Addressable							
	-	-	-	-	-	-	DPS
Bit	7	6	5	4	3	2	1
-	Reserved for future expansion						
DPS	Data Pointer Register Select						
	DPS						
	0	Selects DPTR Registers DP0L, DP0H					
	1	Selects DPTR Registers DP1L, DP1H					

Memory Organization

MCS-51 devices have a separate address space for Program and Data Memory. Up to 64K bytes each of external Program and Data Memory can be addressed.

Program Memory

If the \overline{EA} pin is connected to GND, all program fetches are directed to external memory.

On the AT89S51, if \overline{EA} is connected to V_{CC} , program fetches to addresses 0000H through FFFH are directed to internal memory and fetches to addresses 1000H through FFFFH are directed to external memory.

Data Memory

The AT89S51 implements 128 bytes of on-chip RAM. The 128 bytes are accessible via direct and indirect addressing modes. Stack operations are examples of indirect addressing, so the 128 bytes of data RAM are available as stack space.

Watchdog Timer (One-time Enabled with Reset-out)

The WDT is intended as a recovery method in situations where the CPU may be subjected to software upsets. The WDT consists of a 14-bit counter and the Watchdog Timer Reset (WDTRST) SFR. The WDT is defaulted to disable from exiting reset. To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. The WDT timeout period is dependent on the external clock frequency. There is no way to disable the WDT except through reset (either hardware reset or WDT overflow reset). When WDT overflows, it will drive an output RESET HIGH pulse at the RST pin.

Using the WDT

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 14-bit counter overflows when it reaches 16383 (3FFFH), and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least every 16383 machine cycles. To reset the WDT the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When WDT overflows, it will generate an output RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse duration is $98 \times TOSC$, where $TOSC = 1/FOSC$. To make the best use of the WDT, it

should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the time required to prevent a WDT reset.

WDT During Power-down and Idle

In Power-down mode the oscillator stops, which means the WDT also stops. While in Power-down mode, the user does not need to service the WDT. There are two methods of exiting Power-down mode: by a hardware reset or via a level-activated external interrupt, which is enabled prior to entering Power-down mode. When Power-down is exited with hardware reset, servicing the WDT should occur as it normally does whenever the AT89S51 is reset. Exiting Power-down with an interrupt is significantly different. The interrupt is held low long enough for the oscillator to stabilize. When the interrupt is brought high, the interrupt is serviced. To prevent the WDT from resetting the device while the interrupt pin is held low, the WDT is not started until the interrupt is pulled high. It is suggested that the WDT be reset during the interrupt service for the interrupt used to exit Power-down mode.

To ensure that the WDT does not overflow within a few states of exiting Power-down, it is best to reset the WDT just before entering Power-down mode.

Before going into the IDLE mode, the WDIDLE bit in SFR AUXR is used to determine whether the WDT continues to count if enabled. The WDT keeps counting during IDLE (WDIDLE bit = 0) as the default state. To prevent the WDT from resetting the AT89S51 while in IDLE mode, the user should always set up a timer that will periodically exit IDLE, service the WDT, and reenter IDLE mode.

With WDIDLE bit enabled, the WDT will stop to count in IDLE mode and resumes the count upon exit from IDLE.

UART

The UART in the AT89S51 operates the same way as the UART in the AT89C51. For further information on the UART operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S51 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51. For further information on the timers' operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

Interrupts

The AT89S51 has a total of five interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), two timer interrupts (Timers 0 and 1), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 1.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table 4 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89S51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle



...will be received in those sections of code that will generally be entered within the time period to provide a WDT reset.

Power-down mode is used to reduce the power consumption of the WDT. The WDT is powered down by setting the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered down, the WDT counter is not incremented and the WDT does not generate a reset. The WDT is powered up by clearing the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered up, the WDT counter is incremented and the WDT generates a reset when the timeout period expires. The WDT is also used to generate a reset when the WDTEN bit is set in the WDTCON register.

WDT Timing
Power-down
and the

to ensure that the WDT does not generate a reset state of exiting power-down. It is best to clear the WDTEN bit in the WDTCON register.

When the WDT is powered down, the WDT counter is not incremented and the WDT does not generate a reset. The WDT is powered up by clearing the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered up, the WDT counter is incremented and the WDT generates a reset when the timeout period expires. The WDT is also used to generate a reset when the WDTEN bit is set in the WDTCON register.

When the WDT is powered down, the WDT counter is not incremented and the WDT does not generate a reset. The WDT is powered up by clearing the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered up, the WDT counter is incremented and the WDT generates a reset when the timeout period expires. The WDT is also used to generate a reset when the WDTEN bit is set in the WDTCON register.

The WDT in the AT89C51 is powered down by setting the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered down, the WDT counter is not incremented and the WDT does not generate a reset. The WDT is powered up by clearing the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered up, the WDT counter is incremented and the WDT generates a reset when the timeout period expires. The WDT is also used to generate a reset when the WDTEN bit is set in the WDTCON register.

WDT

The WDT in the AT89C51 is powered down by setting the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered down, the WDT counter is not incremented and the WDT does not generate a reset. The WDT is powered up by clearing the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered up, the WDT counter is incremented and the WDT generates a reset when the timeout period expires. The WDT is also used to generate a reset when the WDTEN bit is set in the WDTCON register.

Timing of reset

The AT89C51 has a built-in WDT. The WDT is powered down by setting the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered down, the WDT counter is not incremented and the WDT does not generate a reset. The WDT is powered up by clearing the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered up, the WDT counter is incremented and the WDT generates a reset when the timeout period expires. The WDT is also used to generate a reset when the WDTEN bit is set in the WDTCON register.

interruptions

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting the corresponding bit in the IEN register. The WDT interrupt is enabled by setting the WDTIE bit in the IEN register. The WDT interrupt is disabled by clearing the WDTIE bit in the IEN register.

Note that Table 4 shows that the WDT is implemented in the AT89C51. The WDT is powered down by setting the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered down, the WDT counter is not incremented and the WDT does not generate a reset. The WDT is powered up by clearing the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered up, the WDT counter is incremented and the WDT generates a reset when the timeout period expires. The WDT is also used to generate a reset when the WDTEN bit is set in the WDTCON register.

The WDT in the AT89C51 is powered down by setting the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered down, the WDT counter is not incremented and the WDT does not generate a reset. The WDT is powered up by clearing the WDTEN bit in the WDTCON register. When the WDT is powered up, the WDT counter is incremented and the WDT generates a reset when the timeout period expires. The WDT is also used to generate a reset when the WDTEN bit is set in the WDTCON register.

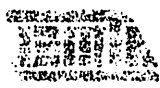


Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

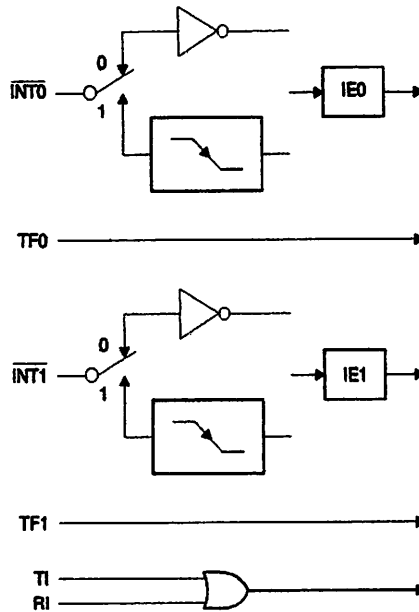
(MSB)				(LSB)			
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Enable Bit = 1 enables the interrupt.
 Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
-	IE.6	Reserved
-	IE.5	Reserved
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit

User software should never write 1s to reserved bits, because they may be used in future AT89 products.

Figure 1. Interrupt Sources



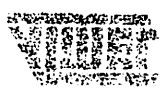
11/11/2021

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Είδη των μεταλλοειδών

Είδος	Κωδικός	Περιγραφή
Ε.01	010	Χαλκός
Ε.02	020	Ασημένιο
Ε.03	030	Χρυσός
Ε.04	040	Κόπραντα
Ε.05	050	Μαγνήσιο
Ε.06	060	Κόπραντα
Ε.07	070	Κόπραντα
Ε.08	080	Κόπραντα
Ε.09	090	Κόπραντα
Ε.10	100	Κόπραντα
Ε.11	110	Κόπραντα
Ε.12	120	Κόπραντα
Ε.13	130	Κόπραντα
Ε.14	140	Κόπραντα
Ε.15	150	Κόπραντα
Ε.16	160	Κόπραντα
Ε.17	170	Κόπραντα
Ε.18	180	Κόπραντα
Ε.19	190	Κόπραντα
Ε.20	200	Κόπραντα
Ε.21	210	Κόπραντα
Ε.22	220	Κόπραντα
Ε.23	230	Κόπραντα
Ε.24	240	Κόπραντα
Ε.25	250	Κόπραντα
Ε.26	260	Κόπραντα
Ε.27	270	Κόπραντα
Ε.28	280	Κόπραντα
Ε.29	290	Κόπραντα
Ε.30	300	Κόπραντα
Ε.31	310	Κόπραντα
Ε.32	320	Κόπραντα
Ε.33	330	Κόπραντα
Ε.34	340	Κόπραντα
Ε.35	350	Κόπραντα
Ε.36	360	Κόπραντα
Ε.37	370	Κόπραντα
Ε.38	380	Κόπραντα
Ε.39	390	Κόπραντα
Ε.40	400	Κόπραντα
Ε.41	410	Κόπραντα
Ε.42	420	Κόπραντα
Ε.43	430	Κόπραντα
Ε.44	440	Κόπραντα
Ε.45	450	Κόπραντα
Ε.46	460	Κόπραντα
Ε.47	470	Κόπραντα
Ε.48	480	Κόπραντα
Ε.49	490	Κόπραντα
Ε.50	500	Κόπραντα
Ε.51	510	Κόπραντα
Ε.52	520	Κόπραντα
Ε.53	530	Κόπραντα
Ε.54	540	Κόπραντα
Ε.55	550	Κόπραντα
Ε.56	560	Κόπραντα
Ε.57	570	Κόπραντα
Ε.58	580	Κόπραντα
Ε.59	590	Κόπραντα
Ε.60	600	Κόπραντα
Ε.61	610	Κόπραντα
Ε.62	620	Κόπραντα
Ε.63	630	Κόπραντα
Ε.64	640	Κόπραντα
Ε.65	650	Κόπραντα
Ε.66	660	Κόπραντα
Ε.67	670	Κόπραντα
Ε.68	680	Κόπραντα
Ε.69	690	Κόπραντα
Ε.70	700	Κόπραντα
Ε.71	710	Κόπραντα
Ε.72	720	Κόπραντα
Ε.73	730	Κόπραντα
Ε.74	740	Κόπραντα
Ε.75	750	Κόπραντα
Ε.76	760	Κόπραντα
Ε.77	770	Κόπραντα
Ε.78	780	Κόπραντα
Ε.79	790	Κόπραντα
Ε.80	800	Κόπραντα
Ε.81	810	Κόπραντα
Ε.82	820	Κόπραντα
Ε.83	830	Κόπραντα
Ε.84	840	Κόπραντα
Ε.85	850	Κόπραντα
Ε.86	860	Κόπραντα
Ε.87	870	Κόπραντα
Ε.88	880	Κόπραντα
Ε.89	890	Κόπραντα
Ε.90	900	Κόπραντα
Ε.91	910	Κόπραντα
Ε.92	920	Κόπραντα
Ε.93	930	Κόπραντα
Ε.94	940	Κόπραντα
Ε.95	950	Κόπραντα
Ε.96	960	Κόπραντα
Ε.97	970	Κόπραντα
Ε.98	980	Κόπραντα
Ε.99	990	Κόπραντα
Ε.100	1000	Κόπραντα

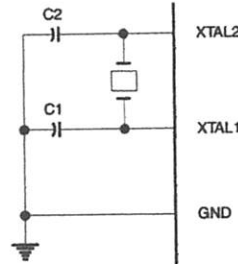
Σύνολο μεταλλοειδών (18) μεταλλοειδών



Oscillator Characteristics

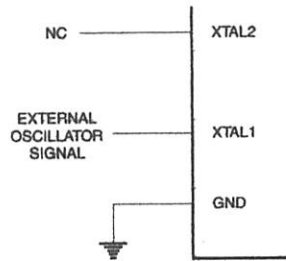
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 3. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Figure 2. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals = 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 3. External Clock Drive Configuration



Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special function registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power-down Mode

In the Power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes Power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the Power-down mode is terminated. Exit from Power-down mode can be initiated either by a hardware reset or by activation of an enabled external interrupt into $\overline{INT0}$ or $\overline{INT1}$. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.



Table 5. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{\text{PSEN}}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

The AT89S51 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

Table 6. Lock Bit Protection Modes

	Program Lock Bits			Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOV _C instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{\text{EA}}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{\text{EA}}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of $\overline{\text{EA}}$ must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

The AT89S51 is shipped with the on-chip Flash memory array ready to be programmed. The programming interface needs a high-voltage (12-volt) program enable signal and is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89S51 code memory array is programmed byte-by-byte.

Programming Algorithm: Before programming the AT89S51, the address, data, and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 13 and 14. To program the AT89S51, take the following steps:

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{\text{EA}}/V_{\text{PP}}$ to 12V.
5. Pulse ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 50 μs . Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89S51 features Data Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Program Memory Lock Bits

Programming the Flash – Parallel Mode

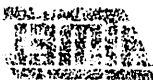


Table 8: Status of External Pins During the Standby Mode

Pin	External Memory	ALC	PS2	PORT	PORTA	PORTB	PORTC
IO1	Input	Input	Input	Input	Input	Input	Input
IO2	Input	Input	Input	Input	Input	Input	Input
IO3	Input	Input	Input	Input	Input	Input	Input
IO4	Input	Input	Input	Input	Input	Input	Input

The AT86C84 has three lock bits that can be programmed (U) or can be programmed (P) to determine whether an external pin is tri-state or high impedance.

Table 9: Lock Bit Locations

Program Lock Bit	LSB	MSB	Location
1	0	0	Program Lock Bit 1
2	1	1	Program Lock Bit 2
3	0	1	Program Lock Bit 3
4	1	0	Program Lock Bit 4

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the BA pin is selected and latched during read. If the device is powered up without a read, no latch operation is performed and the value of the data bus at the time of the read is latched. The latched value of BA must agree with the current logic level at the time of the read in the device's function property.

The AT86C84 is designed with the option of a lock memory array that can be programmed. The programming method used is a 4-bit device (2-10) program memory array and a control bit with conventional tri-state pins or 8-PROM programming.

The AT86C84 code memory array is programmed byte-by-byte.

Programming Algorithm: Before programming the AT86C84, the address, data, and control signals should be set to the first program memory address and Figure 13 also apply. To program the AT86C84, use the following steps:

1. Input the data to memory for the first program memory address.
2. Input the appropriate data byte on the data bus.
3. Assert the control signals to program the control signals.
4. Raise \overline{BAV} to 12V.
5. Place \overline{AUS} and \overline{PROM} pins to program a byte. The \overline{PROM} pin of the device must be held low while \overline{AUS} is asserted and \overline{PROM} takes no more than one pulse at a time. Through \overline{AUS} or \overline{PROM} , the address and data for the entire memory array should be programmed as required.

Data Format: The AT86C84 formats data for programming in a byte-wide format. During a write cycle, an external bus of the device will result in the programming of the memory array. Once the write cycle is finished, the data is latched and the data bus is in a high-impedance state. Data Pulling has a delay time after a write cycle has been finished.

Program Memory Lock Bits

Programming the Flash - Parallel Mode

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/ $\overline{\text{BSY}}$ output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate $\overline{\text{BUSY}}$. P3.0 is pulled high again when programming is done to indicate **READY**.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The status of the individual lock bits can be verified directly by reading them back.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 100H, and 200H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
 (100H) = 51H indicates 89S51
 (200H) = 06H

Chip Erase: In the parallel programming mode, a chip erase operation is initiated by using the proper combination of control signals and by pulsing ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ low for a duration of 200 ns - 500 ns.

In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 500 ms.

During chip erase, a serial read from any address location will return 00H at the data output.

Programming the Flash – Serial Mode

The Code memory array can be programmed using the serial ISP interface while RST is pulled to V_{CC} . The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before other operations can be executed. Before a reprogramming sequence can occur, a Chip Erase operation is required.

The Chip Erase operation turns the content of every memory location in the Code array into FFH.

Either an external system clock can be supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK) frequency should be less than 1/16 of the crystal frequency. With a 33 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 2 MHz.

Serial Programming Algorithm

To program and verify the AT89S51 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:
 Apply power between VCC and GND pins.
 Set RST pin to "H".
 If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.
3. The Code array is programmed one byte at a time in either the Byte or Page mode. The write cycle is self-timed and typically takes less than 0.5 ms at 5V.
4. Any memory location can be verified by using the Read instruction that returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.



Read the program memory. The program memory is located at address 0000H. The program memory is organized as follows:

Program Memory: It is organized as follows. The program memory is organized as follows. The program memory is organized as follows.

Reading the program memory. The program memory is organized as follows. The program memory is organized as follows.

```
0000H = 1000H (indicates instruction by address)
0001H = 2000H (indicates instruction by address)
0002H = 3000H (indicates instruction by address)
```

Program Memory: It is organized as follows. The program memory is organized as follows. The program memory is organized as follows.

In the serial programming mode, a single instruction is used to program the device. The instruction is used to program the device.

The code memory array can be programmed using the serial ISP method with the ISP. The code memory array can be programmed using the serial ISP method with the ISP.

Serial Mode Programming - the ISP

The code memory array can be programmed using the serial ISP method with the ISP. The code memory array can be programmed using the serial ISP method with the ISP.

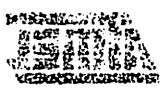
The code memory array can be programmed using the serial ISP method with the ISP. The code memory array can be programmed using the serial ISP method with the ISP.

The code memory array can be programmed using the serial ISP method with the ISP. The code memory array can be programmed using the serial ISP method with the ISP.

Serial Programming Algorithm

To program and verify the AT89C51 in the serial programming mode, the following steps should be followed:

1. Power-up sequence: Apply power between VCC and GND pins. Set RST pin to HIGH.
2. Check for TA pin: If TA pin is not connected, connect it to GND. If TA pin is connected, connect it to VCC.
3. The code array is programmed one byte at a time in either the byte or word mode. The byte mode is used for the first 64K bytes and the word mode for the remaining 64K bytes.
4. Any memory location that is not programmed by using the serial programming mode should be programmed by using the parallel programming mode.
5. At the end of the programming sequence, the AT89C51 should be verified to ensure that the programmed data is correct.





Power-off sequence (if needed):

Set XTAL1 to "L" (if a crystal is not used).

Set RST to "L".

Turn V_{CC} power off.

Data Polling: The Data Polling feature is also available in the serial mode. In this mode, during a write cycle an attempted read of the last byte written will result in the complement of the MSB of the serial output byte on MISO.

Serial Programming Instruction Set






The Instruction Set for Serial Programming follows a 4-byte protocol and is shown in Table 8 on page 18.

Programming Interface – Parallel Mode

Every code byte in the Flash array can be programmed by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Table 7. Flash Programming Modes

Mode	V _{CC}	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V _{PP}	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.3-0	P1.7-0
												Address	
Write Code Data	5V	H	L	 ⁽²⁾	12V	L	H	H	H	H	D _{IN}	A11-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D _{OUT}	A11-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 1, 2, 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L	 ⁽¹⁾	12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Read Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	51H	0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	08H	0010	00H

- Notes:
1. Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
 2. Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
 3. Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
 4. RDY/BSY signal is output on P3.0 during programming.
 5. X = don't care.



Parallel Mode Interface – Programming Instruction Set

Data Polling: The Data Polling feature is also available in the serial mode. In this mode, during a write cycle an attempted read of the last byte written will result in the complement of the MSB of the serial output byte on MISO.

Turn V_{CC} power off.
Set RST to "L".
Set XTAL1 to "L" (if a crystal is not used).
Power-off sequence (if needed).

The instruction set for Serial Programming follows a 4-byte protocol and is shown in Table 8 on page 18.

Every code byte in the Flash array can be programmed by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Table 7. Flash Programming Modes

Mode	V_{CC}	RST	\overline{PSEN}	ALE/ PROG	EA/ \overline{VPP}	P2.6	P2.7	P2.8	P2.9	P2.10	P2.11	Data	Address
Write Code Data	5V	H	L		12V	L	H	H	H	H	H	D ₁₅	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	H	L	L	L	D ₁₅	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L		12V	H	H	H	H	H	H	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L		12V	H	H	L	L	L	L	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L		12V	H	L	H	H	H	L	X	X
Read Lock Bits 1, 2, 3	5V	H	L	H	H	H	L	H	L	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L		12V	H	L	L	H	L	L	X	X
Read AIN1 ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	21H	0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	6BH	0010	00H

- Notes:
- 1 Each PROG pulse is 500 ns - 500 ns for Chip Erase.
 - 2 Each PROG pulse is 500 ns - 500 ns for Write Code Data.
 - 3 Each PROG pulse is 500 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
 - 4 ROYBSY signal is output on P3.0 during programming.
 - 5 X = don't care.

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

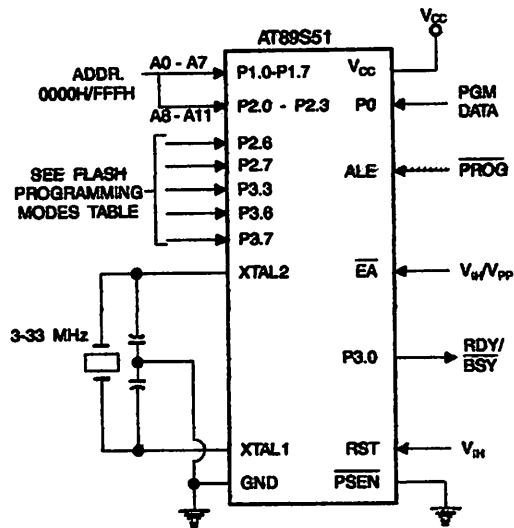


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)

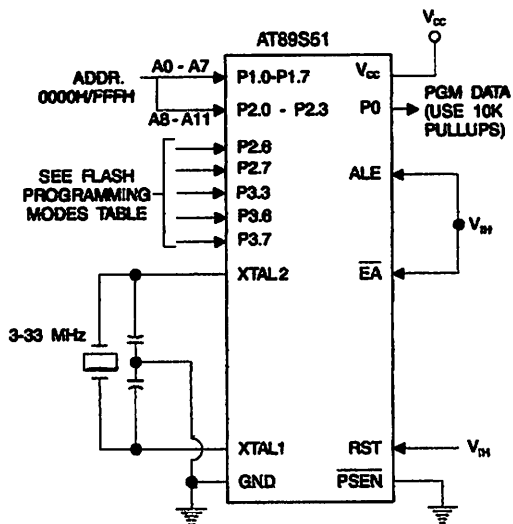


Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

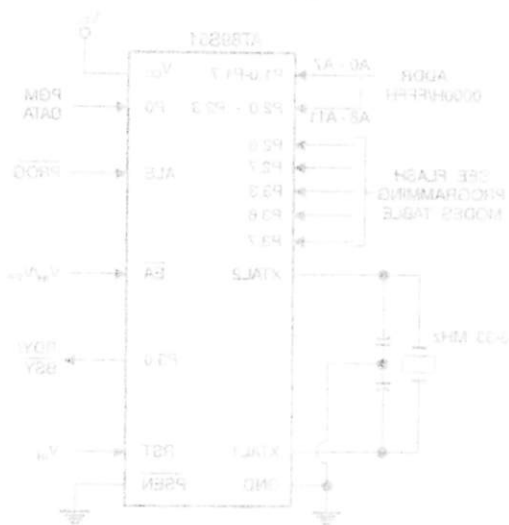
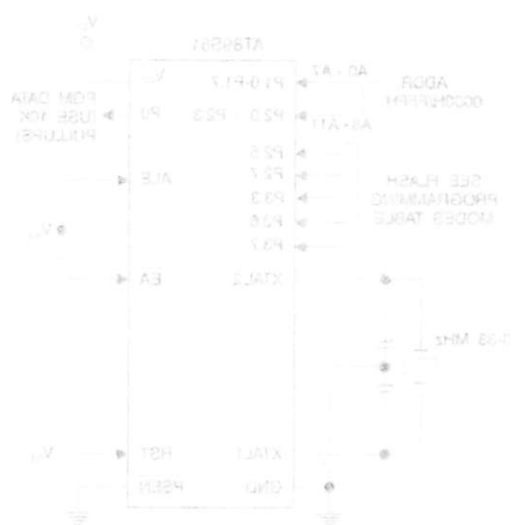


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)

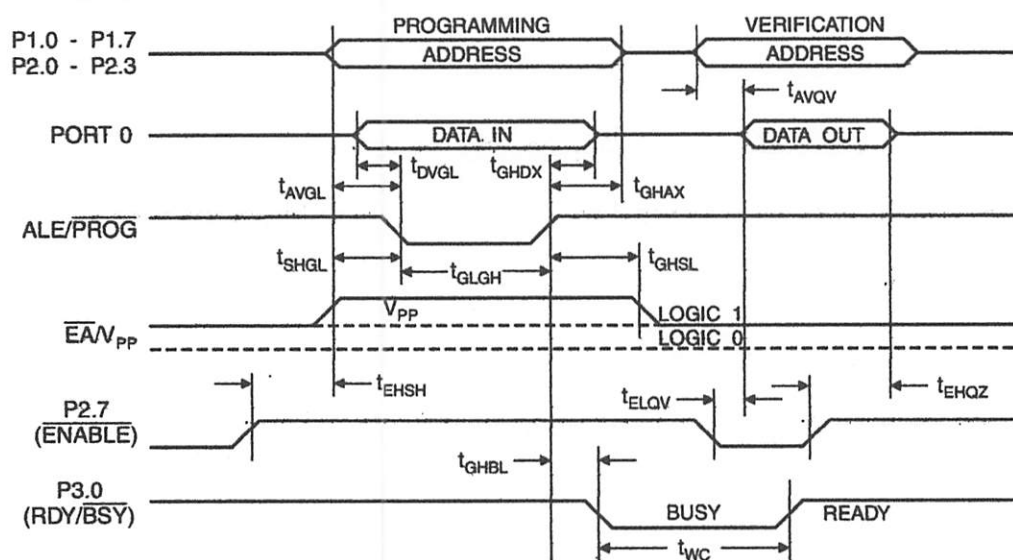


Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

$T_A = 20^\circ\text{C to } 30^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 4.5 \text{ to } 5.5\text{V}$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}	Programming Supply Current		10	mA
I_{CC}	V_{CC} Supply Current		30	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	33	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHS}	P2.7 ($\overline{\text{ENABLE}}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
t_{GHSL}	V_{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	0.2	1	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		50	μs

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode



TMS320C250

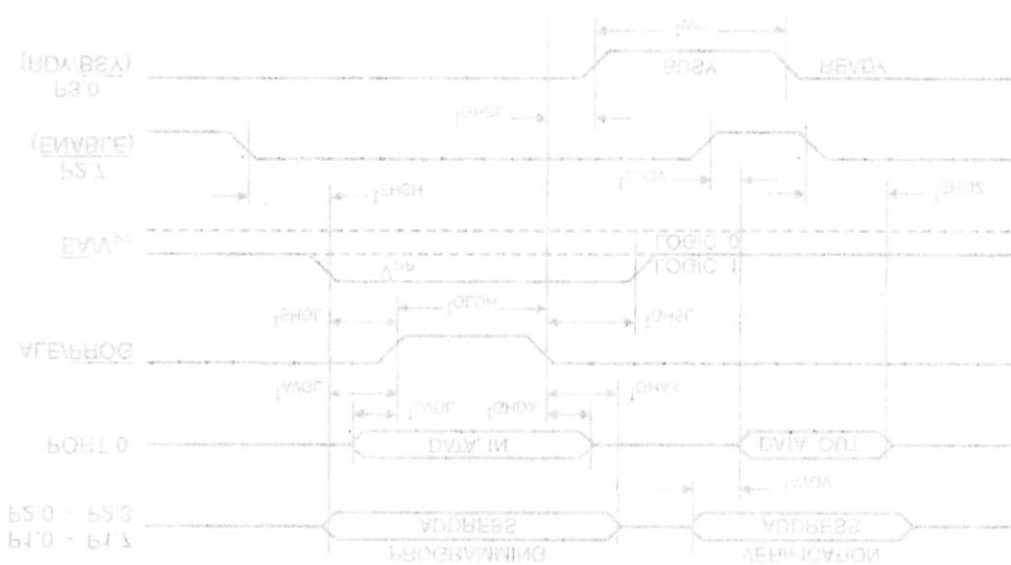


Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

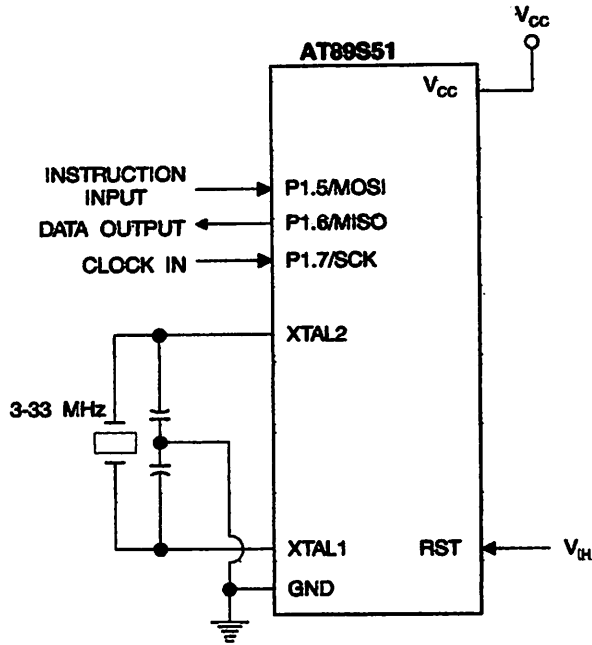
t_{MC}	Byte Write Cycle Time		20	ns
t_{ENHL}	PROG High to B0A Low		10	ns
t_{ENOL}	Data Hold after E1A/B7E	0	$48 \frac{ns}{ns}$	
t_{ENOH}	E1A/B7E Low to Data Valid		$48 \frac{ns}{ns}$	
t_{ENOL}	Address to Data Valid		$48 \frac{ns}{ns}$	
t_{ENHL}	PROG High	0.5	1	ns
t_{ENHL}	V_{PP} Hold after PROG	10		ns
t_{ENHL}	V_{PP} Setup to PROG Low	10		ns
t_{ENOL}	B5:1 (E1A/B7E) High to V_{PP}	$48 \frac{ns}{ns}$		
t_{ENOL}	Data Hold after PROG	$48 \frac{ns}{ns}$		
t_{ENOL}	Data Setup to PROG Low	$48 \frac{ns}{ns}$		
t_{ENOL}	Address Hold after PROG	$48 \frac{ns}{ns}$		
t_{ENOL}	Address Setup to PROG Low	$48 \frac{ns}{ns}$		
I_{MCC}	Oscillator Frequency	3	20	MHz
I_{CC}	V_{PP} Supply Current		30	μA
I_{PP}	Programming Supply Current		10	μA
V_{PP}	Programming Supply Voltage	1.2	15.2	V
t_{ENOL}	Parameter	min	max	Unit

