

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



**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT OTOMATISASI
PADA PELEBURAN PLASTIK MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLLER AT89S51**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

**NANANG SUGIHARTO
NIM. 9917192**

**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

SEPTEMBER 2005

QUALITÀ SERVIZIO CLIENTI
INTELLIGENTE ASSICURAZIONE
E-8 CERTIFICAZIONE QUALITÀ
SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

INNOVATIVE TALENTS MANAGEMENT
MANAGEMENT SYSTEMS
E-8 CERTIFICAZIONE QUALITÀ

INNOVATIVE

INNOVATIVE

INNOVATIVE SYSTEMS
E-8 CERTIFICAZIONE QUALITÀ

INNOVATIVE SYSTEMS

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT OTOMATISASI PADA
PELEBURAN PLASTIK MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER
AT89S51**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat Guna
Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

NANANG SUGIHARTO

NIM. 9917192

Diperiksa dan Disetujui



Ketua Jurusan Elektro S-1

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP.P 1309500274

Dosen Pembimbing

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

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



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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : Nanang Sugiharto
Nim : 99.17. 192
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Otomatisasi Pada
Peleburan Plastik Menggunakan Mikrokontroller AT89S51

Dipertahankan Dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 6 Oktober 2005
Dengan Nilai : 82,3 (A) *sm*

Panitia Ujian Skripsi



Ketua

(Ir. Mochtar Asroni, MSEE)
NIP.P.1018100036

Sekretaris

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

Anggota Penguji

Penguji I

(Ir. Mimien Mustikawati)
NIP.P 1030000352

Penguji II

(Muhammad Ashar ST,MT)

ABSTRAKSI

Nanang Sugiharto, 9917192, 2005, **Perencanaan dan Pembuatan Alat Otomatisasi Pada Peleburan Plastik Menggunakan Mikrokontroller AT89S51**, Skripsi, Teknik Elektro S-1/Teknik Elektronika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang, Dosen Pembimbing Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT.

Kata Kunci : Otomatisasi, Peleburan Plastik, AT89S51

Berdasarkan kelebihan mikrokontroler dapat digunakan sebagai alat pengontrol yang diaplikasikan pada peleburan plastik sebagai alat kendali yang dapat mengatasi sistem kendali konvensional yang tidak efektif dan efisien karena memerlukan banyak biaya. Perancangan alat ini yang nantinya diharapkan bisa membantu untuk mengefektifkan pembakaran dan menghemat energi listrik pada industri kecil guna meningkatkan proses produksi sehingga dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi.

Proses perancangan sistem ini dilakukan dengan cara menerima data dari sensor, menyimpan data pada mikrokontroler, *men-download*, mengolah dan kemudian menampilkan data pada LCD.

Dari hasil pengujian keseluruhan, alat ini mampu melebur plastik bekas botol air mineral. Keterbatasan dari sensor suhu yang digunakan menyebabkan tungku tidak dapat digunakan untuk melebur plastik dengan titik leleh tinggi sehingga suhu tertinggi yang bisa dicapai maksimal 120°C. Berdasarkan hasil percobaan didapatkan *error* keseluruhan dari sensor suhu 1,61% dan *error* rata-rata dari *Op-Amp* 3,78 %. Agar bisa digunakan pada suhu tinggi dapat digunakan *termocouple* yang mempunyai *range* maksimal tinggi.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Perencanaan dan Pembuatan Alat Otomatisasi Pada Peleburan Plastik Menggunakan Mikrokontroler AT89S51. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi di Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada :

- Ir. F Yudi Limpraptono, MT, selaku ketua jurusan teknik elektro ITN Malang.
- Ir. Mimien Mustikawati, selaku sekretaris jurusan teknik elektro yang dengan kesabaran dan kebijaksanaannya memberikan bimbingan kepada penulis.
- Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingannya dalam penyusunan laporan ini.
- Seluruh pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum dikategorikan sebagai pencapaian yang sempurna. Namun penulis mempunyai harapan bahwa skripsi ini dapat menjadi bahan bagi pengembangan untuk masa mendatang sehingga dapat memberikan manfaat bagi masyarakat. Akhir kata saran dan kritik yang membangun dari pembaca akan tetap penulis nantikan.

Malang, September 2005

Penulis

ALHAMDULILLAH, Terima kasih Allah SWT Dzat Yang Berkuasa Atas Segala Kejadian Dan MakhlukNya Serta Menjadikan Segala Sesuatu Yang Dikehendaki-Nya.

Tuk ayah dan ibu terima kasih untuk kasih sayang yang tak pernah henti mengalir takkan cukup rasa untuk membalas semua yang telah kau berikan untukku.

Ibundaku maafkan anakmu yang telah membebanimu sampai tak berdaya dalam memberikan hidupmu untuk suksesnya anakmu, tiada kata yang dapat anakmu berikan karena segala yang engkau berikan tak dapat diukur dengan kata-kata yang manis, tak dapat diukur dengan materi yang mungkin nantinya terbalaskan karena itu hanya belaka dan semua itupun akan kembali pada Tuhan Yang Maha Besar.

Ayahanda engkau telah berikan tenaga dan pikiran untuk anakmu sampai hari tua akan datang menghampiri hanya untuk perjuangkan nasib anakmu sebagai amanah yang telah engkau terima dari Sang Maha Pencipta, doa dan hanya doa yang bisa anakmu berikan.

Adikku Agoes gembel aku duluan yach, mungkin kita ditakdirkan berbeda tapi itu jalan dari Allah. Thank's semangatnya, cepet selesein Tugas Akhirmu, jangan lupa sholat.

Toex 9 Agustus 1983 : "To Luv n Be Luv By U Is The Most Beautiful Thing In My Life!"

Aq takkan melupakan 31 Agustus 2005, itu merupakan awal dan akhir dari semuanya, aq banyak belajar dari kamu, thank's semangatnya mulai dari maju judul sampe kompre, thank's jalan-jalannya yach, sampai kapanpun kmu tetap dihatiku sukses slalu buat kmu & smoga kmu bahagiah, thank's for everything.(jangan telat makan yach :-)).

Toex 18 nopember 1982 : Maafkan aq, mungkin aq bukan orang yang tepat buat kmu yang slalu bisa hadir disampingmu. Aq tak biasa dibatasi. Terima kasih sgalanya.

Toex Dek Lie : Aq lulus !!!! You are my best sister, slalu berbakti pada ortu yach meskipun kadang tidak sesuai dengan hatimu. Kpan U married he he.

Adekku Reni makasi yach da nemenin kekampus, cepet lulus da ditunggu Umi' lho, kasian Umi' dirumah sendirian. Smangat smangat!

My best friend Denny maturnuwun bantuane, ayo cepet marekno skripsimu.

Teman-teman seperjuangan Rully, Sinngih, Paymo, Imam, Arry, Mahmud. Akhirnya kita lulus.

Sahabat-sahabati Putra Bangsa Thank's dukungannya, yang kompak yach.

Sahabatku Suher, Yuni, Cak Su-Alif, Lek Mpi-Lek Puji, Dek Ifa, Mba' Rini, Mas Yadi-Mba' Fuah. Terima kasih doronganya, smoga persahabatan kita abadi.....

Penghuni Griya Santa E 758, Kacak, Kelik, Cak Her, Pran, Yudha, Rimba. Thnk's Tumpangannya.....

**Buat yang belum disebut
Thank's A lot**

Skripsi ini kupersembahkan untuk :
Ayah dan Ibuku, adikku Agus serta Nenekku Alm.
Dan juga Almamaterku
Jurusan Teknik Elektronika S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii

BAB I : PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi	3
1.6. Sistematika pembahasan	4

BAB II : LANDASAN TEORI

2.1. Pendahuluan	5
2.2. Mikrokontroler AT89S51	5
2.2.1. Perangkat Keras Mikrokontroler AT89S51	6
2.2.2. Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51	7

2.2.3. Organisasi Memori.....	11
2.2.4. Special Function Register (SFR)	12
2.2.5. Sistem Interupsi	14
2.3. Sensor Temperatur	15
2.4. Penguat	16
2.4.1. Penguat Tak Membalik	16
2.4.2. Pengikut Tegangan	18
2.5. Analog to Digital Converter	19
2.6. Rangkaian Switch Dengan Transistor	20
2.7. Relay	22
2.8. Liquid Crystal Display	24

BAB III : PERANCANGAN SISTEM

3.1. Perancangan Perangkat keras	26
3.1.1. Diagram Blok.....	26
3.1.2. Mikrokontroller AT98S51	28
3.1.2.1.Kofigurasi Pin Mikrokontroller AT89S51	28
3.1.2.2.Rangkaian Clock Minimum Sistem	30
3.1.2.3.Rangkaian Reset	31
3.1.3. Sensor Temperature	33
3.1.4. Sensor Infra merah	34
3.1.5. Keypad	35
3.1.6. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor temperatur	36
3.1.6.1.Rangkaian Pengikut Tegangan	36

3.1.6.2. Rangkaian Penguat Tak Membalik	37
3.1.7. Rangkaian Pengubah Besaran Analog ke Digital	39
3.1.7.1. Rangkaian Clock ADC	40
3.1.8. Driver Motor	41
3.1.9. Driver Pemanas	43
3.1.10. Driver Buzzer.....	43
3.1.11. Liquid Crystal Display	42
3.2. Perancangan Perangkat Lunak	45

BAB IV : PENGUJIAN ALAT

4.1. Pengujian rangkaian sensor Suhu	48
4.1.1. Tujuan Pengujian rangkaian sensor Suhu.....	49
4.1.1.1. Tujuan Pengujian rangkaian sensor Suhu.....	49
4.1.1.2. Langkah-langkah Pengujian rangkaian sensor Pintu	49
4.1.1.3. Data Hasil Pengujian rangkaian sensor Pintu	50
4.2. Pengujian Sensor Infra merah.....	54
4.2.1. Tujuan Pengujian Infra merah	54
4.2.2. Langkah-langkah Pengujian Infra merah	54
4.2.3. Data Hasil Pengujian	55
4.2.4. Analisa Hasil Pengujian	55
4.3. Pengujian Rangkaian ADC 0804	55
4.3.1. Tujuan Pengujian Rangkaian ADC 0804	55
4.3.2. Langkah-langkah Pengujian Rangkaian ADC 0804	55
4.3.3. Data hasil Pengujian Rangkaian ADC 0804	56

4.3.4. Analisa Data Pengujian Rangkaian ADC 0804	56
4.4. Pengujian Rangkaian Driver Relay	57
4.4.1. Tujuan Pengujian Rangkaian Driver Relay	57
4.4.2. Langkah-langkah Pengujian Rangkaian Driver Relay	57
4.4.3. Data hasil Pengujian Rangkaian Driver Relay	58
4.4.4. Analisa Data Pengujian Rangkaian Driver Relay	58
4.5. Pengujian Rangkaian Driver Buzzer	58
4.5.1. Tujuan Pengujian Rangkaian Driver Buzzer	58
4.5.2. Langkah-langkah Pengujian Rangkaian Driver Buzzer	59
4.5.3. Data hasil Pengujian Rangkaian Driver Buzzer	59
4.5.4. Analisa Data Pengujian Rangkaian Driver Buzzer.....	59
4.6. Pengujian Rangkaian keypad	60
4.6.1. Tujuan Pengujian Rangkaian Keypad	60
4.6.2. Peralatan yang dipakai	60
4.6.4. Langkah Pengujian	61
4.6.5. Data hasil Pengujian	61
4.7. Pengujian LCD	62
4.7.1. Tujuan Pengujian	62
4.7.2. Peralatan Yang Digunakan	62
4.7.3. Langkah-langkah	62
4.7.4. Analisa Hasil Pengujian	63

BAB V : PENUTUP

5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64

DAFTAR PUSTAKA

GAMBAR RANGKAIAN ALAT KESELURUHAN

FOTO ALAT

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2-1 Diagram Blok Mikrokontroler AT89S51	7
2-2 Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51	8
2-3 Osilator Kristal AT89S51	11
2-4 Organisasi Program Memori	11
2-5 Sensor Temperatur	16
2-6 Rangkaian Penguat Tak Membalik	16
2-7 Rangkaian Pengikut Tegangan	18
2-8 Konfigurasi Pin dari ADC 0804	20
2-9 Rangkaian Switching Transistor	21
2-10 Karakteristik I_c - V_{ce} Sebuah Transistor Bipolar	21
2-11 Jenis-jenis Relay	24
3-1 Blok Diagram Alat	26
3-2 Konfigurasi Pin Yang Digunakan	30
3-3 Rangkaian Clock Minimum Sistem	31
3-4 Rangkaian Power On Reset	32
3-5 Rangkaian LM35	34
3-6 Rangkaian Sensor Infra Merah.....	34
3-7 Rangkaian Keypad	36
3-8 Rangkaian Pengikut Tegangan dengan IC LM358	36

3-9 Rangkaian Penguat Tak Membalik	37
3-10 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu Dengan IC LM358	39
3-11 Rangkaian ADC	40
3-12 Rangkaian Clock ADC	41
3-13 Rangkaian Driver Motor	41
3-14 Rangkaian Driver Pemanas	43
3-15 Rangkaian Driver Buzzer	43
3-16 Rangkaian LCD	45
3-17 Diagram Alir Program	47
4-1 Rangkaian Pengujian Sensor Suhu	49
4-2 Rangkaian Pengujian Sensor Infra Merah	54
4-3 Rangkaian Pengujian ADC.....	56
4-4 Rangkaian Pengujian Driver Relay	57
4-5 Rangkaian Pengujian Driver Buzzer	59
4-6 Rangkaian Pengujian Keypad.....	61
4-7 Rangkaian Pengujian LCD	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2-1 Fungsi khusus port 3	9
2-2 Special Function Register	13
2-3 Alamat Sumber Interupsi	15
2-4 Fungsi Pin LCD	25
4-1 Hasil Pengukuran Pada Rangkaian sensor Suhu	50
4-2 Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Rangkaian Sensor Suhu	51
4-3 Error Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Rangkaian Sensor suhu	53
4-4 Hasil Pengujian Infra Merah	55
4-5 Hasil Pengujian Rangkaian ADC	56
4-6 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Rangkaian Driver Relay	58
4-7 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Rangkaian Driver Buzzer	59
4-8 Hasil Pengujian Keypad.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi sekarang ini telah maju dengan pesat dalam berbagai bidang, salah satunya adalah bidang elektronika, yang saat ini berperan penting dalam berbagai bidang termasuk dalam bidang industri dan informasi. Sejalan dengan perkembangan teknologi elektronika melalui ditemukannya mikrokontroller sebagai alat kendali yang dapat mengatasi kesulitan-kesulitan dari sistem kendali konvensional yang tidak efektif dan efisien karena memerlukan banyak biaya dan waktu.

Dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat, maka pelaku industri dituntut untuk lebih menerapkan teknologi yang tepat guna untuk memperlancar proses produksinya. Sebagai contoh misalnya industri kecil yang memproduksi dengan bahan utama plastik bekas, plastik disini dilebur dengan menggunakan cara-cara *manual*, dimana plastik dibakar menggunakan pembakaran yang diatur secara *manual* sehingga memerlukan banyak tenaga serta bahan bakar yang kurang efektif, sehingga tenaga dan biaya yang di pakai kurang efisien.

Untuk hal tersebut diatas, maka dengan ini saya akan merencanakan suatu alat yang dapat digunakan dalam industri kecil dalam hal ini industri peleburan plastik berbasis mikrokontroller AT 89S51, dengan alat ini diharapkan dapat membantu untuk mengefektifkan pembakaran pada peleburan tersebut. Alat ini dapat diatur suhunya sehingga dimanfaatkan oleh industri kecil yang nanti

penggunaannya diharapkan dapat mempercepat serta menghemat tenaga dan bahan bakar guna meningkatkan proses produksi sehingga dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi pada industri kecil yang sedang berkembang.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perencanaan dan pembuatan alat otomatisasi pada peleburan plastik menggunakan mikrokontroler AT89S51 dapat dirumuskan beberapa permasalahan seperti dibawah ini :

1. Bagaimana cara mendesain perangkat keras (*hardware*) alat otomatisasi pada peleburan plastik menggunakan mikrokontroler AT89S51.
2. Bagaimana cara mendesain perangkat lunak (*software*) alat otomatisasi pada peleburan plastik menggunakan mikrokontroler AT89S51.
3. Bagaimana Proses Kerja sistem secara keseluruhan dapat bekerja.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari perencanaan dan pembuatan alat otomatisasi pada peleburan plastik menggunakan mikrokontroler AT89S51 ini adalah untuk membantu proses produksi dan menghemat tenaga manusia serta mengefektifkan penggunaan bahan bakar karena alat ini dapat diatur secara otomatis

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan dalam tugas akhir ini tidak berkembang karena keterbatasan pengetahuan, waktu dan biaya maka pembahasan dibatasi pada :

1. Minimum system yang dirancang menggunakan *Chip AT 89S51* sebagai unit kontrol utama.
2. *Software* yang digunakan adalah bahasa *Assembler* untuk keluarga MCS51.
3. Obyek yang digunakan berupa plastik bekas botol air mineral.
4. Tidak membahas catu daya.

1.5 Metodologi

Metode yang digunakan dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. *Study literature*, dengan mempelajari teori serta sistem kontrol menggunakan Mikrokontroler AT 89S51.

Study literature disini akan mempelajari hal-hal sebagai berikut :

- Mikrokontroler ATMEL 89S51.
 - Arsitektur mikrokontroler ATMEL 89S51.
 - Karakteristik Umum.
 - *Interface* dengan *Input/Output (I/O)* Mikrokontroler.

- b. **Prencanaan dan pembuatan alat**

Dalam pembuatan alat ini menggunakan konsep sebagai berikut :

- Perencanaan Sistem secara keseluruhan (pembuatan blok diagram sistem).
- Mendiskripsikan fungsi dari masing-masing blok diagram.
- Membuat perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunaknya (*software*).

- Implementasi *Software* yang telah dirancang kedalam *Chip* AT89S51.
 - Pengujian sistem secara keseluruhan.
- c. **Field Reasearch (Riset Lapangan)**, dari hasil percobaan data berdasarkan kondisi dan keadaan yang sesungguhnya dilapangan, yang merupakan data primer sebagai pembuktian kebenaran dari data sekunder hasil *study literature*.

1.6 Sistematika

Adapun sistematika dari penyusunan Tugas akhir ini adalah :

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, pembatasan masalah, metodologi penulisan serta sistematika penyusunan dan pembuatan alat.

BAB II. TEORI PENUNJANG

Berisi tentang teori-teori dasar yang memiliki relevansi sebagai dasar perencanaan dan pembuatan.

BAB III. PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Berisi tentang perencananan *hardware* dan *software*

BAB IV. PENGUJIAN ALAT

Berisi tentang data hasil pengujian peralatan yang telah di buat secara keseluruhan.

BAB V. PENUTUP

Berisi kesimpulan dari hasil pengujian alat dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pendahuluan

Pada bab II ini akan diberikan pembahasan mengenai teori yang menunjang pelaksanaan tugas akhir ini. Pembahasan tersebut mengenai mikrokontroler AT89S51 dan komponen penunjang lainnya yang meliputi sensor temperatur, ADC, rangkaian penguat, *relay* dan LCD.

2.2. Mikrokontroler AT89S51

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

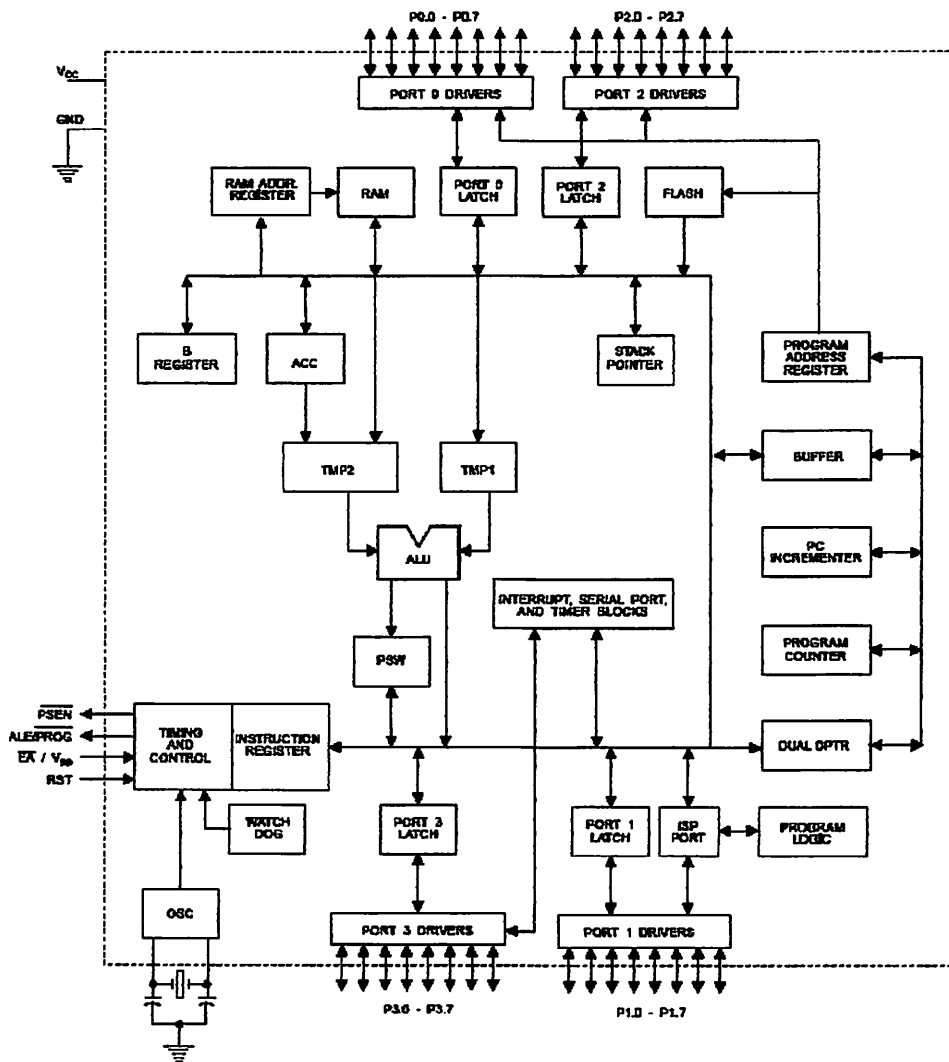
Mikrokontroler AT89S51 adalah mikrokontroler ATMEL yang kompatibel penuh dengan mikrokontroler keluarga MCS – 51, membutuhkan daya rendah, memiliki *performance* yang tinggi dan merupakan mikrokomputer 8 bit yang dilengkapi 4Kbyte EEPROM (*Electrical Erasable and Programmable Read Only Memory*) dan 128 Byte RAM internal. Program memori yang dapat diprogram ulang dalam sistem atau menggunakan programmer *Nonvolatile Memory Konvensional*. Dalam sistem mikrokontroler terdapat dua hal yang

mendasar, yaitu: perangkat lunak dan perangkat keras yang keduanya saling terkait dan mendukung.

2.2.1. Perangkat keras mikrokontroler AT89S51

Secara umum Mikrokontroler AT89S51 memiliki :

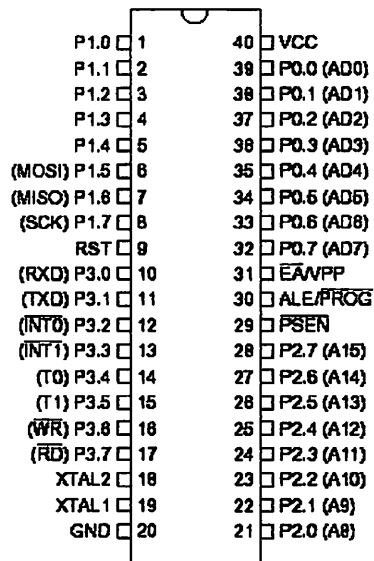
- CPU 8 bit termasuk keluarga MCS-51.
- 4 Kb *Flash memory*.
- 128 byte *Internal RAM*
- 32 buah *Port I/O*, masing – masing terdiri atas 8 jalur *I/O*.
- 2 *Timer/ counter* 16 bit.
- 2 *Serial Port Full Duplex*.
- Kecepatan pelaksanaan intruksi per siklus 1 us pada frekuensi *clock* 12 Mhz.
- 2 DPTR (*Data Pointer*).
- *Watchdog Timer*.
- Fleksibel *ISP Programming*.
- Dengan keistimewaan diatas pembuatan alat menggunakan AT89S51 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Adapun blok diagram dari Mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut :



Gambar 2-1 Diagram Blok Mikrokontroler AT89S51 [1]

2.2.2. Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 memiliki 40 Pin yang didefinisikan seperti pada gambar 2-2 berikut :



Gambar 2-2. Konfigurasi pin AT89S51^[1]

1. Vcc : Catu daya (*supply* tegangan).
2. Gnd : *Ground*.
3. Port 0 : *Port 0* merupakan port 8 bit yang bersifat *open drain* dua arah. Sebagai port keluaran, tiap pin dapat menerima 8 masukan TTL. Saat logika 1 dituliskan pada *port*, *pin port* dapat digunakan sebagai masukan dengan impedansi tinggi.
4. Port 1 : *Port* ini merupakan port I/O bidirectional dengan internal *pull-up*. *Out put Port* ini dapat mendayai atau menerima 4 masukan TTL. Jika suatu logika 1 dituliskan pada *port* ini, maka *port* akan dibuat tinggi oleh *pull-up internal* dan dapat digunakan sebagai masukan. Pada saat sebagai *port* masukan, *port* ini akan dibuat rendah dan *port* ini akan mendayai karena adanya *pull-up* internal.

5. Port 2 : *Port* ini merupakan port I/O *bidirectional* dengan *internal pull-up*. Penyangga pada port ini mampu menangani 4 masukan TTL. Jika logika 1 dituliskan pada *port* ini, maka *port* akan dibuat tinggi oleh *pull-up* internalnya.
6. Port 3 : *Port* ini merupakan port I/O *bidirectional* dengan *internal pull-up*. *Out put Port* ini dapat mendayai atau menerima 4 masukan TTL. Jika suatu logika 1 dituliskan pada *port* ini, maka *port* akan dibuat tinggi oleh *pull-up*. Selain sebagai *port parallel*, *port* ini juga mempunyai fungsi khusus yaitu:

Tabel 2-1 Fungsi khusus Port 3 ^[1]

Port Pin	Fungsi Khusus
P3.0	RXD (masukan port serial (UART))
P3.1	TXD (keluaranan port serial (UART))
P3.2	INT0 (masukan interupsi luar 0)
P3.3	INT1 (masukan interupsi luar1)
P3.4	T0 (masukan luar Timer / Counter 0)
P3.5	T1 (masukan luar Tmer)
P3.6	WR (pulsa penulisan data memori luar)
P3.7	RD (pulsa pembacaan memori luar)

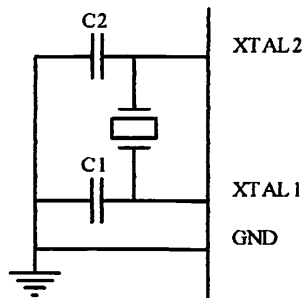
7. Reset : Masukan untuk *reset*. Suatu *logika high* selama dua siklus pada *pin reset* akan menyebabkan terjadinya proses *reset*.
8. ALE : *Adres latch enable* merupakan suatu pulsa keluaran untuk mengaitkan (*latch*) *byte* bawah dari alamat selama mengakses memori luar.
9. PSEN : *Program store enable* adalah pulsa pengaktif untuk membaca program memori luar. Saat Mikrokontroler

melaksanakan instruksi dari program memori luar, PSEN akan diaktifkan dua kali siklus mesin, kecuali pada saat mengakses data memori luar.

10. EA/VPP : *External access enable*. EA harus dihubungkan dengan *ground* jika ingin mengakses dari program memori luar dengan alamat 0000H sampai FFFFH. EA harus dihubungkan ke V_{CC} jika menggunakan program memori internal.

11. X-TAL 1 dan X-TAL 2

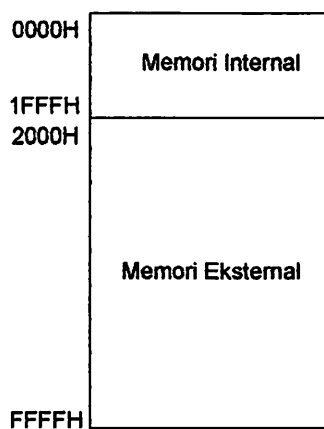
Pin ini dihubungkan dengan kristal bila menggunakan osilator internal. X-TAL 1 merupakan masukan ke rangkaian osilator *internal* sedangkan X-TAL 2 keluaran dari rangkaian osilator *internal*. Untuk keperluan ini diperlukan kapasitor penstabil sebesar 30pF. Dan nilai dari X-TAL tersebut antara 4 – 24 Mhz. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar pemasangan X-TAL serta kapasitor yang digunakannya.



Gambar 2-3 Osilator Eksternal AT89S51 ^[1]

2.2.3. Organisasi Memori

Organisasi memori pada mikrokontroler AT89S51 dapat dibagi menjadi dua bagian besar yaitu memori program dan memori data. Pembagian tersebut didasarkan atas fungsi dari penyimpanan data maupun program. Memori program digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi yang akan dijalankan oleh mikrokontroler, sedangkan memori data digunakan sebagai tempat yang sedang diolah mikrokontroler. Organisasi memori AT89S51 dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2-4. Organisasi Program memori ^[1]

Mikrokontroler AT89S51 dilengkapi dengan ROM internal, sehingga untuk menyimpan program tidak digunakan ROM eksternal yang terpisah dari mikrokontroler. Agar tidak menggunakan memori program eksternal, penyemat/EA dihubungkan dengan Vcc (logika 1).

Memori program mikrokontroler menggunakan alamat 16 bit mulai 0000_H-0FFF_H, sehingga kapasitas penyimpanan program maksimal adalah 4Kb. Sinyal /PSEN (*Program Store Enable*) tidak digunakan jika digunakan memori program internal.

Selain program mikrokontroler AT89S51 juga memiliki data internal 128 *byte* dan mampu mengakses memori data eksternal sebesar 64 Kb. Semua memori data internal dapat dialamati dengan data langsung atau tidak langsung. Ciri dari pengalamatan langsung adalah *operand* adalah alamat register yang berisi alamat data yang akan diolah. Sebagian memori tersebut dapat dialamati dengan pengalamatan register, dan sebagian lagi dapat dialamati dengan memori satu bit. Untuk membaca data digunakan sinyal /RD sedangkan untuk menulis digunakan sinyal /WR.

2.2.4. SFR (*Special Function Register*)

Register Fungsi Khusus (*Special Function Register*) terletak pada 128 *byte* bagian atas memori data internal dan berisi register-register untuk pelayanan *latch port*, *timer*, *program status words*, *control peripheral*, dan sebagainya. Alamat register fungsi khusus ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2-2. *Special Function Register* ^[1]

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	
DPL	Bit rendah	82 _H
DPH	Bit Tinggi	83 _H
P0	Port 0	80 _H
P1	Port 1	90 _H
P2	Port 2	A0 _H
P3	Port 3	B0 _H
IP	Interupt Periority Control	D8 _H
IE	Interupt Enable Control	A8 _H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89 _H
TCON	Timer/Counter Control	88 _H
TH0	Timer/Counter 0 High Control	8C _H
TL0	Timer/Counter 0 Low Control	8A _H
TH1	Timer/Counter 1 High Control	8D _H
TL1	Timer/Counter 1 Low Control	8B _H
SCON	Serial Control	98 _H
SBUF	Serial Data Buffer	99 _H
PCON	Power Control	87 _H

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 untuk mengunci 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 kontrol. Untuk mengontrol sistem interupsi, 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 control*) serta pelayanan *port serial* menggunakan *register* SCON (*Serial Port Control*).

2.2.5. Sistem Interupsi

Mikrokontroler AT89C51 mempunyai 5 buah sumber interupsi yang dapat membangkitkan permintaan interupsi, yaitu INT0, INT1, T1, T2 dan *Port Serial*.

Saat terjadinya interupsi mikrokontroler secara *otomatis* akan menuju ke subrutin pada alamat tersebut. Setelah interupsi selesai dikerjakan, mikrokontroler akan mengerjakan program semula. Tiap-tiap sumber interupsi dapat *enable* atau *disable* secara *software*.

Tingkat prioritas semua sumber *interrupt* dapat diprogram sendiri-sendiri dengan *set* atau *clear* bit pada (*Interrupt Priorit*). Jika dua permintaan interupsi dengan tingkat prioritas yang berbeda diterima secara bersamaan, permintaan interupsi dengan prioritas tertinggi yang akan dilayani. Jika permintaan interupsi dengan prioritas yang sama diterima bersamaan, akan dilakukan *polling* untuk menentukan mana yang akan dilayani.

Tabel 2-3 Alamat Sumber Interupsi ^[1]

Sumber interupsi	Alamat Awal
Interupt Luar 0 (INT 0)	03 _H
Pewaktu/ pencacah 0 (T0)	0B _H
Interupt Luar 1 (INT 0)	13 _H
Pewaktu/ pencacah 0 (T0)	1B _H
Port Serial	23 _H

2.3. Sensor Temperatur

Dibutuhkan transduser untuk mengukur temperatur. Ada bermacam-macam *tranduser* temperatur, dari dioda sederhana sampai IC khusus. Sensor temperatur yang digunakan disini adalah LM35. LM35 merupakan rangkaian integrasi untuk sensor temperatur, yang mana tegangan keluaran dari sensor ini berbanding lurus dengan perubahan temperatur dalam ° C. IC LM35 menghasilkan kenaikan tegangan 10mV pada output setiap kenaikan temperatur 1°C dengan range suhu antara -55°C sampai +150°C. Tegangan catu daya yang digunakan menggunakan catu daya tunggal.

IC LM35 mempunyai keuntungan lebih linier dari sensor suhu yang disesuaikan pada ° kelvin, sehingga pengguna tidak harus mengurangi besar

Apabila tegangan antara terminal input (-) dengan terminal input (+) menunjukkan 0 (nol) volt, maka besar tegangan input (-) sama dengan tegangan input (+) terhadap ground (GND) yaitu sebesar E_1 volt. Arus yang melewati tahanan R_1 sebesar :

$$I = \frac{E_1}{R_1} \text{ ampere} \dots\dots\dots(2.1)$$

Arah arus tergantung dari *polaritas* tegangan E_1 . Arus akan melewati tahanan umpan balik R_f , sehingga tegangan pada tahanan R_f diperoleh :

$$V_{RF} = I \cdot R_f \text{ volt} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan mensubstitusikannya persamaan (2.1) dan (2.2), maka didapatkan :

$$V_{RF} = \frac{E_1}{R_1} \cdot R_f \text{ volt} \dots\dots\dots(2.3)$$

Tegangan output (V_o) diperoleh dari penjumlahan tegangan pada R_1 dengan tegangan pada R_f , yaitu :

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

$$V_o = E_1 + \frac{R_f}{R_1} \cdot E_1 \text{ volt}$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) E_1 \text{ volt} \dots\dots\dots(2.4)$$

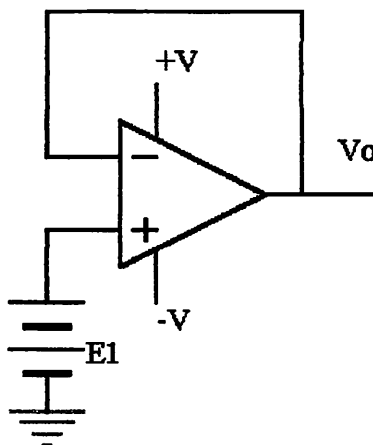
Besar penguatan diperoleh dari tegangan output berbanding dengan tegangan input, dimana diperoleh :

$$A_o = \frac{V_o}{E_1}$$

$$A_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

2.4.2. Pengikut Tegangan (*Voltage Follower*)

Pengikut tegangan biasanya didefinisikan sebagai rangkaian dengan penguatan satu atau kurang dengan keluaran mengikuti masukan. Di antara masukan dan keluaran terdapat isolasi impedansi. *Op-amp* pada khususnya berguna sebagai pengikut tegangan, seperti terlihat pada gambar 2-9



Gambar 2-7. Rangkaian Pengikut Tegangan [5]

dengan pengikut tegangan tak membalik, keluaran terhubung langsung pada masukan membalik dengan tegangan masukan dikenakan pada masukan tak membalik. Resistansi umpan balik sama dengan nol. Karena itu, penguatan pengikut tegangan sama dengan satu. Dengan kata lain bila umpan balik diberikan umpan balik 100%, maka keluaran akan mengikuti masukannya. Sehingga besar tegangan outputnya (V_o) adalah :

$$V_o = E1 \dots\dots\dots(2.6)$$

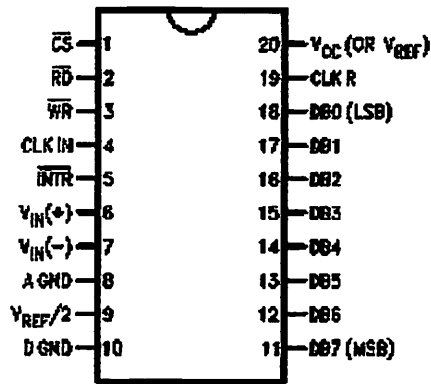
Dapat diperhatikan bahwa tegangan masukan membalik selalu menyamai tegangan masukan tak membalik. Jadi, selisih tegangan antara kedua masukan kira-kira selalu nol. Rangkaian ini memiliki impedansi masukan yang tinggi serta

impedansi keluaran yang rendah. Keuntungan ini menjadikannya sangat ideal untuk menyangga atau mengisolasi rangkaian.

2.5. *Analog to Digital Converter*

Merupakan pengubah sistem analog ke sistem *digital*, sistem ini diperlukan karena kontrolnya memakai sistem *digital*. Tidak sulit mendapatkannya karena dipasaran banyak komponen ADC dalam satu *chip*. ADC 0804 cukup *compatible* untuk disambungkan dengan sebuah sistem mikroprosesor ataupun kontroller, Karena mempunyai sebuah analog input dan 8 bit output. IC ADC 0804 mempunyai fasilitas internal *clock* yang dapat digunakan dengan hanya menambahkan resistor dan kapasitor eksternal. Tegangan input maksimal ADC 0804 adalah 5Vdc, resolusi 8 *bit*, waktu konversi 100 μ s. ADC 0804 akan menghasilkan keluaran terkode dimana setiap perubahan 1 LSB pada output menyatakan beberapa kenaikan dari tegangan atau arus input, yaitu :

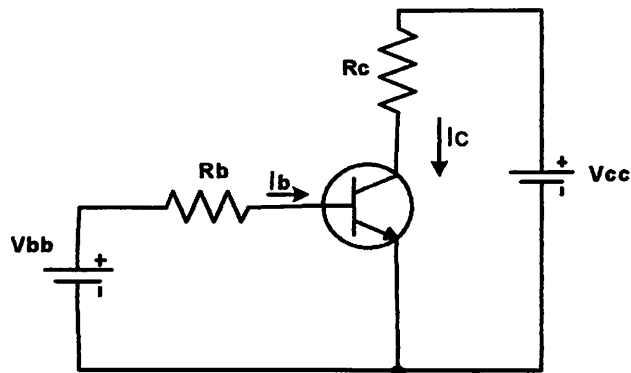
$$\frac{5V}{255state} = 20 \text{ mv tiap state.}$$



Gambar 2-8. Konfigurasi Pin dari ADC 0804^[5]

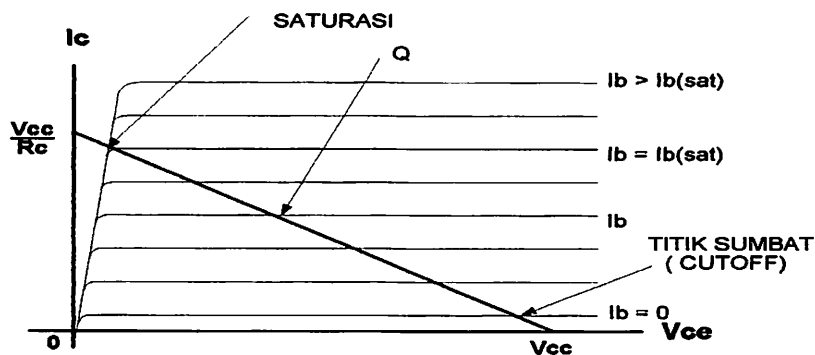
2.6. Rangkaian *Switching* dengan Transistor

Transistor merupakan sebuah komponen semikonduktor yang banyak digunakan pada berbagai rangkaian elektronik, seperti sebagai penguat, saklar dan lain-lain. Asas kerja dari transistor adalah akan ada arus yang mengalir diantara kaki kolektor-emitor (I_c) hanya apabila ada arus yang mengalir diantara kaki basis-emitor (I_B). Jadi transistor harus dioperasikan pada daerah linear agar diperoleh sinyal keluaran yang tidak cacat (*distorsi*). Untuk dapat mengoperasikan secara tepat maka pengertian tentang titik kerja transistor amatlah penting dan harus dipahami dan dimengerti dengan benar.



Gambar 2-9. Rangkaian *Switching Transistor*^[4]

Garis beban akan memotong sekelompok kurva arus basis konstan I_B dengan I_B tertentu (yang diatur rangkaian bias), garis beban akan memotong kurva I_B tersebut dititik Q yang biasa disebut titik kerja transistor. Titik kerja ini menjadi kondisi awal dari pengoperasian transistor dimana transistor tersebut mempunyai tiga daerah kerja yaitu aktif (*active*), jenuh (*saturation*) dan tersumbat (*cut off*).



Gambar 2-10. Karakteristik I_C - V_{CE} Sebuah Transistor Bipolar^[4]

Pada gambar dapat dilihat, titik dimana garis beban memotong kurva $I_B = 0$ disebut sebagai titik sumbat (*cut-off*). Pada titik ini arus kolektor (I_C) sangat

kecil (hanya arus bocor) sehingga dapat diabaikan, disini transistor kehilangan kerja normalnya, dapat dikatakan bahwa tegangan kolektor emitor sama dengan ujung dari garis beban tersebut.

$$V_{CE(\text{cut-off})} \cong V_{CC}$$

Perpotongan garis beban dengan kurva $I_B = I_{B(\text{SAT})}$ disebut titik jenuh (*saturation*). Pada titik ini arus kolektor maksimum atau dapat dikatakan bahwa arus kolektor sama dengan dengan ujung dari garis beban.

$$I_{C(\text{SAT})} \cong \frac{V_{CC}}{R_C}$$

Jika arus basis I_B lebih kecil dari $I_{B(\text{Sat})}$ maka transistor akan beroperasi pada daerah aktif, yaitu titik kerjanya terletak disepanjang garis beban.

Jadi dapat disimpulkan bahwa transistor bipolar bekerja sebagai suatu sumber arus (penguat) disepanjang garis beban, kecuali titik jenuh (*saturation*) atau titik sumbat (*cut-off*) dimana transistor tidak lagi bekerja sebagai sumber arus (penguat) melainkan sebagai saklar (*switching*).

2.7. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang umumnya digunakan untuk menghidupkan rangkaian kontrol dan peralatan listrik lainnya, yang menarik arus yang relatif kecil namun demikian *relay* dapat mengontrol tegangan dan arus yang lebih besar dengan menggunakan efek penguatan yang didapat dengan menggunakan tegangan kecil untuk mengoperasikan koil dan *relay*. kemudian *relay* tersebut digunakan untuk mengubah-ubah posisi kontak. Kontak pada *relay*

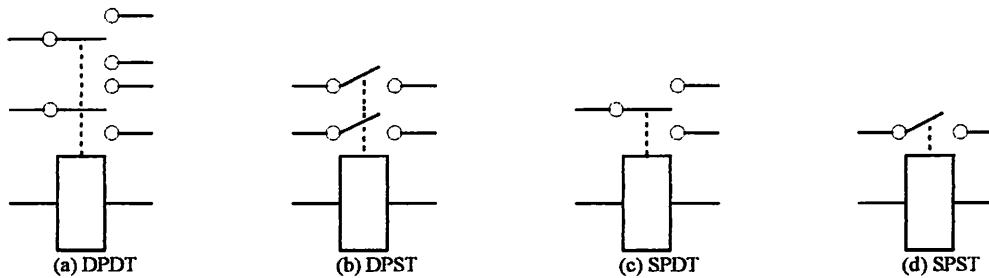
digunakan untuk mensaklar tegangan yang lebih besar. Aliran arus yang digunakan untuk mengatur koil *relay* terpisah dari arus listrik dan dikontrol oleh kontak-kontak pada *relay* tersebut.