 $V = 50.0$ to 30.0 °C, $V_{CC} = 4.5$ to 2.5 V

Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

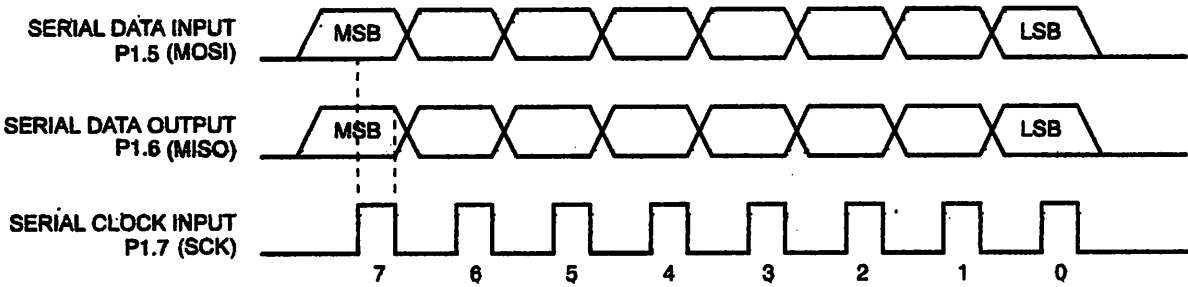


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms



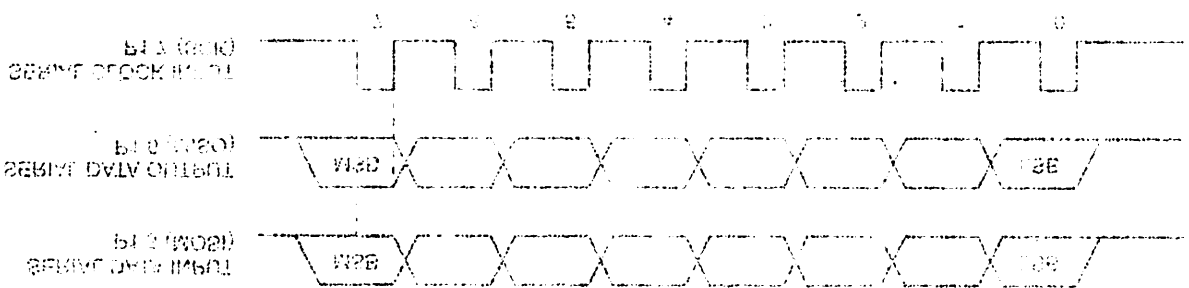


Figure 8. Serial Programming Waveforms

Serial Programming and Verification Waveforms - Serial Mode

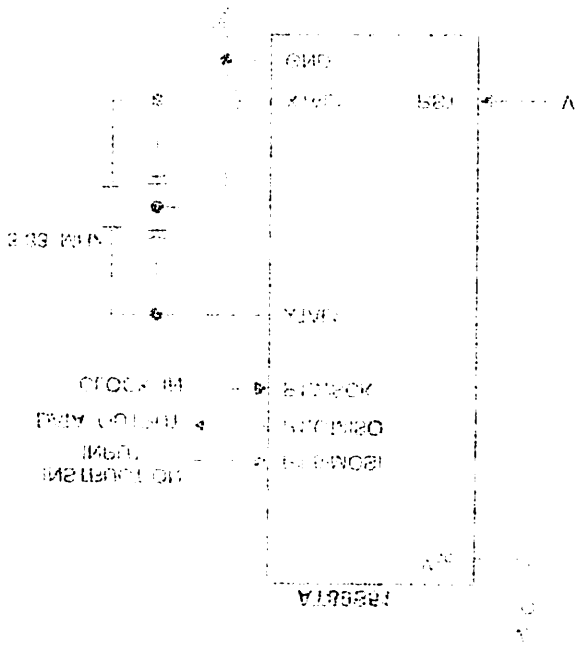


Figure 9. Serial Programming and Verification Waveforms - Serial Mode



Table 8. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx B1 B2 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1	A0 xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

Notes: 1. The signature bytes are not readable in Lock Bit Modes 3 and 4.

- 2. B1 = 0, B2 = 0 → Mode 1, no lock protection
- B1 = 0, B2 = 1 → Mode 2, lock bit 1 activated
- B1 = 1, B2 = 0 → Mode 3, lock bit 2 activated
- B1 = 1, B2 = 1 → Mode 4, lock bit 3 activated



Each of the lock bits needs to be activated sequentially before Mode 4 can be executed.

After Reset signal is high, SCK should be low for at least 64 system clocks before it goes high to clock in the enable data bytes. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at XTAL1.

For Page Read/Write, the data always starts from byte 0 to 255. After the command byte and upper address byte are latched, each byte thereafter is treated as data until all 256 bytes are shifted in/out. Then the next instruction will be ready to be decoded.

Table 8. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx 11A 01A 01A 01A 01A 01A 01A 01A	1A 0AA 1A 0AA 1A 0AA 1A 0AA	1000 0000 0000 0000	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx 11A 01A 01A 01A 01A 01A 01A 01A	1A 0AA 1A 0AA 1A 0AA 1A 0AA	1000 0000 0000 0000	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽¹⁾	1010 1100	1110 00 1B 5B	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2)
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as "1")
Read Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx 2A 2A 2A 1A	0A xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx 11A 01A 01A 01A 01A 01A 01A 01A	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx 11A 01A 01A 01A 01A 01A 01A 01A	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

Notes: 1. The signature bytes are not readable in Lock Bit Modes 3 and 4.

- 2. B1 = 0, B2 = 0 → Mode 1, no lock protection
- B1 = 0, B2 = 1 → Mode 2, lock bit 1 activated
- B1 = 1, B2 = 0 → Mode 3, lock bit 2 activated
- B1 = 1, B2 = 1 → Mode 4, lock bit 3 activated

Each of the lock bits needs to be activated sequentially before Mode 4 can be executed.

After Reset signal is high, SCK should be low for at least 64 system clock periods if goes high to clock in the enable data bytes. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at XTAL1.

For Page Read/Write, the data always starts from byte 0 to 255. After the command byte and upper address byte are latched, each byte thereafter is treated as data until all 256 bytes are shifted in/out. Then the next instruction will be ready to be decoded.

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

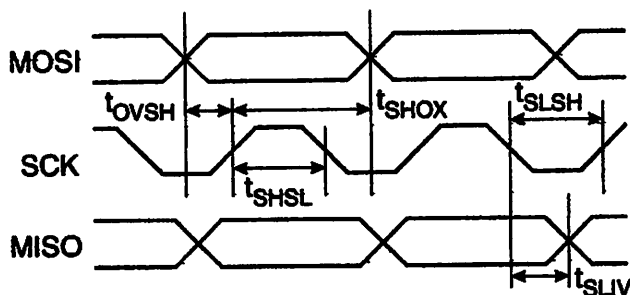
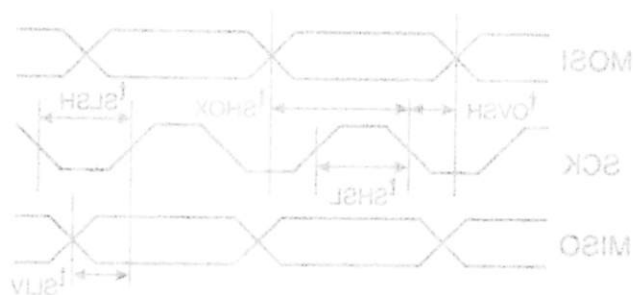


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0		33	MHz
t_{CLCL}	Oscillator Period	30			ns
t_{SHSL}	SCK Pulse Width High	$8 t_{CLCL}$			ns
t_{SLSH}	SCK Pulse Width Low	$8 t_{CLCL}$			ns
t_{OVSH}	MOSI Setup to SCK High	t_{CLCL}			ns
t_{SHOX}	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
t_{SLIV}	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
t_{ERASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t_{SWC}	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	μs

Figure 9. Serial Programming Timing

Table 9. Serial Programming Characteristics. $T_A = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 4.0\text{ V}$ - 5.5 V (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
f_{osc}	Oscillator Frequency	0		33	MHz
t_{osc}	Oscillator Period	30			ns
t_{sah}	SCK Pulse Width High	8 t_{osc}			ns
t_{sal}	SCK Pulse Width Low	8 t_{osc}			ns
t_{ovsh}	MOSI Setup to SCK High	t_{osc}			ns
t_{shox}	MOSI Hold after SCK High	5 t_{osc}			ns
t_{slv}	SCK Low to MISO Valid	10	18	35	ns
t_{erase}	Chip Erase Instruction Cycle Time			800	ms
t_{swc}	Serial Byte Write Cycle Time			64 t_{osc} + 400	ns



Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
DC Output Current.....	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C and $V_{CC} = 4.0\text{V}$ to 5.5V , unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, \overline{PSEN})	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, \overline{PSEN})	$I_{OH} \equiv -60 \mu\text{A}, V_{CC} \equiv 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	K Ω
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port:

Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

TABLE 1

5. Minimum V^{CC} for Power-down is 2V when the listed test conditions are met. V^{CC} exceeds the test condition V^{CC} may exceed the listed specification. This may not be intended to sink current; device maximum logic level for all outputs is: V^{CC} .
 For 0: 50 mA For 1: 5: 3: 10 mA
 Maximum I^{OH} per 0-pull-up:
 Maximum I^{OH} per 1-pull-up: 10 mA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions I^{CC} may be externally limited as follows:

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Unit
I^{CC}	Power-down Mode	$V^{CC} = 2V$	20		μA
	Power Supply Current	idle mode, 15 MHz	80		μA
		active mode, 15 MHz	25		μA
T^{CC}	Pin Capacitance	Test Load = 1 nF, $V^{CC} = 5.0V$	10		pF
BISS1	Reset Propagation Delay		20	300	nS
I^0	EA1 Input Leakage Current (For 0)	$0.42 - V^{OH} < V^{CC}$		110	μA
I^1	(For 1: 2: 3) Input Leakage Current (Invert)	$V^M = 3V, V^{CC} = 2V + 10\%$		200	μA
I^2	(1: 2: 3) Input Leakage Current (Non)	$V^M = 0.42V$		20	μA
V^{OH}	(For 0 in External Bus Mode) Output High Voltage	$I_{OH} = 80 \mu A$	$V^{CC} = 2.0V$		V
		$I_{OH} = 200 \mu A$	$V^{CC} = 2.0V$		V
		$I_{OH} = 200 \mu A, V^{CC} = 2V + 10\%$	4.5		V
V^{OH}	(For 1: 2: 3) VGE, BSEN) Output High Voltage	$I_{OH} = 10 \mu A$	$V^{CC} = 2.0V$		V
		$I_{OH} = 20 \mu A$	$V^{CC} = 2.0V$		V
		$I_{OH} = 20 \mu A, V^{CC} = 2V + 10\%$	4.5		V
V^{OL}	(For 0) VGE, BSEN) Output Low Voltage	$I_{OL} = 3.5 mA$		0.2	V
V^{OL}	(1: 2: 3) Output Low Voltage (Non)	$I_{OL} = 1.0 mA$		0.2	V
V^{HI}	Input High Voltage	(X1, BISS1)	$V^{CC} + 0.1V$	$V^{CC} + 0.2V$	V
V^{H}	Input High Voltage	(EXCEPT X1, BISS1)	$0.0 + V^{CC} + 0.1V$	$0.0 + V^{CC} + 0.2V$	V
V^{L}	Input Low Voltage (EA1)		0.2	$0.0 - V^{CC} + 0.3V$	V
V^L	Input Low Voltage (EA1)		0.2	$0.0 - V^{CC} + 0.3V$	V
Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Unit

The values shown in this table are valid for $V^{CC} = 2.0V$ to $5.0V$ and $T^{CC} = 0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$. V^{CC} may be externally limited as otherwise noted.

DC Characteristics

Amplitude	2.0 mA
Maximum Operating Voltage	5.0 V
Input Voltage to Ground	0 V to 5.0 V
Storage Temperature	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$
Operating Temperature	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$

Maximum Ratings

NOTICE: Maximum ratings may cause permanent damage beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" only and only for the device. This is a stress rating only and not a functional operation. The device is not intended for operation beyond those indicated in the table above. The device is not intended for operation beyond those indicated in the table above. The device is not intended for operation beyond those indicated in the table above.

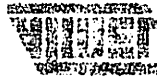


AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	33	MHz
t_{LHL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{PLPH}	PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-45$		ns
t_{PLIV}	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-60$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After PSEN	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After PSEN		59		$t_{CLCL}-25$	ns
t_{PXAV}	PSEN to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-80$	ns
t_{PLAZ}	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	RD Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{WLWH}	WR Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{RLDV}	RD Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After RD	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After RD		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
t_{AWWL}	Address to RD or WR Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to WR Transition	23		$t_{CLCL}-30$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to WR High	433		$7t_{CLCL}-130$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After WR	33		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{RLAZ}	RD Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-25$	$t_{CLCL}+25$	ns



Symbol	Description	Min	Max	Min	Max	Units
0000	BD of MB high to VCE high	42	150	0000-42	0000-50	ns
0001	BD low to address high		0		0	ns
0002	DB high to MB high	03		0000-03		ns
0003	DB high to MB high	030		0000-030		ns
0004	DB high to MB high	03		0000-03		ns
0005	Address to BD of MB low	503		0000-503		ns
0006	VCE low to BD of MB low	500	500	0000-500	0000-500	ns
0007	Address to DB high	000			0000-000	ns
0008	VCE low to DB high	013			0000-013	ns
0009	DB high to MB high	03			0000-03	ns
0010	DB high to MB high	0		0		ns
0011	DB low to MB high	505			0000-505	ns
0012	MB high to MB high	030			0000-030	ns
0013	MB high to MB high	000			0000-000	ns
0014	DB high to MB high	03			0000-03	ns
0015	Address to DB high	013			0000-013	ns
0016	DB high to address high	03			0000-03	ns
0017	DB high to address high		03		0000-03	ns
0018	DB high to address high	0		0		ns
0019	DB high to address high		013		0000-013	ns
0020	DB high to MB high	003			0000-003	ns
0021	VCE low to DB high	03			0000-03	ns
0022	VCE low to DB high		03		0000-03	ns
0023	Address high to VCE low	48			0000-48	ns
0024	Address high to VCE low	43			0000-43	ns
0025	VCE high to MB high	103			0000-103	ns
0026	DB high to MB high			0	00	ns
Symbol	Description	Min	Max	Min	Max	Units

15 MHz operation Address operation

External Program and Data Memory Characteristics

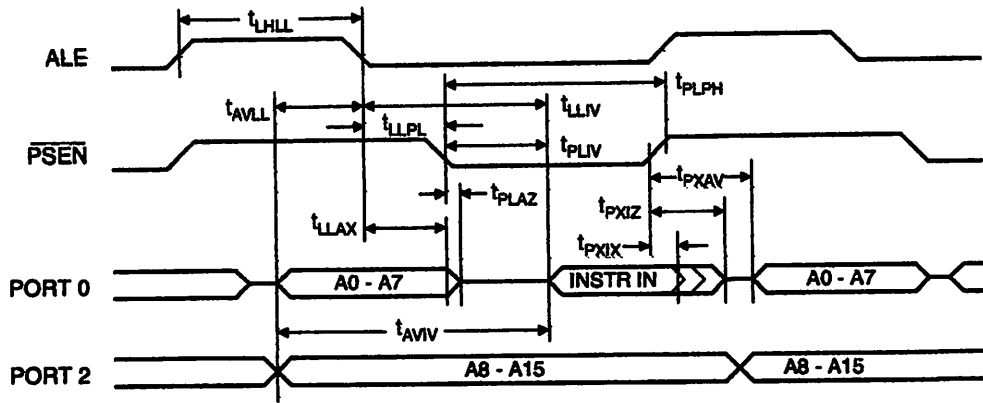
100 ns = 80 ns

under operating conditions; rise and fall times for both 0 to VCE and VCE to 0 for all other

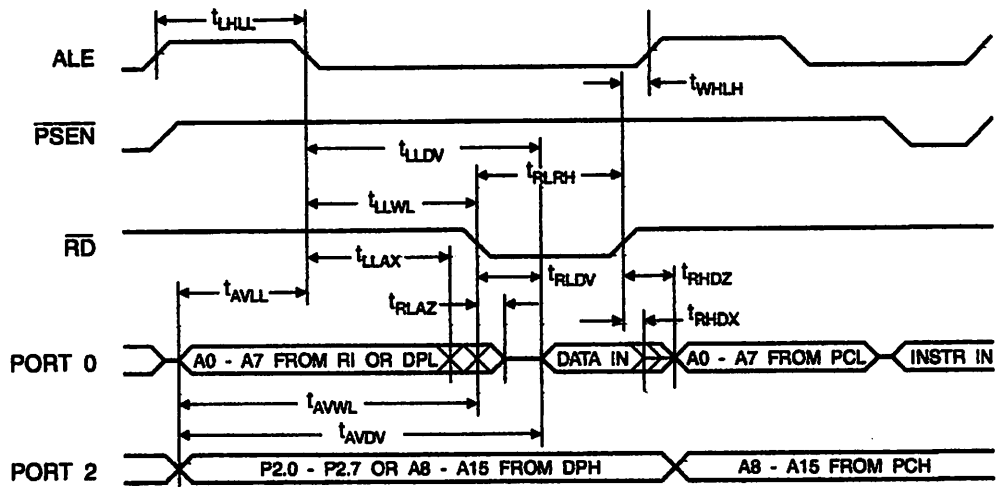
IC Characteristics



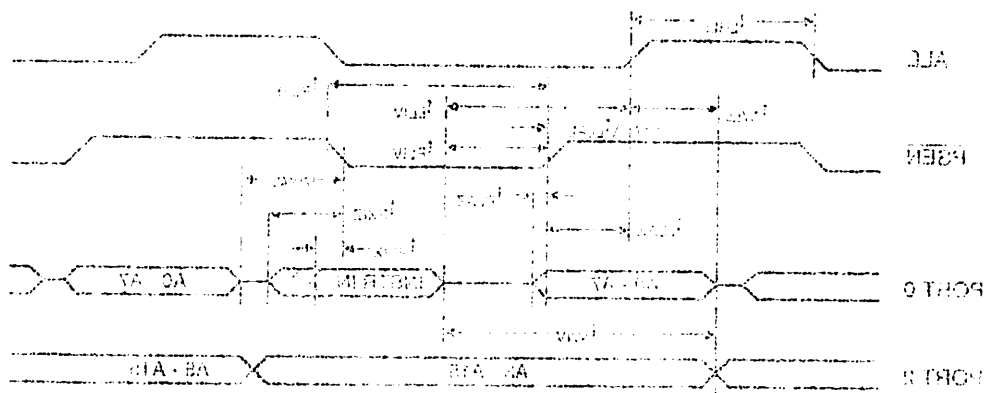
External Program Memory Read Cycle



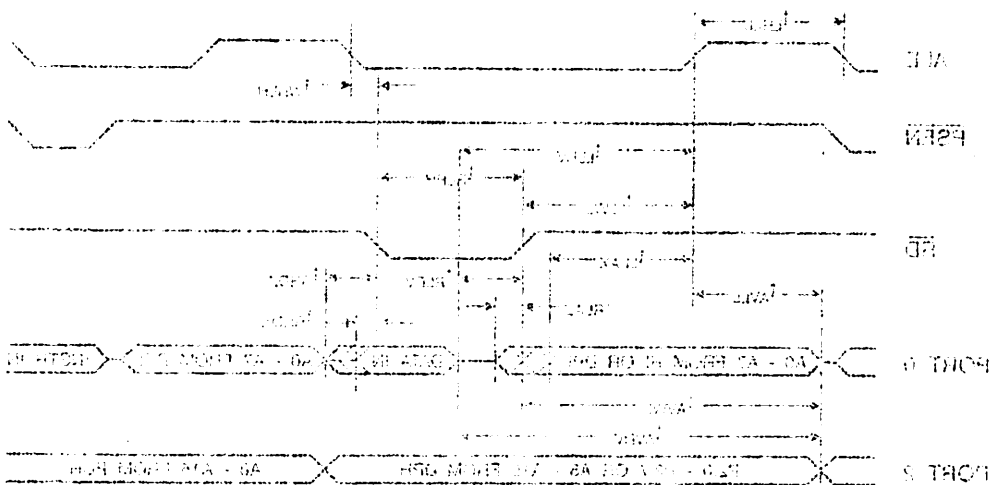
External Data Memory Read Cycle



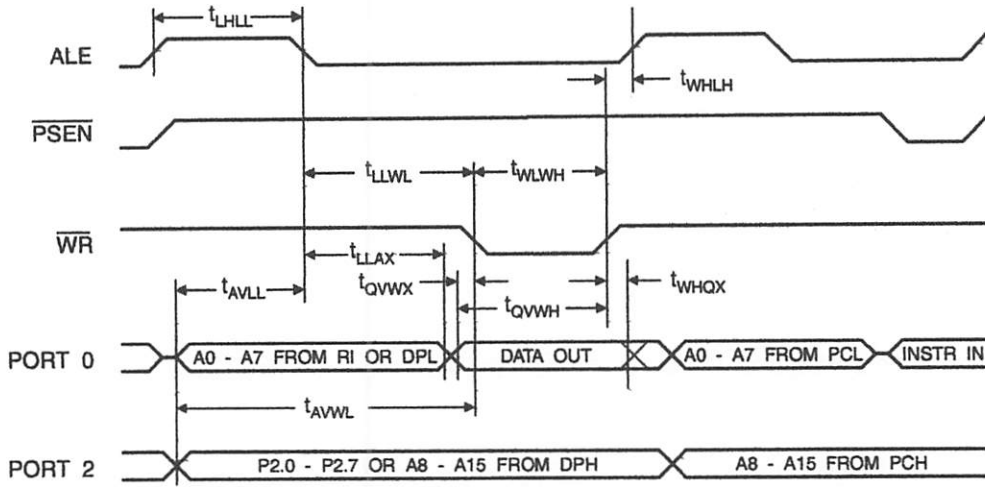
External Program Memory Read Cycle



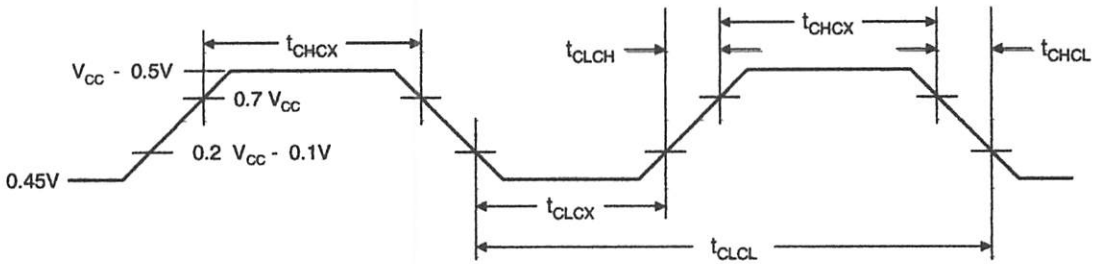
External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms

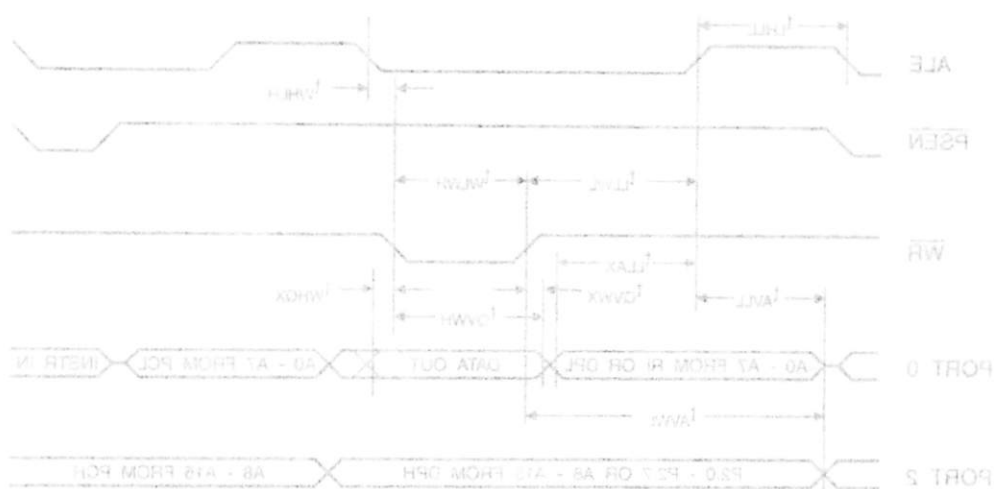


External Clock Drive

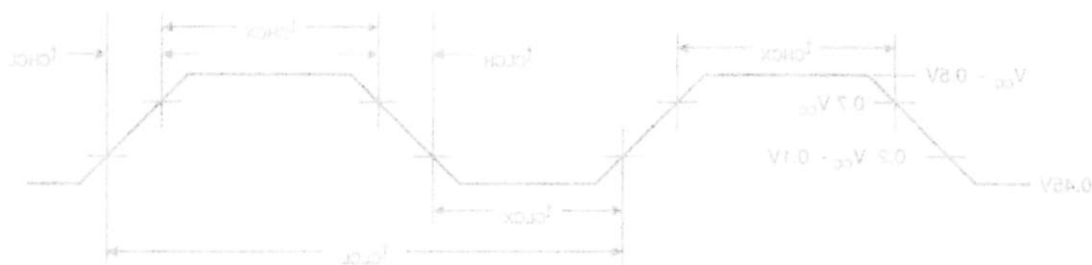
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	33	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	30		ns
t_{CHCX}	High Time	12		ns
t_{CLCX}	Low Time	12		ns
t_{CLCH}	Rise Time		5	ns
t_{CHCL}	Fall Time		5	ns



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
f_{clk}	Oscillator Frequency	0	33	MHz
T_{clk}	Clock Period	30		ns
t_{clkH}	High Time	15		ns
t_{clkL}	Low Time	15		ns
t_{clkR}	Rise Time		8	ns
t_{clkF}	Fall Time		8	ns

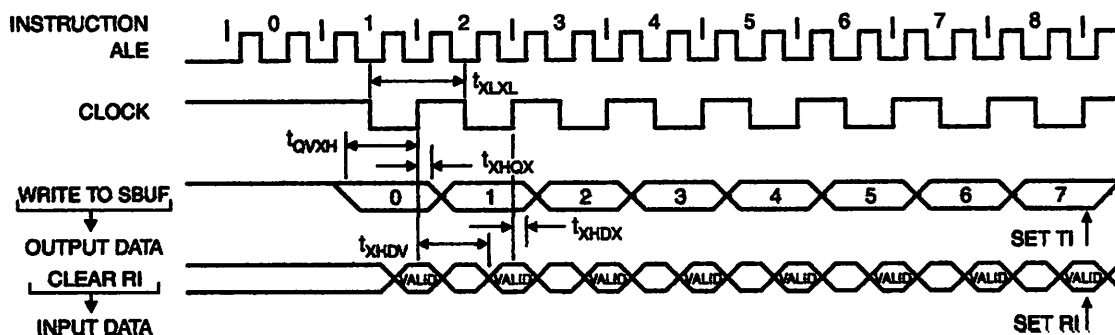


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

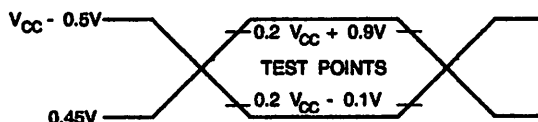
The values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		μs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
t_{XHDX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-80$		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

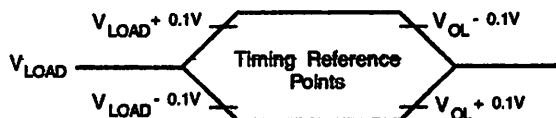


AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾

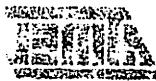


Note: 1. AC Inputs during testing are driven at $V_{CC} - 0.5V$ for a logic 1 and $0.45V$ for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms⁽¹⁾



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

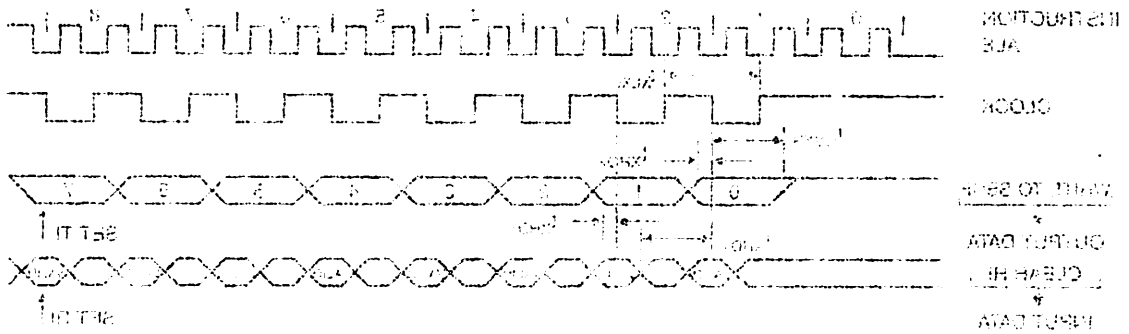


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

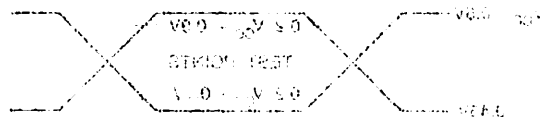
The values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.0V$ and Load Capacitance = 60 pF.