Pada dasarnya *relay* dapat dikatakan sebagai kuda beban yang mengontrol suatu rangkaian elektronika dengan cara membuka dan menutup kontak pada rangkaian lain. Apabila kontak *relay* adalah *normally open* maka kontak terbuka bila *relay* tidak dialiri arus. Dan apabila kontak *relay normally close* maka kontak tertutup bila *relay* tidak dialiri arus.

Kerugian yang ditemui pada *relay* yaitu adanya tanggapan waktu (*respon time*) saat on maupun *off* yang relatif lambat serta adanya efek induksi balik sesaat setelah *relay off*. Oleh sebab itu maka antara IC pengendali dan *relay* perlu diisolasi dengan suatu rangkaian isolasi.

Terdapat berbagai jenis konfigurasi yang berbeda dari *relay* tergantung pada jumlah dari *pole* dan *throw*, jenis-jenis tersebut diantaranya sebagai berikut:

1. DPDT (*double-pole, double-throw*)
2. SPDT (*single-pole, double-throw*)
3. DPST (*double-pole, single-thow*)
4. SPST (*single-pole, single-thow*)



Gambar 2-11 Jenis-jenis *Relay*^[4]

2.8. *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display yaitu suatu bentuk kristal cair yang akan bersimulasi apabila dikenakan tegangan kepadanya. *Liquid* adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah modul controller CMOS didalamnya. Kontroller tersebut sebagai pembangkit dari karakter ROM/RAM dan *display* data RAM. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu unit mikrokontroller. Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa data bus yang masih termultiplek dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendalian *dot matrik* LCD dilakukan secara internal oleh kontroller yang sudah ada pada modul LCD.

LCD yang digunakan modul M1632 adalah sebuah modul *dot matrik* yang membutuhkan daya kecil, LCD modul M1632 dilengkapi dengan panel LCD tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendalian LCD CMOS yang telah terpasang dalam modul tersebut. LCD modul M1632 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

1. 16 karakter dan 2 baris tampilan yang terdiri dari 5 x 7 *dot matrik* ditambah dengan kursor.
2. Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter.
3. Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter.
4. 80 x 8 display data RAM (max 80 karakter).
5. *Isolator* di dalam modul.
6. Catu daya + 5V.
7. *Otomatis* reset saat catu daya dinyalakan.

LCD modul M1632 mempunyai 16 pin/ penyemat dengan fungsi sebagaimana yang ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.4. Fungsi pin LCD^[6]

Nama Pin	Fungsi
DB0 – DB7	Merupakan saluran data berisi perintah dan data yang akan ditampilkan
E	Sinyal operasi awal yang mengaktifkan data tulis atau baca.
R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0 : tulis, 1 : baca
RS	Sinyal pemilih register 0 : instruksi register (tulis) 1 : data register (tulis dan baca)
Vee	Mengendalikan kecerahan LCD
Vcc	Tegangan catu daya +5V
Vss	Terminal <i>ground</i>

BAB III

PERENCANAAN ALAT

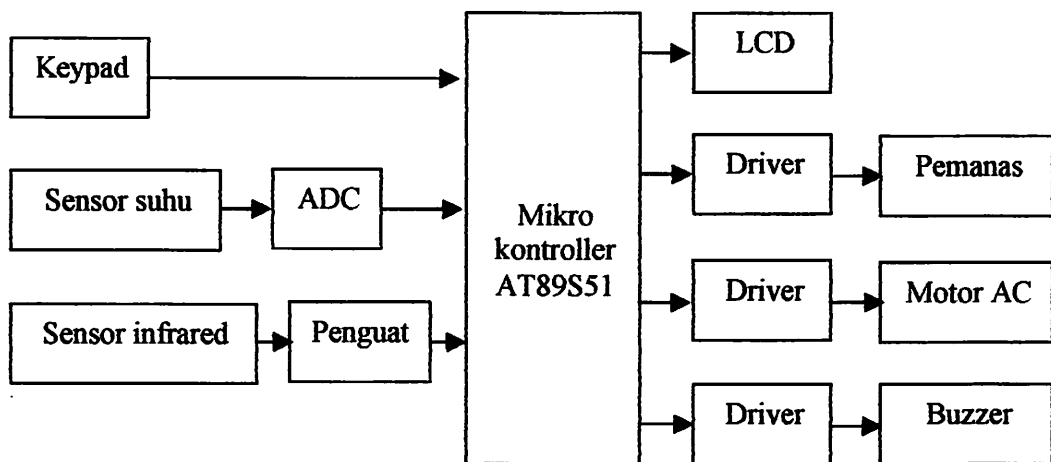
Bab ini membahas mengenai perencanaan alat peleburan plastik . Secara garis besar, perencanaan alat meliputi dua bagian yaitu:

1. perencanaan perangkat keras (*hardware*)
2. perencanaan perangkat lunak (*software*)

3.1. Perencanaan Perangkat Keras (*Hardware*)

3.1.1. Diagram blok

Diagram blok dari alat terlihat pada gambar 3-1. peleburan plastik



Gambar 3-1. Diagram Blok Alat

Berdasarkan blok diagram diatas, maka prinsip kerja dari alat tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

Keypad :

Digunakan untuk mengeset suhu yang diinginkan.

Sensor Suhu :

Menggunakan IC LM35 yang berfungsi untuk mengukur perubahan suhu yang terjadi didalam tungku pemanas.

Sensor infra merah :

Berfungsi untuk mendeteksi sinar infra merah dan mengubah menjadi tegangan (*volt*).

Pemancar infra merah :

Berfungsi memancarkan infra sinar merah untuk dideteksi oleh sensor infra merah.

Op Amp :

Menggunakan IC LM358 yang berfungsi untuk menguatkan tegangan yang dikeluarkan dari sensor suhu agar dapat terbaca pada rangkaian ADC.

ADC :

Menggunakan IC ADC0804 yang berfungsi untuk mengkonversikan besaran *analog* dari *op amp* menjadi keluaran *digital*.

Mikrokontroler :

Merupakan rangkaian *single chip* dengan menggunakan IC AT89S51 yang berfungsi untuk mengolah data-data input dari ADC dan *Keypad* untuk mengontrol seluruh sistem.

Motor AC :

Digunakan untuk memutar *pully* pada tungku pembakaran.

Heater :

Digunakan untuk memanaskan tungku pembakaran.

Driver Relay :

Digunakan untuk menggerakkan kontak *relay* yang kemudian digunakan untuk mengaktifkan motor dan pemanas.

Driver Buzzer :

Digunakan untuk menyalakan *buzzer*.

LCD :

Digunakan untuk menampilkan suhu yang disetting.

3.1.2. Mikrokontroler AT89S51

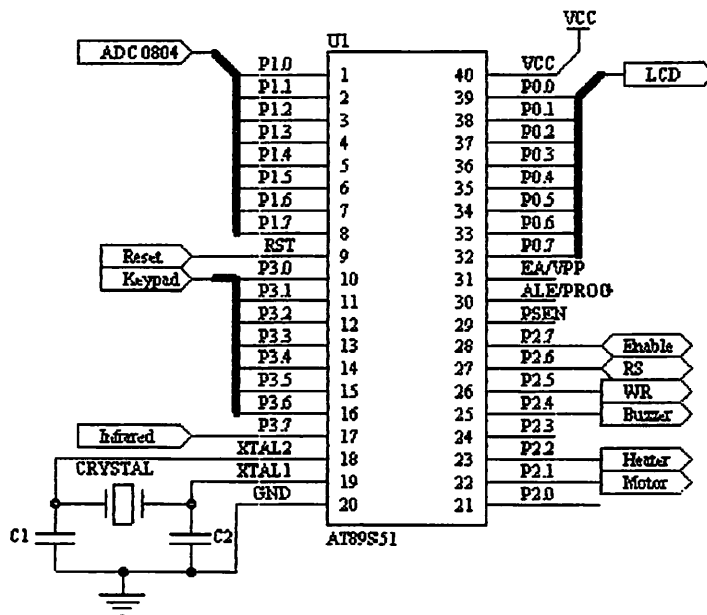
Disini rangkaian mikrokontroller AT89S51 berfungsi sebagai pengelolah data dan pengendali alat. Mikrokontroller agar dapat melakukan prosesnya harus didukung oleh beberapa komponen tambahan, yaitu berupa rangkaian *clock* dan *reset*.

3.1.2.1. Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51

Penentuan *port-port* dan sinyal-sinyal yang digunakan untuk mendukung proses yang akan dilakukan adalah sangat penting. Mikrokontroller AT89S51 adalah suatu *chip* IC yang terdiri dari 40 pin, dalam perancangan alat ini *pin-pin* yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pin 1-7 / Port(1.0 – 1.6) digunakan sebagai inputan dari ADC 0804
2. Pin 9 / Port (RST) digunakan sebagai *reset* sistem
3. Pin 10-16 / Port (3.0-3.6) digunakan sebagai inputan *keypad*.
4. Pin 17 / Port (3.7) digunakan sebagai inputan led infra merah.
5. Pin 22 / Port (2.1) digunakan untuk mengaktifkan rangkaian *driver relay* untuk motorAC.
6. Pin 23 / Port (2.2) digunakan untuk mengaktifkan rangkaian *driver relay* untuk pemanas.
7. Pin 25 / Port (2.) digunakan untuk mengaktifkan rangkaian *driver buzzer*.
8. Pin 26 / Port (2.5) digunakan untuk memberi logika pada pin WR ADC 0804 dari mikrokontroller.
9. Pin 32-39 / Port (P0-P7) digunakan sebagai output keluaran LCD.

Dari uraian diatas tentang pin atau port agar lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3-2



Gambar 3-2. Konfigurasi *pin-pin* yang digunakan [14]

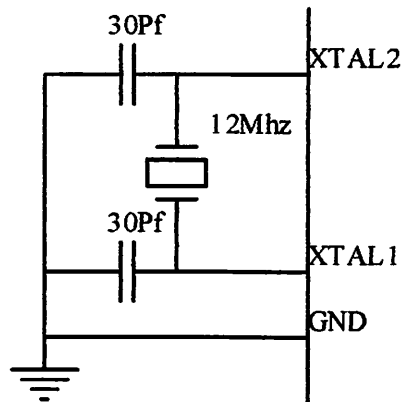
3.1.2.2. Rangkaian *Clock* Minimum Sistem

Kecepatan proses pengolahan data pada mikrokontroler ditentukan oleh *clock* (waktu) yang dikendalikan oleh Mikrokontroler tersebut. Pada Mikrokontroler AT 89S51 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. $C = 30 \text{ pF}$. Penentuan besarnya kapasitansi disesuaikan dengan spesifikasi pada *data sheet* AT 89S51.

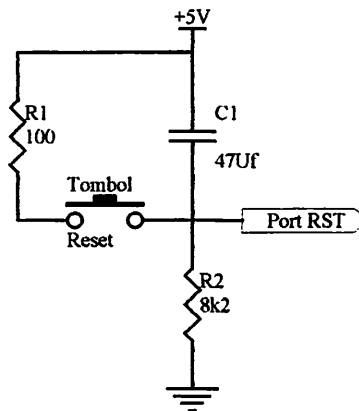
2. Kristal 12 MHZ (berdasarkan *data sheet* AT 89S51) adapun gambar rangkaian clock tampak seperti pada gambar 3-3.



Gambar 3-3 Rangkaian *Clock* minimum sistem^{III}

3.1.2.3. Rangkaian *Reset*

Reset pada Mikrokontroler merupakan masukan aktif *High* '1'. Pulsa transisi dari rendah '0' ke tinggi '1' akan mereset Mikrokontroler menuju alamat 0000H. *Pin reset* dihubungkan dengan rangkaian *power on reset* seperti pada gambar 3-4.



Gambar 3-4 Rangkaian *Power On Reset*^[1]

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*.

Gambar 3-4 merupakan gambar rangkaian *reset* yang bekerja secara *manual* dan *otomatis* saat sumber daya diaktifkan. Pada saat sumber daya diaktifkan, maka kapasitor C1 akan terhubung singkat pada saat itu sehingga arus mengalir dari Vcc langsung ke kaki reset (RST) sehingga pada kaki tersebut berlogika 1 (*High*). Kemudian kapasitor terisi hingga tegangan pada kapasitor (V_c) yaitu tegangan antara Vcc dan titik antara C1 dan R2 atau tegangan RST akan turun menjadi 0 sehingga kaki reset berlogika 0 (*Low*) dan proses *reset* selesai. Jika saklar S1 ditekan, reset bekerja secara *manual*, aliran arus akan mengalir dari Vcc melalui R1 menuju ke kaki RST.

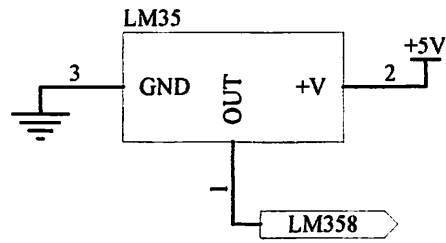
Tegangan pada kaki RST atau VR2 akan berubah menjadi:

$$\begin{aligned}VR2 &= \frac{R2 \times Vcc}{R1 + R2} \\ &= \frac{8k2 \times 5}{100 + 8k2} \\ &= 4,94 \text{ Volt}\end{aligned}$$

Tegangan 4,49 volt pada kaki RST menyebabkan kaki ini berlogika 1 (*High*) pada saat saklar ditekan. Saat saklar dilepas, aliran arus dari Vcc melalui R1 akan terhenti dan tegangan pada kaki RST akan turun menuju ke *ground* melalui R2 sehingga kaki ini akan berlogika 0 dan proses *reset* selesai.

3.1.3. Sensor Temperatur

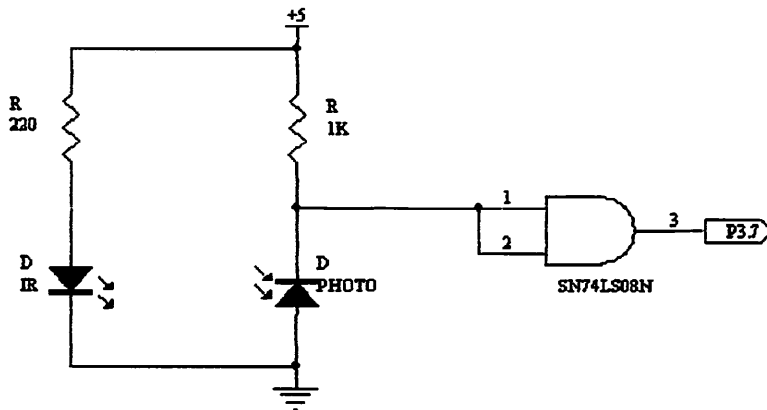
Untuk mengetahui perubahan temperatur aktual pada tungku pembakaran, pada perancangan ini digunakan IC LM35 sebagai pengindera suhu yang ditempatkan pada tungku pembakaran. LM35 memberikan tegangan keluaran yang berbanding langsung dengan suhu yang diukur dalam °C. Tegangan keluaran pada LM35 akan mengalami perubahan sebesar 10mV setiap kenaikan suhu sebesar 1° C. sebagai contoh, pada suhu 100° C tegangan keluaran LM35 adalah 720mV. Ini adalah salah satu keunggulan LM35 dibandingkan dengan pengindra suhu lainnya yang tertera dalam Kelvin. Konsumsi arus pada LM35 adalah kurang dari 60µA



Gambar 3-5. Rangkaian IC LM35 [5]

3.1.4. Sensor infra merah.

Rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi ada dan tidaknya plastik didalam tungku pemanas. Rangkaian ini terdiri dari pemancar dan penerima seperti terlihat pada gambar 3-6.



Gambar 3-6. Rangkaian Sensor Infra merah

LED mempunyai arus maju (*Forward current*) (I_f) sebesar 20 mA. Pada arus ini, tegangan maju dioda cahaya (V_f) adalah 1,6 V, maka nilai R1 dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$R1 = \frac{V - VD}{I}$$

$$R1 = \frac{5V - 1,6V}{15 \cdot 10^{-3}}$$

$$R1 = 226,67\Omega$$

Karena dipasaran tidak ada harga $R = 226,67\Omega$ maka dipakai $R = 220\Omega$.

Arus *Reverse Photo Dioda* direncanakan = 5 mA, maka:

$$R2 = \frac{V - Vr}{I}$$

$$R2 = \frac{5V - 0,2V}{5 \cdot 10^{-3}}$$

$$R2 = 960\Omega$$

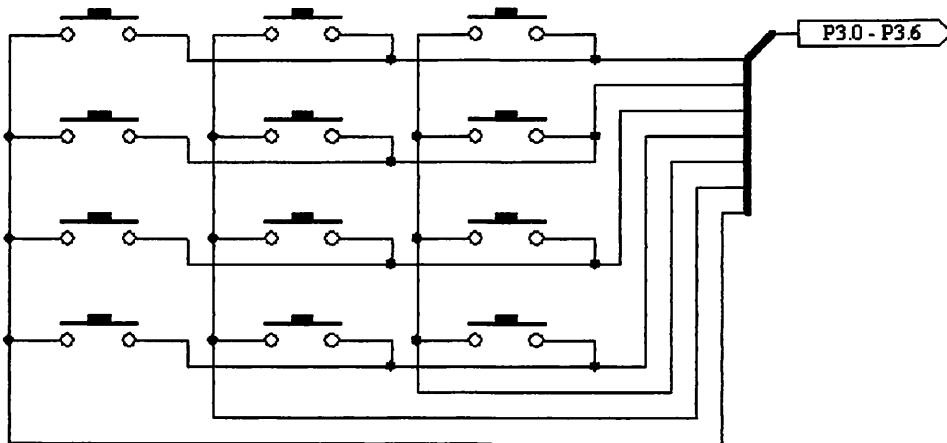
Karena dipasaran tidak ada harga $R = 960\Omega$ maka dipakai $R = 1k\Omega$.

Gerbang AND 7408 berfungsi sebagai pembanding tegangan keluaran rangkaian penerima, sehingga keluaran gerbang AND berupa logika “0” atau “1” pada saat tidak ada sinar, keluaran penerima hampir 0 volt sehingga keluaran gerbang menjadi “low”. Saat ada sinar, keluaran penerima akan naik mendekati V_{cc} dan keluaran gerbang AND menjadi “high”.

3.1.5. Keypad

Perancangan ini, *keypad* yang digunakan adalah *keypad* 3x4 yang berfungsi untuk penentuan suhu yang diinginkan .

Rangkaian *keypad* 3x4 terdiri dari 12 buah saklar tekan yang outputnya terdiri dari 7 terminal dan dihubungkan langsung ke mikrokontroler yaitu melalui P3.0, P3.1, P3.2, P3.3, P3.4, P3.5, P3.6.



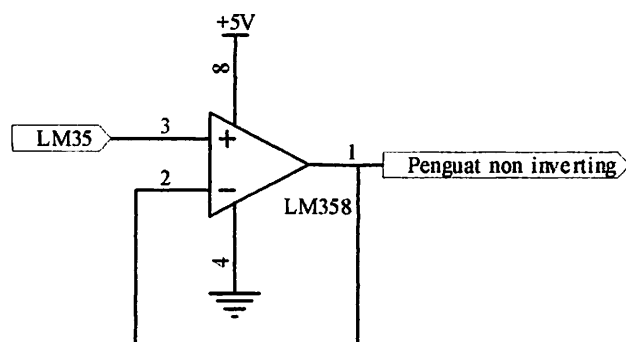
Gambar 3-7. Rangkaian Keypad

3.1.6. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Temperatur (*Op Amp*)

Rangkaian pengkondisi sinyal pada perancangan alat ini menggunakan IC LM358 yang terdiri dari dua buah *Op-Amp* dan digunakan sebagai :

- Rangkaian pengikut tegangan (*voltage follower*).
- Rangkaian penguat *non inverting*.

3.1.6.1. Rangkaian pengikut tegangan (*voltage follower*)

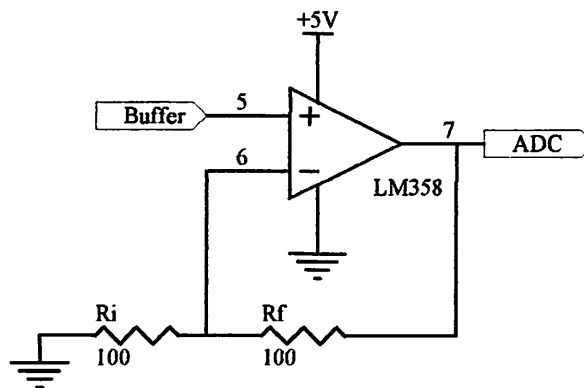


Gambar 3-8. Rangkaian *Buffer* Dengan IC LM358^[5]

Rangkaian pengikut tegangan dalam perancangan alat ini dengan menggunakan pengikut tegangan tak membalik. Keluaran terhubung langsung pada masukan membalik dengan tegangan masuk diberikan pada masukan tak membalik. Resistansi umpan balik sama dengan nol. Sehingga penguatan pengikut tegangan sama dengan 1.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{R_f}{R_{in}} + 1 \\
 &= \frac{0}{R_{in}} + 1 \\
 &= 1 \text{ kali.}
 \end{aligned}$$

3.1.6.2. Rangkaian Penguat tak membalik (*non inverting*)



Gambar 3-9. Penguat *Non Inverting*^[5]

Keluaran dari rangkaian pengikut tegangan diumpankan ke penguat *non inverting*. Fungsi dari penguatan ini adalah untuk menyesuaikan dengan *step size*

dari ADC sehingga pada pengkonversian setiap kenaikan 1°C dari sensor sama dengan kenaikan satu tingkat pada *output* ADC.