Symbol	Parameter	Min	Max	12 MHz Osc	Variable Oscillation	Units
t_{SD}	Serial Port Clock Setup Time	100				ns
t_{OH}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	200				ns
t_{OH}	Output Data Hold After Clock Falling Edge	80				ns
t_{SD}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0				ns
t_{SD}	Input Data Hold After Clock Falling Edge	0				ns
t_{SU}	Clock Setup Edge to Input Data Valid		700		100	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

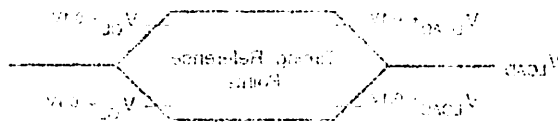


AC Testing Input/Output Waveforms



Note: AC input and output testing and timing are shown in $V_{CC} = 4.0V$ to $5.0V$ and Load Capacitance = 60 pF. The values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.0V$ and Load Capacitance = 60 pF.

Float Waveforms



Note: The timing parameters in this table are based on a 100 mV change from the reference voltage. A port pin begins to float when a 100 mV change from the reference voltage occurs.

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 5.5V	AT89S51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89S51-24JC	44J	
		AT89S51-24PC	40P6	
		AT89S51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89S51-24JI	44J	
		AT89S51-24PI	40P6	
30	4.0V to 5.5V	AT89S51-30AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89S51-30JC	44J	
		AT89S51-30PC	40P6	

 = Preliminary Availability

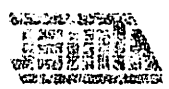
Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-loaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

Ordering Information

Operation Range	Package	Ordering Code	Power Supply	Speed (RPM)
General Purpose (10 to 70 C)	100	A18081-01A0	120 V 60 Hz	30
	110	A18081-01A1		
	120	A18081-01A2		
	130	A18081-01A3		
Industrial (-10 to 50 C)	100	A18081-01B0	120 V 60 Hz	30
	110	A18081-01B1		
	120	A18081-01B2		
	130	A18081-01B3		

Availability =

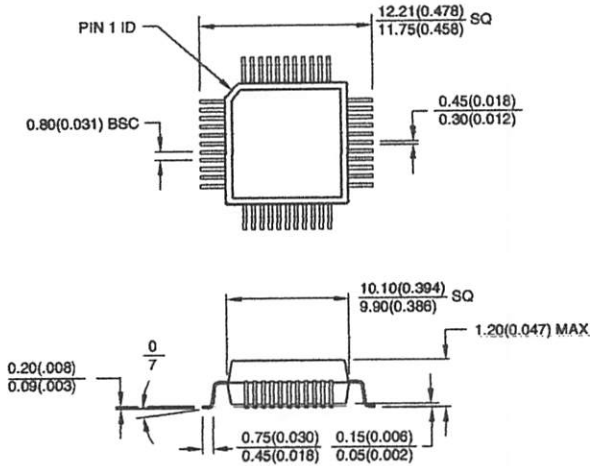
Model Type	Material
44-lead, Thin Plastic Slip (TPS)	44-lead, Thin Plastic Slip (TPS)
44-lead, Plastic Enclosed Slip (PES)	44-lead, Plastic Enclosed Slip (PES)
40-pin, 5000 Wheel, Plastic Enclosed Package (PEP)	40-pin, 5000 Wheel, Plastic Enclosed Package (PEP)



Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)

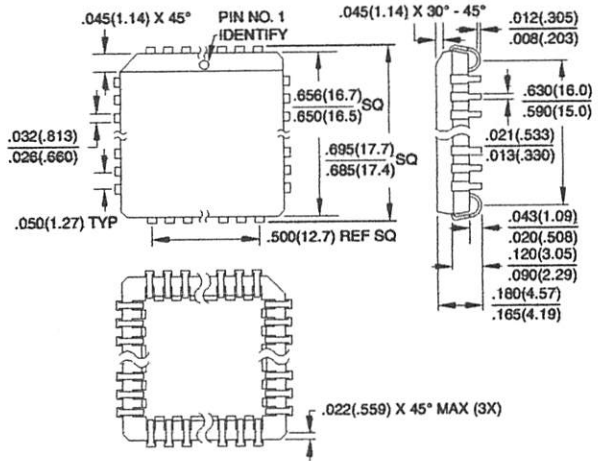
Dimensions in Millimeters and (Inches)*



*Controlling dimension: millimeters

44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)

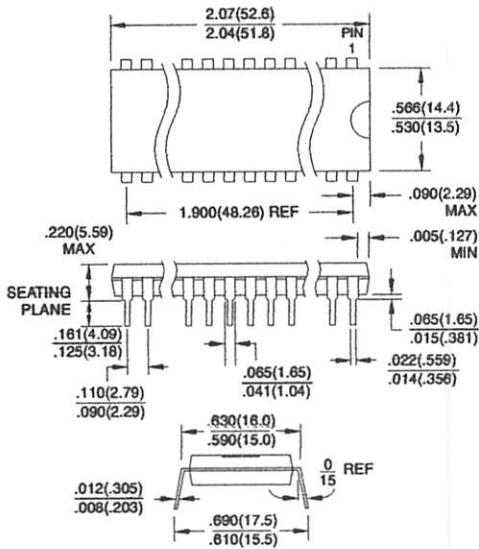
Dimensions in Inches and (Millimeters)



40P6, 40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

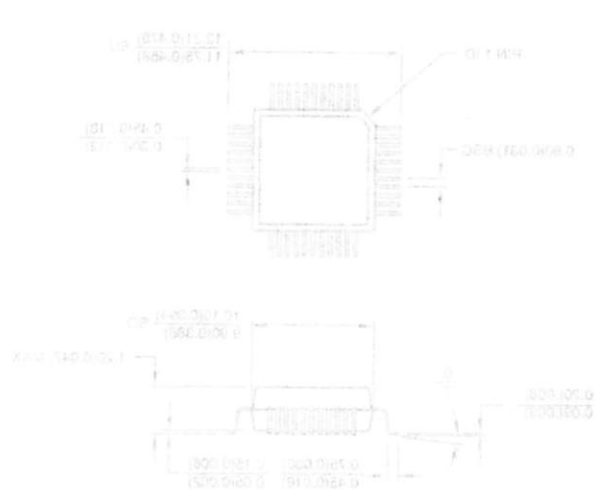
Dimensions in Inches and (Millimeters)

JEDEC STANDARD MS-011 AC



Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)



*Controlling dimension: millimeters

44J, 44-lead, Plastic J-Lead Chip Carrier (PJCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



40P8, 40-pin, 0.800" Wide Plastic Dual In-line Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-018C





Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe

Atmel SarL
Route des Arsenaux 41
Casa Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
TEL (41) 26-426-5555
FAX (41) 26-426-5500

Asia

Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan

Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0039
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Product Operations

Atmel Colorado Springs

1150 E. Cheyenne Min. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Grenoble

Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex, France
TEL (33) 4-7658-3000
FAX (33) 4-7658-3480

Atmel Heilbronn

Theresienstrasse 2
POB 3535
D-74025 Heilbronn, Germany
TEL (49) 71 31 67 25 94
FAX (49) 71 31 67 24 23

Atmel Nantes

La Chantrerie
BP 70602
44306 Nantes Cedex 3, France
TEL (33) 0 2 40 18 18 18
FAX (33) 0 2 40 18 19 60

Atmel Rousset

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex, France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Atmel Smart Card ICs

Scottish Enterprise Technology Park
East Kilbride, Scotland G75 0QR
TEL (44) 1355-357-000
FAX (44) 1355-242-743

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
<http://www.atmel.com>

© Atmel Corporation 2001.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

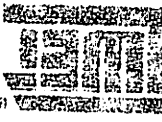
ATMEL® is the registered trademark of Atmel.

MCS-51® is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

2487A-10/01/xM



Intel Headquarters

Intel Headquarters
2200 Orchard Parkway
Folsom, CA 95758
TEL (916) 434-0000
FAX (916) 434-0000

Intel Sales
Intel Sales
10000 Via Arroyo 41
San Jose, CA 95128
TEL (415) 434-0000
FAX (415) 434-0000

Intel Asia Ltd.
Intel Asia Ltd.
10000 Via Arroyo 41
San Jose, CA 95128
TEL (415) 434-0000
FAX (415) 434-0000

Intel Europe
Intel Europe
10000 Via Arroyo 41
San Jose, CA 95128
TEL (415) 434-0000
FAX (415) 434-0000

Intel Japan
Intel Japan
10000 Via Arroyo 41
San Jose, CA 95128
TEL (415) 434-0000
FAX (415) 434-0000

Intel Korea
Intel Korea
10000 Via Arroyo 41
San Jose, CA 95128
TEL (415) 434-0000
FAX (415) 434-0000

Intel Mexico
Intel Mexico
10000 Via Arroyo 41
San Jose, CA 95128
TEL (415) 434-0000
FAX (415) 434-0000

Intel Taiwan
Intel Taiwan
10000 Via Arroyo 41
San Jose, CA 95128
TEL (415) 434-0000
FAX (415) 434-0000

Intel India
Intel India
10000 Via Arroyo 41
San Jose, CA 95128
TEL (415) 434-0000
FAX (415) 434-0000

Intel Product Operations

Intel Colorado Springs
1150 E. Colorado Mine Blvd
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 578-3000
FAX (719) 578-1789

Intel Grenoble
Avenue de l'Industrie
BP 123
38821 Saint-Etienne Cedex France
TEL (33) 4-7888-3000
FAX (33) 4-7888-3180

Intel Heidelberg
Industriestrasse 3
POB 3838
D-74025 Heidelberg Germany
TEL (49) 71 31 87 22 91
FAX (49) 71 31 87 22 33

Intel Munich
LA-Gartenstr.
BP 70802
44116 Norderstedt 2 France
TEL (33) 0 2 40 18 18 18
FAX (33) 0 2 40 18 19 60

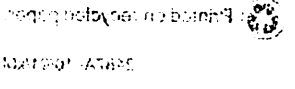
Intel Roubaix
Zone Industrielle
13108 Roubaix Cedex France
TEL (33) 4-4223-6000
FAX (33) 4-4223-6001

Intel Santa Clara
Santa Clara Operations Technology Park
8500 Kilduff Court G13 001
TEL (415) 434-0000
FAX (415) 434-0000

Intel
http://www.intel.com
mailto:mailto:mailto@intel.com

Intel Corporation makes no warranty for the use of its products other than those expressly contained in the Company's published warranty. Intel Corporation makes no warranty for the use of its products other than those expressly contained in the Company's published warranty. Intel Corporation makes no warranty for the use of its products other than those expressly contained in the Company's published warranty.

Intel is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be trademarks of others.



ADC0808/ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

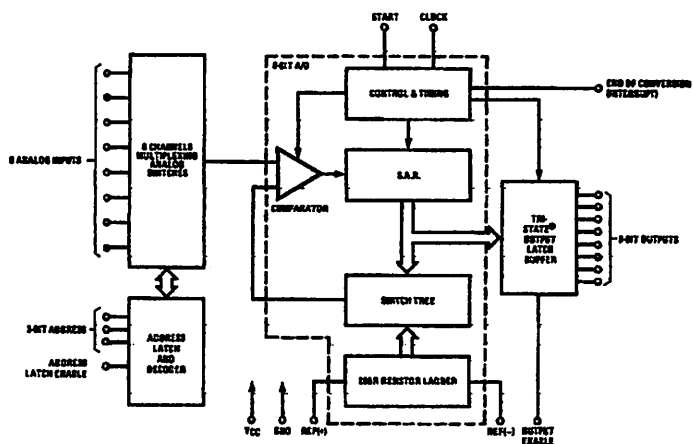
Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

Key Specifications

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| ■ Resolution | 8 Bits |
| ■ Total Unadjusted Error | $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB |
| ■ Single Supply | 5 V _{DC} |
| ■ Low Power | 15 mW |
| ■ Conversion Time | 100 μ s |

Block Diagram

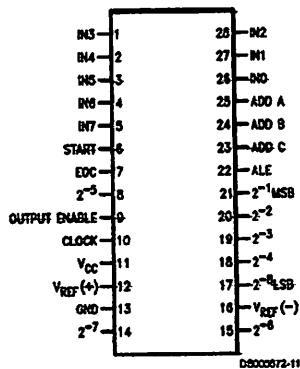


See Ordering Information

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

Connection Diagrams

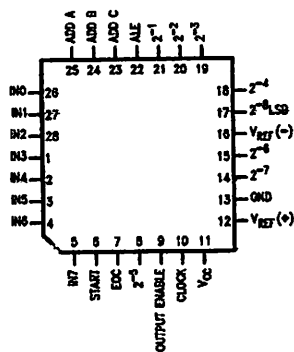
Dual-in-Line Package



D3000572-11

Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN
See NS Package J28A or N28A

Molded Chip Carrier Package



D3000572-12

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
See NS Package V28A

Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		-40°C to +85°C			-55°C to +125°C
Error	±½ LSB Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCV	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	±1 LSB Unadjusted	ADC0809CCN	ADC0809CCV		
Package Outline		N28A Molded DIP	V28A Molded Chip Carrier	J28A Ceramic DIP	J28A Ceramic DIP

Absolute Maximum Ratings (Notes 2, 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V _{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin	-0.3V to (V _{CC} +0.3V)
Except Control Inputs	
Voltage at Control Inputs	-0.3V to +15V
(START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at T _A =25°C	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C

Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 8)	400V

Operating Conditions (Notes 1, 2)

Temperature Range (Note 1)	T _{MIN} □ T _A □ T _{MAX}
ADC0808CCN, ADC0809CCN	-40°C □ T _A □ +85°C
ADC0808CCV, ADC0809CCV	-40°C □ T _A □ +85°C
Range of V _{CC} (Note 1)	4.5 V _{DC} to 6.0 V _{DC}

Electrical Characteristics

Converter Specifications: V_{CC}=5 V_{DC}=V_{REF+}, V_{REF-}=GND, T_{MIN} □ T_A □ T_{MAX} and f_{CLK}=640 kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error	25°C			±½	LSB
	(Note 5)	T _{MIN} to T _{MAX}			±¾	LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error	0°C to 70°C			±1	LSB
	(Note 5)	T _{MIN} to T _{MAX}			±1¼	LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		kΩ
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		V _{CC} +0.10	V _{CC}
V _{REF(+)}	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V _{CC}	V _{CC} +0.1	V
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		V _{CC} /2-0.1	V _{CC} /2	V _{CC} /2+0.1	V
V _{REF(-)}	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
I _{IN}	Comparator Input Current	f _c =640 kHz, (Note 6)	-2	±0.5	2	µA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75 □ V_{CC} □ 5.25V, -40 □ C □ T_A □ +85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER						
I _{OFF(+)}	OFF Channel Leakage Current	V _{CC} =5V, V _{IN} =5V, T _A =25°C, T _{MIN} to T _{MAX}		10	200	nA
I _{OFF(-)}	OFF Channel Leakage Current	V _{CC} =5V, V _{IN} =0, T _A =25°C, T _{MIN} to T _{MAX}	-200	-10		nA
			-1.0			µA
CONTROL INPUTS						
V _{IN(1)}	Logical "1" Input Voltage		V _{CC} -1.5			V
V _{IN(0)}	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
I _{IN(1)}	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	V _{IN} =15V			1.0	µA
I _{IN(0)}	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	V _{IN} =0	-1.0			µA
I _{CC}	Supply Current	f _{CLK} =640 kHz		0.3	3.0	mA

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25V$, $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$V_{CC} = 4.75V$ $I_{OUT} = -360\mu A$ $I_{OUT} = -10\mu A$		2.4 4.5		V(min) V(min)
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O = 1.6 \text{ mA}$			0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O = 1.2 \text{ mA}$			0.45	V
I_{OUT}	TRI-STATE Output Current	$V_O = 5V$ $V_O = 0$	-3		3	μA μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications $V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V$, $V_{REF(-)} = GND$, $t_r = t_f = 20 \text{ ns}$ and $T_A = 25^\circ C$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{WS}	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t_{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t_L	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
t_H	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
t_D	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S = 0\Omega$ (Figure 5)		1	2.5	μs
t_{H1}, t_{H0}	OE Control to Q Logic State	$C_L = 50 \text{ pF}$, $R_L = 10k$ (Figure 6)		125	250	ns
t_{1H}, t_{0H}	OE Control to HI-Z	$C_L = 10 \text{ pF}$, $R_L = 10k$ (Figure 6)		125	250	ns
t_c	Conversion Time	$f_c = 640 \text{ kHz}$, (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	μs
f_c	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t_{EOC}	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		$8 \pm 2 \mu s$	Clock Periods
C_{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of $7 V_{DC}$.

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute $0V_{DC}$ to $5V_{DC}$ input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of $4.900 V_{DC}$ over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 3. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 6). See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Functional Description

Multiplexer. The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table 1 shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE 1.

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached $+1/2$ LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n -iterations are required for an n -bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

Functional Description (Continued)

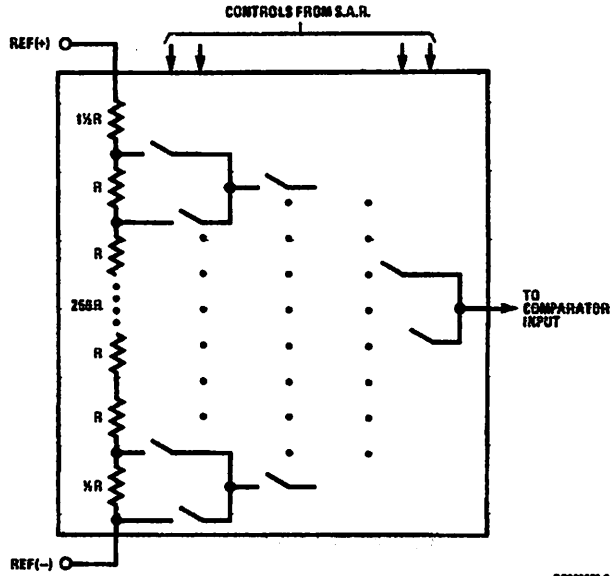


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

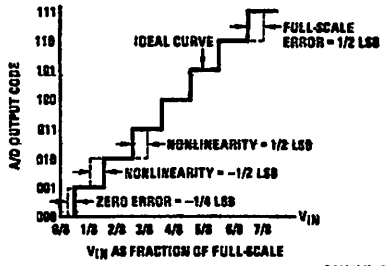


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

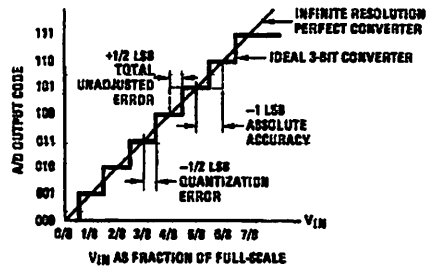


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

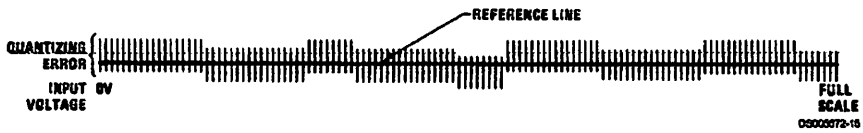
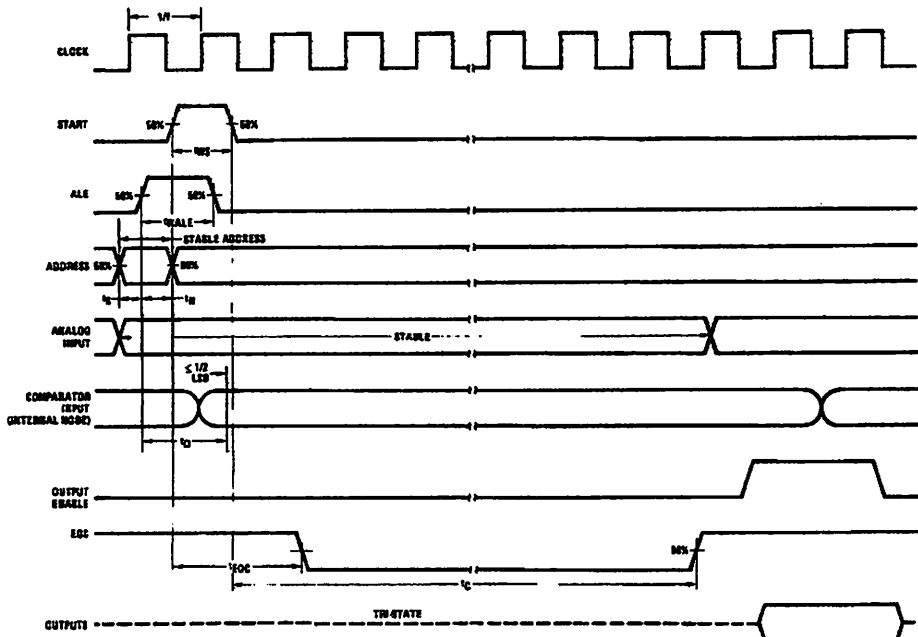


FIGURE 4. Typical Error Curve

Timing Diagram



DS000372-4

FIGURE 5.

Typical Performance Characteristics

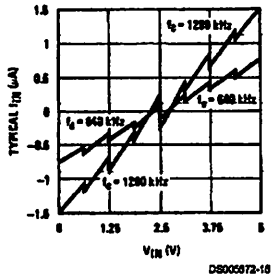


FIGURE 6. Comparator I_{IN} vs V_{IN} ($V_{CC}=V_{REF}=5V$)

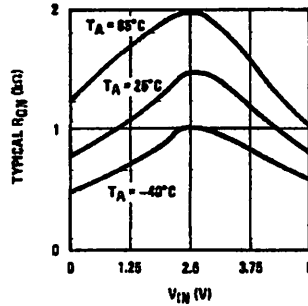


FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN} ($V_{CC}=V_{REF}=5V$)

TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams

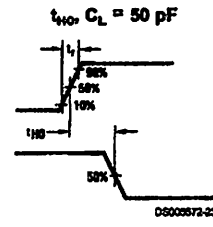
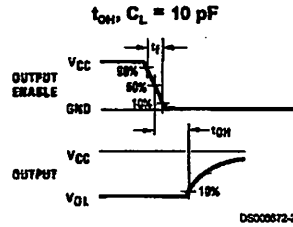
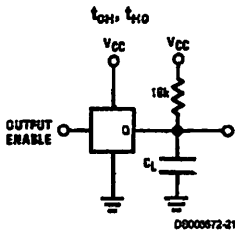
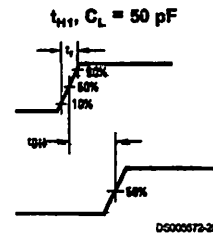
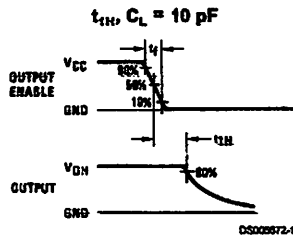
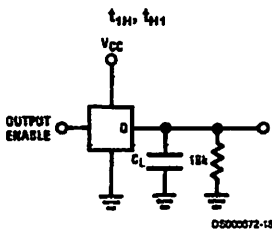


FIGURE 8.

Applications Information

OPERATION

1.0 RATIO-METRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratio-metric conversion systems. In ratio-metric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{FS} - V_2} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

V_{IN} = Input voltage into the ADC0808
 V_{FS} = Full-scale voltage
 V_2 = Zero voltage

D_X = Data point being measured
 D_{MAX} = Maximum data limit
 D_{MIN} = Minimum data limit

A good example of a ratio-metric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 5).

Ratio-metric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a sys-

Applications Information (Continued)

tem reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if $V_{CC}=V_{REF}=5.12V$, then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(-), should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

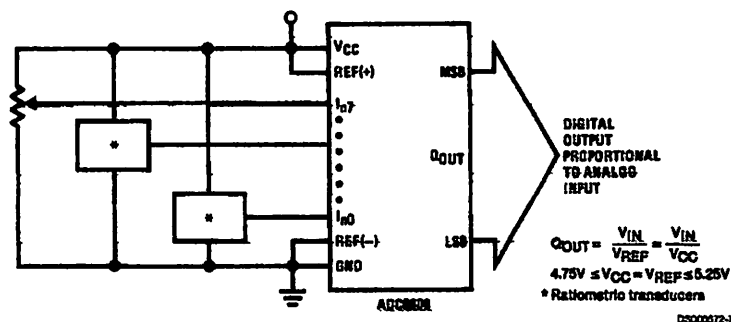
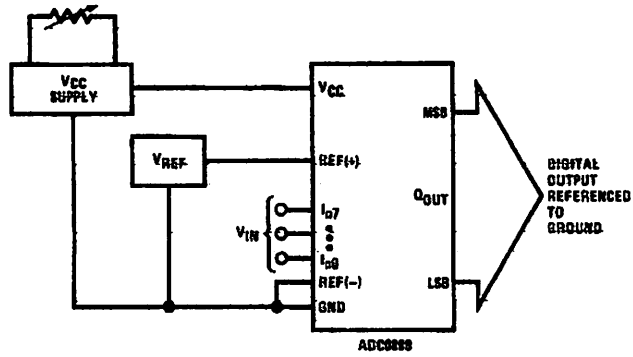


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

The ADC0808 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 μF output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed V_{CC} and ground, respectively, but they can be symmetrically less than V_{CC} and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In Figure 13, a 2.5V reference is symmetrically centered about $V_{CC}/2$ since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

Applications Information (Continued)

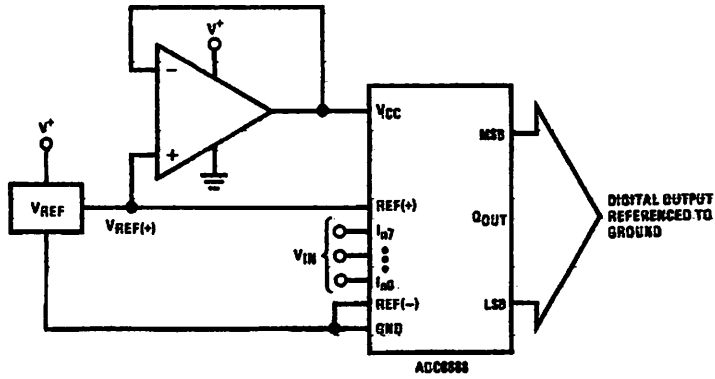


DS00072-24

$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$$4.75V \leq V_{CC} - V_{REF} \leq 5.25V$$

FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply



DS00072-25

$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$$4.75V \leq V_{CC} - V_{REF} \leq 5.25V$$

FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V_{CC} Supply

Applications Information (Continued)

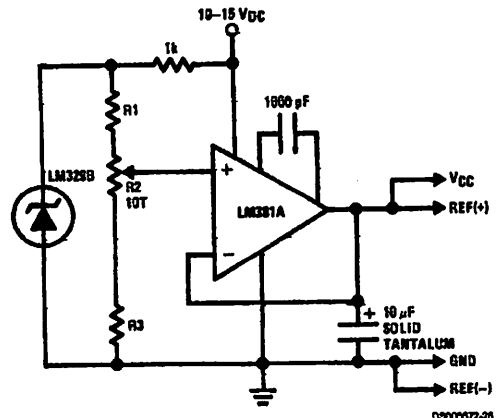


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit

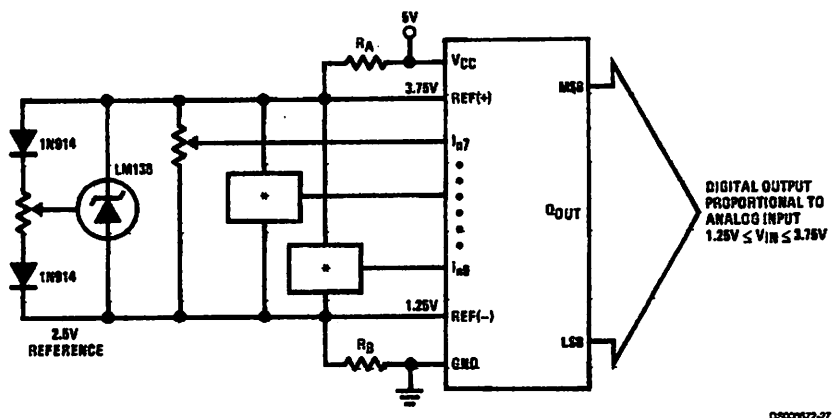


FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

$R_A = R_B$
 *Ratiometric transducers

3.0 CONVERTER EQUATIONS

The transition between adjacent codes N and N+1 is given by:

$$V_{IN} = \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (2)$$

The center of an output code N is given by:

$$V_{IN} \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (3)$$

The output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

Where: V_{IN} = Voltage at comparator input
 $V_{REF(+)}$ = Voltage at Ref(+)
 $V_{REF(-)}$ = Voltage at Ref(-)
 V_{TUE} = Total unadjusted error voltage (typically $V_{REF(+)} + 512$)

Applications Information (Continued)

4.0 ANALOG COMPARATOR INPUTS

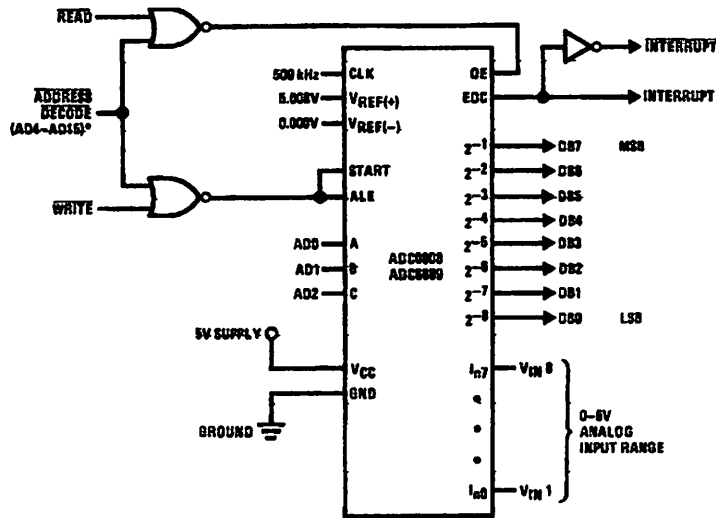
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with V_{IN} as shown in Figure 6.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