Dalam perancangan ini besar penguatan yang dibutuhkan adalah 2 kali, maka untuk mencari nilai R_f jika nilai R_i sudah ditentukan sebesar 100Ω adalah :

$$A = \frac{V_o}{E_1} = \left[\frac{R_f}{R_i} \right] + 1$$

$$A_v = \frac{R_f}{R_i} + 1$$

$$2 = \frac{R_f}{100} + 1$$

$$2 = \frac{R_f}{100} + \frac{100}{100}$$

$$2 = \frac{R_f + 100}{100}$$

$$200 = R_f + 100$$

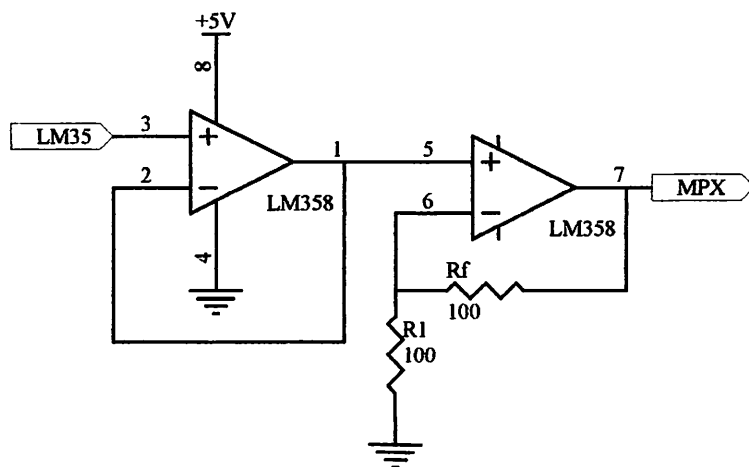
$$R_f = 200 - 100$$

$$= 100\Omega$$

Dengan penguatan 2 kali maka tiap kenaikan suhu 10mV/°C pada *output* sensor suhu (LM35) akan menjadi 20mV pada *output* penguat *non inverting*. Hal ini dilakukan karena pada perancangan ADC dibutuhkan perubahan setiap stepnya adalah 20mV. Sehingga jika tegangan 20mV/°C akan terjadi pergeseran sebanyak:

$$\frac{20mV}{20mV} = 1kali$$

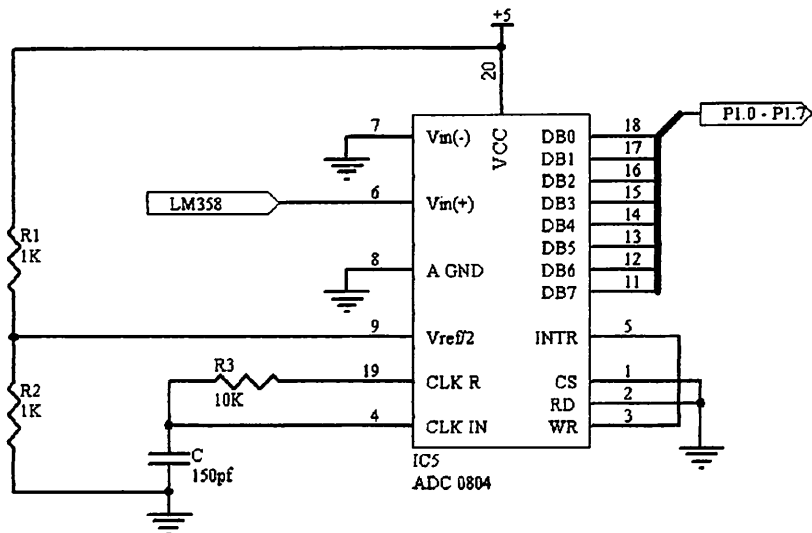
Rangkaian lengkap pengkondisi sinyal sensor suhu dapat dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3-10. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu Dengan IC LM358^[5]

3.1.7. Rangkaian Pengubah *Analog* ke *Digital* (ADC)

Pada perancangan alat ini menggunakan ADC 0804. ADC ini merupakan jenis IC dengan keluaran 8 bit, yang mempunyai keluaran *biner* dan menampilkan waktu pengubah singkat. ADC 0804 ini beroperasi pada daya standart +5 volt yang dapat mengkode tegangan *analog* masukan berkisar 0 – 5 Volt. Resistor (R1) dan kapasitor (C1) dihubungkan dengan masukan *clock R* dan *clock IN* ke ADC 0804, hal ini untuk mendapatkan pewaktu internal beroperasi.



Gambar 3-11. Rangkaian ADC [5]

3.1.7.1. Clock pada ADC

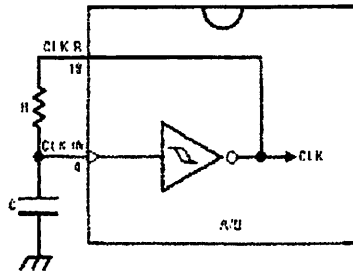
Clock pada ADC menahan pembangkit internal, sehingga hanya dibutuhkan sebuah resistor dan kapasitor yang dihubungkan pada jalur CLK R (Pin 19) dan CLK IN (Pin 4). Dengan mengambil nilai $R = 10\text{ K}$ dan $C = 150\text{ pF}$ maka diperoleh frekuensi Clock sebesar ;

$$f_{clk} = \frac{1}{1,1RC}$$

$$f_{clk} = \frac{1}{1,1 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 150 \cdot 10^{-12}}$$

$$f_{clk} = 606,06\text{ KHz}$$

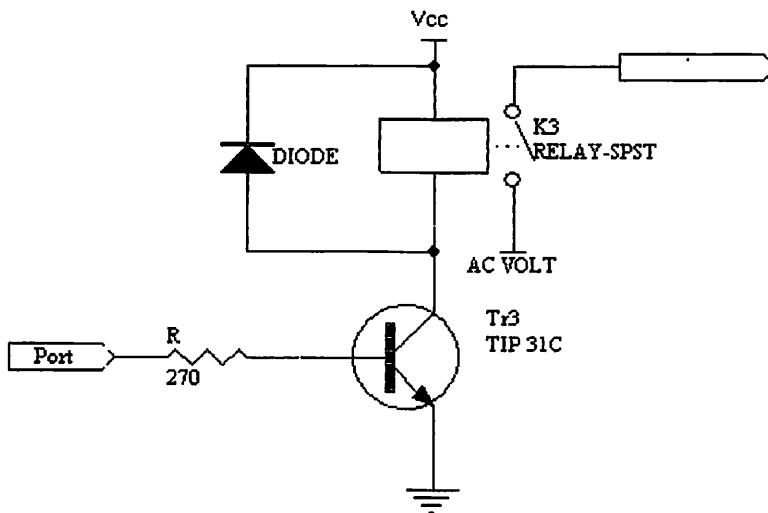
Frekuensi ini masih berada dalam batas range ADC 0804 yaitu 100 KHz sampai 1MHz.



Gambar 3-12. Rangkaian *Clock* ADC^[5]

3.1.8. *Driver* motor

Untuk menggerakkan *relay* diperlukan rangkaian *driver*. Sehingga perlu penguat arus seperti terlihat pada gambar 3-13



Gambar 3-13. Rangkaian *Driver* Motor

Untuk menghitung analisa rangkaian *driver relay* adalah sebagai berikut, dari *data sheet* transistor TIP 31 C dan data pengukuran diperoleh:

$$H_{fe} = 25 \quad ; \quad V_{cc} = 5 \text{ Volt}$$

$$V_{BE} = 0.6 \text{ Volt} \quad ; \quad R_{relay} = 130 \Omega$$

Maka besarnya arus yang dibutuhkan :

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_{relay}} = \frac{5V_{olt}}{130\Omega} = 0.038A$$

Arus basis I_B dan tahanan basis R_B yang diperlukan :

$$I_c = I_b \cdot H_{fe}$$

$$I_b = \frac{I_c}{H_{fe}}$$

$$I_b = \frac{0.038A}{25}$$

$$I_b = 15.2mA$$

$$R_b = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_B}$$

$$R_b = \frac{5V - 0,6V}{15.2mA} = 256.58\Omega$$

Pada aplikasinya nilai resistansi diatas tidak terdapat di pasaran, oleh karena itu untuk mendapatkan nilai resistansi yang mendekati nilai R_b diatas maka resistor R_b dipasang secara seri dimana nilai resistansi totalnya adalah sebagai berikut:

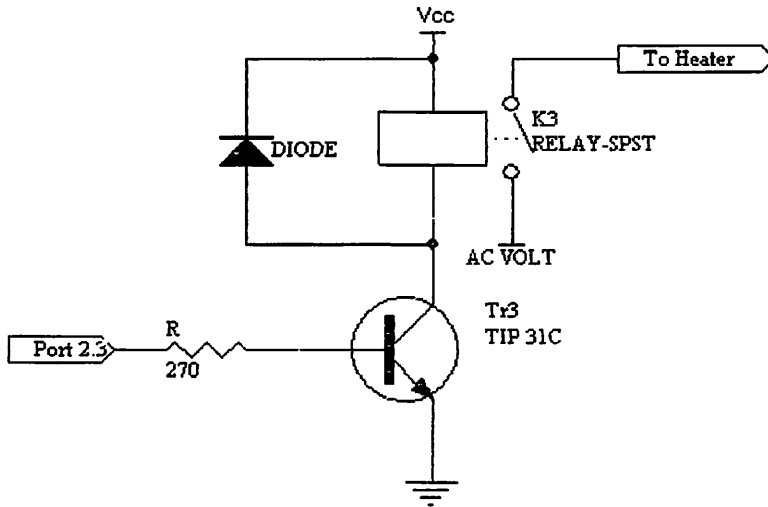
$$R_b = 270\Omega$$

Rangkaian *driver relay* ini digunakan untuk mendriver kontak *relay* agar dapat mengaktifkan motor AC.

Diode IN 4002 berfungsi untuk meredam tegangan kejut yang diakibatkan kontak mekanik *relay*.

3.1.9. Driver pemanas

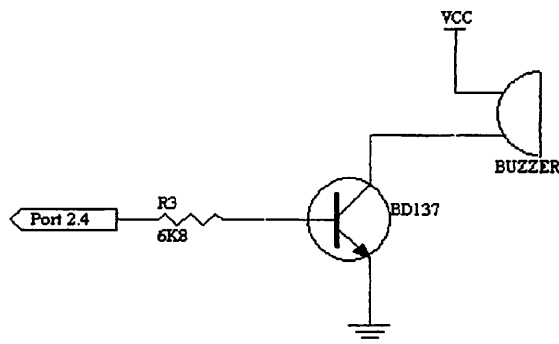
Seperti halnya *driver* motor, *driver* pemanas juga menggunakan *relay* yang data dan perhitungan serta komponen yang di gunakan adalah seperti gambar 3-14.



Gambar 3-14. Rangkaian *Driver* Pemanas

3.1.10. Driver Buzzer

Untuk menyalakan *buzzer* diperlukan rangkaian driver untuk menyalakan *buzzer*. Sehingga perlu penguat arus seperti terlihat pada gambar 3-17



Gambar 3-15. Rangkaian *Driver* Buzzer

Keluaran dari mikrokontroller dilewatkan terlebih dahulu untuk diiputkan ke basis transistor melalui tahanan basis untuk mengaktifkan transistor. Untuk menghitung analisa rangkaian *driver relay* adalah sebagai berikut:

Dari *data sheet* transistor BD 137 dan data pengukuran diperoleh:

$$H_{fe} = 40 \quad ; \quad V_{cc} = 5 \text{ Volt}$$

$$V_{BE} = 0,6 \text{ Volt}; \quad R_{buzzer} = 180\Omega$$

Maka besarnya arus yang dibutuhkan :

$$I_{\text{relay}} = \frac{V_{cc}}{R_{\text{relay}}} = \frac{5\text{Volt}}{180\Omega} = 27,78\text{mA}$$

Arus basis I_B dan tahanan basis R_B yang diperlukan :

$$I_c = I_b \cdot H_{fe}$$

$$I_b = \frac{I_c}{H_{fe}}$$

$$I_b = \frac{27,78\text{mA}}{40}$$

$$I_b = 0,69\text{mA}$$

$$R_b = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_B}$$

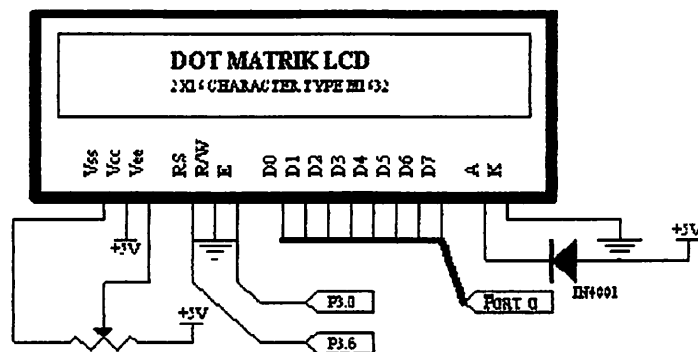
$$R_b = \frac{5 - 0,6}{0,69\text{mA}} = 6,38\text{k}\Omega$$

Pada aplikasinya nilai resistansi diatas tidak terdapat di pasaran, oleh karena itu untuk mendapatkan nilai resistansi yang mendekati nilai R_b diatas maka resistor R_b dipasang secara seri dimana nilai resistansi totalnya adalah sebagai berikut:

$$R_b = 6800\Omega / 6\text{K}8$$

3.1.11. Liquid Crystal Display (LCD)

Untuk *display* dalam bentuk tampilan tulisan yang digunakan dalam perencanaan alat ini adalah LCD 16 x 2 *digit* seperti dalam gambar 3-16. Untuk penggunaan LCD terlebih dahulu harus diinisialisasikan terlebih dahulu menurut instruksi yang terdapat di LCD. *Display* difungsikan sebagai alamat yang dihubungkan dengan bus data, dan dengan bentuk *software* maka dapat ditampilkan karakter yang diinginkan pada *display*, dengan mengontrol pin E, R/W, dan RS.



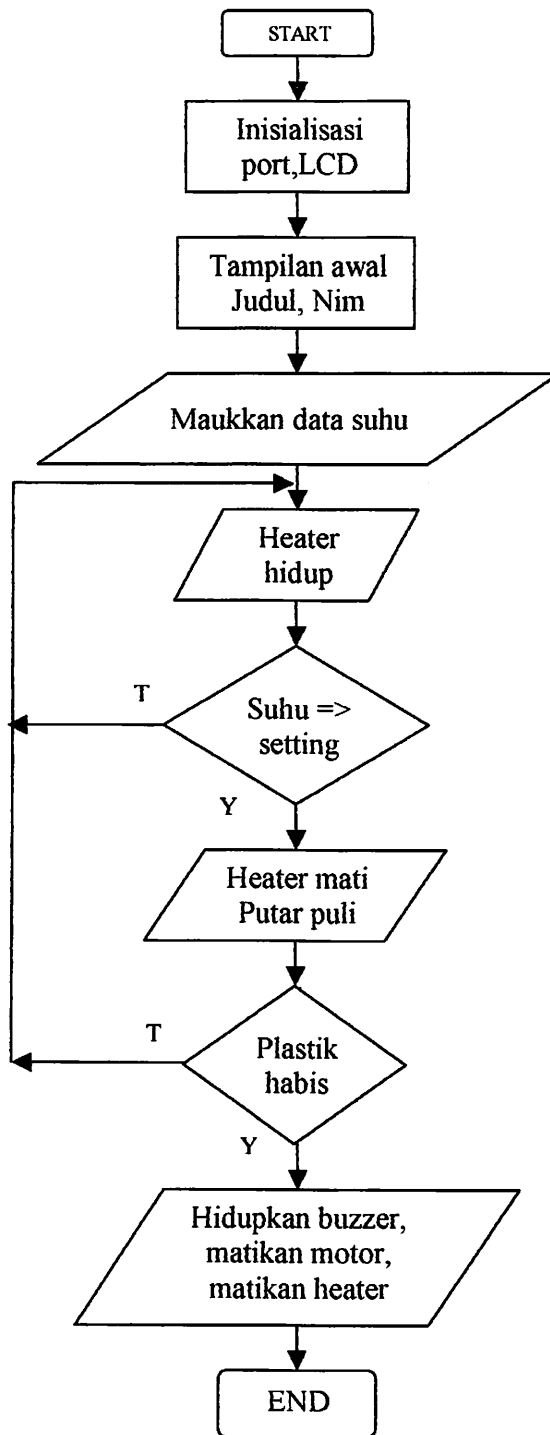
Gambar 3-16. Rangkaian LCD^[6]

Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Dalam menunjang kerja sistem secara keseluruhan diperlukan suatu perangkat lunak (*software*). *Software* yang digunakan untuk AT89S51 disini menggunakan bahasa *assembler* keluarga MCS51. Program yang ditulis dengan bahasa assembly terdiri dari *label kode mnemonic* dan lain sebagainya yang pada umumnya dinamakan sebagai program sumber (*source code*) yang belum bisa diterima oleh prosesor untuk dijalankan sebagai program, tetapi harus dijalankan dulu menjadi bahasa mesin dalam bentuk *kode biner*.

- Penulisan program dengan menggunakan *teks editor* dan disimpan dengan ekstensi *Asm*.
- Meng-*compile* program yang telah ditulis dengan menggunakan *Compiler MCS51* sehingga didapatkan file dengan ekstensi *Hex*.
- Mengubah *file* berekstensi *Hex* menjafi *file* berekstensi *Bin*.
- Men-*download file* berekstensi *Bin* ke dalam PEROM Mikrokontroler AT89S51.

Software dari alat tersebut terdapat dibagian lampiran dan diagram alir (*flowchart*) dari alat berikut :



Gambar 3-17. *Flowchart* Program

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

Bab ini akan membahas pengujian alat yang telah dirancang, dirakit serta direalisasikan. Tujuan pengujian alat ini adalah mengetahui kerja dari masing-masing sistem yang dibuat secara per-blok. Dengan demikian dapat diketahui kepresisian kerja dari alat yang direncanakan dan dibuat.. Secara umum tujuan dari pengujian alat tersebut adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui proses kerja dari masing-masing rangkaian.
2. Memudahkan pendataan spesifikasi alat.
3. Mengetahui hasil dari suatu perencanaan yang telah dibuat.
4. Memudahkan perawatan dan perbaikan apabila sewaktu-waktu terjadi kerusakan.

Untuk mencari kesalahan /simpangan dan ketelitian digunakan rumus:

$$(\%) \text{simpangan (Error)} = \frac{\text{Selisih Hasil Pengukuran Dan Hasil Perhitungan}}{\text{Hasil Perhitungan}} \times 100\%$$

$$(\%) \text{ Ketelitian} = 100\% - (\%) \text{ Simpangan}$$

4.1. Pengujian Sensor Suhu

Untuk pengujian sensor suhu dilakukan beberapa kali untuk memperkecil kesalahan mengingat adanya kemungkinan penyimpangan data dengan teori, karena suhu yang diamati cenderung berubah-ubah.

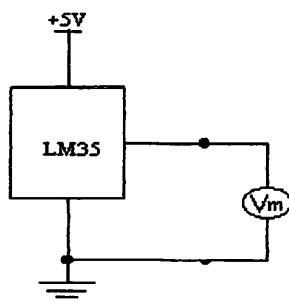
4.1.1. Tujuan Pengujian Sensor Suhu

Untuk mengetahui apakah sensor suhu dapat mengindra suhu dan mengeluarkan suatu besaran yang sesuai dengan perubahan suhu yang terjadi.

4.1.2. Langkah-langkah Pengujian Sensor Suhu

- Mempersiapkan peralatan yang digunakan dalam pengujian :
 - Multimeter *Digital PROHEX M890D*.
 - Termometer.
 - Sumber catu daya 5 Volt DC.
- Menyusun rangkaian sesuai dengan Gambar 4-1.
- Meletakkan termometer di samping sensor suhu.
- Mengamati dan mencatat nilai tegangan keluaran yang dihasilkan sesuai perubahan derajat pada termometer.

Sensor ini bisa digunakan pada range antara -55° sampai $+150^{\circ}$ C.



Gambar 4-1. Rangkaian Pengujian Sensor Suhu

4.1.3. Pengukuran Rangkaian Sensor Suhu

Pada pengujian saat proses pemanasan bahan, suhu yang diinginkan adalah 50 - 100 °C, berikut ini merupakan tabel 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	60	595	1.15
3	70	709	1.24
4	80	819	1.52
5	90	905	1.75
6	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 V_o pada suhu 50 °C, dimana diketahui :

$$A = 2 \times$$

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

Maka,

$$\begin{aligned}V_o &= A \times V_{in} \\ &= 2 \times 500 \text{ mV} \\ &= 1000 \text{ mV} \\ &= 1 \text{ Volt}\end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran dapat dicari penguatannya 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 :

$$\begin{aligned}A &= \frac{V_o \text{ penguat}}{V_{in}} \\ A &= \frac{0.96}{0.51} \\ A &= 1.9 \text{ X}\end{aligned}$$

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

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Pada 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	60	595	1.15	600	1.20	2
3	70	709	1.34	700	1.40	2
4	80	819	1.52	800	1.60	2
5	90	905	1.75	900	1.80	2
6	100	985	1.95	1000	2.00	2

Dari tabel 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 relatif

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

V_o perhitungan = 500

V_o pengukuran = 510

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

$$= 2\%$$

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

V_o perhitungan = 1.00

V_o pengukuran = 0.96

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

$$= 4\%$$

Tabel 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	60	600	1.20	0.83	595	1.15	4.17
3	70	700	1.40	2.40	709	1.34	4.28
4	80	800	1.60	2.37	819	1.52	5
5	90	900	1.80	0.56	905	1.75	2.78
6	100	1000	2.00	1.5	985	1.95	2.5

$$\text{Error rata-rata} = \frac{\sum \text{error}}{x}$$

Dimana,

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

X = banyaknya *sample*

Error rata-rata pada output sensor suhu sebagai berikut:

$$\sum \text{error} = 9.66$$

$$X = 6$$

$$\begin{aligned} \text{Error rata-rata} &= \frac{9.66}{6} \\ &= 1.61\% \end{aligned}$$

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

$$\sum \text{error} = 22.73$$

$$X = 6$$

$$\begin{aligned} \text{Error rata-rata} &= \frac{22.73}{6} \\ &= 3.78\% \end{aligned}$$

4.2. Pengujian Sensor Infra merah

4.2.1. Tujuan pengujian Infra merah

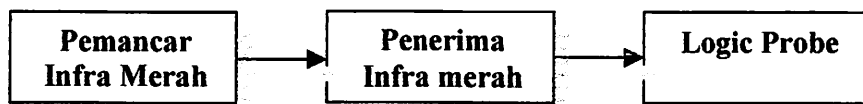
Untuk mengetahui apakah penerima infra merah tersebut dapat mendeteksi sinyal dari pemancar infra merah.