Typical Application



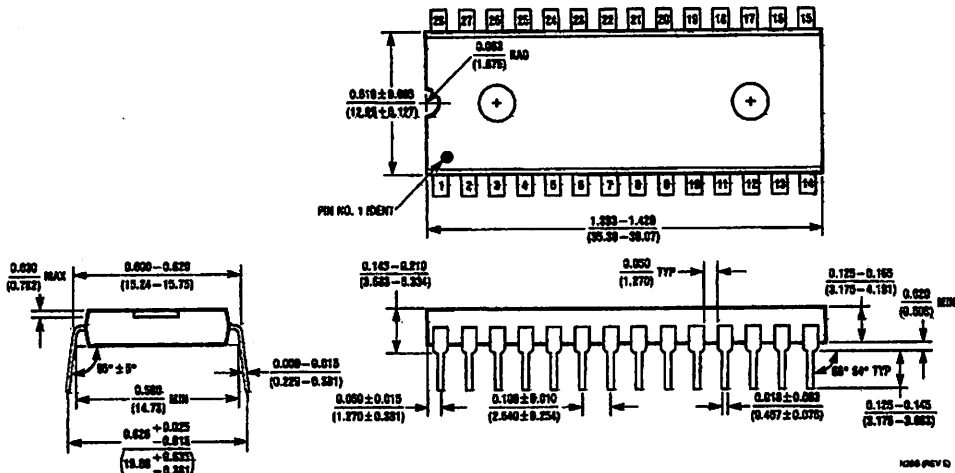
DS000872-10

*Address latches needed for 8085 and SCMP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

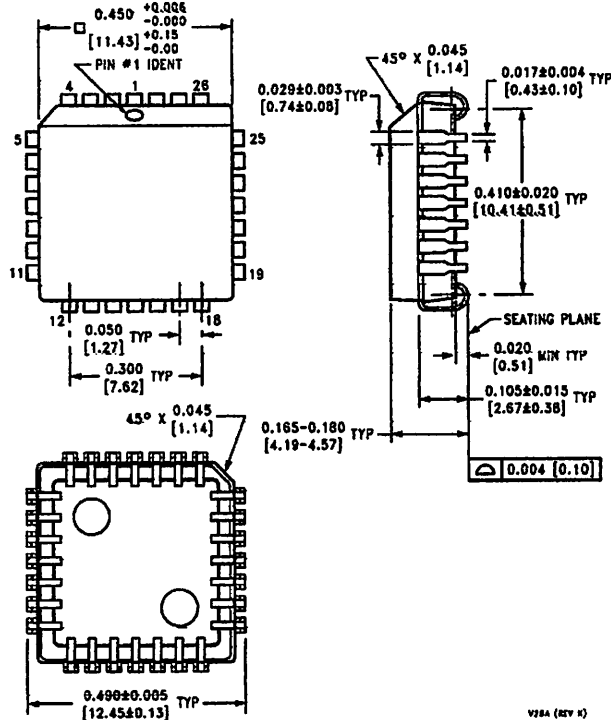
TABLE 2. Microprocessor Interface Table

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	RD	WR	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	RD	WR	INT (Thru RST Circuit, Mode 0)
SC/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA \cdot D \cdot RAW	VMA \cdot D \cdot RAW	IRQA or IRQB (Thru PIA)

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Molded Dual-in-Line Package (N)
 Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN
 NS Package Number N28B



Molded Chip Carrier (V)
 Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
 NS Package Number V28A

Notes

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 86
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 53
italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 18 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: asa.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-6639-7560
Fax: 81-3-6639-7507



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

Quad Low Power Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation

QUAD DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



**N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646
(LM224, LM324,
LM2902 Only)**



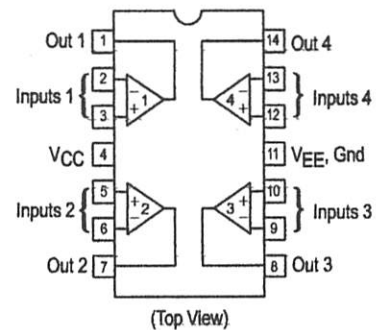
**D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A
(SO-14)**

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	32 ± 16	26 ± 13	Vdc
Input Differential Voltage Range (See Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A	-25 to +85 0 to +70	-40 to +105 -40 to +125	$^\circ\text{C}$

NOTE: 1. Split Power Supplies.

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2902D	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	SO-14
LM2902N		Plastic DIP
LM2902VD	$T_A = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$	SO-14
LM2902VN		Plastic DIP
LM224D	$T_A = -25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-14
LM224N		Plastic DIP
LM324AD	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-14
LM324AN		Plastic DIP
LM324D		SO-14
LM324N		Plastic DIP

Notes - See Page 2 Back

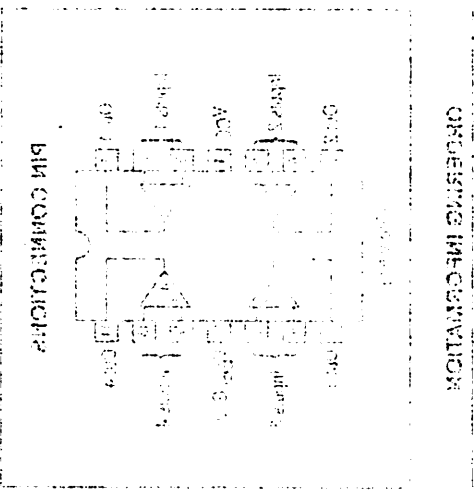
Item Description	Qty	Unit Price	Total Price	Part No.
1. 2000000000	1	100.00	100.00	0
2. 2000000000	1	100.00	100.00	0
3. 2000000000	1	100.00	100.00	0
4. 2000000000	1	100.00	100.00	0
5. 2000000000	1	100.00	100.00	0
6. 2000000000	1	100.00	100.00	0
7. 2000000000	1	100.00	100.00	0
8. 2000000000	1	100.00	100.00	0
9. 2000000000	1	100.00	100.00	0
10. 2000000000	1	100.00	100.00	0
11. 2000000000	1	100.00	100.00	0
12. 2000000000	1	100.00	100.00	0
13. 2000000000	1	100.00	100.00	0
14. 2000000000	1	100.00	100.00	0
15. 2000000000	1	100.00	100.00	0
16. 2000000000	1	100.00	100.00	0
17. 2000000000	1	100.00	100.00	0
18. 2000000000	1	100.00	100.00	0
19. 2000000000	1	100.00	100.00	0
20. 2000000000	1	100.00	100.00	0

MAXIMUM ISV (NOT IN A STATE where maximum is not)

- Create a list of all the items to be purchased with the following information:
 - Part No.
 - Description
 - Quantity
 - Unit Price
 - Total Price
 - Part No.
 - Description
 - Quantity
 - Unit Price
 - Total Price

OPERATIONAL AMPLIFIERS
QUAD DIFFERENTIAL INPUT

Item Description	Qty	Unit Price	Total Price	Part No.
1. 2000000000	1	100.00	100.00	0
2. 2000000000	1	100.00	100.00	0
3. 2000000000	1	100.00	100.00	0
4. 2000000000	1	100.00	100.00	0
5. 2000000000	1	100.00	100.00	0
6. 2000000000	1	100.00	100.00	0
7. 2000000000	1	100.00	100.00	0
8. 2000000000	1	100.00	100.00	0
9. 2000000000	1	100.00	100.00	0
10. 2000000000	1	100.00	100.00	0
11. 2000000000	1	100.00	100.00	0
12. 2000000000	1	100.00	100.00	0
13. 2000000000	1	100.00	100.00	0
14. 2000000000	1	100.00	100.00	0
15. 2000000000	1	100.00	100.00	0
16. 2000000000	1	100.00	100.00	0
17. 2000000000	1	100.00	100.00	0
18. 2000000000	1	100.00	100.00	0
19. 2000000000	1	100.00	100.00	0
20. 2000000000	1	100.00	100.00	0



OPERATIONAL AMPLIFIERS
QUAD DIFFERENTIAL INPUT

1. 2000000000
 2. 2000000000
 3. 2000000000
 4. 2000000000
 5. 2000000000
 6. 2000000000
 7. 2000000000
 8. 2000000000
 9. 2000000000
 10. 2000000000
 11. 2000000000
 12. 2000000000
 13. 2000000000
 14. 2000000000
 15. 2000000000
 16. 2000000000
 17. 2000000000
 18. 2000000000
 19. 2000000000
 20. 2000000000



MAXIM

MAXIM INTEGRATED PRODUCTS, INC.

OPERATIONAL AMPLIFIERS
QUAD DIFFERENTIAL INPUT

Order this document by MAXIM

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{EE} = \text{Gnd}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V to }30\text{ V}$ (28 V for LM2902, V), $V_{ICR} = 0\text{ V to }V_{CC} - 1.7\text{ V}$, $V_O = 1.4\text{ V}$, $R_S = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}^{(1)}$ $T_A = T_{\text{low}}^{(1)}$	V_{IO}	-	2.0	5.0	-	2.0	3.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	30	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	I_{IO}	-	3.0	30	-	5.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	300	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	I_{IB}	-	-60	-150	-	-45	-100	-	-60	-250	-	-60	-250	-	-60	-250	nA
Input Common Mode Voltage Range(2) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (28 V for LM2902, V) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (28 V for LM2902, V), $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}$	V_{ICR}	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 15\text{ V}$, for Large V_O Swing, $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	A_{VOL}	50 25	100 -	- -	25 15	100 -	- -	25 15	100 -	- -	25 15	100 -	- -	25 15	100 -	- -	V/mV
Channel Separation 10 kHz $\leq f \leq$ 20 kHz, Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection, $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB
Output Voltage—High Limit ($T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (28 V for LM2902, V), $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (28 V for LM2902, V), $R_L = 10\text{ k}\Omega$	V_{OH}	3.3 26 27	3.5 - 28	- - -	3.3 26 27	3.5 - 28	- - -	3.3 26 27	3.5 - 28	- - -	3.3 22 23	3.5 - 24	- - -	3.3 22 23	3.5 - 24	- - -	V

NOTES: 1. $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$ for LM224
 $\quad = 0^\circ\text{C}$ for LM324, A
 $\quad = -40^\circ\text{C}$ for LM2902
 $\quad = -40^\circ\text{C}$ for LM2902V
 $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$ for LM224
 $\quad = +70^\circ\text{C}$ for LM324, A
 $\quad = +105^\circ\text{C}$ for LM2902
 $\quad = +125^\circ\text{C}$ for LM2902V

2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is $V_{CC} - 1.7\text{ V}$.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

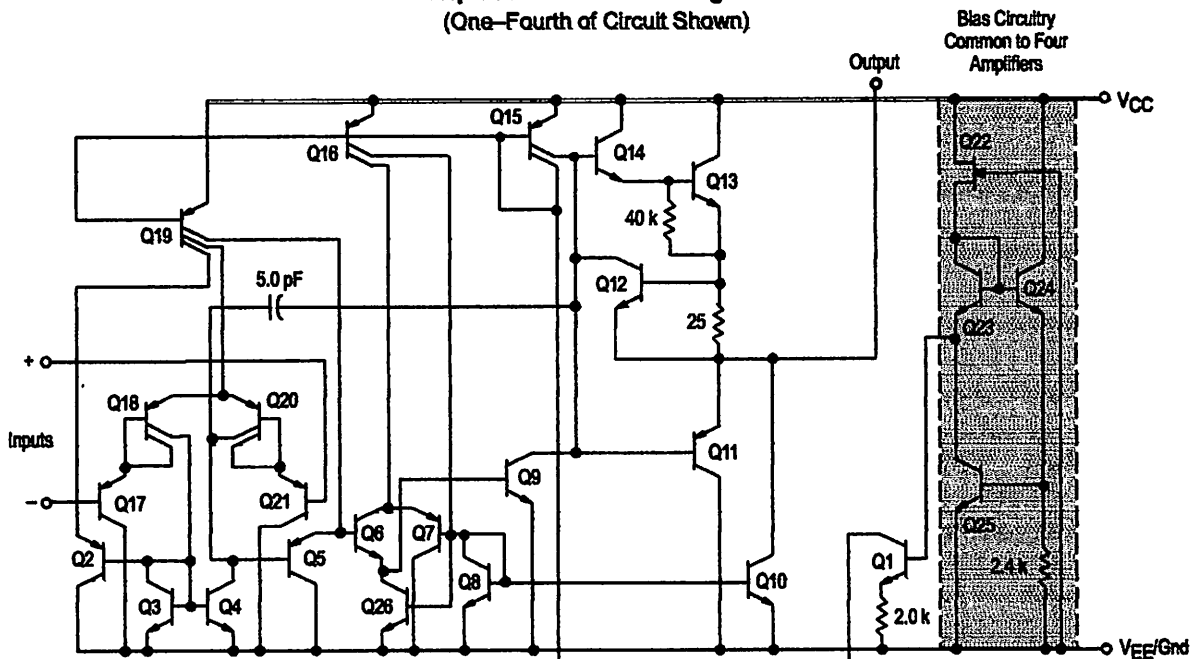
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{EE} = \text{Gnd}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

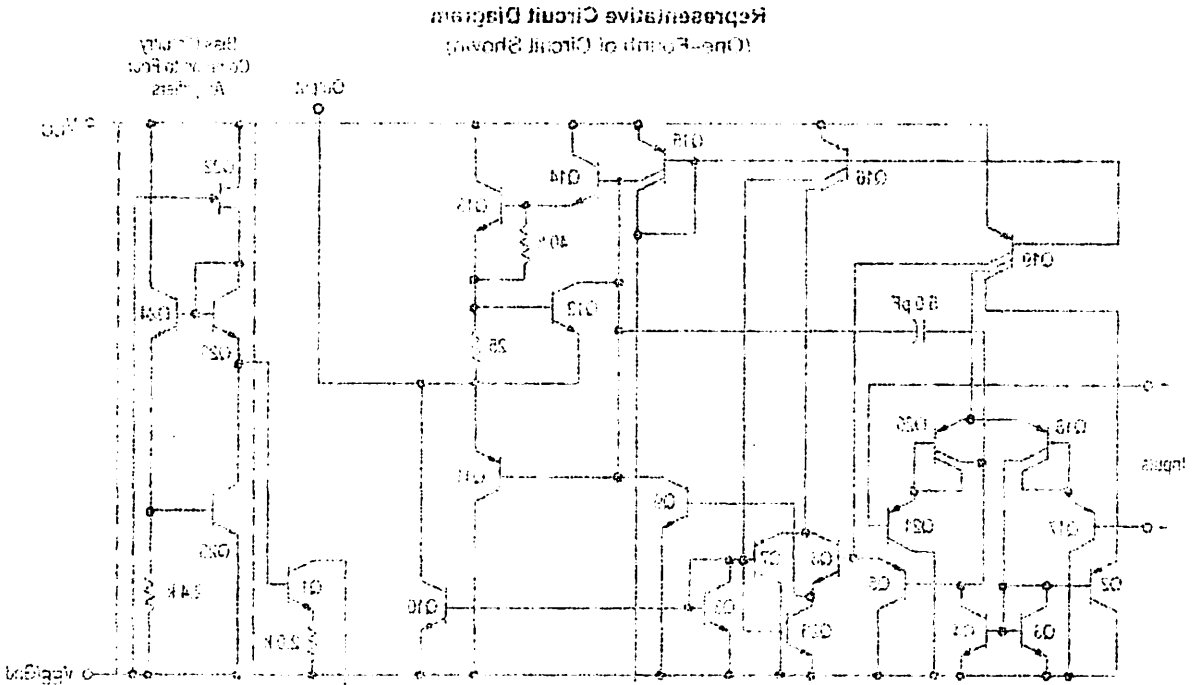
Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage – Low Limit, $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	100	–	5.0	100	mV
Output Source Current ($V_{ID} = +1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	I_{O+}	20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current ($V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	I_{O-}	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	mA
Output Sink Current ($V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_O = 200\text{ mV}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)		5.0	8.0	–	5.0	8.0	–	5.0	8.0	–	5.0	8.0	–	5.0	8.0	–	μA
Output Short Circuit to Ground ⁽³⁾	I_{SC}	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current ($T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$ $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$	I_{CC}	–	–	3.0	–	1.4	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	mA
		–	–	1.2	–	0.7	1.2	–	–	1.2	–	–	1.2	–	–	1.2	

NOTES: 1. $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$ for LM224
 $= 0^\circ\text{C}$ for LM324, A
 $= -40^\circ\text{C}$ for LM2902
 $= -40^\circ\text{C}$ for LM2902V
 $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$ for LM224
 $= +70^\circ\text{C}$ for LM324, A
 $= +105^\circ\text{C}$ for LM2902
 $= +125^\circ\text{C}$ for LM2902V

2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is $V_{CC} - 1.7\text{ V}$.

Representative Circuit Diagram
(One-Fourth of Circuit Shown)





NOTE: 1. Typical values are shown in parentheses. The output current and output voltage should not be allowed to exceed the values shown in parentheses. The output current and output voltage range is 0V to 5V.

2. The output current and output voltage should not be allowed to exceed the values shown in parentheses. The output current and output voltage range is 0V to 5V.

3. The output current and output voltage should not be allowed to exceed the values shown in parentheses. The output current and output voltage range is 0V to 5V.

Unit	LM333A			LM333B			LM333C			LM333D			LM333E			Symbol	Characteristics	
	Max	Typ	Min	Max	Typ	Min	Max	Typ	Min	Max	Typ	Min	Max	Typ	Min			Max
mA	-	40	-	-	40	-	-	40	-	-	40	-	-	40	-	-	40	Output Source Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low
mA	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	Output Sink Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low
mA	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	Output Sink Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low
mA	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	Output Sink Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low
mA	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	Output Sink Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low
mA	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	Output Sink Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low
mA	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	Output Sink Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low
mA	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	Output Sink Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low
mA	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	Output Sink Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low
mA	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	-	-	30	Output Sink Current V _{CC} = +5.0 V V _{EE} = -5.0 V I _Q = 10 mA T _A = 25°C T _J = High to Low

LM334, LM334A, LM334B, LM334C, LM334D, LM334E

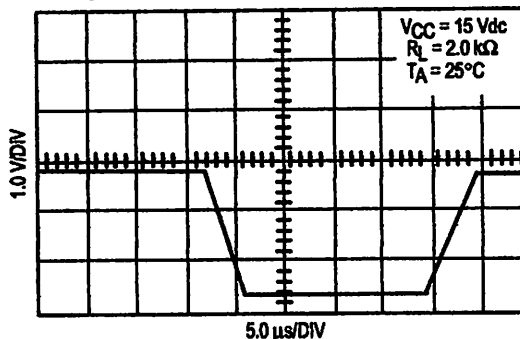
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = -5.0 V, unless otherwise noted)

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

CIRCUIT DESCRIPTION

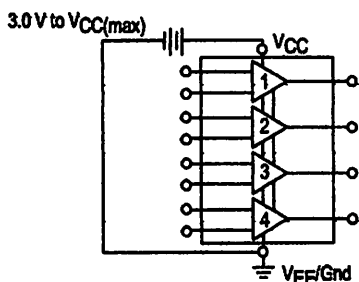
The LM324 series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

Large Signal Voltage Follower Response

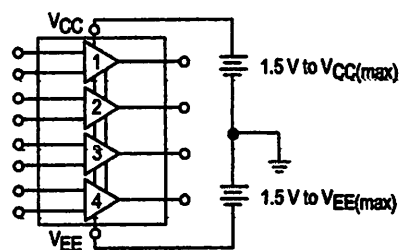


Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

Single Supply



Split Supplies



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

Figure 1. Input Voltage Range

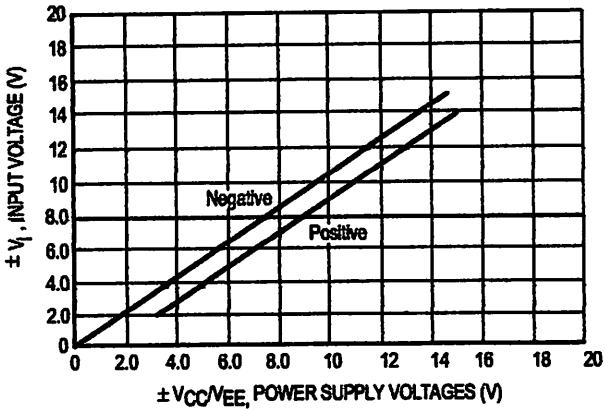


Figure 2. Open Loop Frequency

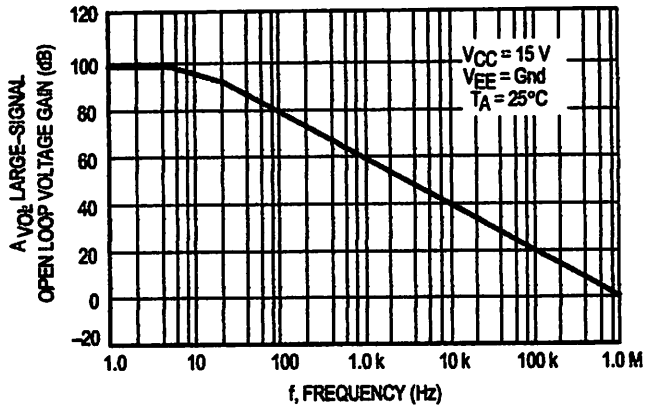


Figure 3. Large-Signal Frequency Response

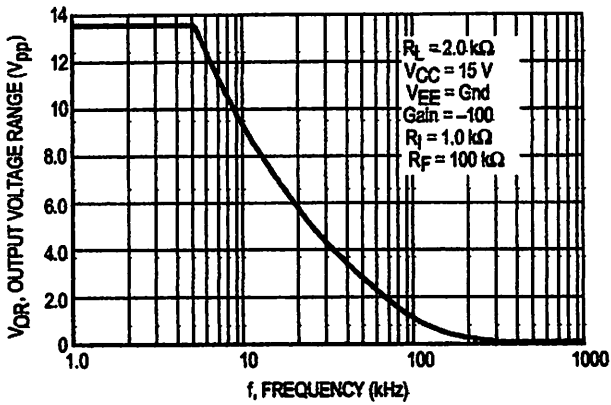


Figure 4. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

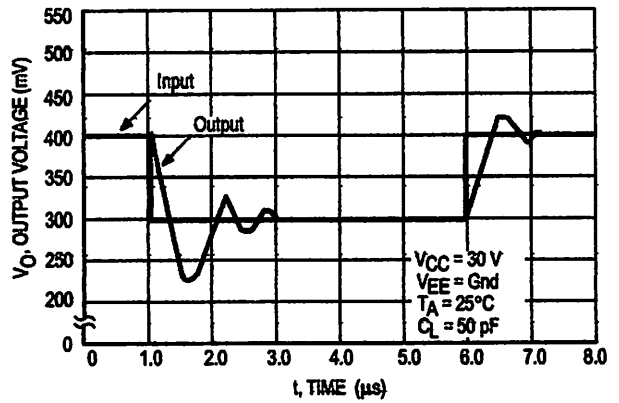


Figure 5. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

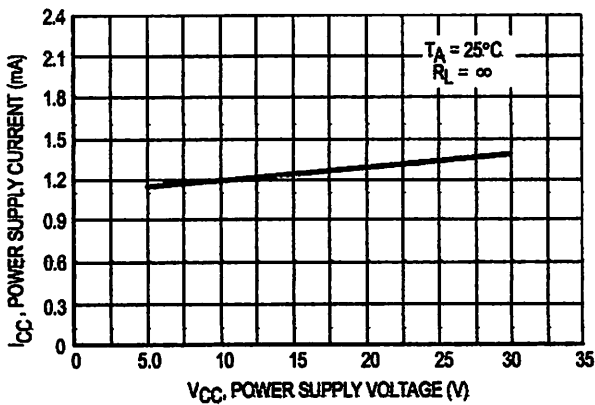


Figure 6. Input Bias Current versus Power Supply Voltage

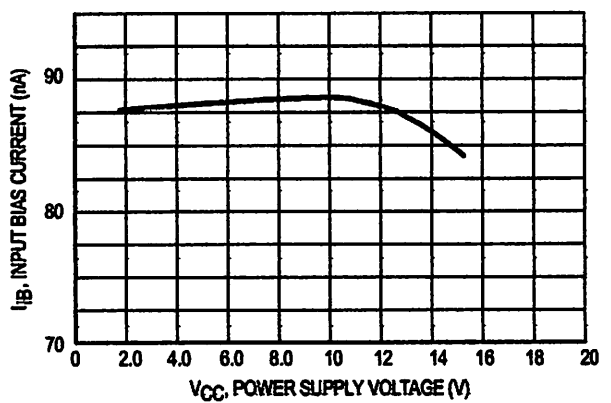


Figure 1. Input Voltage Range

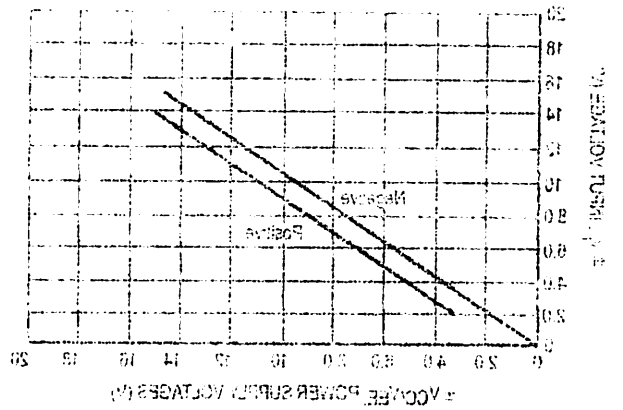


Figure 2. Open Loop Frequency

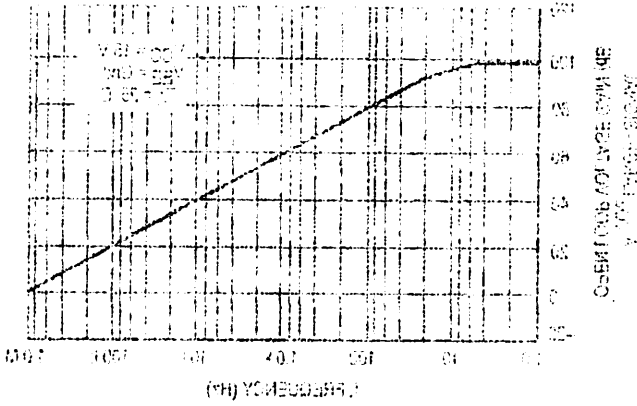


Figure 3. Large-Signal Frequency Response

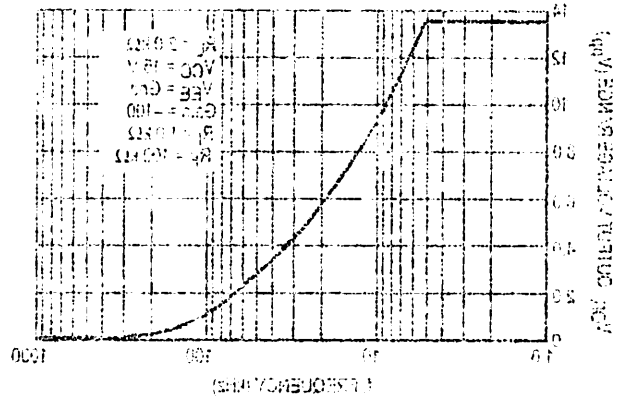


Figure 4. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

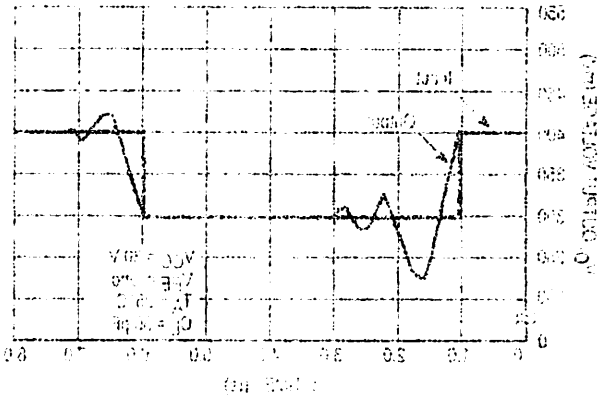


Figure 5. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

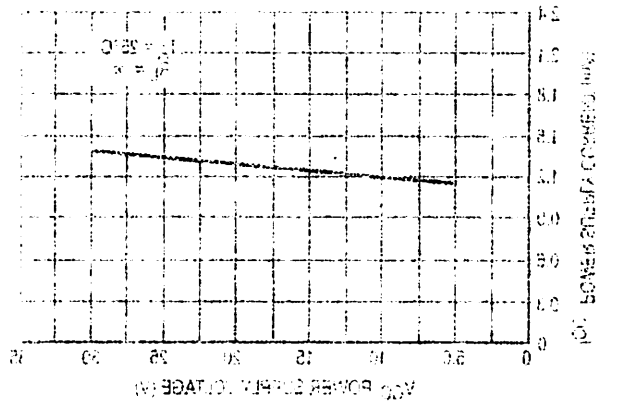
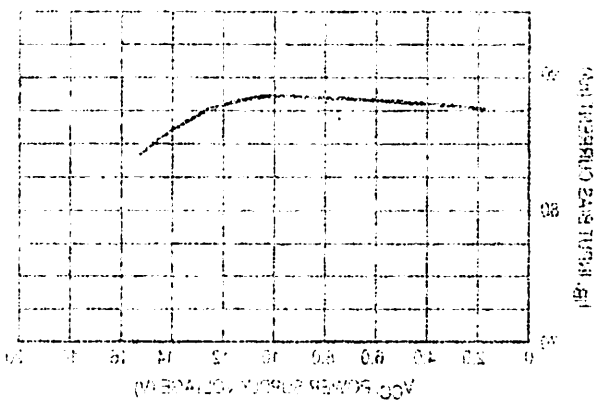


Figure 6. Input Bias Current versus Power Supply Voltage



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

Figure 7. Voltage Reference

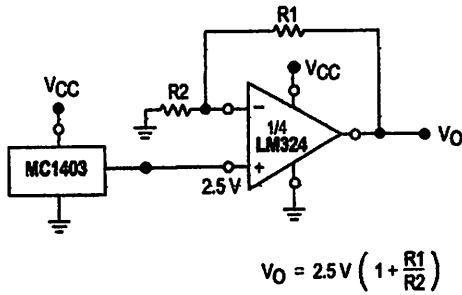


Figure 8. Wien Bridge Oscillator

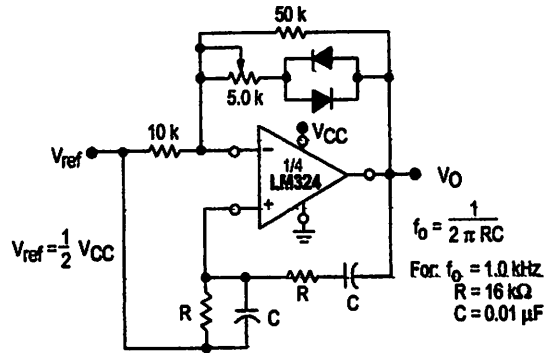


Figure 9. High Impedance Differential Amplifier

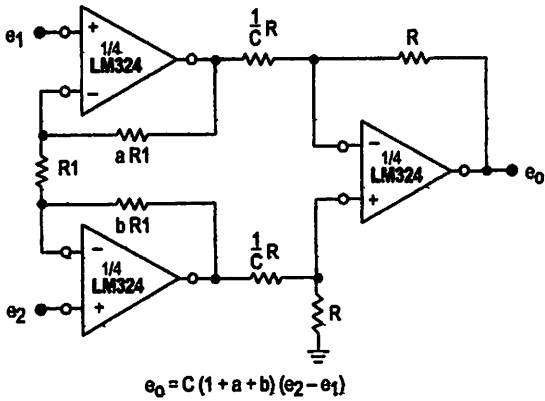


Figure 10. Comparator with Hysteresis

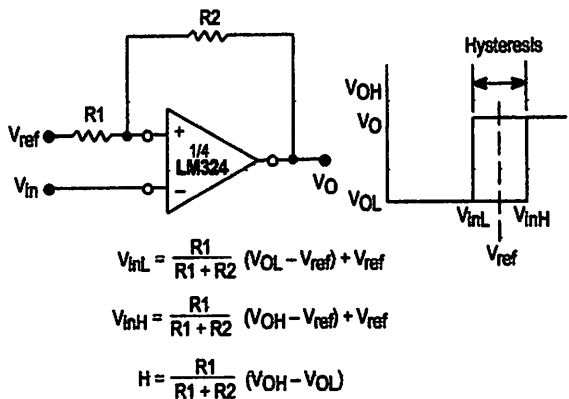


Figure 11. BI-Quad Filter

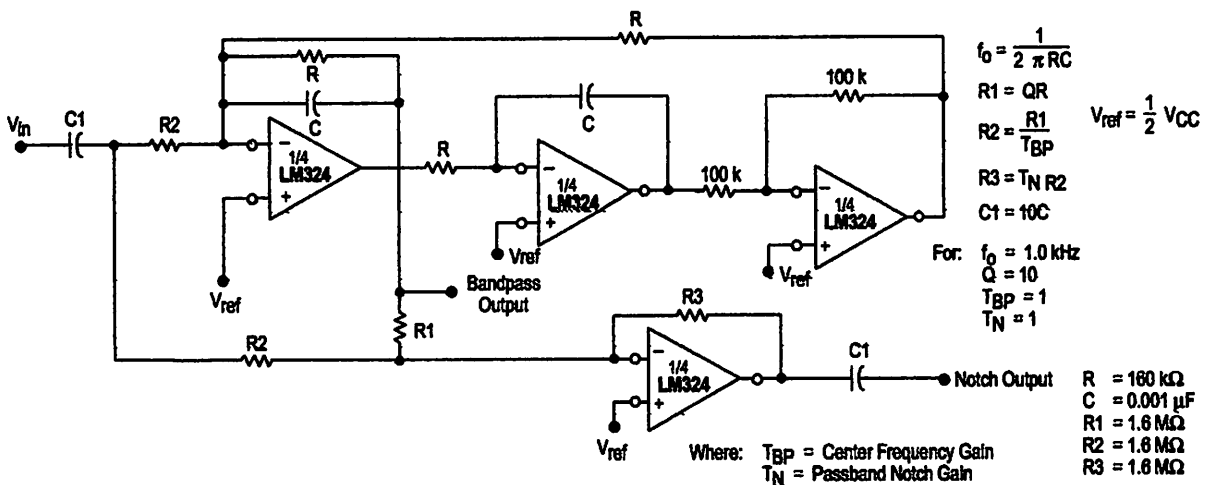


Figure 7. Voltage Reference

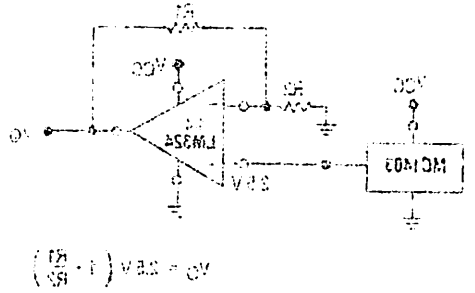


Figure 8. Wien Bridge Oscillator

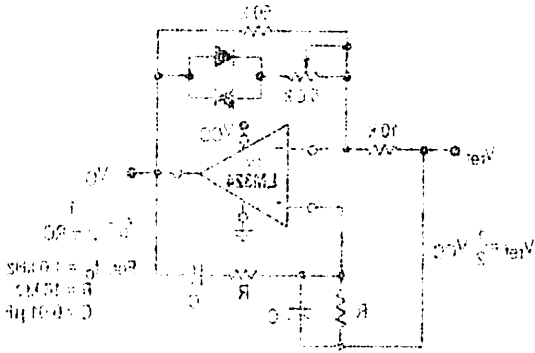


Figure 9. High Impedance Differential Amplifier

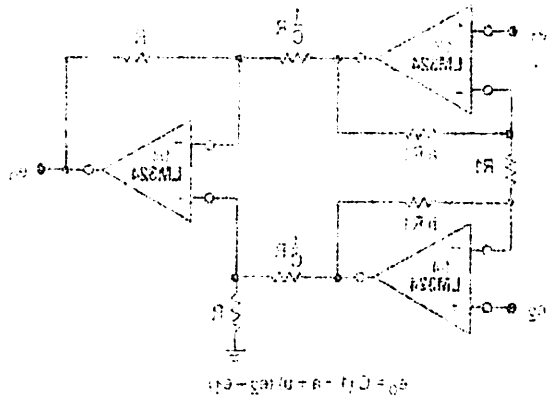


Figure 10. Comparator with Hysteresis

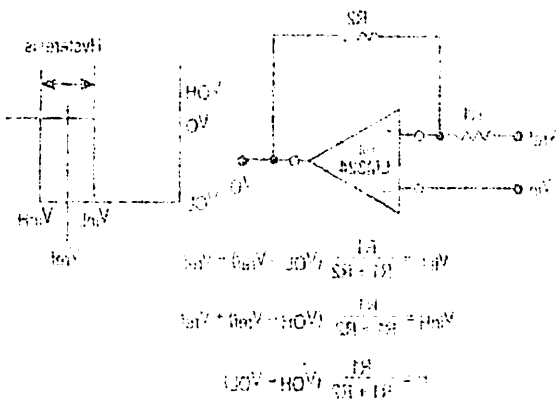
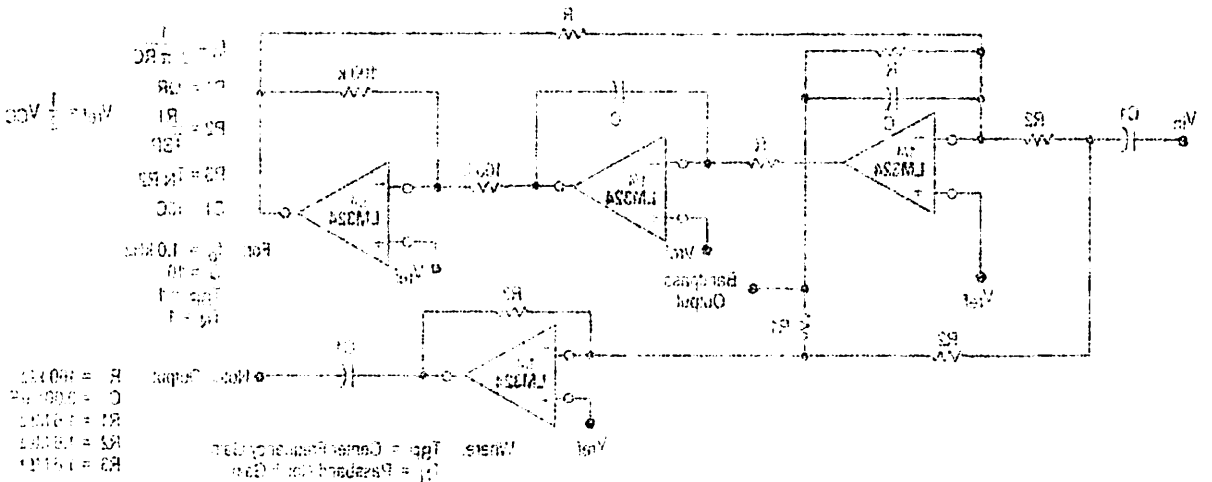


Figure 11. Bi-Quad Filter



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

Figure 12. Function Generator

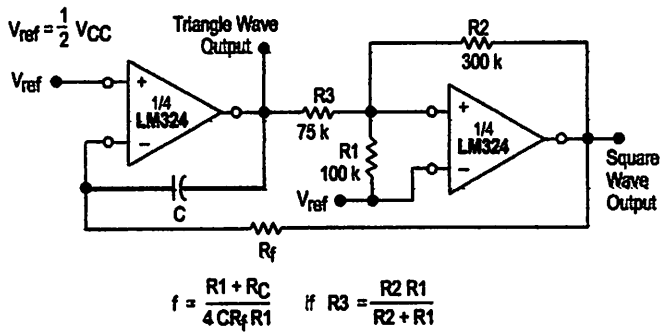
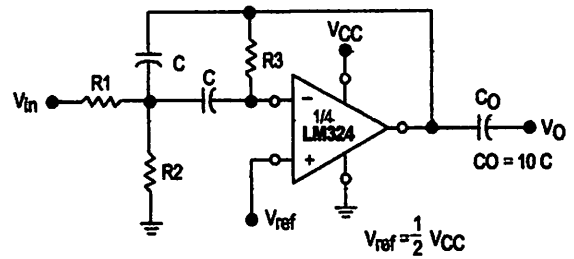


Figure 13. Multiple Feedback Bandpass Filter



Given: f_0 = center frequency
 $A(f_0)$ = gain at center frequency

Choose value f_0, C

Then: $R3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$

$R1 = \frac{R3}{2 A(f_0)}$

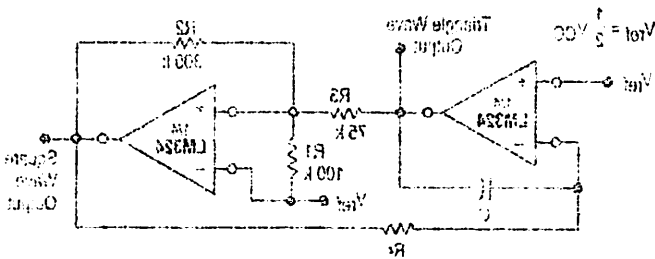
$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier, $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$

where f_0 and BW are expressed in Hz.

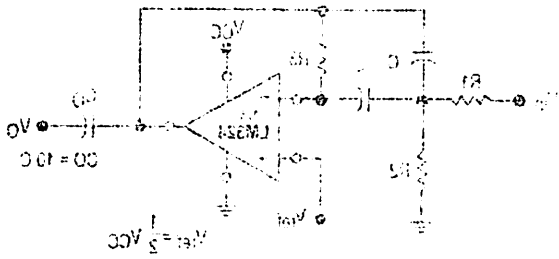
If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

Figure 12. Function Generator



$$f = \frac{1}{4.0R_1R_2C} \sqrt{\frac{R_1 - R_2}{R_2 - R_1}}$$

Figure 13. Multiple Feedback Bandpass Filter



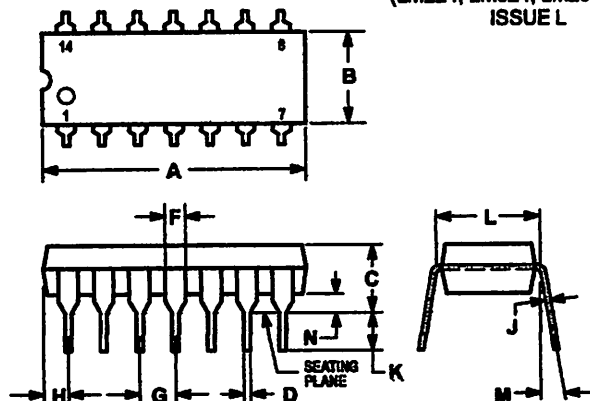
Given f_c = center frequency
 f_c = pass-band frequency
 Q-factor Q
 Then $R_2 = \frac{1}{R_1 C f_c}$
 $R_1 = \frac{R_2}{Q}$
 $R_3 = \frac{R_1 R_2}{Q}$

For Q less than 10, the center frequency is approximately $f_c = \frac{1}{2\pi R_1 R_2 C}$
 where f_c and Q are expressed in Hz.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

OUTLINE DIMENSIONS

N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 646-06 (LM224, LM324, LM2902 Only) ISSUE L

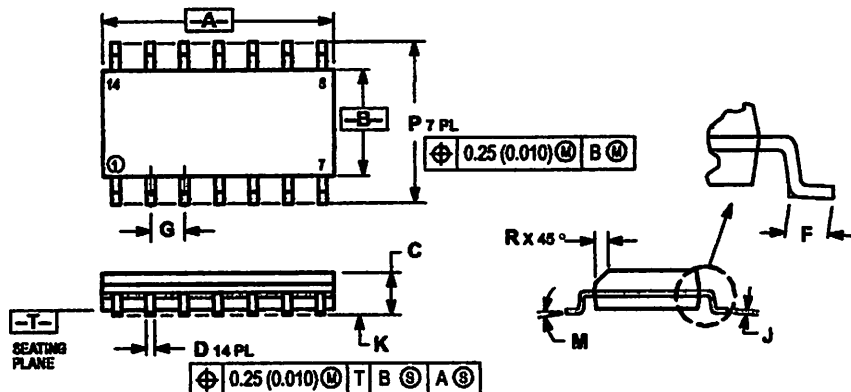


NOTES:

- LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
- DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
- DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
- ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.18	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.056	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751A-03 (SO-14) ISSUE F



NOTES:

- DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
- CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
- DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
- MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
- DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.95	1.75	0.094	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.23	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.18	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	8.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE/LOCATIONS NOT LISTED: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 802-244-6609
INTERNET: http://Des/gn-NET.com

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 6B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26628288



GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLERS

4N25
4N37

4N26
H11A1

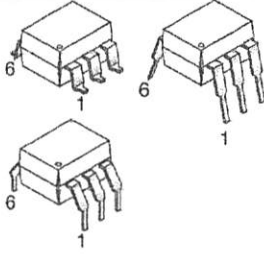
4N27
H11A2

4N28
H11A3

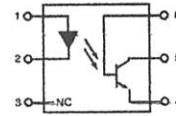
4N35
H11A4

4N36
H11A5

WHITE PACKAGE (-M SUFFIX)

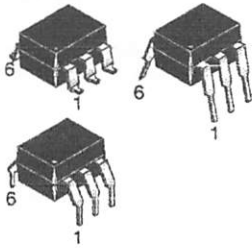


SCHEMATIC



PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NO CONNECTION
4. EMITTER
5. COLLECTOR
8. BASE

BLACK PACKAGE (NO -M SUFFIX)



DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94766)
 - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
 - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

APPLICATIONS

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs

PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLES GENERAL PURPOSE 0-18V

PHOTOTRANSISTOR
OPTOCOUPLES
GENERAL PURPOSE 0-18V

80MA
WATA

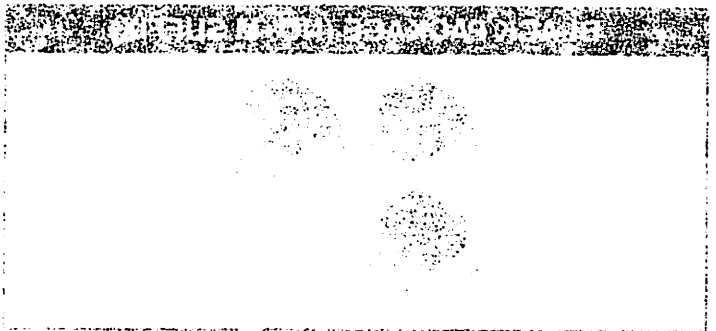
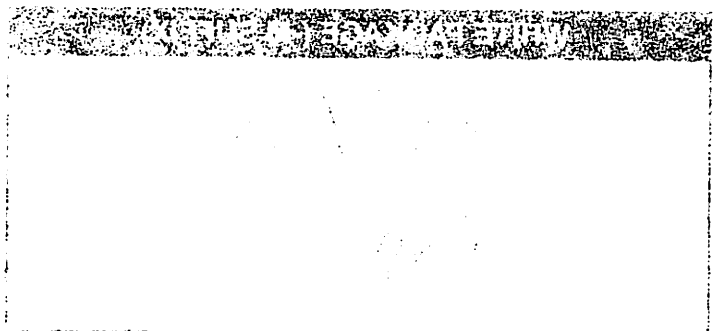
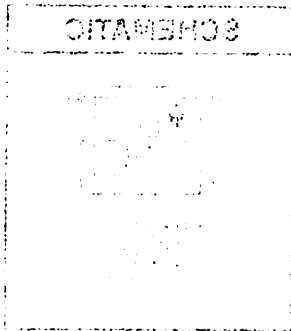
80MA
WATA

80MA
WATA

80MA
WATA

80MA
WATA

80MA
WATA



DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a silicon photodiode and a silicon phototransistor. The photodiode is exposed to light and the phototransistor is connected to the output of the photodiode.

FEATURES

- Also available in white package for special applications.
- UL recognized (File # 50770).
- VDE recognized (File # 20790).
- Available in surface mount package (SMD).
- Add option 200 for 0.1" package (0.1" SMD).

APPLICATIONS

- Motor speed regulation.
- Line speed control.
- Photoprocessor control.

**GENERAL PURPOSE 6-PIN
PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS**

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Value	Units
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	T_{STG}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{OPR}	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Wave solder temperature (see page 14 for reflow solder profiles)	T_{SOL}	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250 3.3 (non-M), 2.94 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$
EMITTER			
DC/Average Forward Input Current	I_F	100 (non-M), 60 (-M)	mA
Reverse Input Voltage	V_R	6	V
Forward Current - Peak (300 μs , 2% Duty Cycle)	$I_{F(pk)}$	3	A
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150 (non-M), 120 (-M) 2.0 (non-M), 1.41 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$
DETECTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	V
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	70	V
Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	7	V
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150 2.0 (non-M), 1.76 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$

PHOTODIODE PHOTOVOLTAIC PHOTOCONVERTERS
GENERAL PURPOSE 8-PIN

PHOTODIODE PHOTOVOLTAIC PHOTOCONVERTERS
GENERAL PURPOSE 8-PIN

8-PIN PHOTOVOLTAIC PHOTOCONVERTERS
8-PIN PHOTOVOLTAIC PHOTOCONVERTERS
8-PIN PHOTOVOLTAIC PHOTOCONVERTERS
8-PIN PHOTOVOLTAIC PHOTOCONVERTERS
8-PIN PHOTOVOLTAIC PHOTOCONVERTERS
8-PIN PHOTOVOLTAIC PHOTOCONVERTERS

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T _a = 25°C unless otherwise specified)			
Parameter	Value	Symbol	Units
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	-55 to +125	T _{stg}	°C
Operating Temperature	-55 to +100	T _{op}	°C
Wave Solder Temperature (see page 14 for solder alloy details)	260 for 10 sec	T _w	°C
Total Device Power Dissipation @ T _a = 25°C	800	P _D	mW
Emitter			
DC Average Forward Bias Current	100 (max) mA	I _F	mA
Forward Bias Voltage	2	V _F	V
Forward Current-Peak (single pulse cycle)	1	I _{FP}	A
Light Power (peak) @ 1000 Hz	100 (max) mW (100)	P _L	mW
Optical Power @ 1000 Hz	8 (max) mW (8)	P _{OP}	mW
DETECTOR			
Operating Bias Voltage	30	V _{OP}	V
Cutoff Bias Voltage	10	V _{OC}	V
Reverse Bias Voltage	5	V _R	V
Forward Power Dissipation @ T _a = 25°C	10	P _F	mW
DC Average P _D	50 (max) mW (50)	P _D	mW

GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Unit
EMITTER						
Input Forward Voltage	($I_F = 10\text{ mA}$)	V_F		1.18	1.50	V
Reverse Leakage Current	($V_R = 6.0\text{ V}$)	I_R		0.001	10	μA
DETECTOR						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	($I_C = 1.0\text{ mA}$, $I_F = 0$)	BV_{CEO}	30	100		V
Collector-Base Breakdown Voltage	($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$, $I_F = 0$)	BV_{CBO}	70	120		V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$, $I_F = 0$)	BV_{ECO}	7	10		V
Collector-Emitter Dark Current	($V_{CE} = 10\text{ V}$, $I_F = 0$)	I_{CEO}		1	50	nA
Collector-Base Dark Current	($V_{CB} = 10\text{ V}$)	I_{CBO}			20	nA
Capacitance	($V_{CE} = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_{CE}		8		pF

ISOLATION CHARACTERISTICS

Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	(Non '-M', Black Package) ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ min}$)	V_{ISO}	5300			Vac(rms)
	('-'M', White Package) ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$)		7500			Vac(pk)
Isolation Resistance	($V_{I-O} = 500\text{ VDC}$)	R_{ISO}	10^{11}			Ω
Isolation Capacitance	($V_{I-O} = \&$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_{ISO}		0.5		pF
	('-'M' White Package)			0.2	2	pF

Note

* Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$

PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLERS
GENERAL PURPOSE 8-PIN

4N37	4N38	4N39	4N40	4N41	4N42
H11A1	H11A2	H11A3	H11A4	H11A5	H11A6

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS						
Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
EMITTER						
Output Forward Voltage	I _F = 10 mA	V _F		1.18	1.30	V
Reverse Leakage Current	V _R = 8.0 V	I _R		0.001	10	μA
DETECTOR						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	I _C = 1.5 mA, I _E = 0	BV _{CEO}	30	100		V
Collector-Base Breakdown Voltage	I _C = 100 μA, I _E = 0	BV _{CBO}	20	150		V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	I _E = 100 μA, I _C = 0	BV _{ECO}	5	10		V
Collector-Emitter Dark Current	V _{CE} = 10 V, I _E = 0	I _{CE0}		1	30	nA
Collector-Base Dark Current	V _{CB} = 10 V	I _{CB0}			20	nA
Capacitance	V _{CE} = 0 V, f = 1 MHz	C _{CE}		8		pF

ISOLATION CHARACTERISTICS

Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	(M, Black Package) I _C = 80 mA, I _E = 1 mA	V _{ISO}	2000			Vac(pk)
	(M, White Package) I _C = 50 mA, I _E = 1 mA		1500			Vac(pk)
Isolation Resistance	V _{ISO} = 200 VDC	R _{ISO}	10 ¹¹			Ω
Isolation Capacitance	(V _{ISO} = 2 & 1 = 1 MHz)	C _{ISO}		0.8		pF
				0.2	2	pF

Note
* Typical values at T_A = 25°C

**GENERAL PURPOSE 6-PIN
PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS**

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.) (Continued)

AC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Unit
Turn-off Time	($I_F = 10 \text{ mA}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_L = 100\Omega$) (Fig.20)	T_{OFF}	4N25 4N26 4N27 4N28 H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5		2		μs
	($I_C = 2 \text{ mA}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_L = 100\Omega$) (Fig.20)		4N35 4N36 4N37		2	10	

* Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$

PHOTO TRANSISTOR OPTOCOUPLERS
 GENERAL PURPOSE 6-PIN

4N37	4N38	4N37	4N38	4N35	4N36
H1A7	H1A7	H1A5	H1A3	H1A4	H1A5

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified) (Continued)

AC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Unit
Turn-off Time	$I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega$ (Fig. 50)	t_{off}	4N37		S		ns
	4N38			S			
	$I_C = 2 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega$ (Fig. 50)		4N37		S	10	

* Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

TYPICAL PERFORMANCE CURVES

Fig. 1 LED Forward Voltage vs. Forward Current (Black Package)

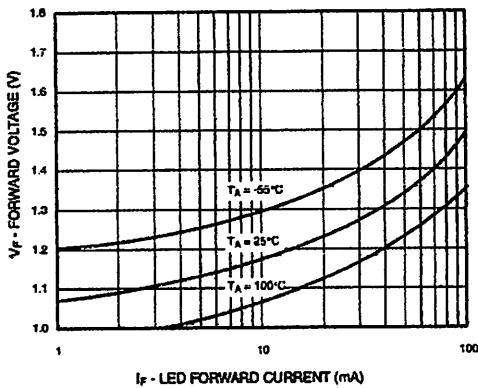


Fig. 2 LED Forward Voltage vs. Forward Current (White Package)

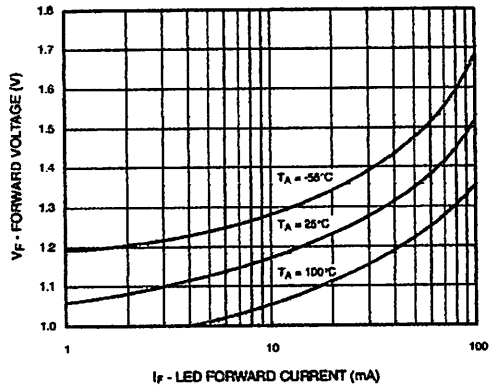


Fig. 3 Normalized CTR vs. Forward Current (Black Package)

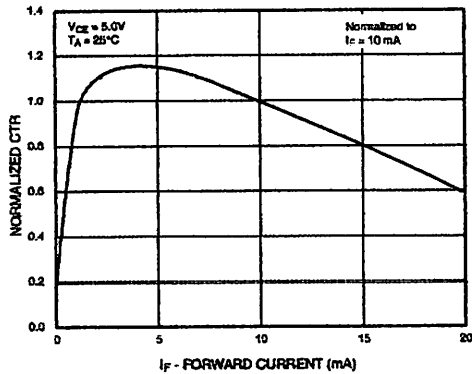


Fig. 4 Normalized CTR vs. Forward Current (White Package)

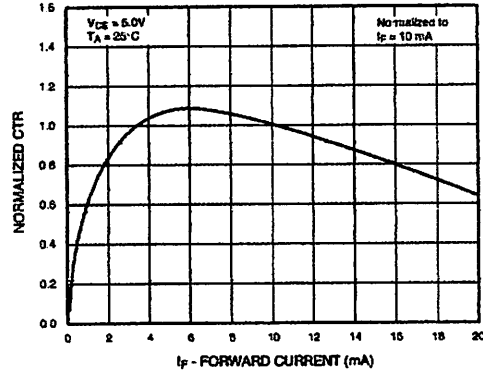


Fig. 5 Normalized CTR vs. Ambient Temperature (Black Package)

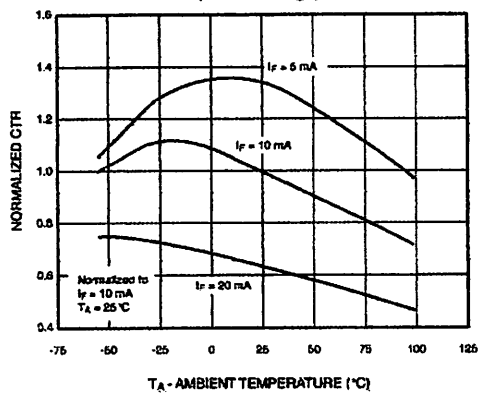
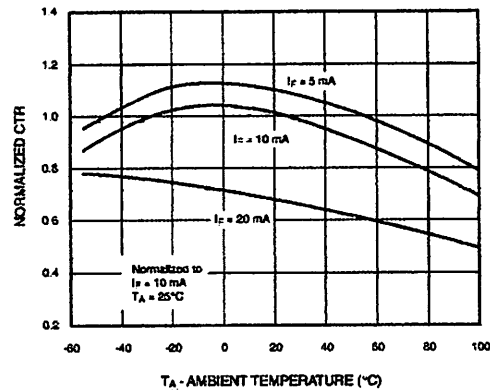
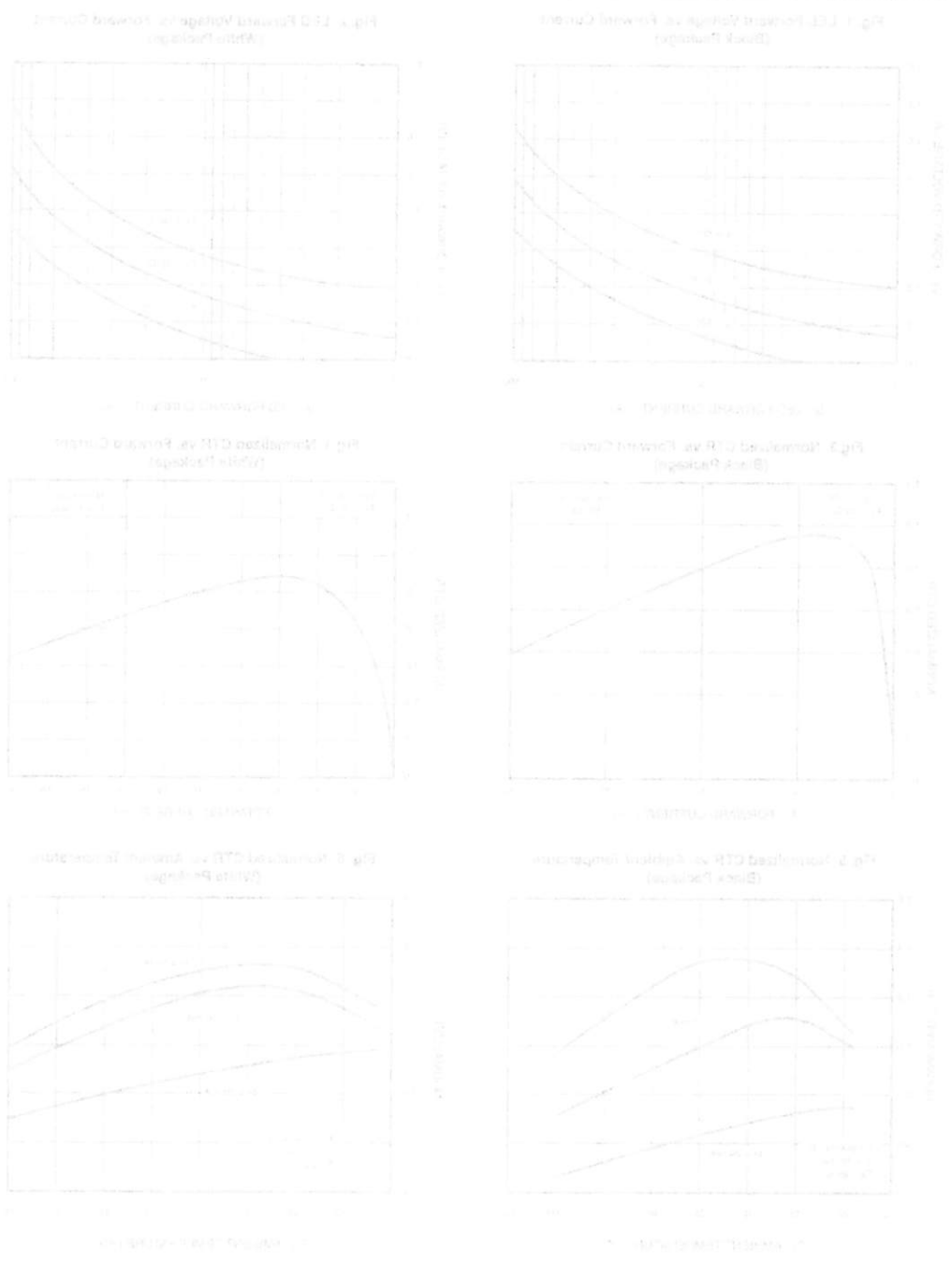