4.2.2. Langkah-langkah Pengujian Infra merah

Peralatan yang digunakan :

- Pemancar Infra merah
- Detektor infra merah
- *Logic Probe*.
- Catu daya 5 volt.

Prosedur pengujian



Gambar 4.2 Rangkaian Pengujian infra merah

- Merangkai peralatan yang digunakan sesuai Gambar 4.2.
- Memberikan catu daya 5 volt pada rangkaian infra merah dan *logic probe*.
- Mengaktifkan pemancar infra merah dan diarahkan ke penerima infra merah dengan jarak 10 cm dan sudut 0° .
- Mengamati keluaran *logic probe*.

4.2.3. Hasil Pengujian

Hasil pengujian infra merah ditunjukkan dalam Tabel 4.4. berikut ini :

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Infra merah

Jarak (cm)	Ada/Tidak Halangan	Keluar <i>Logic Probe</i>
10	Ada	<i>High</i>
10	Tidak	<i>Low</i>

4.2.4. Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian di atas, terlihat bahwa penerima infra merah tersebut mampu menerima sinyal infra merah.

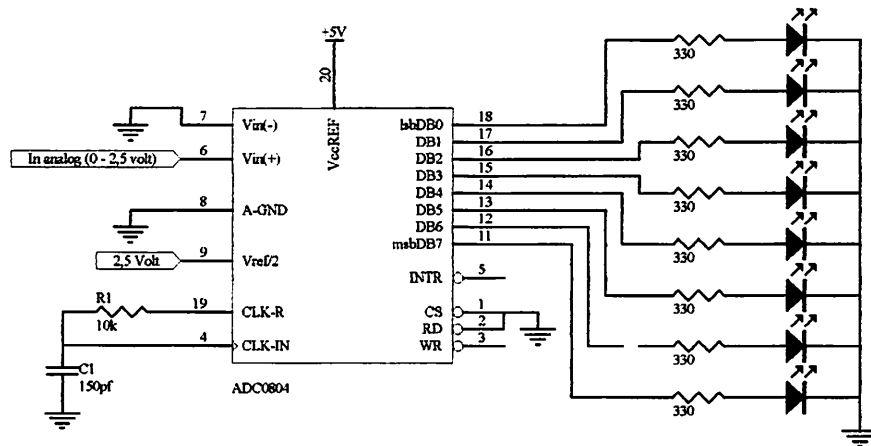
4.3. Pengujian Rangkaian ADC 0804

4.3.1. Tujuan Pengujian Rangkaian ADC 0804

Untuk mengetahui hasil konversi tegangan *analog* ke *digital*.

4.3.2. Langkah-langkah Pengujian Rangkaian ADC 0804

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar 4-3.
- Memberi catu daya 5 Volt pada rangkaian ADC.
- Memberi tegangan *analog* 0 – 5 Volt pada inputannya ADC .
- Mengamati nyala led 1 – 8.



Gambar 4-3. Rangkaian Pengujian ADC

4.3.3. Data hasil pengujian :

Setelah megamati percobaan didapat tabel sebagai berikut :

Tabel 4-5. Hasil pengujian rangkaian ADC

Tegangan Input	HASIL KONVERSI BINER							
	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
0,5	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON
1	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON
1,5	OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF
2,5	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON

4.3.4. Analisa Data Pengujian Rangkaian ADC 0804:

Dari data rangakaian dapat diketahui :

$$V_0 = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 255$$

$$= \frac{1}{5} \times 255$$

$$= 51 \text{ Dec} = 00110011 \text{ Bin}$$

Dari data hasil percobaan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa rangkaian ADC bekerja sesuai yang direncanakan.

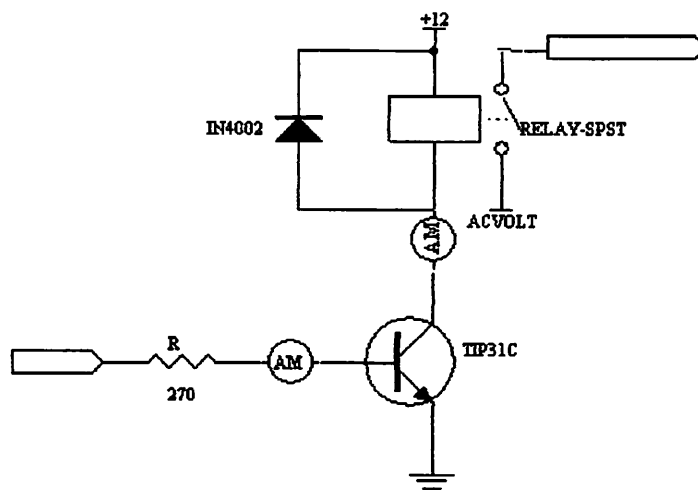
4.4. Pengujian Rangkaian *Driver Relay*

4.4.1. Tujuan Pengujian Rangkaian *Driver Relay*

Untuk mengetahui apakah rangkaian *driver relay* dapat berjalan dengan baik. Pengujian rangkaian *driver relay* dilakukan dengan mengukur arus pada kaki kolektor dan kaki basis transistor TIP31C.

4.4.2. Langkah-langkah Pengujian Rangkaian *Driver Relay*

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar 4-4.
- Menghubungkan rangkaian *driver relay* dengan catu daya untuk Vin 5volt dan 12Volt.
- Memasukkan hasil pengukuran pada table 4-7.



Gambar 4-4. Skema Rangkaian *Driver Relay*

4.4.3. Data Hasil Pengujian Rangkaian *Driver Relay*

Tabel 4-6. Perbandingan Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Rangkaian *Driver Relay*.

Hasil Perhitungan		Hasil Pengukuran		Error (%)		Ketelitian (%)	
Ib (mA)	Ic (mA)	Ib (mA)	Ic (mA)	Ib	Ic	Ib	Ic
1.52	38.5	1.58	38.2	0.039	0.77	99.96	99.23

4.4.4. Analisa Data Pengujian Rangkaian *Driver Relay*

Diketahui R relay = 130Ω

Hfe = 25 ; Vbe = 0.6 Volt

Vcc = 5 Volt ; Vin = 4.5 Volt

$$Ic = \frac{Vcc}{R_{relay}} = \frac{5Volt}{130\Omega} = 0.0385A$$

$$= 38,5 \text{ mA}$$

$$Ib = \frac{Ic}{Hfe} = \frac{0.038A}{25} = 0.00152A$$

$$= 1,52 \text{ mA}$$

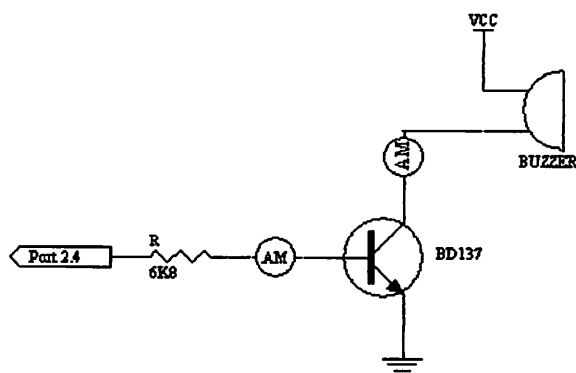
4.5. Pengujian Rangkaian *Driver Buzzer*

4.5.1. Tujuan Pengujian Rangkaian *Driver Buzzer*

Untuk mengetahui apakah rangkaian *driver buzzer* dapat berjalan dengan baik. Pengujian rangkaian *driver buzzer* dilakukan dengan mengukur arus pada kaki kolektor dan kaki basis transistor BD 137

4.5.2. Langkah-langkah Pengujian Rangkaian *Driver Buzzer*

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar 4-5.
- Menghubungkan rangkaian *driver buzzer* dengan catu daya untuk V_{in} 5 Volt.



Gambar 4-5. Skema Rangkaian Pengukuran *Driver Buzzer*

4.5.3. Data Hasil Pengujian Rangkaian *Driver Buzzer*

Tabel 4-7. Perbandingan Hasil Pengukuran Dan Hasil Perhitungan Rangkaian *Driver Buzzer*.

Hasil Perhitungan		Hasil Pengukuran		Error (%)		Ketelitian (%)	
Ib (mA)	Ic (mA)	Ib (mA)	Ic (mA)	Ib	Ic	Ib	Ic
0,69	27,8	0,65	27,2	5,80	2,16	94,2	97,84

4.5.4. Analisa Data

Diketahui :

$$R_{\text{buzzer}} = 180 \Omega$$

$$H_{fe} = 40 \quad ; \quad V_{be} = 0,6 \text{ Volt}$$

$$V_{cc} = 5 \text{ Volt} \quad ; \quad V_{in} = 5 \text{ Volt}$$

Nilai I_c dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_{buzzer}} = \frac{5\text{Volt}}{180\Omega}$$

$$= 27,8 \text{ mA}$$

Selanjutnya I_b dapat dihitung dengan rumus seperti dibawah:

$$I_b = \frac{I_c}{H_{fe}} = \frac{27,8 \times 10^{-3}}{40}$$

$$= 0,69 \text{ mA}$$

Dengan mengamati perbedaan hasil perhitungan dengan pengukuran. Terdapat simpangan atau *error* yang tidak terlalu jauh karena jenis bahan komponen dan ketelitian alat ukur yang digunakan. Sehingga dalam hal ini dapat ditarik kesimpulan rangkaian dapat bekerja sesuai perancangan.

4.6. Pengujian rangkaian *Keypad*

4.6.1. Tujuan

Untuk mengetahui apakah penekanan tiap-tiap tombol *keypad* akan menghasilkan keluaran bilangan *biner* yang berbeda-beda antar tombol.

4.6.2. Peralatan yang Dipakai

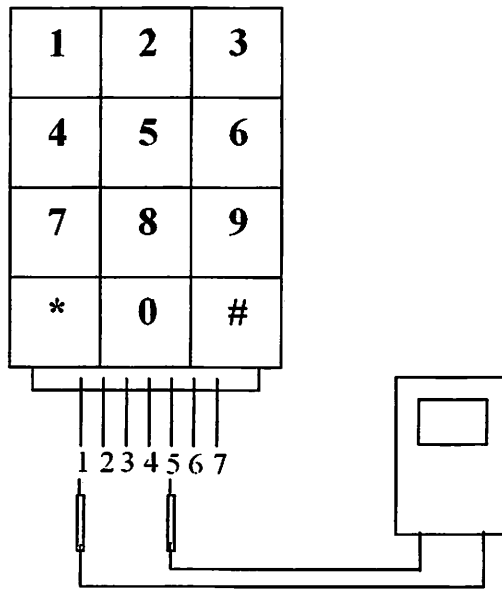
peralatan yang dipakai dalam pengujian rangkaian *keypad* ini adalah sebagai berikut:

- Catu daya =5 VDC.
- Rangkaian *keypad* dengan *keypad enkoder*.
- Multimeter *digital*.
- 5 buah led.

4.6.3. Langkah Pengujian

Langkah pengujian *keypad* adalah sebagai berikut:

- Menyusun rangkaian *keypad*.
- Menghubungkan keluaran data ke multimeter
- Menekan tombol tertentu dari *keypad* dan dilihat tampilan multimeter.



Gambar 4-6. Skema Rangkaian Pengujian *keypad*

4.6.4 Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa keluaran data dari *keypad* sesuai yang diharapkan. Hasil pengujian rangkaian dapat dilihat pada tabel 4-8.

Tabel 4-8. Hasil Pengujian *Keypad* 4 x 3

Tombol	Kaki						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	1	0	0
4	0	0	1	0	0	0	1
5	1	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	1	0	1
7	0	0	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0	0	0
*	0	0	1	1	0	0	0
#	0	0	0	1	1	0	0

Dari hasil pengujian pada saat tombol angka '1' ditekan yang terhubung adalah antara kolom dan baris. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4-8. Nilai '0' pada tabel baris dan kolom menunjukkan bahwa antara kolom dan baris tersebut terhubung sesuai dengan penekanan pada *keypad*.

4.7 Pengujian LCD

4.7.1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui apakah rangkaian LCD yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

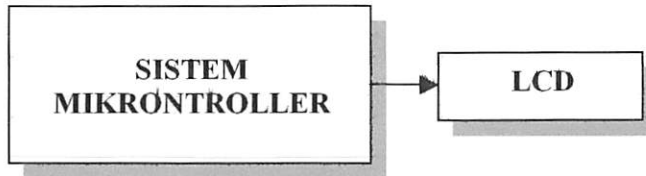
4.7.2. Peralatan Yang Digunakan

- Rangkaian LCD.
- Catu Daya.
- Minimum sistem.

4.7.3. Langkah Pengujian

- Merangkai rangkaian LCD seperti pada gambar 4-7.

- Menghubungkan dengan catu daya yang sesuai.
- Memprogram Mikrokontroler, kemudian menjalankannya.



Gambar 4-7. Rangkaian Pengujian LCD

4.7.4. Analisa Hasil Pengujian

Pada pengujian LCD yang digunakan yaitu LCD 16 karakter x 2 baris (*type M1632*). LCD modul ini digunakan sebagai *interface* dengan mikrokontroler dengan lebar data 8 bit yang tentunya melalui *software* yang telah diprogram.

Untuk pengiriman data ada dua macam yaitu data sebagai instruksi dan data sebagai karakter yang kita tampilkan dilayar. Keduanya dibedakan oleh sebuah kaki/pin yang diberi nama RS (*Register Select*) dimana bila logika = '1' (*high*) maka data yang diterima LCD adalah karakter sedangkan bila RS = '0' (*low*) maka data yang diterima LCD adalah data instruksi bagi LCD tersebut. Instruksi diperlukan yaitu antara lain untuk inisialisai LCD, meletakkan kursor pada baris kolom tertentu, hapus layar dan lain-lain sesuai dengan *data sheet*.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari data pengujian dan analisa pada alat, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari pengujian sensor suhu didapat kesalahan rata-rata 1.61 % dan untuk output Op Amp 3.78 %.
2. Dari pengujian sensor infra merah, disimpulkan bahwa inframerah akan *high* jika ada halangan dan akan *low* jika tidak ada halangan.
3. Pada pengujian rangkaian *driver relay* terdapat kesalahan yang kecil yakni 0.039 % untuk Ib dan 0.77 % untuk Ic dengan ketelitian 99.96% untuk Ib dan 99.23% untuk Ic.
4. Pada pengujian *driver buzzer* kesalahan 5.80% untuk Ib dan 2.16% untuk Ic dengan ketelitian 94.2% untuk Ib dan 97.84% untuk Ic
5. Seluruh rangkaian sensor dan rangkaian pendukung lainnya dikontrol oleh sebuah mikrokontroler AT 89S51 dan setelah dilakukan percobaan, maka disimpulkan sistem dapat berjalan sesuai perencanaan.

5.2. Saran-saran

Alat yang direncanakan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk memperoleh hasil yang sempurna pada aplikasi sebenarnya. Untuk pengembangan lebih lanjut disarankan:

1. Menggunakan *heater* dengan daya yang lebih tinggi agar suhu lebih cepat tercapai.
2. Agar dapat digunakan untuk melebur bahan plastik yang titik lelehnya pada suhu tinggi sebaiknya digunakan sensor *thermocouple* dan digunakan tabung pemanas dari bahan anti lengket.
3. Tabung pemanas jangan terlalu pendek agar panas yang dihasilkan bisa lebih terpenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ATMEL, "*data sheet microcontroller AT89s51*".
- [2] Andi Nalwan, Paulus, "*Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89S51*", PT, Gramedia, Jakarta.
- [3] Eko Putra, Agfianto, "*Belajar Mikrokontroler AT89S51/52/55*", Gava Media, Yogyakarta.
- [4] Roger L. Token, "*Elektronika Digital*", 1995
- [5] National semikonduktor, "*data sheet*".
- [6] Seico Intrument, "*data sheet LCD M1632*".



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
JL. BENDUNGAN SIGURA-GURA 2
MALANG

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

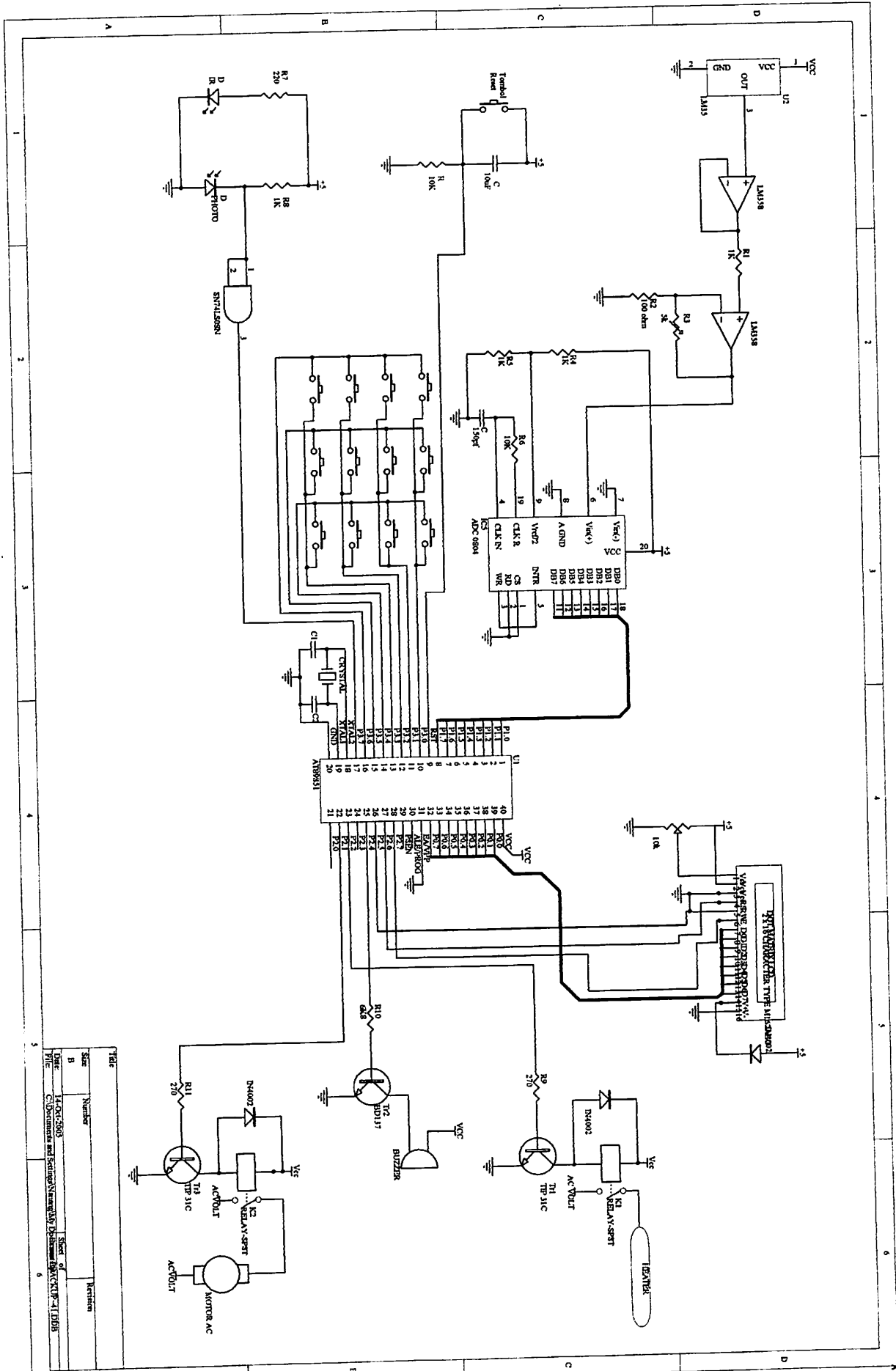
Nama : Nanang Sugiharto
Nim : 9917192
Masa Bimbingan : 12-Feb-2005 s/d 15-Aug-2005
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Otomatisasi Pada Peleburan Plastik Menggunakan Mikrokontroller AT89S51.

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	23 Mei 2005	Konsultasi Bab I – Bab V	
2	9 Juni 2005	Revisi Bab I tentang rumusan masalah dan batasan masalah	
3	7 Juni 2005	Revisi sistematika penulisan tentang penomoran halaman, tabel dan beri huruf miring pada kata-kata dari bahasa asing	
4	10 Juli 2005	Revisi Bab III tentang flowchart, pertebal garis dan tulisan	
5	10 Juli 2005	Revisi Bab IV tentang hasil kalibrasi dan pengujian alat keseluruhan serta revisi kesimpulan dan daftar pustaka	
6	5 Aug 2005	Konsultasi makalah seminar hasil	
7	5 Aug 2005	ACC Bab I – Bab V	
8	8 Aug 2005	ACC makalah seminar hasil	
9	12 Aug 2005	Ujian Kompre	

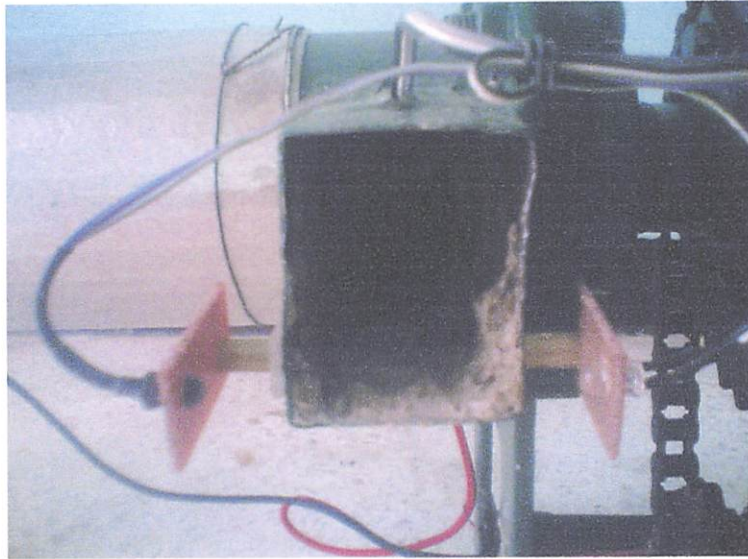
Malang, September 2005
Dosen Pembimbing

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

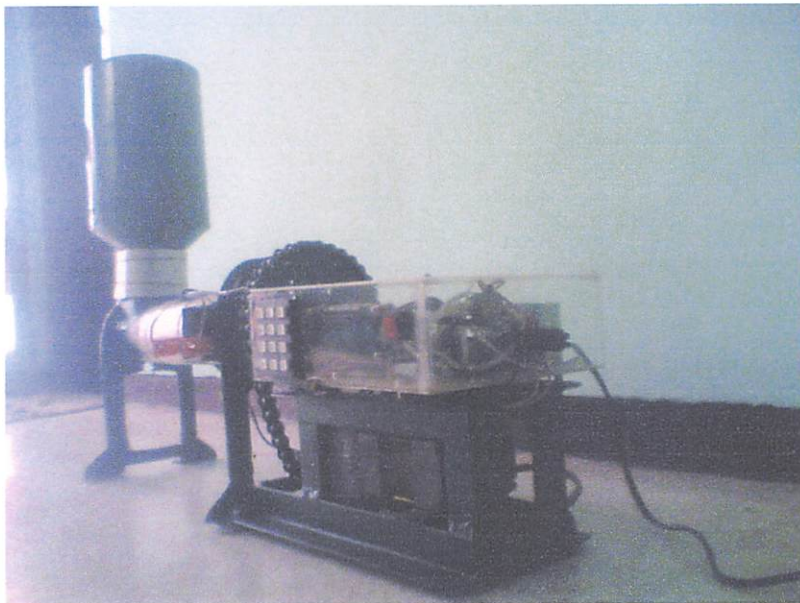
Form. S-4a



Title	Number	Revision
B	14-081-3603	1
Date	C:\Documents and Settings\yngw\My Documents	
File	16C58KITUP-21.DDB	



SENSOR INFRAMERAH DAN SENSOR SUHU



TAMPAK SAMPING

LAMPIDAN

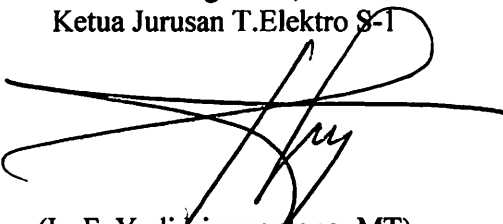


**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI T.ELEKTRONIKA**

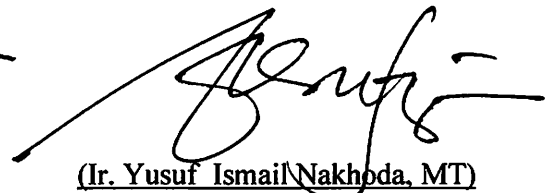
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : Nanang Sugiharto
2. Nim : 99.17.192
3. Jurusan : T. Elektro S-1
4. Konsentrasi : T. Elektronika
5. Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Otomatisasi
Pada Peleburan Plastik Menggunakan
Mikrokontroller AT89S51
6. Tanggal Pengajuan Skripsi : 12 Februari 2005
7. Selesai Pengajuan Skripsi : 15 Agustus 2005
8. Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
9. Dievaluasi Dengan Nilai : 88 (A) *h*

Mengetahui,
Ketua Jurusan T.Elektro S-1


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

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing


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



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI T.ELEKTRONIKA**

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Nanang Sugiharto
Nim : 99.17. 192
Masa Bimbingan : 12 Februari 2005 - 15 Agustus 2005
Judul : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Otomatisai Pada
Peleburan Plastik menggunakan Mikrokontroller
AT89S51

No	Tanggal	Meteri Perbaikan	Paraf Penguji
1.	13 - 10 - 2005	- Perbaiki Gambar Flowchart - Perbaiki Blok diagram - Perbaiki skematik	

Disetujui :

Penguji I

(Ir. Mimien Mustikawati)
NIP.P 1030000352

Penguji II

(Muhammad Ashar ST,MT)

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

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

DOS 7.0 (038-N) MCS-51 MACRO ASSEMBLER, V2.2
OBJECT MODULE PLACED IN PLASTIK.OBJ
ASSEMBLER INVOKED BY: C:\HB2000\ASM51.EXE PLASTIK.H51

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
		1	;=====
		2	; Listing Program
		3	; Device : Alat Pelebur Plastik
		4	; Target : Mikrokontroler AT89S51
		5	; Oleh :
		6	; Nama : Nanang Sugiharto
		7	; NIM : 99.17.192
		8	;Jurusan : T. Elektro/Elektronika
		9	;Institut Teknologi Nasional Malang
		10	;Tahun 2005
		11	;=====
		12	;
0000		13	org 00h
0000	020169	14	ljmp MULAI
		15	;
		16	;-----
		17	; Inisialisasi port & RAM
		18	;-----
0080		19	LCD equ P0
0090		20	ADC equ P1
00B0		21	KEY equ P3
00A6		22	RS bit P2.6
00A7		23	ENABLE bit P2.7
00A4		24	BUZZER bit P2.4
00A0		25	M1 bit P2.0
00A1		26	M2 bit P2.1
00A2		27	HEAT bit p2.2
00A5		28	TULIS bit P2.5
00B7		29	OPTO bit P3.7
002A		30	BUFFER equ 2Ah
002C		31	D_SUHU equ 2Ch
		32	;
		33	;-----
		34	; delay u/ tampilan
		35	;-----
0003	7D0A	36	DELAY: mov R5,#0Ah
0005	7EAF	37	DEL1: mov R6,#0AFh
0007	DEFE	38	DEL2: djnz R6,DEL2
0009	DDFA	39	djnz R5,DEL1
000B	22	40	ret
		41	;
		42	;-----
		43	; delay panjang
		44	;-----
000C	7D00	45	LDELAY: mov R5,#0
000E	7E00	46	LDEL1: mov R6,#0
0010	DEFE	47	LDEL2: djnz R6,LDEL2
0012	DDFA	48	djnz R5,LDEL1
0014	22	49	ret
		50	;

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
		51	;-----
		52	; inisialisasi LCD
		53	;-----
		54	INIT_LCD:
0015	C0E0	55	push ACC
0017	C0D0	56	push PSW
0019	C083	57	push DPH
001B	C082	58	push DPL
001D	C2A6	59	clr RS
001F	75803F	60	mov LCD,#3Fh
0022	113F	61	acall SEND
0024	75800D	62	mov LCD,#0Dh
0027	113F	63	acall SEND
0029	758006	64	mov LCD,#06h
002C	12003F	65	call SEND
002F	758001	66	mov LCD,#01h
0032	113F	67	acall SEND
0034	D2A6	68	setb RS
0036	D082	69	pop DPL
0038	D083	70	pop DPH
003A	D0D0	71	pop PSW
003C	D0E0	72	pop ACC
003E	22	73	ret
		74	;
		75	;-----
		76	; sinyal enable LCD
		77	;-----
003F	C2A7	78	SEND: clr ENABLE
0041	1103	79	acall DELAY
0043	D2A7	80	setb ENABLE
0045	22	81	ret
		82	;
		83	;-----
		84	; membersihkan tampilan
		85	;-----
0046	C0E0	86	CLEAR: push ACC
0048	C2A6	87	clr RS
004A	758001	88	mov LCD,#01h
004D	113F	89	acall SEND
004F	D2A6	90	setb RS
0051	D0E0	91	pop ACC
0053	22	92	ret
		93	;
		94	;-----
		95	; ke awal baris
		96	;-----
0054	C0E0	97	HOME: push ACC
0056	C2A6	98	clr RS
0058	758080	99	mov LCD,#80h
005B	113F	100	acall SEND
005D	D2A6	101	setb RS
005F	D0E0	102	pop ACC
0061	22	103	ret
		104	;
		105	;-----

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
		106	; ganti baris
		107	-----
0062	C0E0	108	GANTI: push ACC
0064	C2A6	109	clr RS
0066	7580C0	110	mov LCD,#0C0h
0069	113F	111	acall SEND
006B	D2A6	112	setb RS
006D	D0E0	113	pop ACC
006F	22	114	ret
		115	;
		116	-----
		117	; penulisan string panjang
		118	-----
0070	C0E0	119	STRING: push ACC
0072	C0D0	120	push PSW
0074	7C10	121	mov R4,#16
0076	D2A6	122	setb RS
0078	E4	123	AWAL: clr A
0079	93	124	movc A,@A+dptr
007A	A3	125	inc dptr
007B	F580	126	mov LCD,A
007D	113F	127	acall SEND
007F	DCF7	128	djnz R4,AWAL
0081	110C	129	acall LDELAY
0083	110C	130	acall LDELAY
0085	110C	131	acall LDELAY
0087	D0D0	132	pop PSW
0089	D0E0	133	pop ACC
008B	22	134	ret
		135	;
		136	-----
		137	; penulisan string pendek
		138	-----
		139	STRING2:
008C	C0E0	140	push ACC
008E	C0D0	141	push PSW
0090	7C09	142	mov R4,#9
0092	D2A6	143	setb RS
0094	E4	144	AWAL2: clr A
0095	93	145	movc A,@A+dptr
0096	A3	146	inc dptr
0097	F580	147	mov LCD,A
0099	113F	148	acall SEND
009B	DCF7	149	djnz R4,AWAL2
009D	110C	150	acall LDELAY
009F	D0D0	151	pop PSW
00A1	D0E0	152	pop ACC
00A3	22	153	ret
		154	;
		155	-----
		156	; Pengukuran suhu
		157	-----
00A4	E4	158	UKUR: clr A
00A5	C2A5	159	clr TULIS
00A7	D2A5	160	setb TULIS

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
00A9	1103	161	acall DELAY
00AB	E590	162	mov A,ADC
00AD	F52C	163	mov D_SUHU,A
00AF	22	164	ret
		165	;
		166	;-----
		167	; konversi data suhu ke BCD
		168	;-----
00B0	C0E0	169	BCD: push ACC
00B2	C083	170	push DPH
00B4	C082	171	push DPL
00B6	7800	172	mov R0,#0
00B8	7900	173	mov R1,#0
00BA	7A00	174	mov R2,#0
00BC	EB	175	JML: mov A,R3
00BD	6012	176	jz END_JML
00BF	1B	177	dec R3
00C0	0A	178	inc R2
00C1	EA	179	mov A,R2
00C2	B40AF7	180	cjne A,#0Ah,JML
00C5	7A00	181	mov R2,#0
00C7	09	182	inc R1
00C8	E9	183	mov A,R1
00C9	B40AF0	184	cjne A,#0Ah,JML
00CC	7900	185	mov R1,#0
00CE	08	186	inc R0
00CF	80EB	187	sjmp JML
		188	END_JML:
00D1	D082	189	pop DPL
00D3	D083	190	pop DPH
00D5	D0E0	191	pop ACC
00D7	22	192	ret
		193	;
		194	;-----
		195	; menampilkan data suhu
		196	;-----
00D8	C0E0	197	TAMPIL: push ACC
00DA	C083	198	push DPH
00DC	C082	199	push DPL
00DE	1162	200	acall GANTI
00E0	9002DE	201	mov dptr,#SUHU
00E3	118C	202	acall STRING2
00E5	E8	203	mov A,R0
00E6	4430	204	orl A,#30h
00E8	F580	205	mov LCD,A
00EA	113F	206	acall SEND
00EC	E9	207	mov A,R1
00ED	4430	208	orl A,#30h
00EF	F580	209	mov LCD,A
00F1	113F	210	acall SEND
00F3	EA	211	mov A,R2
00F4	4430	212	orl A,#30h
00F6	F580	213	mov LCD,A
00F8	113F	214	acall SEND
00FA	758020	215	mov LCD,#20h

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
00FD	113F	216	acall SEND
00FF	7580DF	217	mov LCD,#0DFh
0102	113F	218	acall SEND
0104	758043	219	mov LCD,#43h
0107	113F	220	acall SEND
0109	D082	221	pop DPL
010B	D083	222	pop DPH
010D	D0E0	223	pop ACC
010F	22	224	ret
		225	;
		226	;-----
		227	; menampilkan data setting
		228	;-----
		229	TAMPIL1:
0110	C0E0	230	push ACC
0112	C083	231	push DPH
0114	C082	232	push DPL
0116	1154	233	acall HOME
0118	9002E7	234	mov dptr,#SETT
011B	118C	235	acall STRING2
011D	E8	236	mov A,R0
011E	4430	237	orl A,#30h
0120	F580	238	mov LCD,A
0122	113F	239	acall SEND
0124	E9	240	mov A,R1
0125	4430	241	orl A,#30h
0127	F580	242	mov LCD,A
0129	113F	243	acall SEND
012B	EA	244	mov A,R2
012C	4430	245	orl A,#30h
012E	F580	246	mov LCD,A
0130	113F	247	acall SEND
0132	758020	248	mov LCD,#20h
0135	113F	249	acall SEND
0137	7580DF	250	mov LCD,#0DFh
013A	113F	251	acall SEND
013C	758043	252	mov LCD,#43h
013F	113F	253	acall SEND
0141	D082	254	pop DPL
0143	D083	255	pop DPH
0145	D0E0	256	pop ACC
0147	22	257	ret
		258	;
		259	;-----
		260	; membandingkan suhu
		261	;-----
0148	C0E0	262	TETAP: push ACC
014A	E4	263	clr A
014B	C3	264	clr C
014C	E52C	265	mov A,D_SUHU
014E	952A	266	subb A,BUFER
0150	5005	267	jnc HEAT_OFF
0152	D2A2	268	setb HEAT
0154	D0E0	269	pop ACC
0156	22	270	ret

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
		271	HEAT_OFF:
0157	C3	272	clr C
0158	E52C	273	mov A,D_SUHU
015A	AC2A	274	mov R4,BUFER
015C	0C	275	inc R4
015D	0C	276	inc R4
015E	9C	277	subb A,R4
015F	5003	278	jnc HEAT_ON
0161	DOE0	279	pop ACC
0163	22	280	ret
		281	HEAT_ON:
0164	C2A2	282	clr HEAT
0166	DOE0	283	pop ACC
0168	22	284	ret
		285	;
		286	;-----
		287	; Program utama
		288	;-----
0169	E4	289	MULAI: clr A
016A	C2A4	290	clr BUZZER
016C	C2A0	291	clr M1
016E	C2A1	292	clr M2
0170	C2A2	293	clr HEAT
0172	7580FF	294	mov LCD,#0FFh
0175	D2A7	295	setb ENABLE
0177	D2A6	296	setb RS
0179	D2A5	297	setb TULIS
017B	752A00	298	mov BUFER,#0
017E	110C	299	acall LDELAY
		300	;-----
		301	; menampilkan judul
		302	;-----
		303	acall INIT_LCD
0180	1115	304	PROSES: mov R7,#4
0182	7F04	305	mov dptr,#JUDUL
0184	90025E	306	NEXT: acall HOME
0187	1154	307	acall STRING
0189	1170	308	acall DELAY
018B	1103	309	acall GANTI
018D	1162	310	acall STRING
018F	1170	311	acall LDELAY
0191	110C	312	acall LDELAY
0193	110C	313	acall LDELAY
0195	DFF0	314	djnz R7,NEXT
0197	110C	315	acall LDELAY
0199	110C	316	acall LDELAY
		317	;
		318	;-----
		319	; Proses menampilkan menu
		320	;-----
019B	D2A0	321	setb M1
019D	C2A1	322	clr M2
019F	E4	323	PILIH: clr A
01A0	1146	324	acall CLEAR
01A2	9002F0	325	mov dptr,#MENU
01A5	1170		acall STRING

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
01A7	1162	326	acall GANTI
01A9	1170	327	acall STRING
01AB	1103	328	acall DELAY
		329	;
		330	;-----
		331	; menunggu data masuk
		332	;-----
01AD	75B0FD	333	TUNGGU: mov KEY, #0FDh
01B0	20B205	334	jb P3.2, TEMP2
01B3	752A3C	335	mov BUFER, #60
01B6	802C	336	sjmp OKEY
01B8	20B005	337	TEMP2: jb P3.0, TEMP3
01BB	752A46	338	mov BUFER, #70
01BE	8024	339	sjmp OKEY
01C0	20B405	340	TEMP3: jb P3.4, TEMP4
01C3	752A50	341	mov BUFER, #80
01C6	801C	342	sjmp OKEY
01C8	75B0BF	343	TEMP4: mov KEY, #0BFh
01CB	20B205	344	jb P3.2, TEMP5
01CE	752A5A	345	mov BUFER, #90
01D1	8011	346	sjmp OKEY
01D3	20B005	347	TEMP5: jb P3.0, TEMP6
01D6	752A64	348	mov BUFER, #100
01D9	8009	349	sjmp OKEY
01DB	75B0F7	350	TEMP6: mov KEY, #0F7h
01DE	20B0CC	351	jb P3.0, TUNGGU
01E1	752A28	352	mov BUFER, #40
01E4	1146	353	OKEY: acall CLEAR
01E6	E52A	354	mov A, BUFER
01E8	FB	355	mov R3, A
01E9	11B0	356	acall BCD
01EB	3110	357	acall TAMPIL1
01ED	1162	358	acall GANTI
01EF	900310	359	mov dptr, #MENU1
01F2	1170	360	acall STRING
01F4	75B0F7	361	OKE: mov KEY, #0F7h
01F7	20B402	362	jb P3.4, ESC
01FA	8008	363	sjmp GO
01FC	20B2F5	364	ESC: jb P3.2, OKE
01FF	752A00	365	mov BUFER, #0
0202	219F	366	ajmp PILIH
		367	;-----
		368	; Proses pemanasan
		369	;-----
0204	D2A2	370	GO: setb HEAT
0206	1146	371	acall CLEAR
0208	900320	372	mov dptr, #MENU2
020B	1170	373	acall STRING
020D	11A4	374	PANAS: acall UKUR
020F	E52C	375	mov A, D_SUHU
0211	FB	376	mov R3, A
0212	11B0	377	acall BCD
0214	11D8	378	acall TAMPIL
0216	E4	379	clr A
0217	C3	380	clr C

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
0218	E52C	381	mov A, D_SUHU
021A	952A	382	subb A, BUFER
021C	40EF	383	jc PANAS
		384	;-----
		385	; Kran membuka
		386	;-----
021E	C2A0	387	clr M1
0220	D2A1	388	setb M2
0222	1146	389	acall CLEAR
0224	900330	390	mov dptr, #MENU3
0227	1170	391	acall STRING
0229	7F0F	392	mov R7, #15
022B	110C	393	SESAAT: acall LDELAY
022D	DFFC	394	djnz R7, SESAAT
022F	11A4	395	DINGIN: acall UKUR
0231	E52C	396	mov A, D_SUHU
0233	FB	397	mov R3, A
0234	11B0	398	acall BCD
0236	11D8	399	acall TAMPIL
0238	3148	400	acall TETAP
023A	30B7F2	401	jnb OPTO, DINGIN
		402	;-----
		403	; Proses selesai
		404	;-----
023D	C2A2	405	clr HEAT
023F	D2A0	406	setb M1
0241	C2A1	407	clr M2
0243	D2A4	408	setb BUZZER
0245	1146	409	acall CLEAR
0247	900340	410	mov dptr, #MENU4
024A	1170	411	acall STRING
024C	1162	412	acall GANTI
024E	1170	413	acall STRING
0250	75B0F7	414	mov KEY, #0F7h
0253	20B4FD	415	BY: jb P3.4, BY
0256	C2A4	416	clr BUZZER
0258	C2A0	417	clr M1
025A	C2A2	418	clr HEAT
025C	219F	419	ajmp PILIH
		420	;
		421	;-----
		422	; Data dan informasi
		423	;-----
025E	2020414C	424	JUDUL: DB ' ALAT PELEBUR '
0262	41542050		
0266	454C4542		
026A	55522020		
026E	504C4153	425	DB 'PLASTIK BERBASIS'
0272	54494B20		
0276	42455242		
027A	41534953		
027E	20202020	426	DB ' AT89S51 '
0282	41543839		
0286	53353120		
028A	20202020		

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
028E	202D2D20	427	DB ' -- OLEH -- '
0292	204F4C45		
0296	4820202D		
029A	2D202020		
029E	4E414E41	428	DB 'NANANG SUGIHARTO'
02A2	4E472053		
02A6	55474948		
02AA	4152544F		
02AE	20202020	429	DB ' 99.17.192 '
02B2	39392E31		
02B6	372E3139		
02BA	32202020		
02BE	542E2045	430	DB 'T. ELEKTRONIKA '
02C2	4C454B54		
02C6	524F4E49		
02CA	4B412020		
02CE	49544E20	431	DB 'ITN MALANG /2005'
02D2	4D414C41		
02D6	4E47202F		
02DA	32303035		
02DE	53554855	432	SUHU: DB 'SUHU : '
02E2	2020203A		
02E6	20		
02E7	53455449	433	SETT: DB 'SETTING : '
02EB	4E47203A		
02EF	20		
02F0	313D3630	434	MENU: DB '1=60 2=70 3=80 '
02F4	20323D37		
02F8	3020333D		
02FC	38302020		
0300	343D3930	435	DB '4=90 5=100 0=40 '
0304	20353D31		
0308	30302030		
030C	3D343020		
0310	282A293A	436	MENU1: DB ' (*):ESC (#):ENT'
0314	45534320		
0318	20282329		
031C	3A454E54		
0320	53494C41	437	MENU2: DB 'SILAHKAN TUNGGU '
0324	484B414E		
0328	2054554E		
032C	47475520		
0330	20204B52	438	MENU3: DB ' KRAN MEMBUKA '
0334	414E204D		
0338	454D4255		
033C	4B412020		
0340	50524F53	439	MENU4: DB 'PROSES SELESAI '
0344	45532053		
0348	454C4553		
034C	41492020		
0350	54454B41	440	DB 'TEKAN ENTER (#) '
0354	4E20454E		
0358	54455220		
035C	28232920		
		441	;