Fig. 6 Normalized CTR vs. Ambient Temperature (White Package)



4N37	4N38	4N37	4N38	4N38	4N37
H11A1	H11A1	H11A2	H11A3	H11A4	H11A5

TYPICAL PERFORMANCE CURVES



**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

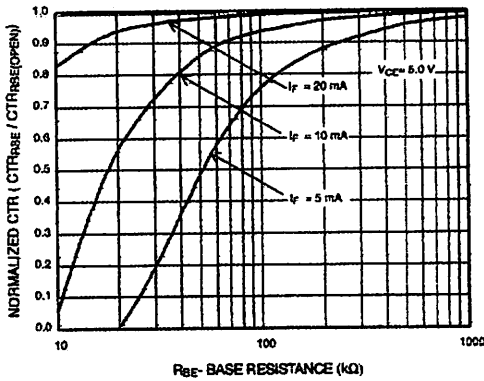
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

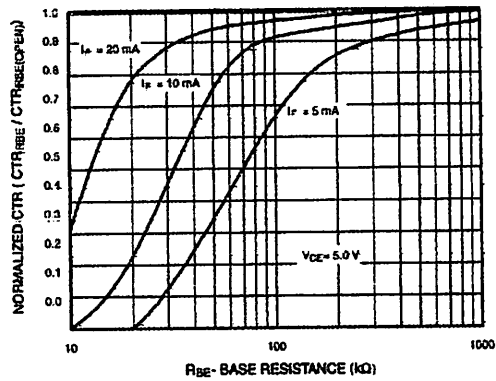
**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

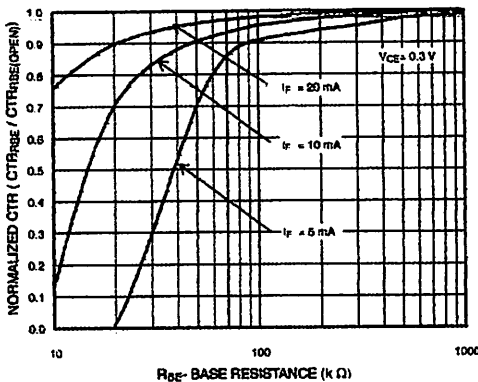
**Fig. 7 CTR vs. RBE (Unsaturated)
(Black Package)**



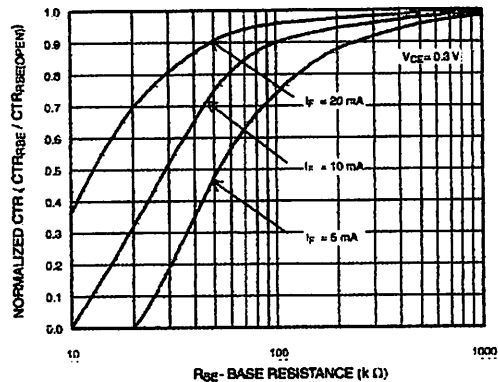
**Fig. 8 CTR vs. RBE (Unsaturated)
(White Package)**



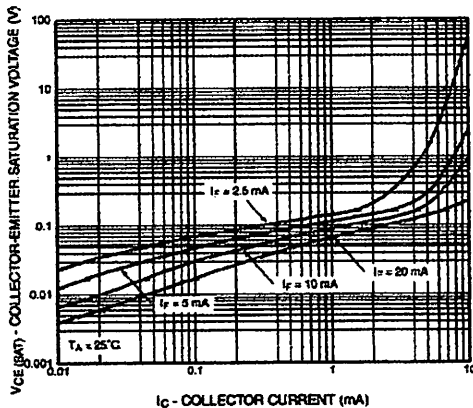
**Fig. 9 CTR vs. RBE (Saturated)
(Black Package)**



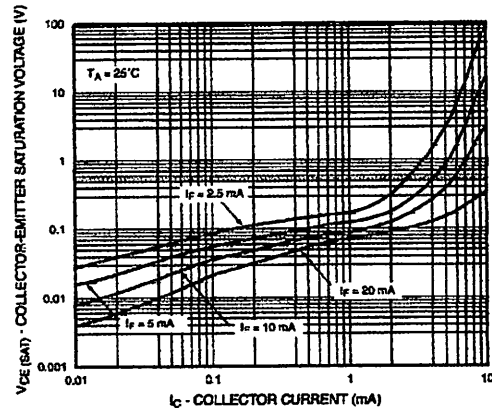
**Fig. 10 CTR vs. RBE (Saturated)
(White Package)**



**Fig. 11 Collector-Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current
(Black Package)**

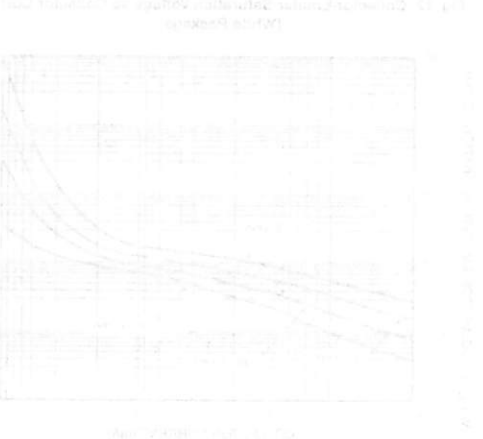
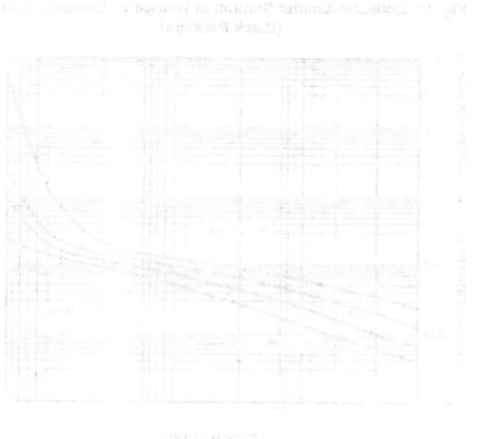
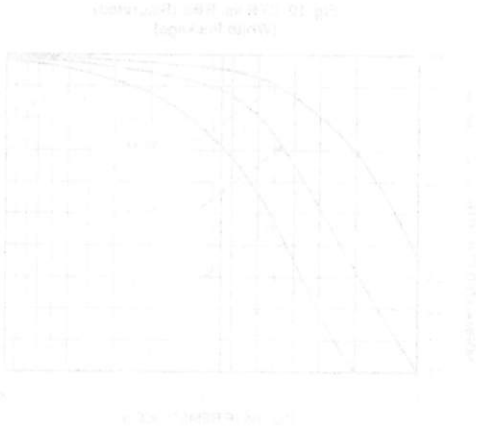
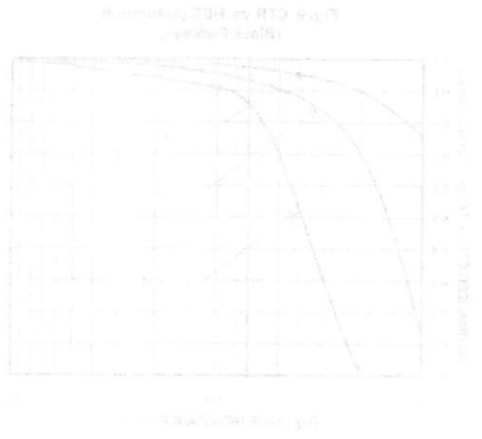
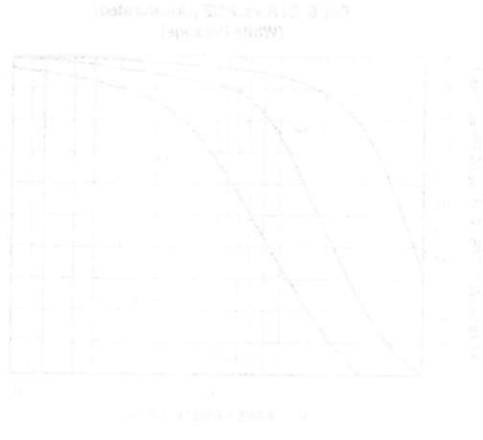
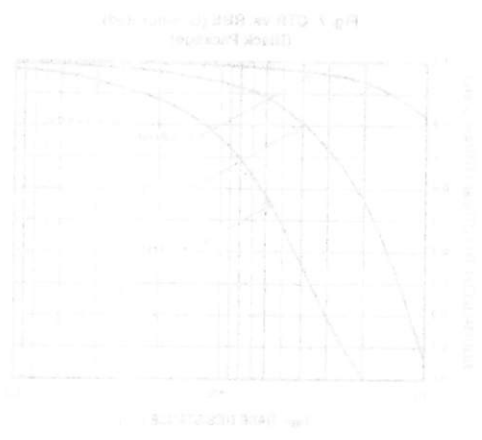


**Fig. 12 Collector-Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current
(White Package)**



PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLERS
 GENERAL PURPOSE 6-PIN

4N37	4N38	4N39	4N40	4N41	4N42
H11A3	H11A4	H11A5	H11A6	H11A7	H11A8



**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

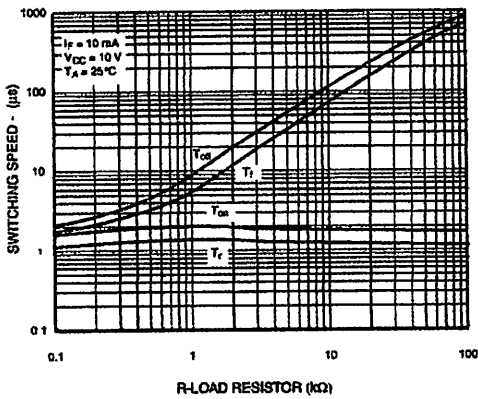
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

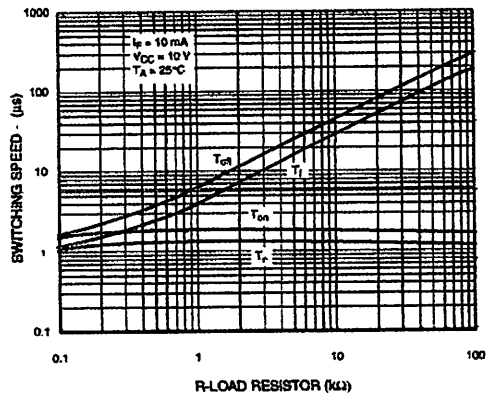
**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

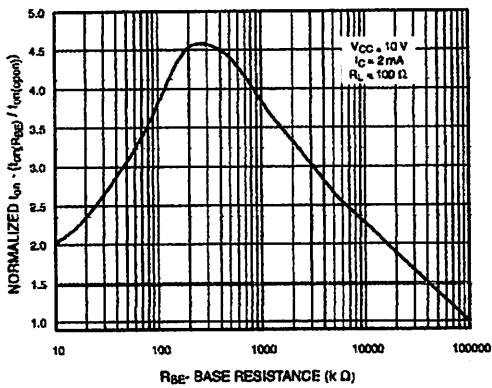
**Fig. 13 Switching Speed vs. Load Resistor
(Black Package)**



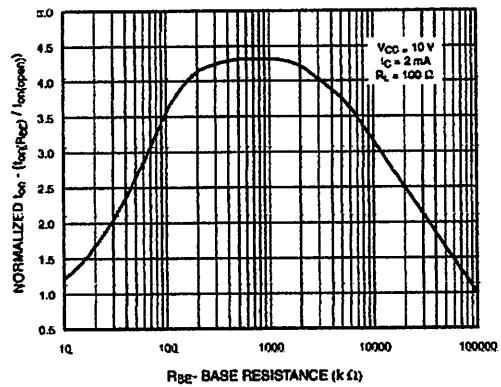
**Fig. 14 Switching Speed vs. Load Resistor
(White Package)**



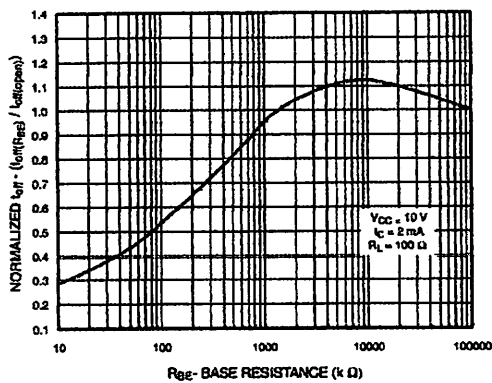
**Fig. 15 Normalized t_{on} vs. R_{BE}
(Black Package)**



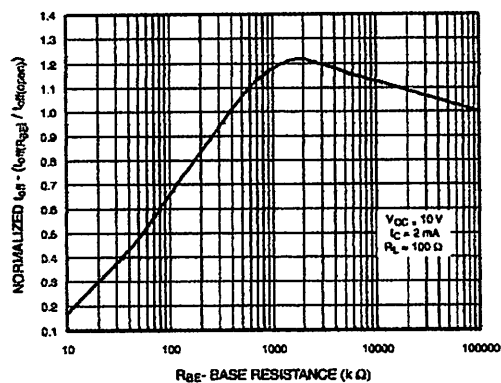
**Fig. 16 Normalized t_{on} vs. R_{BE}
(White Package)**



**Fig. 17 Normalized t_{off} vs. R_{BE}
(Black Package)**



**Fig. 18 Normalized t_{off} vs. R_{BE}
(White Package)**



PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS
GENERAL PURPOSE 8-PIN

GENERAL PURPOSE
OPTOCOUPLERS
8-PIN

8000
HTAA

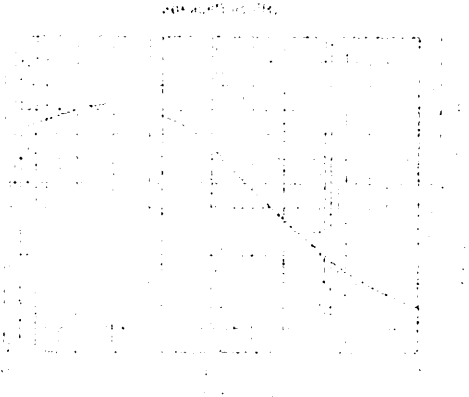
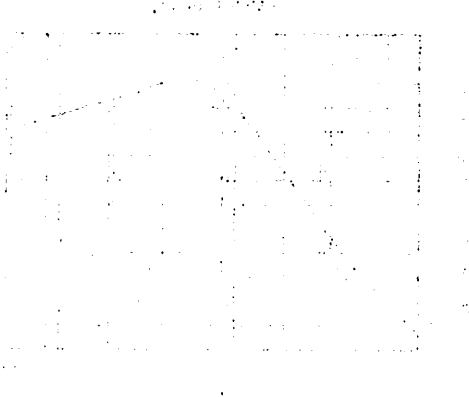
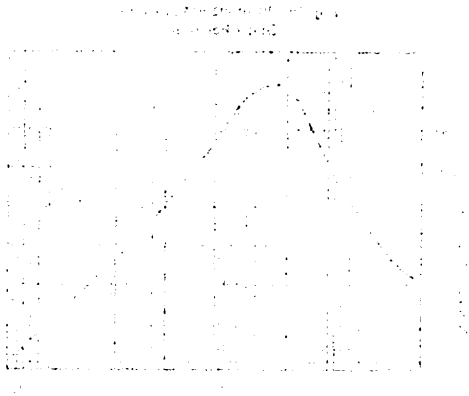
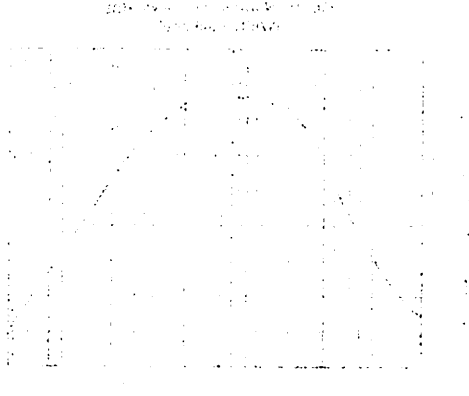
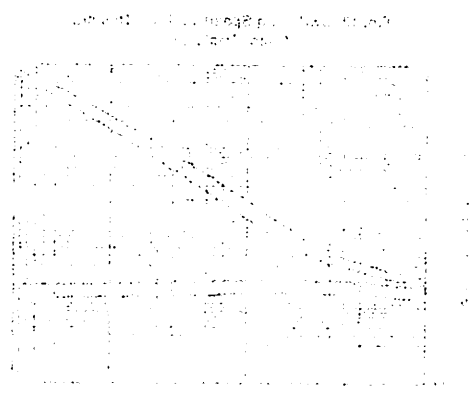
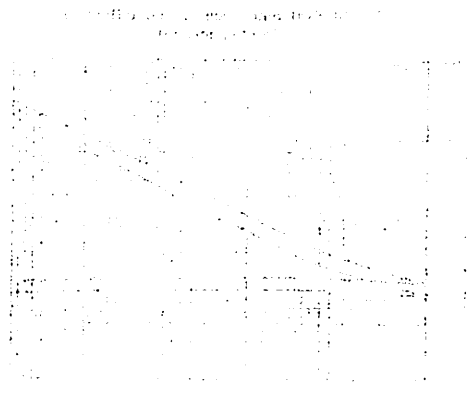
8000
HTAA

8000
HTAA

8000
HTAA

8000
HTAA

8000
HTAA



GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

Fig. 19 Dark Current vs. Ambient Temperature

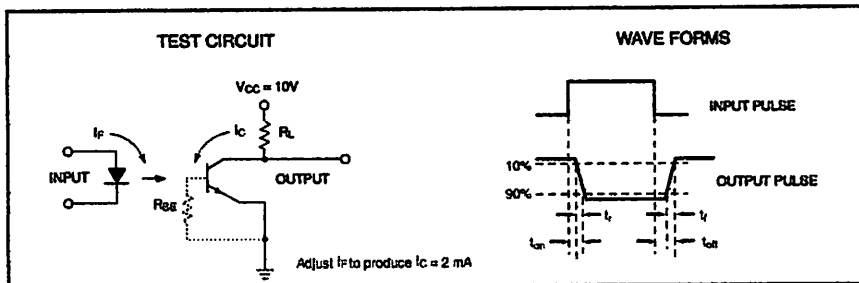
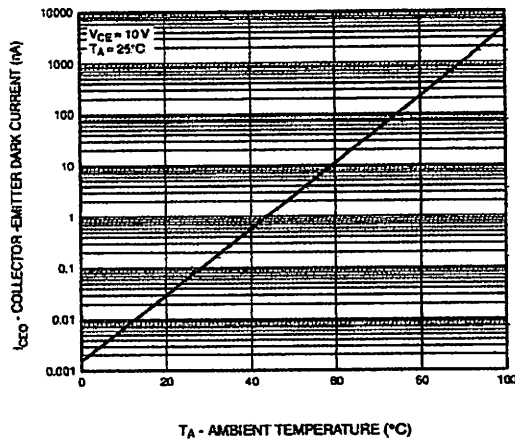


Figure 20. Switching Time Test Circuit and Waveforms

PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLERS GENERAL PURPOSE 8-PIN



4N38	4N38	4N38	4N37	4N38	4N38
H11A5	H11A4	H11A3	H11A2	H11A1	H11A0

FIG. 19 Dark Current vs. Ambient Temperature

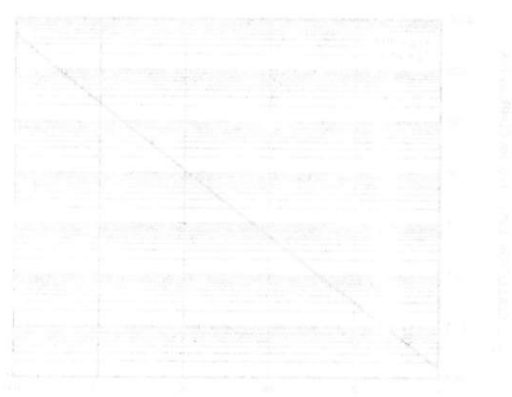
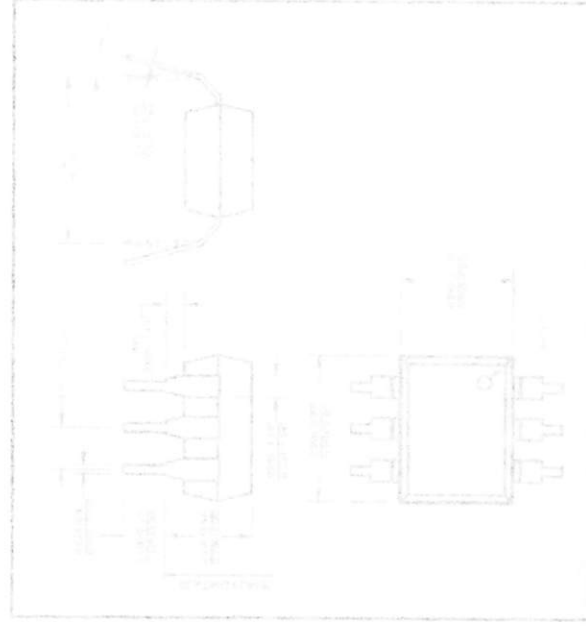


FIG. 20 TEST CIRCUIT

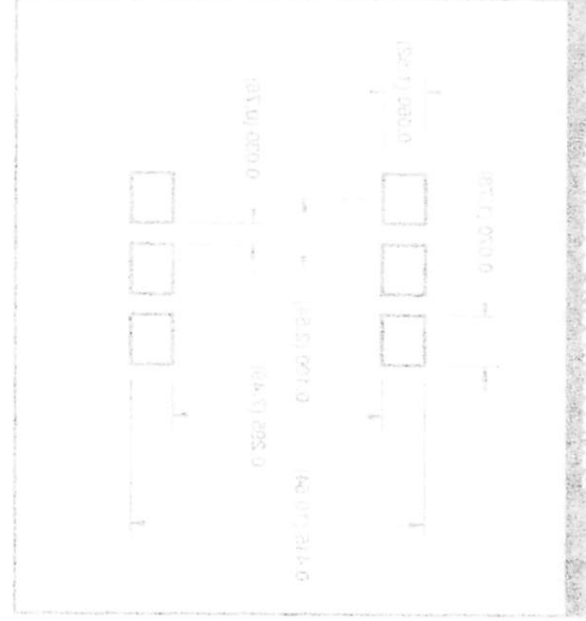


Figure 20. Recommended Test Circuit and Waveforms

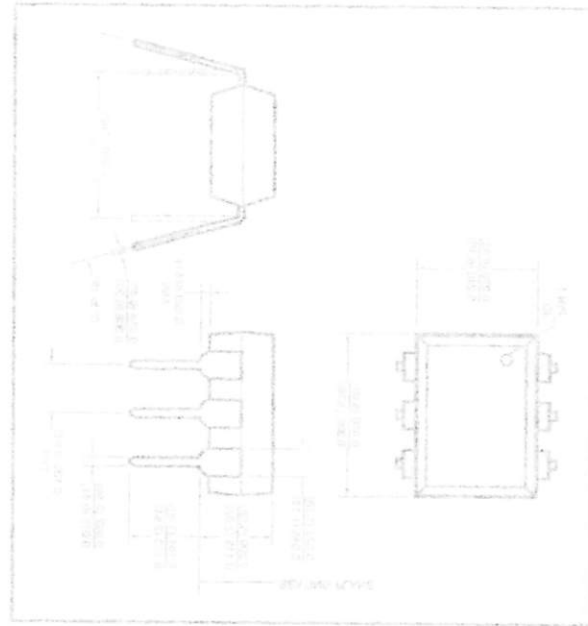
All dimensions are in inches (millimeters)
 NOTE



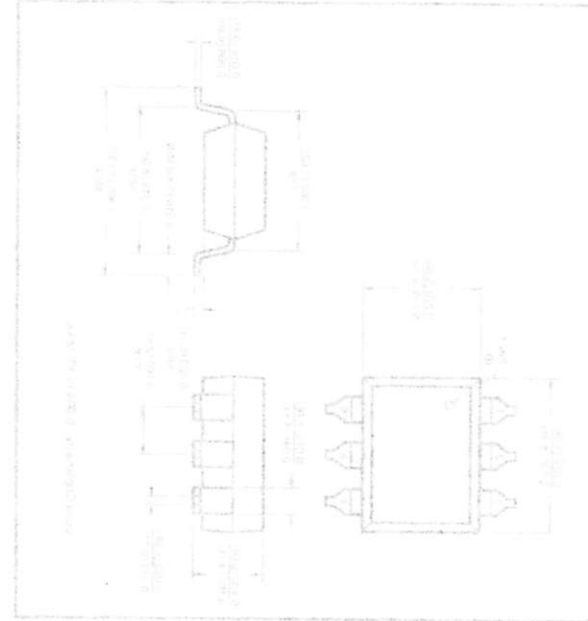
Backside dimension (0.1 inch above)



Surface Mount Geometry Recommended Pad Layout



Backside dimension (dimension hole)



Backside dimension (surface mount)

Black package (no M suffix)

TS1P
 TS1D
 FAT1H
 FAT1D

TS1P
 SAT1H

BS1D
 SAT1H

FS1D
 SAT1H

FS1D
 SAT1H

SEMICONDUCTOR
SAMSUNG
 ELECTRONICS

PHOTOGRAPHY POTENTIALS
 SERIES 0-PI

GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPPLERS

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

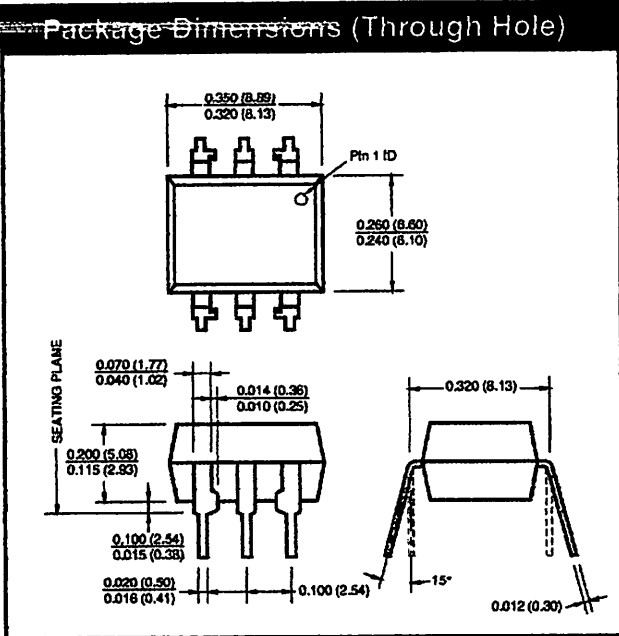
**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

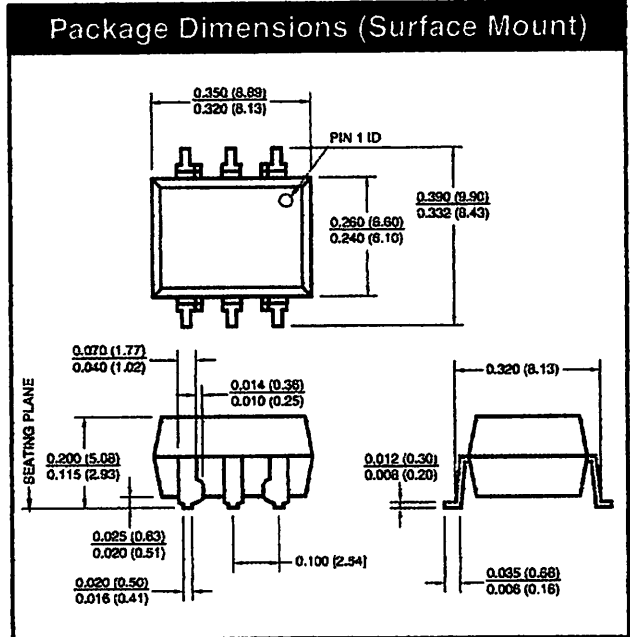
**4N36
H11A5**

White Package (-M Suffix)