LOC	OBJ	LINE	SOURCE
		442	End

SYMBOL TABLE LISTING

N A M E	T Y P E	V A L U E	A T T R I B U T E S
ACC. . . .	D ADDR	00E0H	A
ADC. . . .	D ADDR	0090H	A
AWAL . . .	C ADDR	0078H	A
AWAL2. . .	C ADDR	0094H	A
BCD. . . .	C ADDR	00B0H	A
BUFER. . .	NUMB	002AH	A
BUZZER . .	B ADDR	00A0H.4	A
BY	C ADDR	0253H	A
CLEAR. . .	C ADDR	0046H	A
D_SUHU . .	NUMB	002CH	A
DEL1 . . .	C ADDR	0005H	A
DEL2 . . .	C ADDR	0007H	A
DELAY. . .	C ADDR	0003H	A
DINGIN . .	C ADDR	022FH	A
DPH. . . .	D ADDR	0083H	A
DPL. . . .	D ADDR	0082H	A
ENABLE . .	B ADDR	00A0H.7	A
END_JML. .	C ADDR	00D1H	A
ESC. . . .	C ADDR	01FCH	A
GANTI. . .	C ADDR	0062H	A
GO	C ADDR	0204H	A
HEAT_OFF .	C ADDR	0157H	A
HEAT_ON. .	C ADDR	0164H	A
HEAT . . .	B ADDR	00A0H.2	A
HOME . . .	C ADDR	0054H	A
INIT_LCD .	C ADDR	0015H	A
JML. . . .	C ADDR	00BCH	A
JUDUL. . .	C ADDR	025EH	A
KEY. . . .	D ADDR	00B0H	A
LCD. . . .	D ADDR	0080H	A
LDEL1. . .	C ADDR	000EH	A
LDEL2. . .	C ADDR	0010H	A
LDELAY . .	C ADDR	000CH	A
M1	B ADDR	00A0H.0	A
M2	B ADDR	00A0H.1	A
MENU . . .	C ADDR	02F0H	A
MENU1. . .	C ADDR	0310H	A
MENU2. . .	C ADDR	0320H	A
MENU3. . .	C ADDR	0330H	A
MENU4. . .	C ADDR	0340H	A
MULAI. . .	C ADDR	0169H	A
NEXT . . .	C ADDR	0187H	A
OKE. . . .	C ADDR	01F4H	A
OKEY . . .	C ADDR	01E4H	A
OPTO . . .	B ADDR	00B0H.7	A
P0	D ADDR	0080H	A
P1	D ADDR	0090H	A
P2	D ADDR	00A0H	A
P3	D ADDR	00B0H	A
PANAS. . .	C ADDR	020DH	A
PILIH. . .	C ADDR	019FH	A

N A M E	T Y P E	V A L U E	A T T R I B U T E S
PROSES . . .	C ADDR	0182H	A
PSW. . . .	D ADDR	00D0H	A
RS	B ADDR	00A0H.6	A
SEND . . .	C ADDR	003FH	A
SESAAT . . .	C ADDR	022BH	A
SETT . . .	C ADDR	02E7H	A
STRING . . .	C ADDR	0070H	A
STRING2. . .	C ADDR	008CH	A
SUHU . . .	C ADDR	02DEH	A
TAMPIL . . .	C ADDR	00D8H	A
TAMPIL1. . .	C ADDR	0110H	A
TEMP2. . .	C ADDR	01B8H	A
TEMP3. . .	C ADDR	01C0H	A
TEMP4. . .	C ADDR	01C8H	A
TEMP5. . .	C ADDR	01D3H	A
TEMP6. . .	C ADDR	01DBH	A
TETAP. . .	C ADDR	0148H	A
TULIS. . .	B ADDR	00A0H.5	A
TUNGGU . . .	C ADDR	01ADH	A
UKUR . . .	C ADDR	00A4H	A

REGISTER BANK(S) USED: 0

ASSEMBLY COMPLETE, NO ERRORS FOUND

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 lock 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

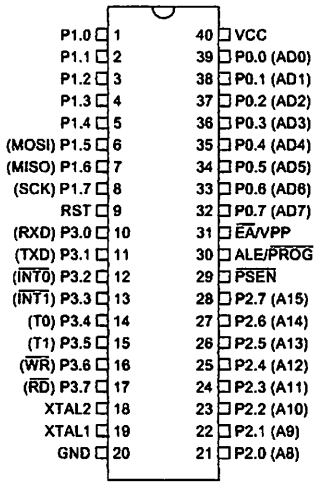
Rev. 2487A-10/01



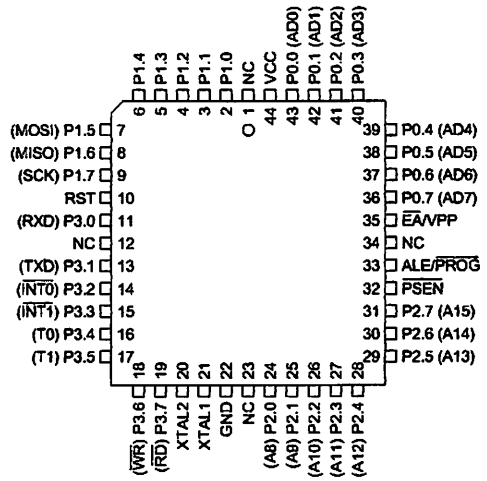


Pin Configurations

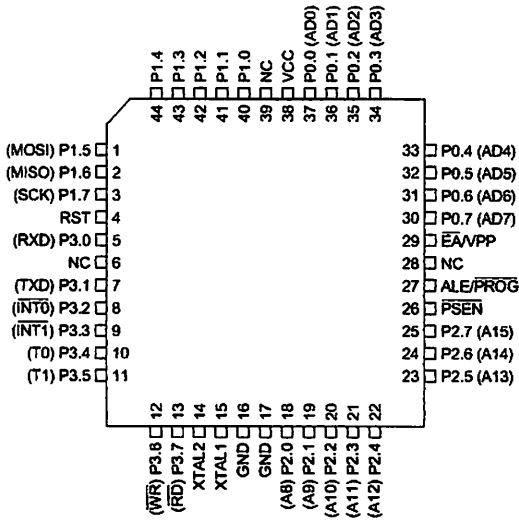
PDIP



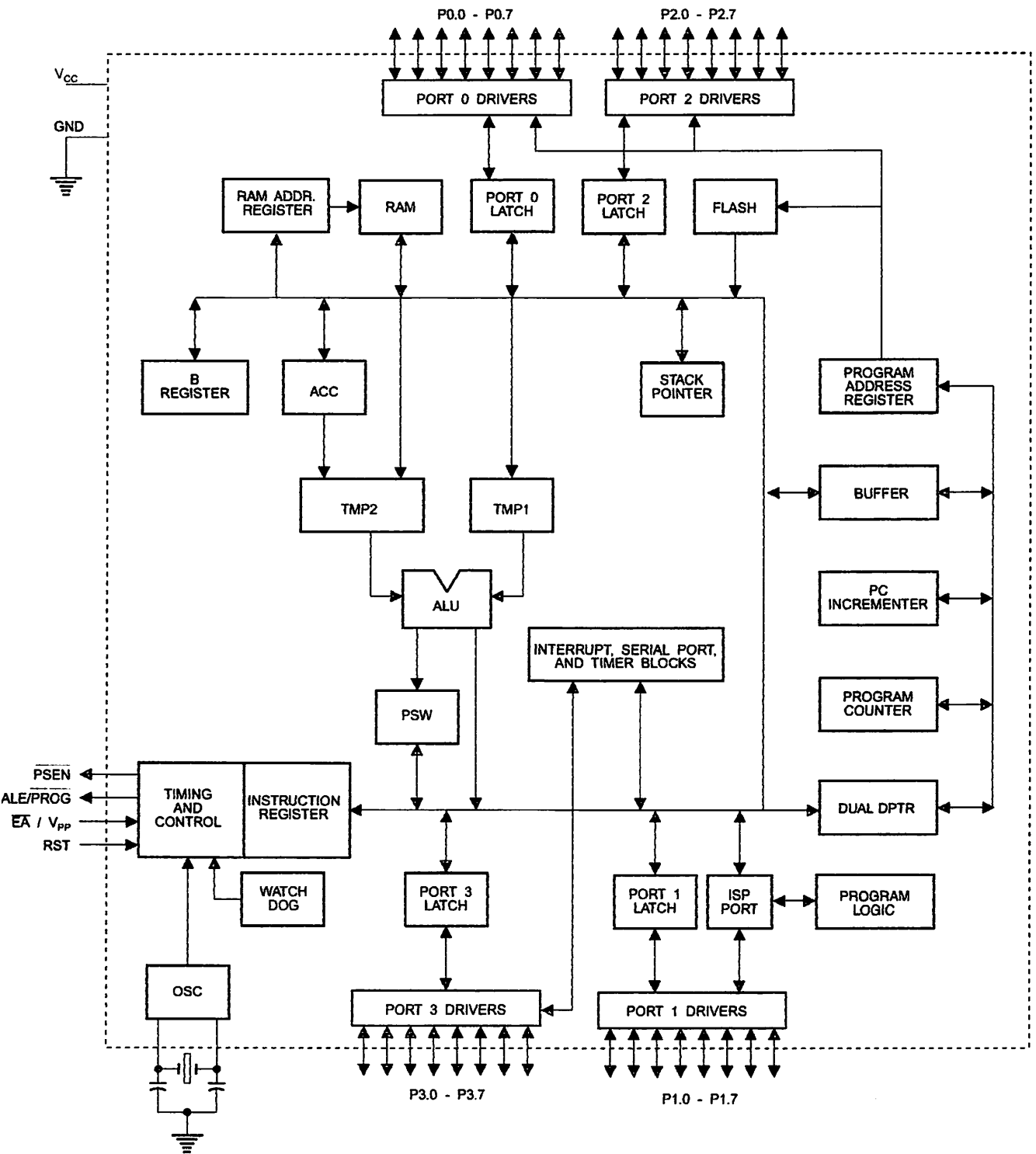
PLCC



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.

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)

ST

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 (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.

SEN

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.

TAL1

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

TAL2

Output from the inverting oscillator amplifier





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 XXXXXXXXX	0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	87H

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.





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								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	DPS
	-	-	-	-	-	-	-	0
								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 98xTOSC, 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



Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

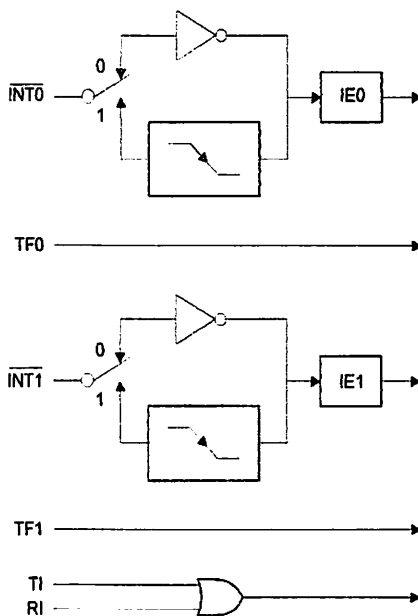
(MSB)				(LSB)			
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

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.

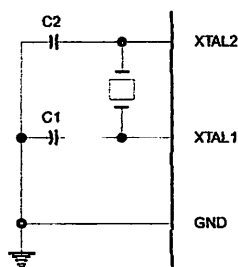
Figure 1. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

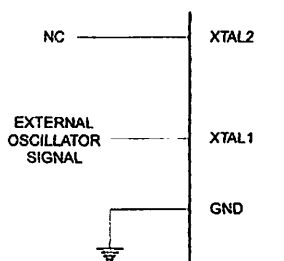
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected 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 INT0 or 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

**Program
Memory Lock
bits**

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	MOVC 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.

**Programming
the Flash –
Parallel Mode**

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 $\text{ALE}/\overline{\text{PROG}}$ 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.

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the $\overline{\text{RDY}}/\overline{\text{BSY}}$ 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/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.





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		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		12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L		12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L		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		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	06H	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.

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

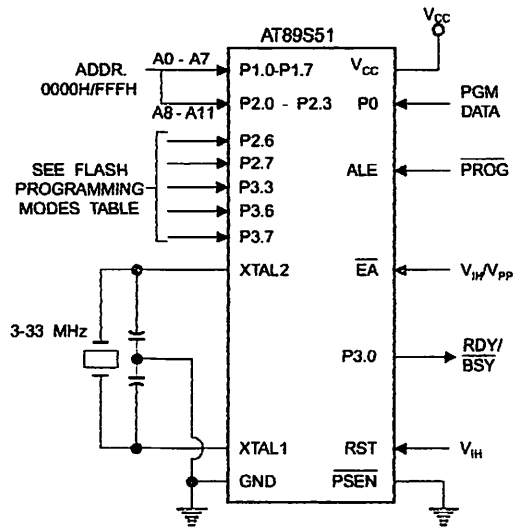
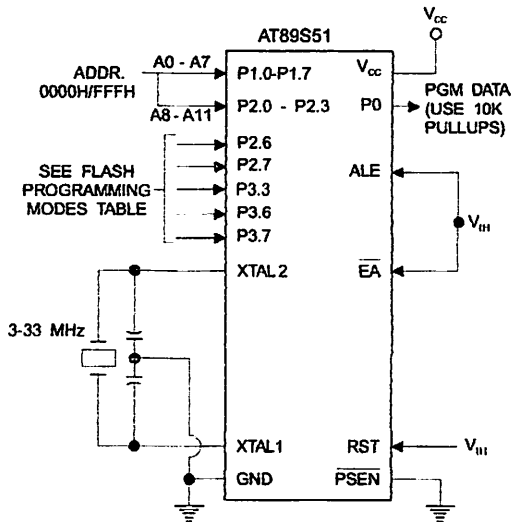


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

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

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
f_{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_{ENSH}	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

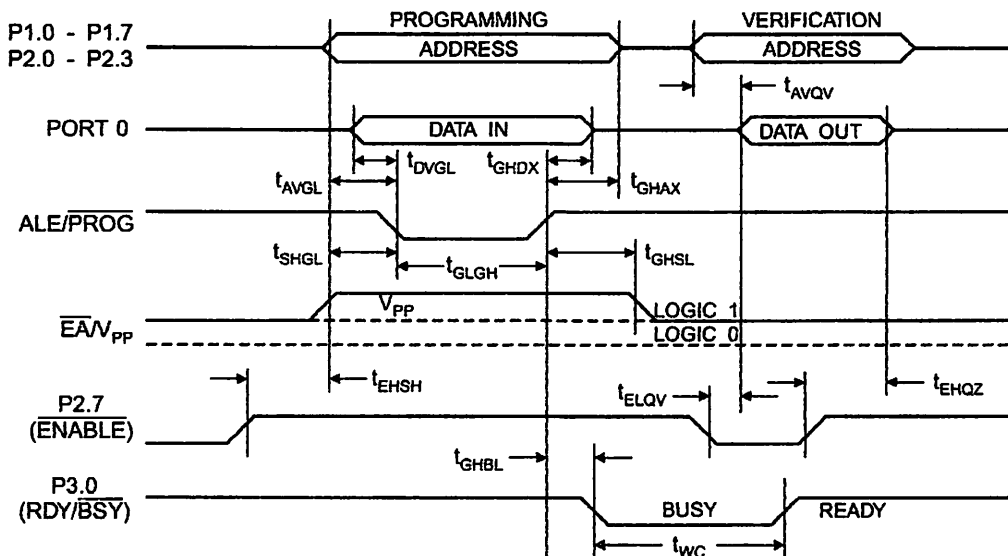
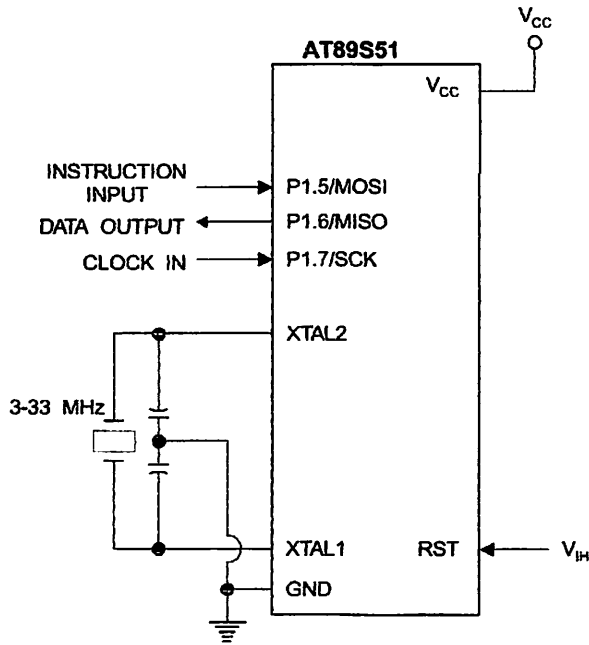


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms

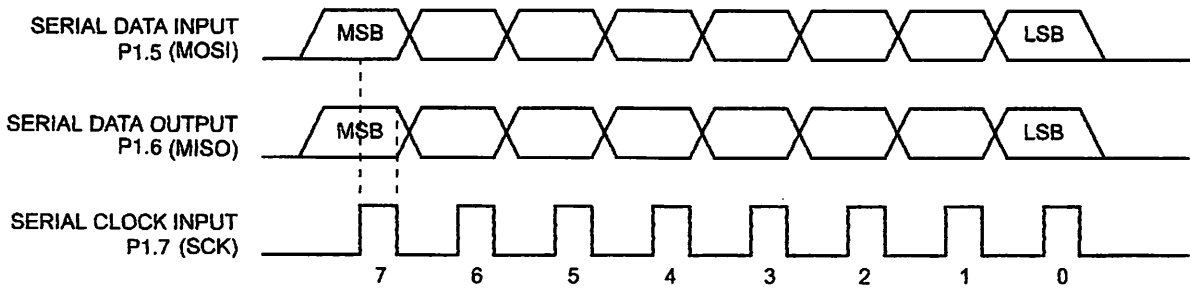




Table 8. Serial Programming Instruction Set

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 LB3 LB2 LB1 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:
- The signature bytes are not readable in Lock Bit Modes 3 and 4.
 - | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 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 | } | <p>Each of the lock bits needs to be activated sequentially before Mode 4 can be executed.</p> |
|--|---|--|

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.

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

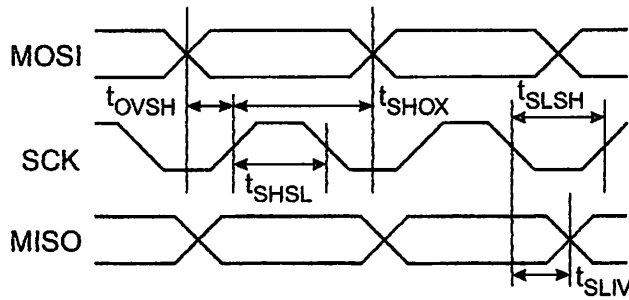


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

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



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.

C 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, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	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_L	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_{IL}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
R_{RST}	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

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.

AT89S51

C Characteristics

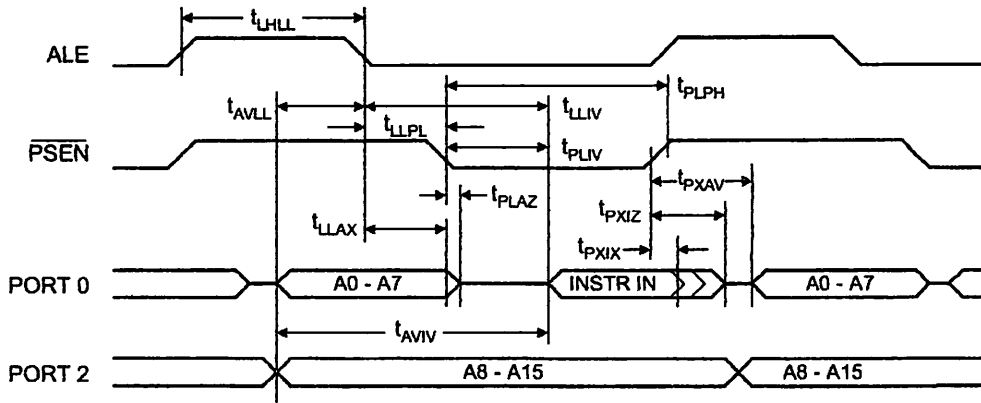
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

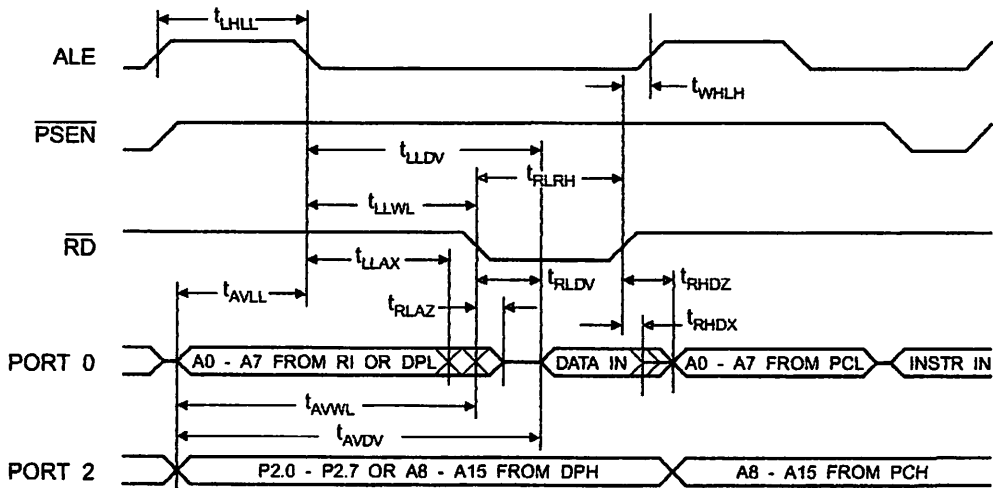
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{CLCL}	Oscillator Frequency			0	33	MHz
t_{HLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-25$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