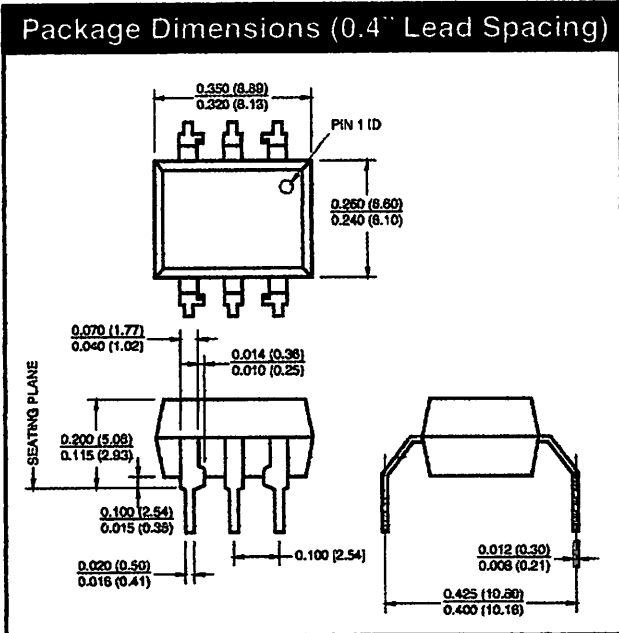
Package Dimensions (Through Hole)



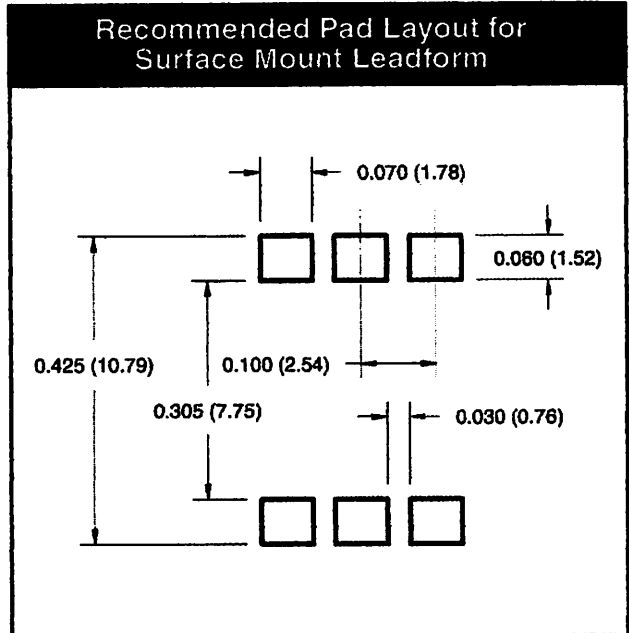
Package Dimensions (Surface Mount)



Package Dimensions (0.4" Lead Spacing)



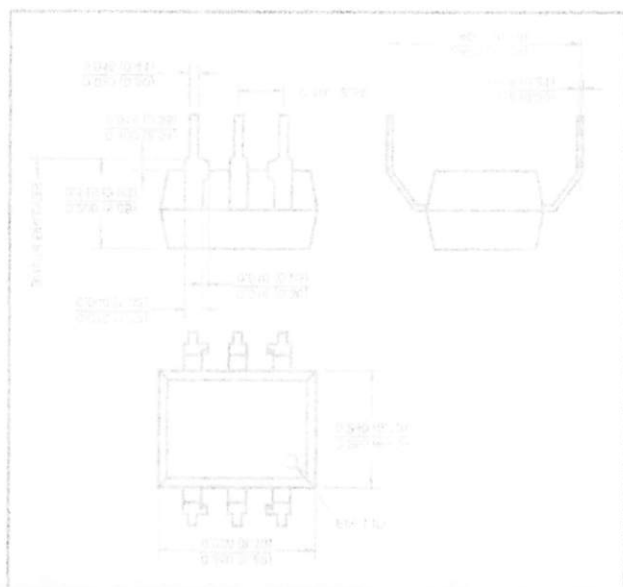
Recommended Pad Layout for Surface Mount Leadform



NOTE
All dimensions are in inches (millimeters)

All dimensions are in inches (millimeters)

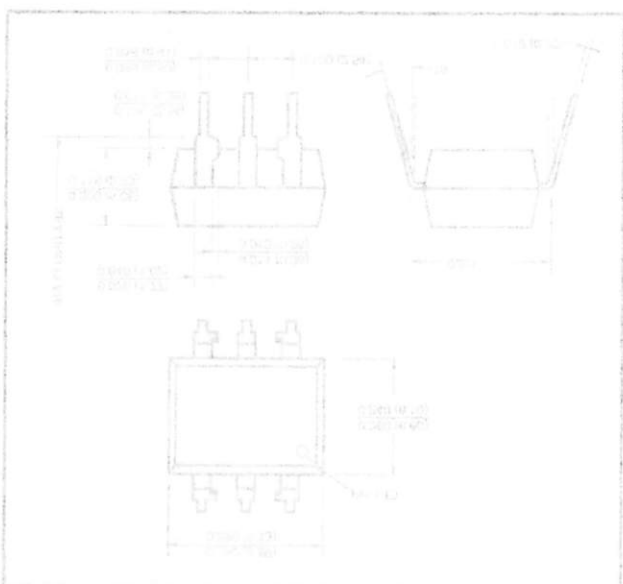
NOTE



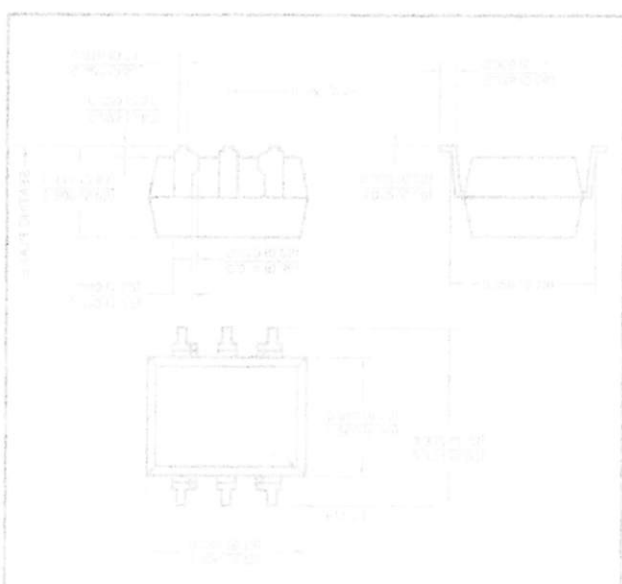
Package Dimensions (0.4" Lead Spacing)



Surface Mount Package Recommended Pad Layout



Package Dimensions (1.0mm Hole)



Package Dimensions (Surface Mount)

White Package (-M suffix)

25ND	25ND	25ND	25ND	25ND	25ND
25NA	25NA	25NA	25NA	25NA	25NA



PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLERS
GENERAL PURPOSE 8-PIN

GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

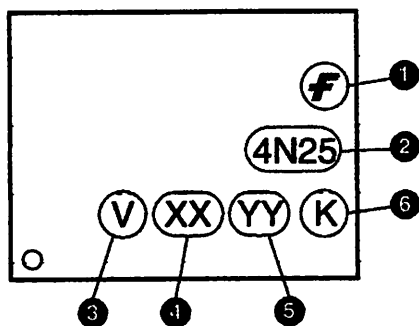
4N35
H11A4

4N36
H11A5

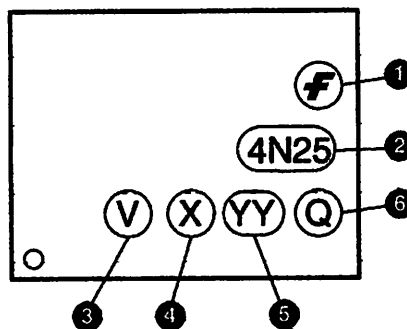
ORDERING INFORMATION

Order Entry Identifier		
Black Package (No Suffix)	White Package (-M Suffix)	Option
.S	S	Surface Mount Lead Bend
.SD	SR2	Surface Mount; Tape and reel
.W	T	0.4" Lead Spacing
.300	V	VDE 0884
.300W	TV	VDE 0884, 0.4" Lead Spacing
.3S	SV	VDE 0884, Surface Mount
.3SD	SR2V	VDE 0884, Surface Mount, Tape & Reel

MARKING INFORMATION



Black Package, No Suffix



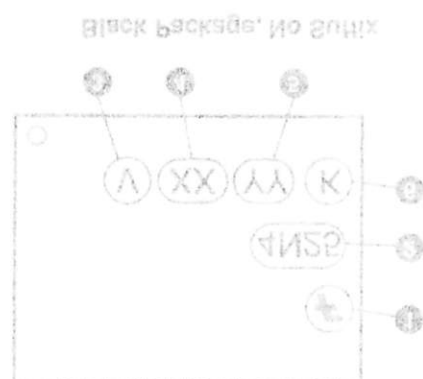
White Package, -M Suffix

Definitions	
1	Fairchild logo
2	Device number
3	VDE mark (Note: Only appears on parts ordered with VDE option – See order entry table)
4	One or two digit year code • Two digits for black package parts, e.g., '03' • One digit for white package parts, e.g., '3'
5	Two digit work week ranging from '01' to '53'
6	Assembly package code

*Note – Parts built in the white package (M suffix) that do not have the 'V' option (see definition 3 above) that are marked with date code '325' or earlier are marked in the portrait format.

Ordering information:
 (1) Order by package type and pin configuration only. (2) Order by package type and pin configuration only. (3) Order by package type and pin configuration only. (4) Order by package type and pin configuration only.

9	Упаковка корпуса
8	Two digit, mask mask marking from 01 to 99
4	<ul style="list-style-type: none"> One digit for white package base: 0 to 3. Two digit for black package base: 00 to 99. One or two digit; mask code
3	Order – one order only (one) ADE mark (note: only appears on base ordered with ADE)
2	Device number
1	Factory code
Definitions	



MARKING INFORMATION

320	SUSA	ADE part, surface mount, tape & reel
32	SL	ADE part, surface mount
300W	VL	package lead 1.0, 0.430 EDA
300	V	ADE part
W	T	package lead 1.0
20	SMS	lead free part, through hole
2	S	lead free through hole
Black Package (no suffix)	White Package (M suffix)	Order
Order only identifier		

ORDERING INFORMATION

320	32	300W	300	W	20	2
SUSA	SL	VL	V	T	SMS	S
Black Package (no suffix)	White Package (M suffix)	Order				

PHOTODUPLICATION SERVICE
FAIRCHILD
 SEMICONDUCTOR

PHOTODUPLICATION SERVICE
 FAIRCHILD SEMICONDUCTOR

GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

4N25
4N37

4N26
H11A1

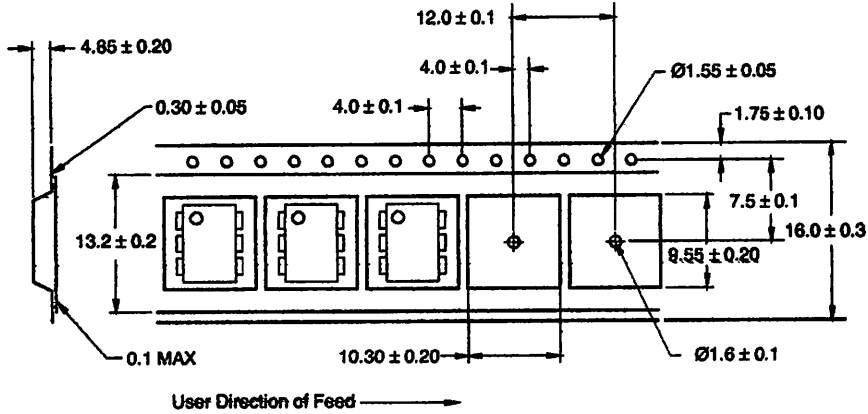
4N27
H11A2

4N28
H11A3

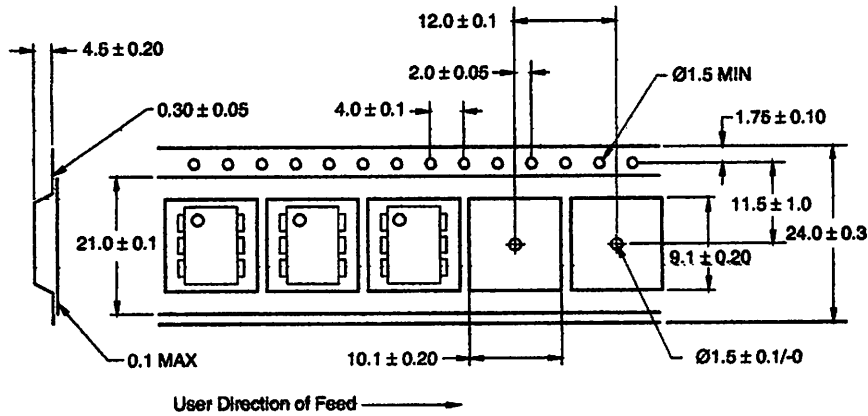
4N35
H11A4

4N36
H11A5

QT Carrier Tape Specifications (Black Package, No Suffix)



QT Carrier Tape Specifications (White Package, -M Suffix)



**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

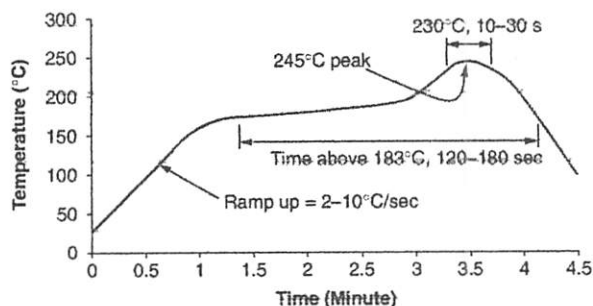
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

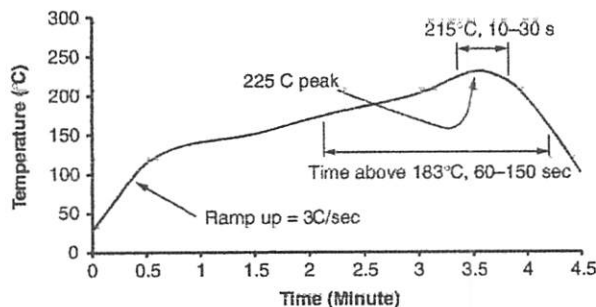
**4N36
H11A5**

Reflow Profile (White Package, -M Suffix)

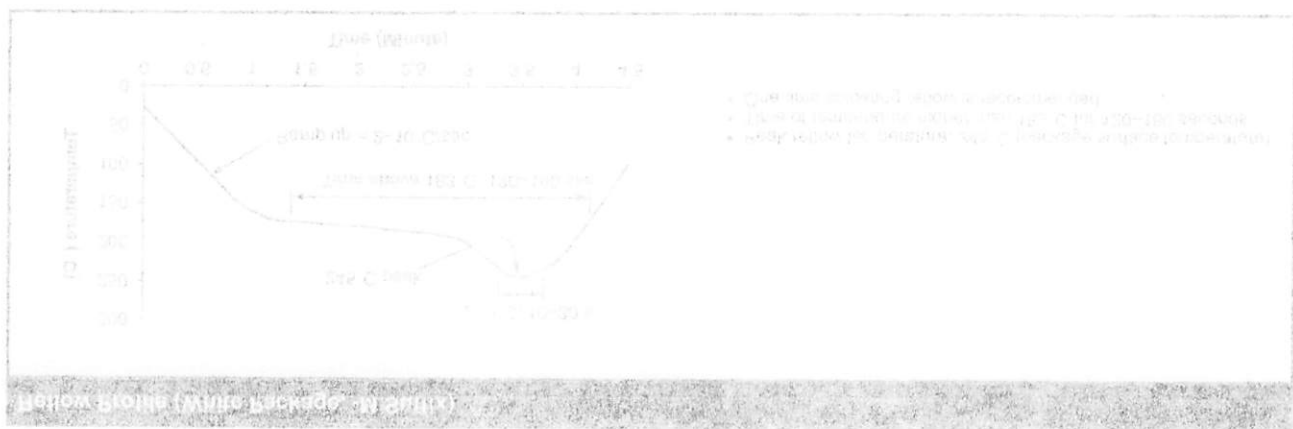
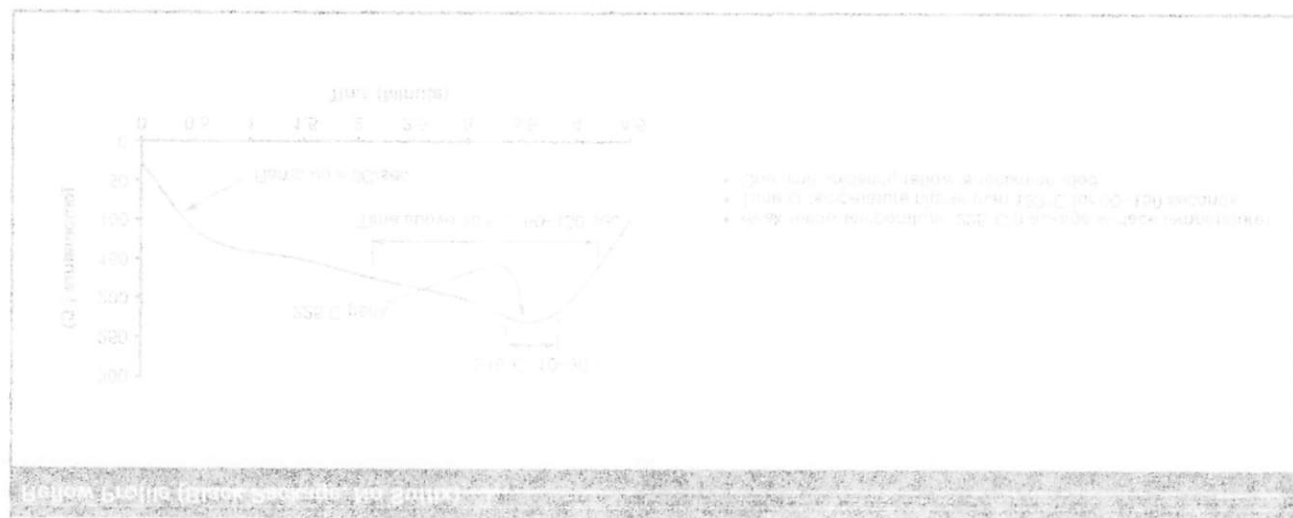


- Peak reflow temperature: 245°C (package surface temperature)
- Time of temperature higher than 183°C for 120-180 seconds
- One time soldering reflow is recommended

Reflow Profile (Black Package, No Suffix)



- Peak reflow temperature: 225°C (package surface temperature)
- Time of temperature higher than 183°C for 60-150 seconds
- One time soldering reflow is recommended



ДИОД
ДИОД
ДИОД
ДИОД
ДИОД
ДИОД

ФАБРИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ
 GENERAL PURPOSE e-pi
 PHOTOVARISTOR OPTOCOUPLERS

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS GENERAL PURPOSE 8-PIN



4N37	4N38	4N39	4N40	4N41	4N42
H11A7	H11A8	H11A9	H11A0	H11A1	H11A2

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

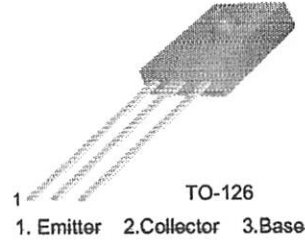
FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which: (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

BD135/137/139

Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively



NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage : BD135	45	V
	: BD137	60	V
	: BD139	80	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : BD135	45	V
	: BD137	60	V
	: BD139	80	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	1.5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	3.0	A
I_B	Base Current	0.5	A
P_C	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	12.5	W
P_C	Collector Dissipation ($T_a=25^\circ\text{C}$)	1.25	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	- 55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units	
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$	45			V	
	: BD135						
	: BD137						
	: BD139						
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 30\text{V}, I_E = 0$			0.1	μA	
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$			10	μA	
h_{FE1}	DC Current Gain : ALL DEVICE	$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 5\text{mA}$	25				
h_{FE2}			: ALL DEVICE	25			
h_{FE3}			: BD135	40		250	
			: BD137, BD139	40		160	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 500\text{mA}, I_B = 50\text{mA}$			0.5	V	
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 0.5\text{A}$			1	V	

h_{FE} Classification

Classification	6	10	16
h_{FE3}	40 ~ 100	63 ~ 160	100 ~ 250

Typical Characteristics

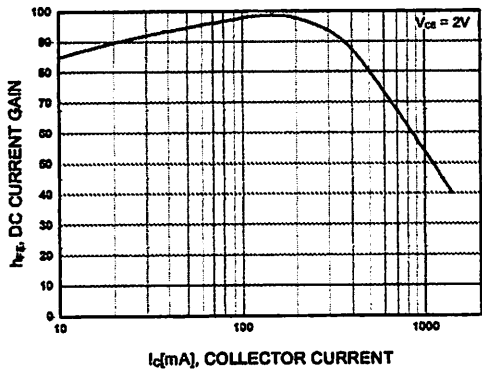


Figure 1. DC current Gain

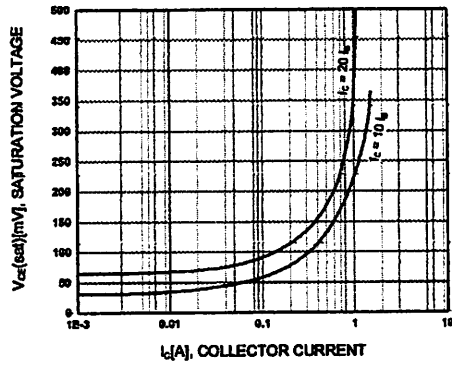


Figure 2. Collector-Emitter Saturation Voltage

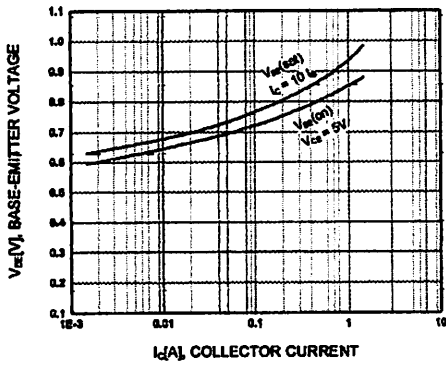


Figure 3. Base-Emitter Voltage

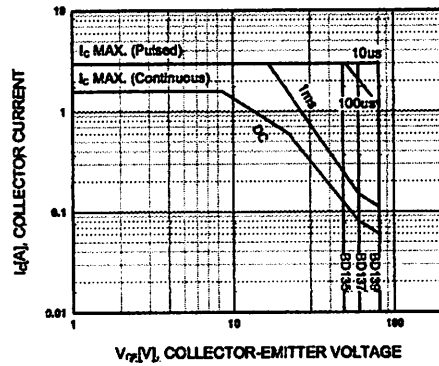


Figure 4. Safe Operating Area

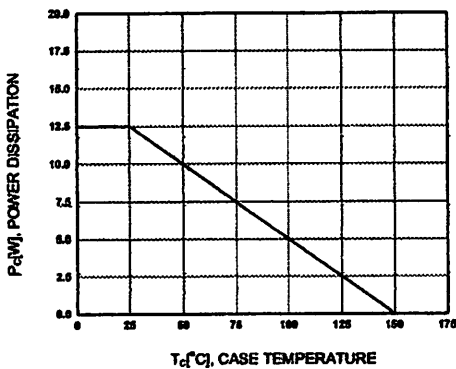


Figure 5. Power Derating

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE _x ™	HiSeC™	SuperSOT™-8
Bottomless™	ISOPLANAR™	SyncFET™
CoolFET™	MICROWIRE™	TinyLogic™
CROSSVOLT™	POP™	UHC™
E ² CMOS™	PowerTrench®	VCX™
FACT™	QFET™	
FACT Quiet Series™	QS™	
FAST®	Quiet Series™	
FAST _r ™	SuperSOT™-3	
GTO™	SuperSOT™-6	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

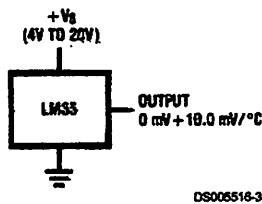
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in

hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

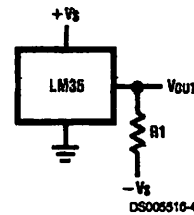
- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications



DS005516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



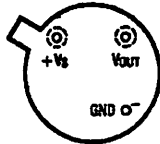
DS005516-4

Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

**TO-46
Metal Can Package***



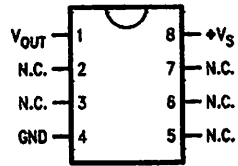
BOTTOM VIEW
DS005516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH

See NS Package Number H03H

**SO-8
Small Outline Molded Package**



DS005516-21

N.C. = No Connection

**Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A**

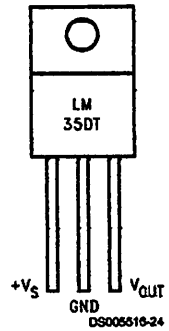
**TO-92
Plastic Package**



BOTTOM VIEW
DS005516-2

**Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A**

**TO-220
Plastic Package***



DS005516-24

*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

**Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F**

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TQ-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \square T_A \square T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \square T_A \square T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \square I_L \square 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \square T_A \square T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \square V_S \square 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \square V_S \square 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \square V_S \square 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \square T_A \square T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \square T_A \square T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.8,$ $+10.2$		$+10.0$		$+9.8,$ $+10.2$	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \square I_L \square 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \square T_A \square T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \square V_S \square 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \square V_S \square 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \square V_S \square 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-66^\circ\text{C} \square T_J \square +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \square T_J \square +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \square T_J \square +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of *Figure 2*. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of *Figure 1*. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is $90^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

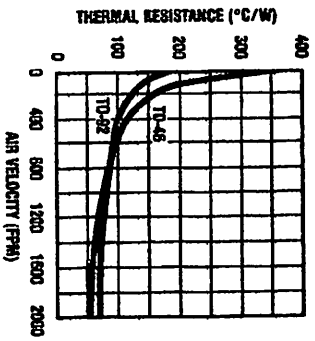
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

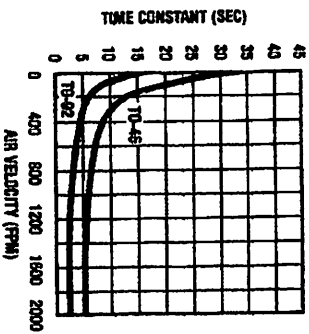
Typical Performance Characteristics

Thermal Resistance
Junction to Air



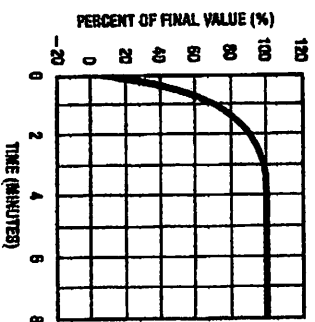
DS900516-25

Thermal Time Constant



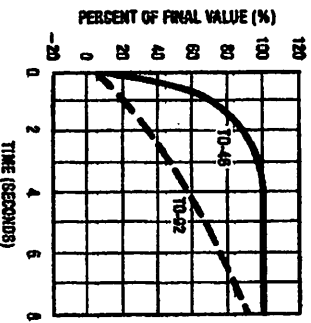
DS900516-26

Thermal Response
In Still Air



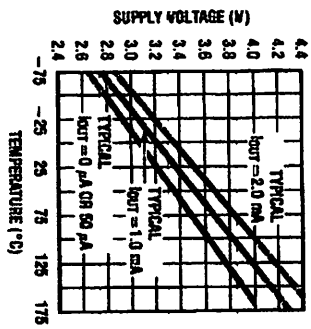
DS900516-27

Thermal Response in
Stirred Oil Bath



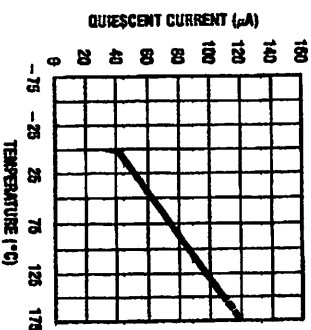
DS900516-28

Minimum Supply
Voltage vs. Temperature



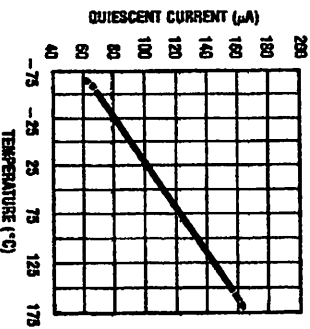
DS900516-29

Quiescent Current
vs. Temperature
(In Circuit of Figure 1.)



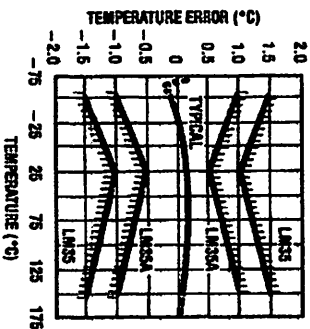
DS900516-30

Quiescent Current
vs. Temperature
(In Circuit of Figure 2.)



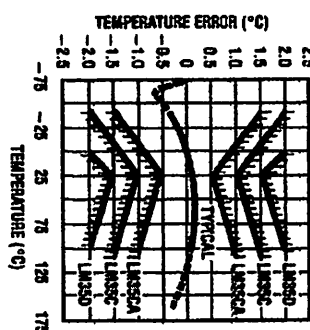
DS900516-31

Accuracy vs. Temperature
(Guaranteed)



DS900516-32

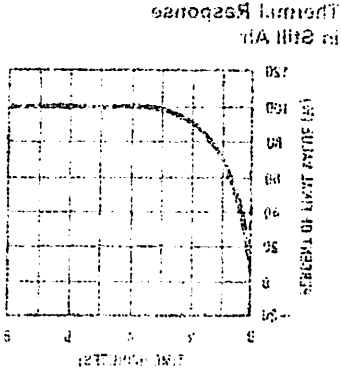
Accuracy vs. Temperature
(Guaranteed)



DS900516-33

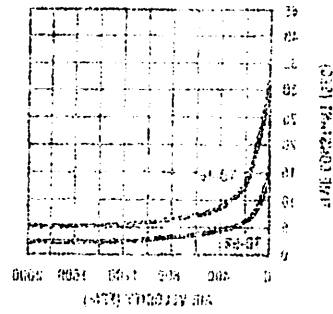
Typical Performance Characteristics

Typical Response in Still Air

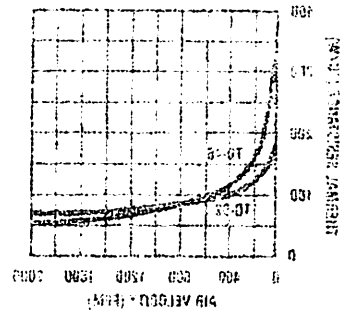


100-1000

Thermal Time Constant

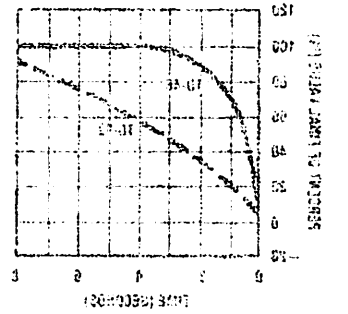


100-1000



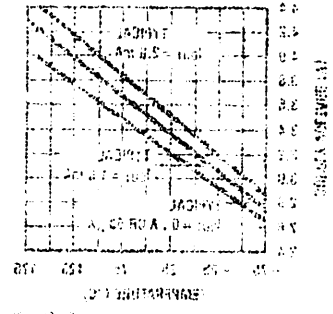
100-1000

Thermal Response in Swirl Oil Bath



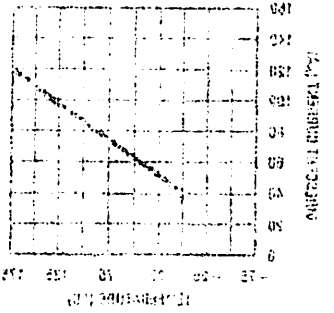
100-1000

Minimum Supply Voltage vs. Temperature



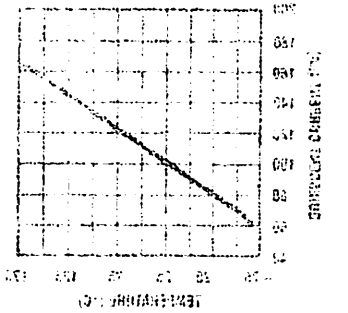
100-1000

Quiescent Current vs. Temperature (in Circuit of Figure 1)



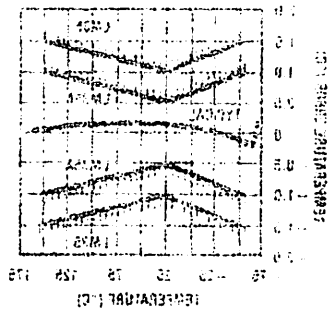
100-1000

Quiescent Current vs. Temperature (in Circuit of Figure 2)



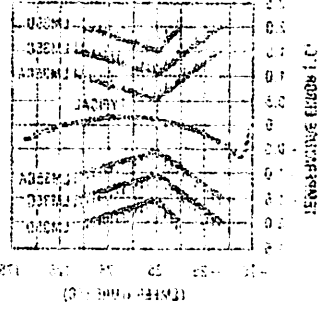
100-1000

Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)



100-1000

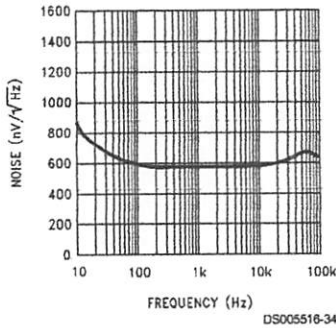
Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)



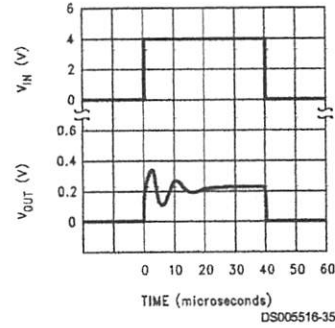
100-1000

Typical Performance Characteristics (Continued)

Noise Voltage



Start-Up Response



Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small light-weight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

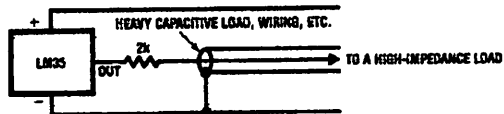
Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance, θ_{JA})

	TO-46, no heat sink	TO-46*, small heat fin	TO-92, no heat sink	TO-92**, small heat fin	SO-8 no heat sink	SO-8**, small heat fin	TO-220 no heat sink
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	90°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	26°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W			
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W			
(Clamped to metal, Infinite heat sink)		(24°C/W)				(55°C/W)	

*Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

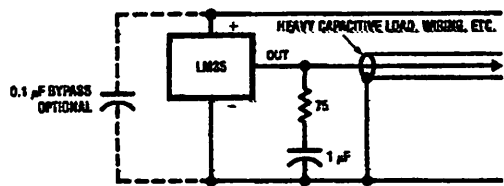
**TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

Typical Applications



DS005510-19

FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load



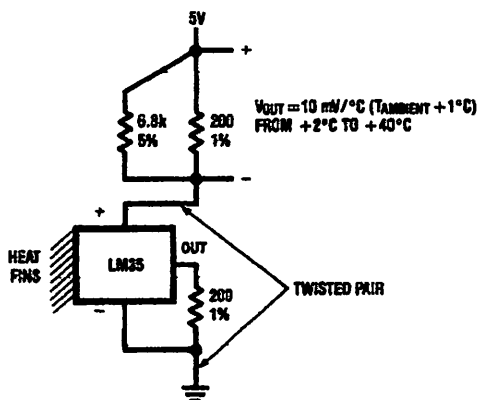
DS005510-20

FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

CAPACITIVE LOADS

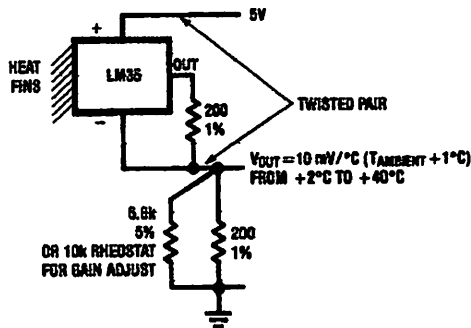
Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pf without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, Figure 6 or Figure 8 it is relatively immune to wiring capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc, as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from V_{IN} to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figure 13, Figure 14, and Figure 16.



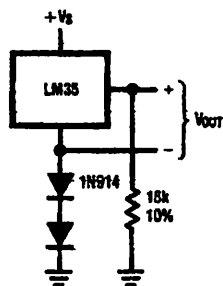
DS005510-5

FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)



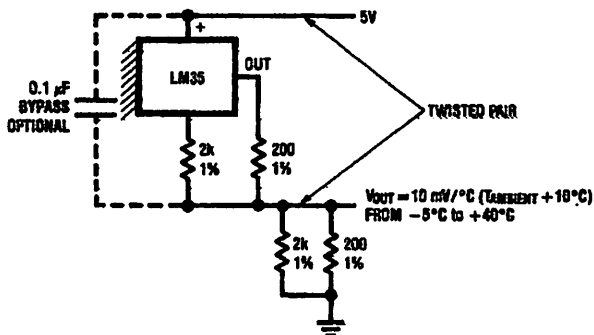
DS005510-6

FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)



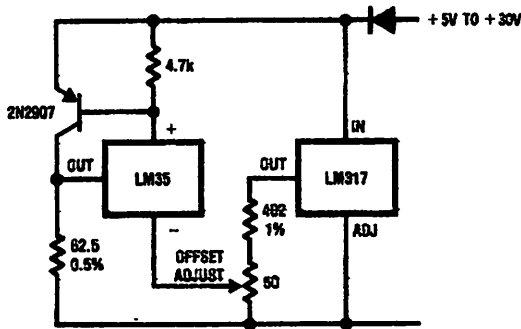
DS005510-7

FIGURE 7. Temperature Sensor, Single Supply, -55° to +150°C



DS005510-8

FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)



DS005510-9

FIGURE 9. 4-To-20 mA Current Source (0°C to +100°C)

Typical Applications

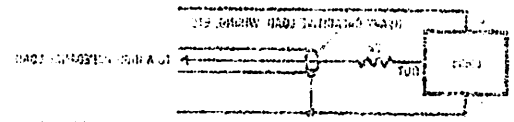


FIGURE 3. LM333 with Decoupling from Capacitive Load

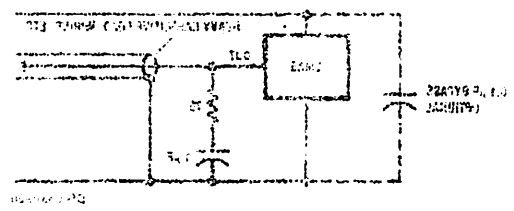


FIGURE 4. LM333 with R-C Damper

CAPACITIVE LOADS

Capacitive loads will cause the LM333 to oscillate if the feedback network is not properly compensated. The LM333 is internally compensated for a load capacitance of 100 pF. If the load capacitance is greater than 100 pF, the feedback network must be modified to provide phase lead to compensate for the phase lag introduced by the capacitive load. This can be done by adding a zero to the feedback network, which is accomplished by adding a resistor in series with the feedback capacitor.

When the LM333 is loaded with a 100 nF capacitor, the phase margin is approximately 45 degrees. To maintain a phase margin of 45 degrees, the feedback network must be modified to provide a phase lead of 45 degrees. This can be done by adding a zero to the feedback network, which is accomplished by adding a resistor in series with the feedback capacitor. The value of the resistor is determined by the load capacitance and the desired phase margin.

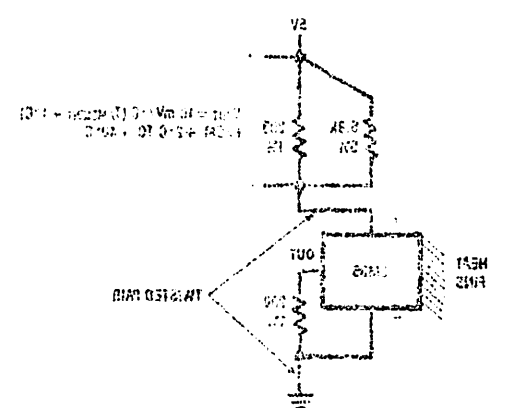


FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)

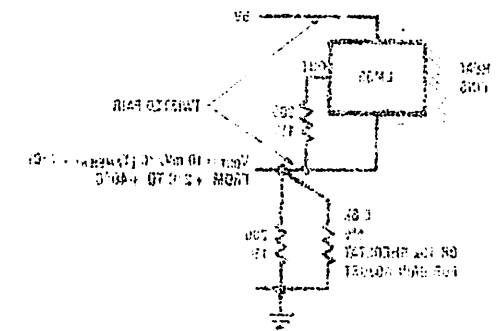


FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

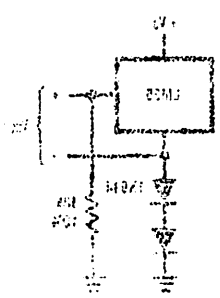


FIGURE 7. Temperature Sensor Single Supply -55 to +55°C

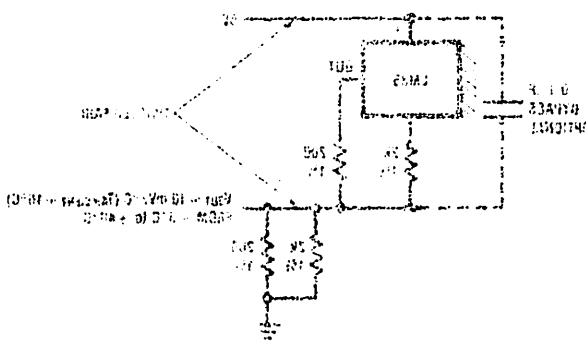


FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

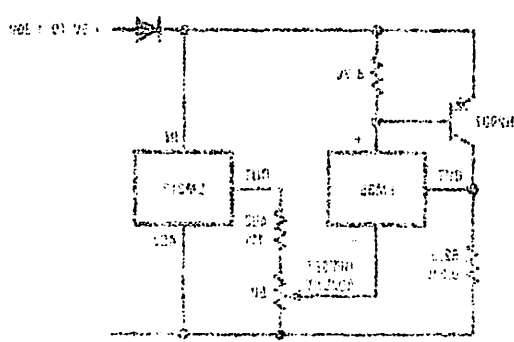


FIGURE 9. 4-70-50 mA Current Source (0°C to +100°C)

Typical Applications of the

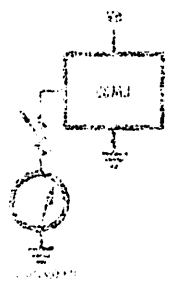


FIGURE 11. Constant Temperature (Analog Meter)

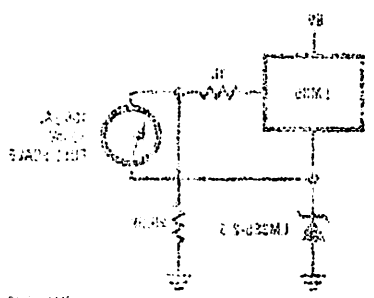


FIGURE 12. Fahrenheit Thermometer Expanded Scale
(50 to 80 Fahrenheit for Example Shown)

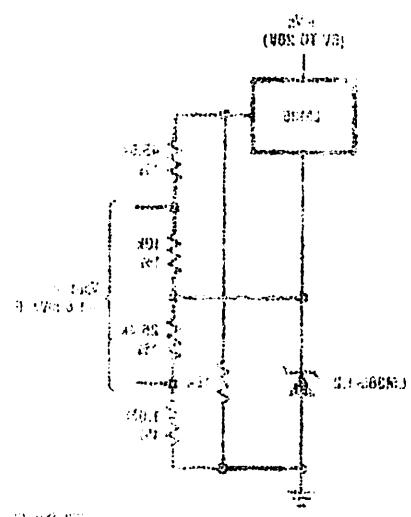


FIGURE 13. Fahrenheit Thermometer

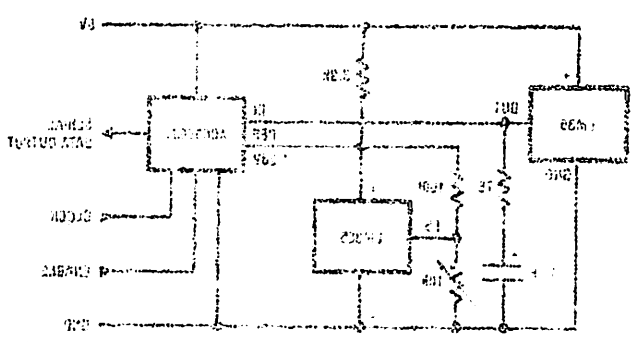


FIGURE 14. Temperature To Digital Converter (Serial Output) (+25 C Full Scale)

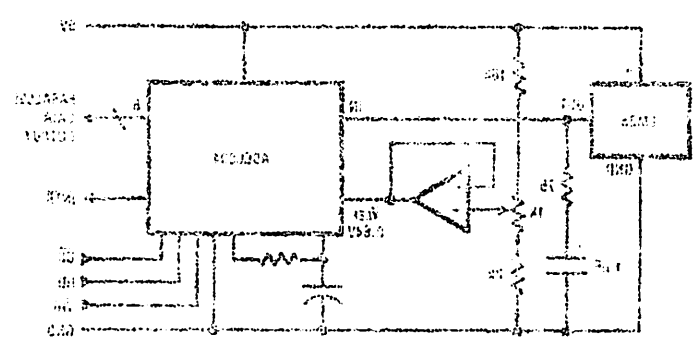
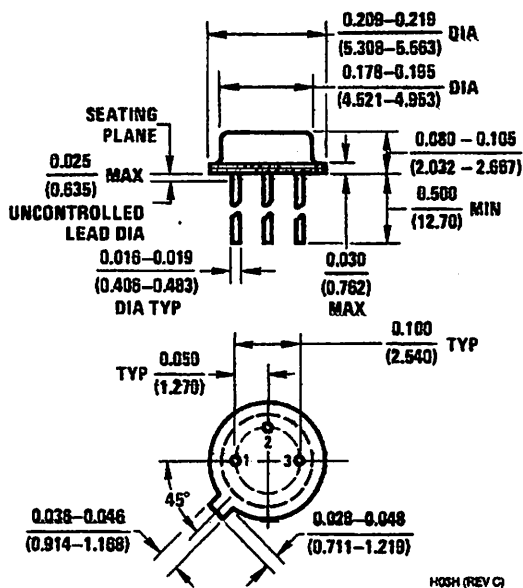


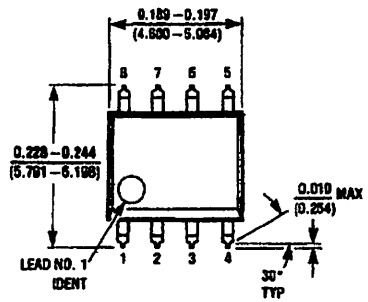
FIGURE 15. Temperature To Digital Converter (Parallel I/O STATUS Output for Standard Data Bus to 19 Infrared) (+25 C Full Scale)

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



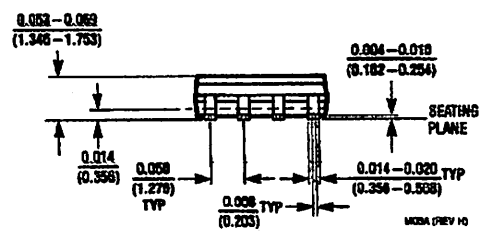
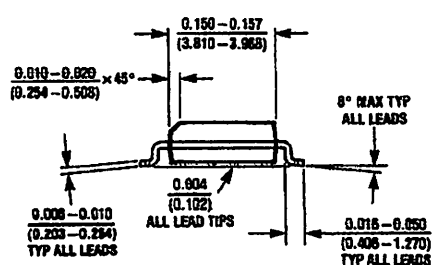
H03H (REV C)

TO-46 Metal Can Package (H)
 Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,
 LM35CAH, or LM35DH
 NS Package Number H03H

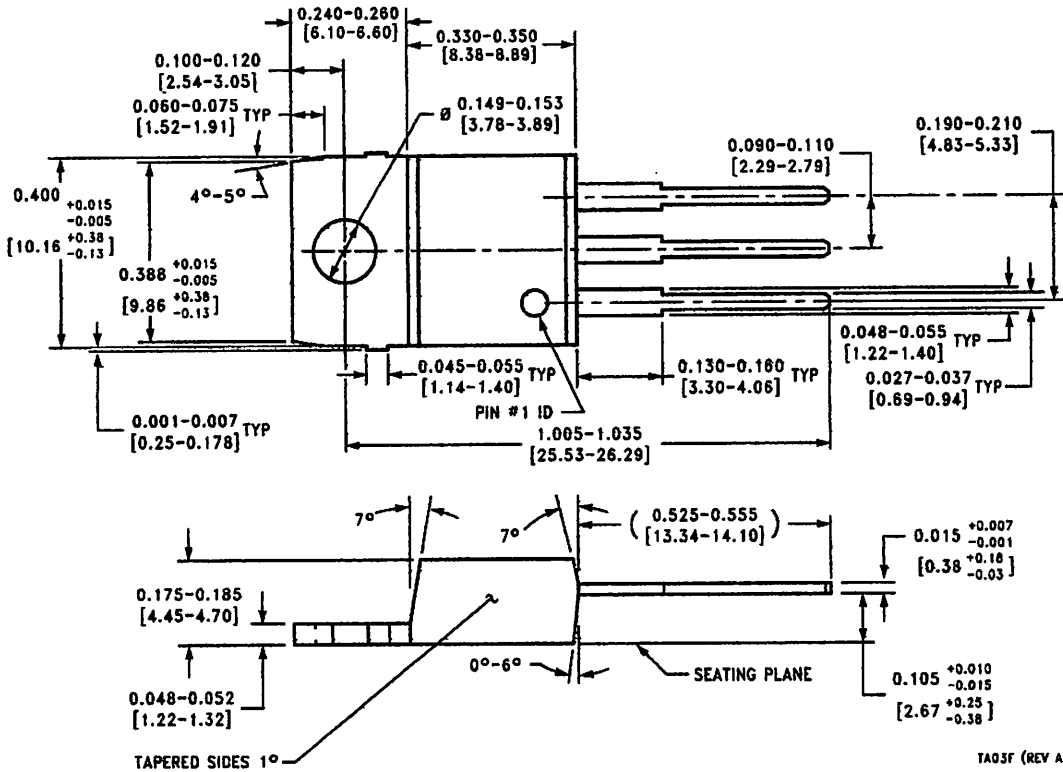


M08A (REV H)

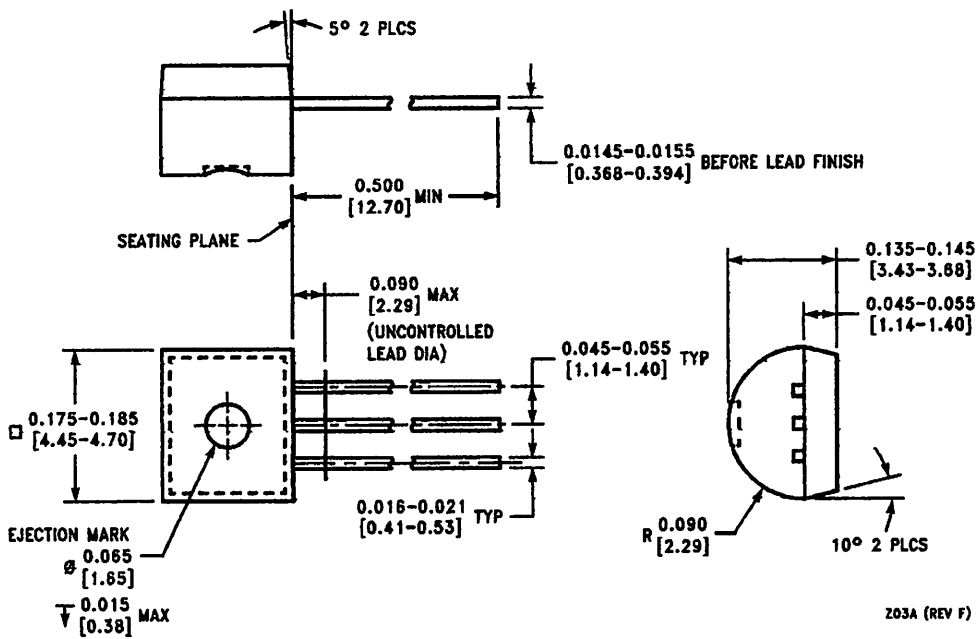
SO-8 Molded Small Outline Package (M)
 Order Number LM35DM
 NS Package Number M08A



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Power Package TO-220 (T)
Order Number LM35DT
NS Package Number TA03F



TO-92 Plastic Package (Z)
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
NS Package Number Z03A

Notes

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9958
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europa.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507



HUMIDITY SENSORS: TYPE HS12P, HS15P

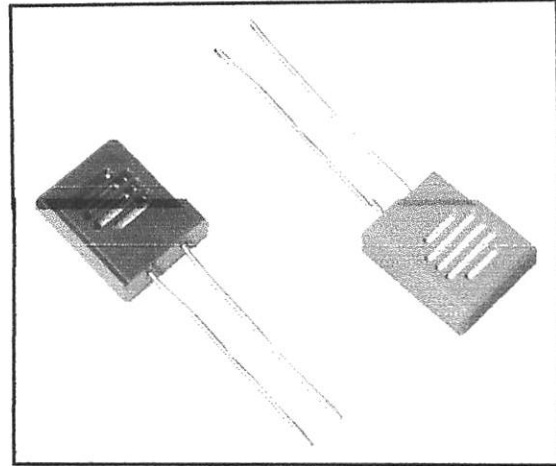
RELATIVE HUMIDITY SENSOR

DESCRIPTION:

Non-refresh type humidity sensor made of polymer.

FEATURES:

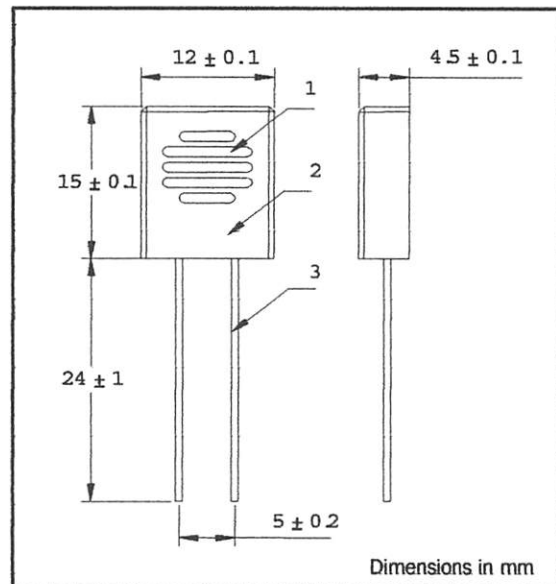
- Good long term reliability
- Cost effective performance
- HS15P water resistive
- Typical applications include humidity monitors, humidity controllers, air conditioners, humidifiers, dehumidifiers, automatic ventilation



DATA:

CODE	HS12P	HS15P
Operating Temperature	0 to 50°C	
Operating Humidity	20 to 90% RH (without condensing)	20 to 100% RH
Impedance at 25°C 50% RH	60 k ohm +/- 30 k ohm (+/- 5% RH)	
Rated Voltage	A.C. 1 V rms	
Rated Frequency	50 Hz to 1 kHz	
Consumption Power	0.3 mW	

DIMENSIONS:



CODING:

HS12P: quick response type

HS15P: water resistant type

WARNING:

- Use only within the specified limits.
- Do not disassemble and change any parts.
- Do not apply DC voltage or DC bias.
- Do not immerse into water or any solution.

1. Filter
2. Case ABS: Dark blue (HS12P)
..... Light blue (HS15P)
3. Lead wire Sn-Pb plated Cu
..... Diameter: 0.6mm

Data sheet D-HS12/15P-1

Crown Industrial Estate, Priorswood Rd
Taunton, Somerset TA2 8QY UK
Tel +44 (0)1823 335200
Fax +44 (0)1823 332637

808 US Highway 1
Edison, New Jersey 08817-4695 USA
Tel +1 (732) 287 2870
Fax +1 (732) 287 8847

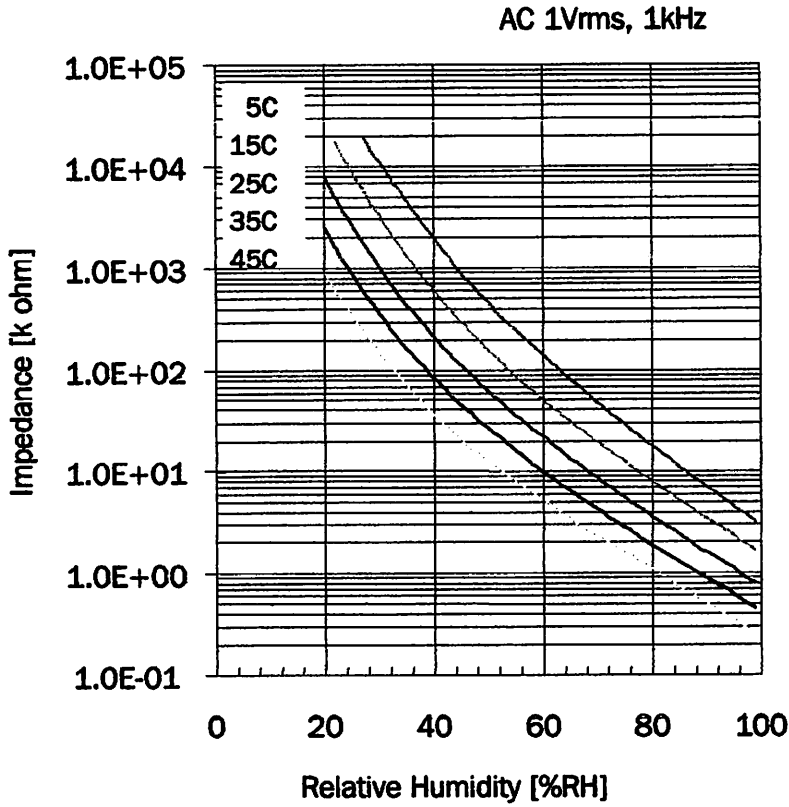
967 Windfall Road
St Mays, Pennsylvania 15857-3397 USA
Tel +1 (814) 834 9140
Fax +1 (814) 781 7969



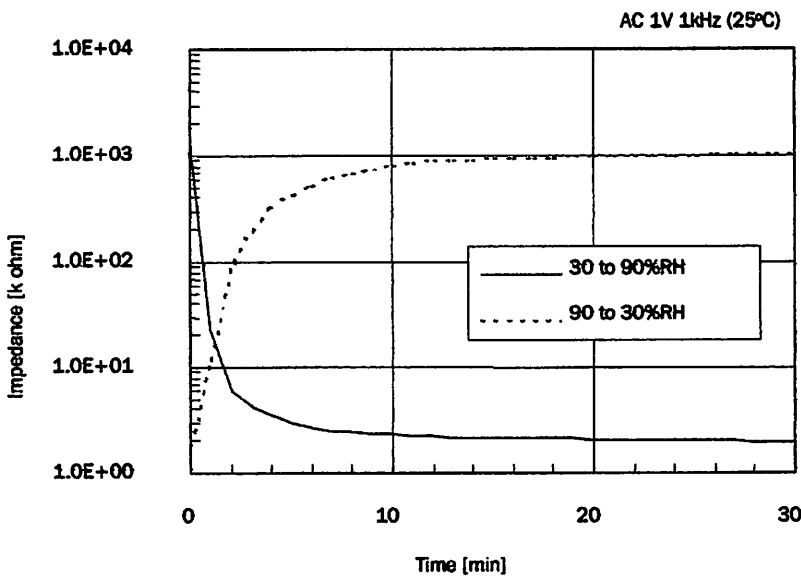
HUMIDITY SENSORS: TYPE HS12P, HS15P

RELATIVE HUMIDITY SENSOR

TYPICAL HUMIDITY CURVE:



TYPICAL RESPONSE CURVE:



Data sheet D-HS12/15P-1