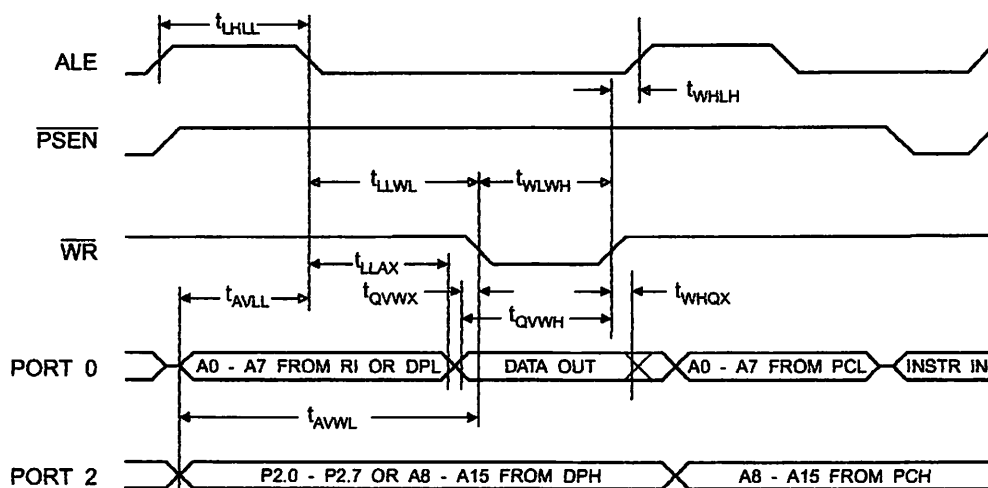
External Program Memory Read Cycle



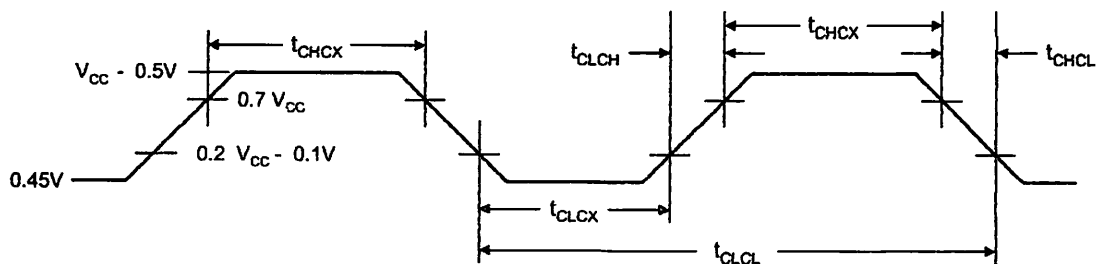
External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
f_{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

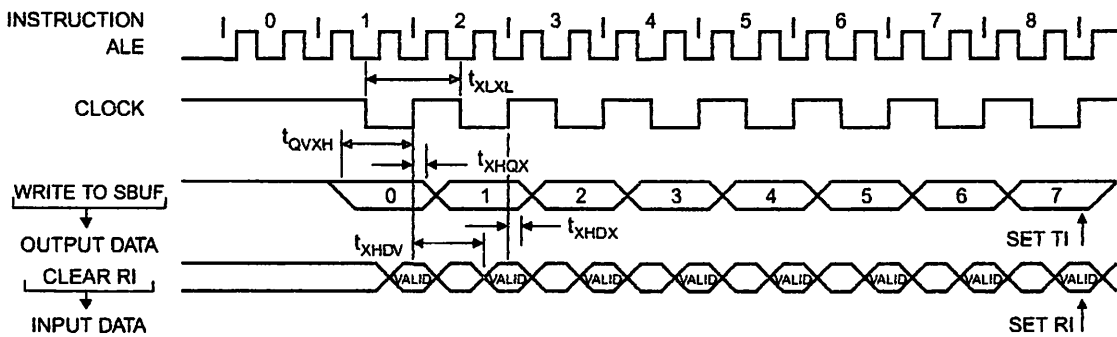


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

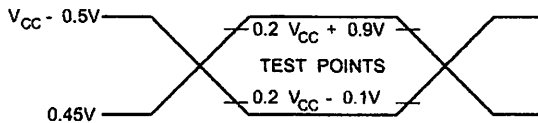
The values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{CLXL}	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_{XHGX}	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

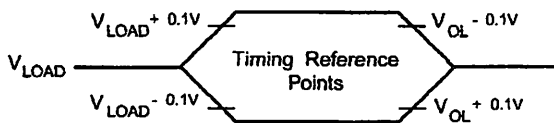


AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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.

Load Waveforms⁽¹⁾



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.

Ordering Information

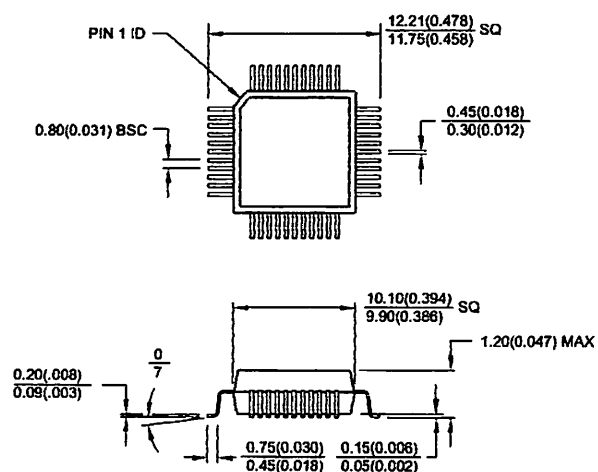
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 5.5V	AT89S51-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S51-24JC	44J	
		AT89S51-24PC	40P6	
		AT89S51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89S51-24JI	44J	
		AT89S51-24PI	40P6	
33	4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S51-33JC	44J	
		AT89S51-33PC	40P6	

= Preliminary Availability

Package Type	
4A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
4J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
0P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

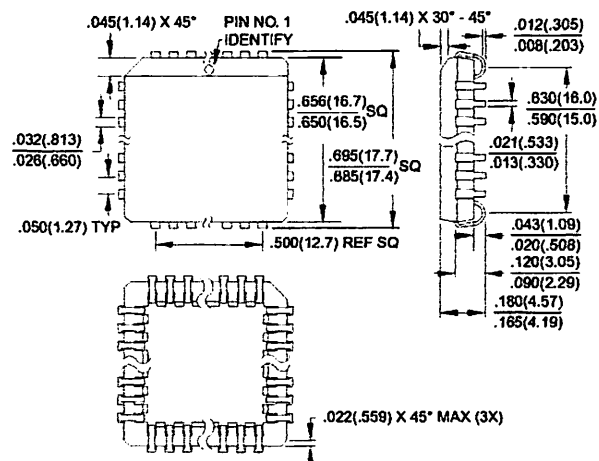
Packaging Information

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

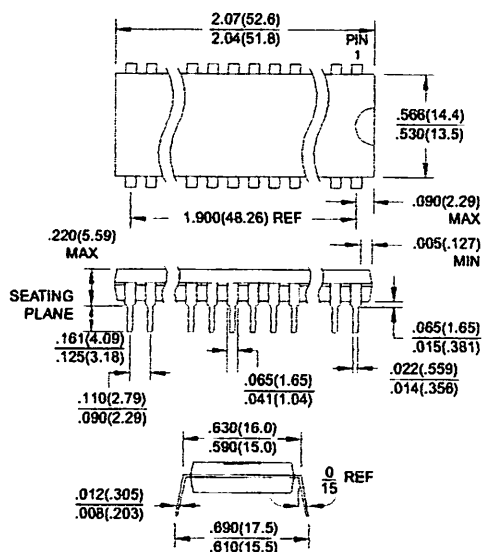


*Controlling dimension: millimeters

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





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 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Product Operations

Atmel Colorado Springs
1150 E. Cheyenne Mtn. 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 to 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.

8051S-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

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 $1\ \text{mA}$ load

Typical Applications

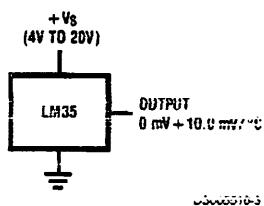
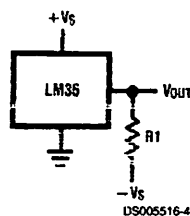


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)

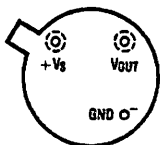


Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1.500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



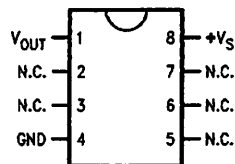
BOTTOM VIEW
DS005516-1

*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

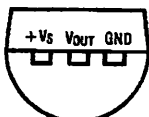


DS005516-21

N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

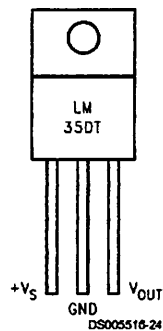
TO-92
Plastic Package



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
TO-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)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Temperature Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 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
	$4V \leq V_S \leq 30V$	± 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)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	μA/°C
Minimum Temperature or Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+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)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 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
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 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)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	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 Figure 1, $I_L = 0$	+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: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ 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.

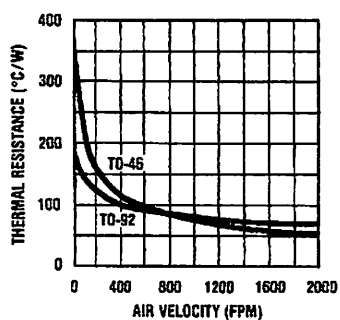
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

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.

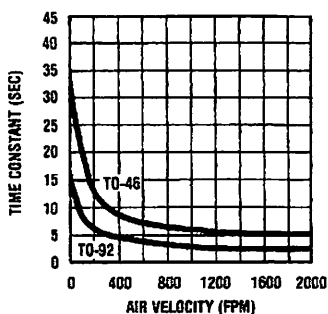
Typical Performance Characteristics

Thermal Resistance Junction to Air



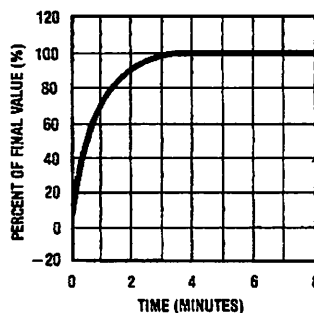
DS005516-25

Thermal Time Constant



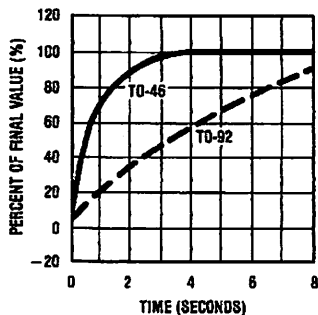
DS005516-26

Thermal Response in Still Air



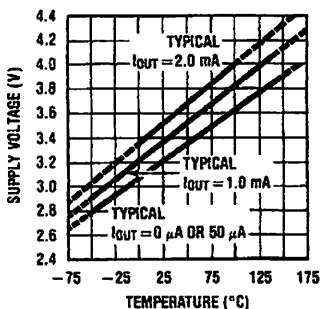
DS005516-27

Thermal Response in Stirred Oil Bath



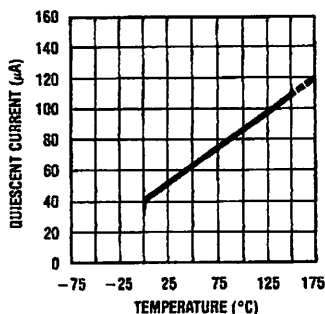
DS005516-28

Minimum Supply Voltage vs. Temperature



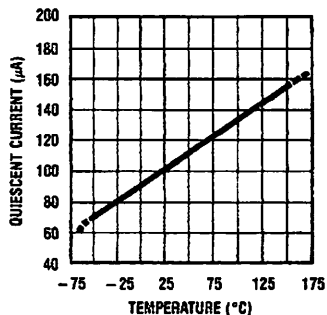
DS005516-29

Quiescent Current vs. Temperature (In Circuit of Figure 1.)



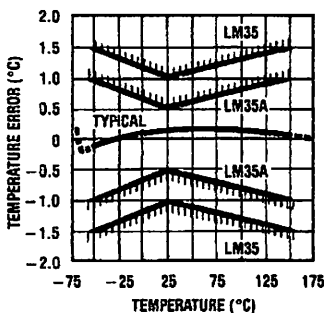
DS005516-30

Quiescent Current vs. Temperature (In Circuit of Figure 2.)



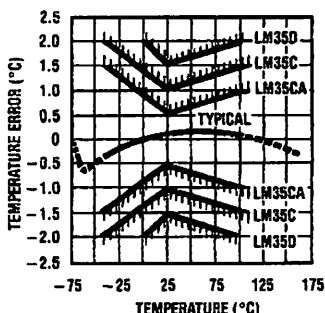
DS005516-31

Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)



DS005516-32

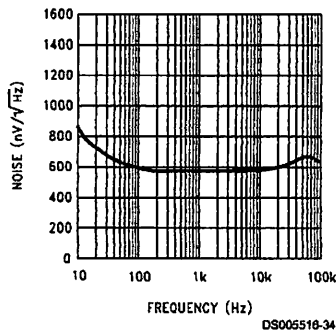
Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)



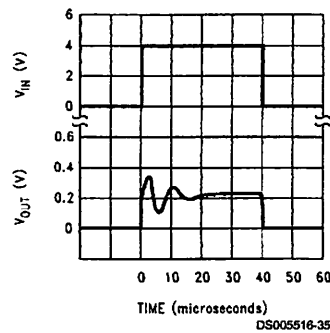
DS005516-33

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.

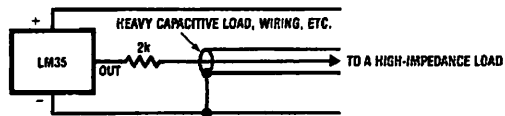
Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance, θ_{JA})

	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.

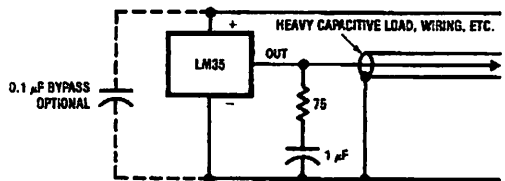
**TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

Typical Applications



DS005516-19

FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load



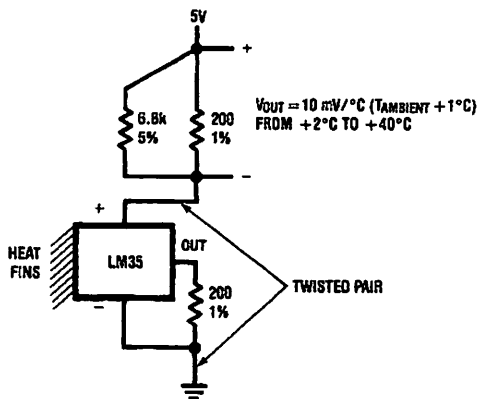
DS005516-20

FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

CAPACITIVE LOADS

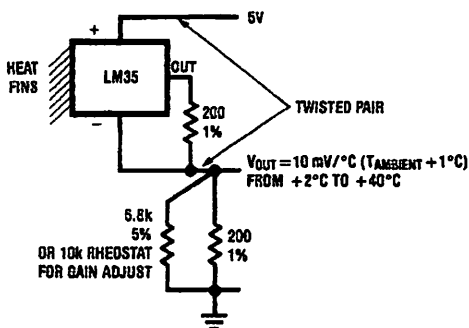
Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pf without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance 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.



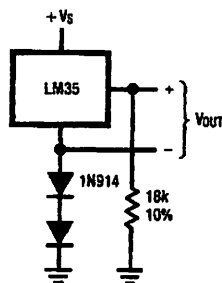
DS005516-5

FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)



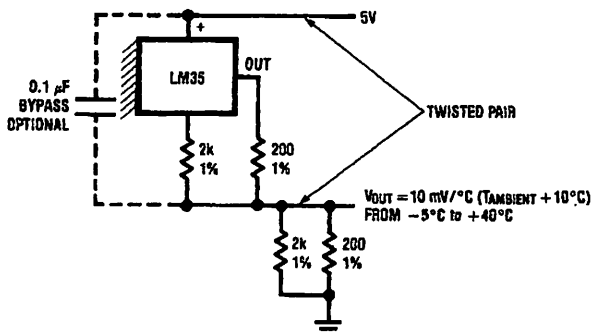
DS005516-6

FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)



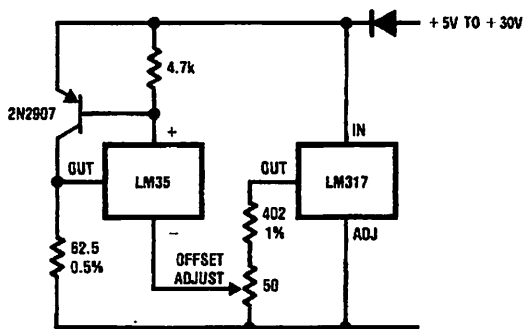
DS005516-7

FIGURE 7. Temperature Sensor, Single Supply, -55° to +150°C



DS005516-8

FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)



DS005516-9

FIGURE 9. 4-To-20 mA Current Source (0°C to +100°C)

Typical Applications (Continued)

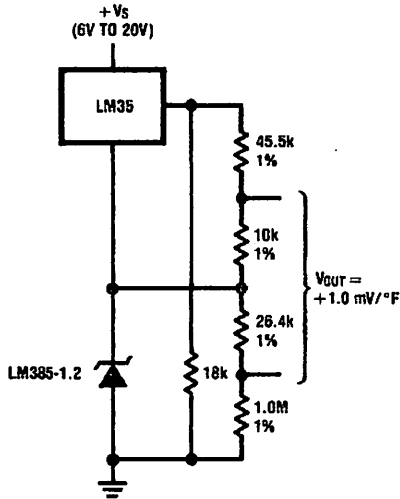


FIGURE 10. Fahrenheit Thermometer

DS005516-10

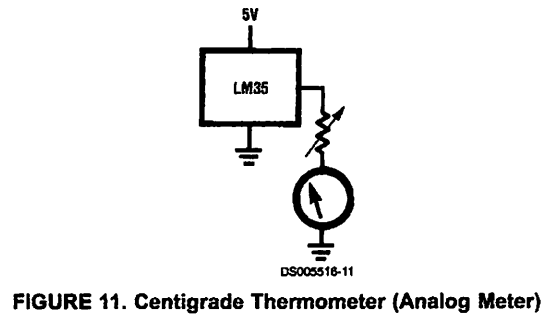


FIGURE 11. Centigrade Thermometer (Analog Meter)

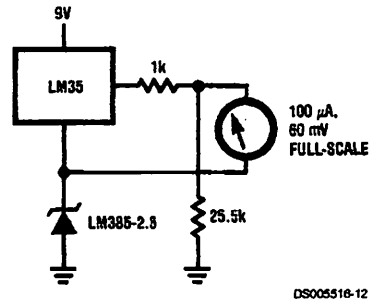


FIGURE 12. Fahrenheit Thermometer Expanded Scale Thermometer (50° to 80° Fahrenheit, for Example Shown)

DS005516-12

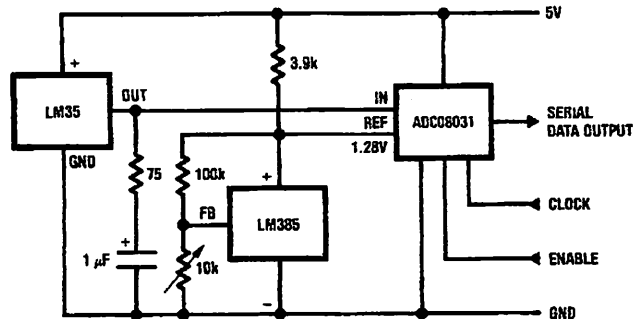


FIGURE 13. Temperature To Digital Converter (Serial Output) (+128°C Full Scale)

DS005516-13

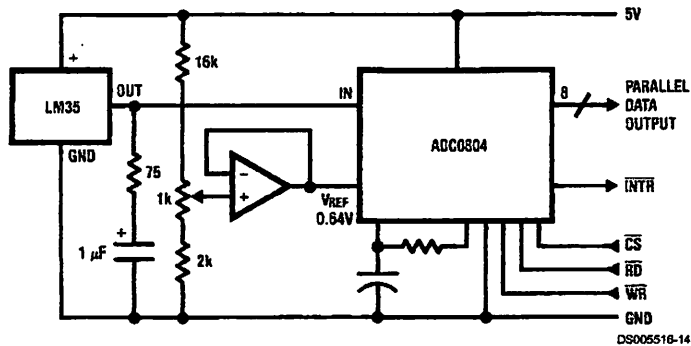
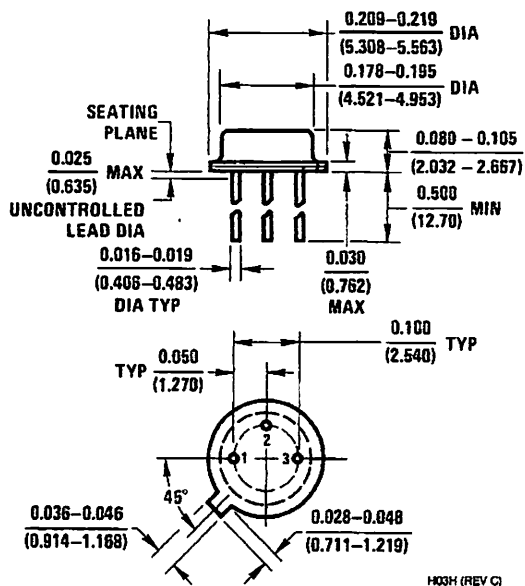


FIGURE 14. Temperature To Digital Converter (Parallel TRI-STATE™ Outputs for Standard Data Bus to μP Interface) (128°C Full Scale)

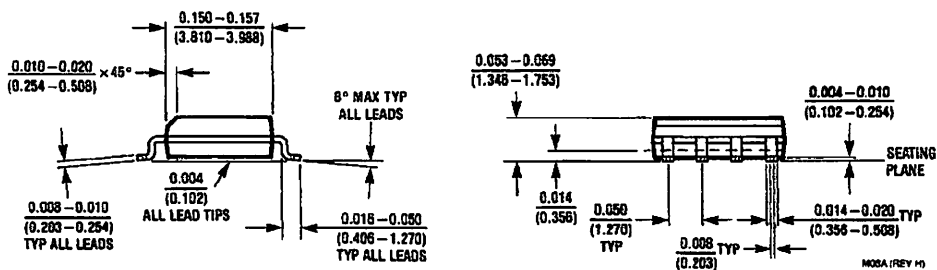
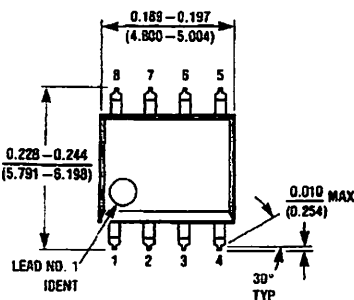
DS005516-14

Physical Dimensions

inches (millimeters) unless otherwise noted

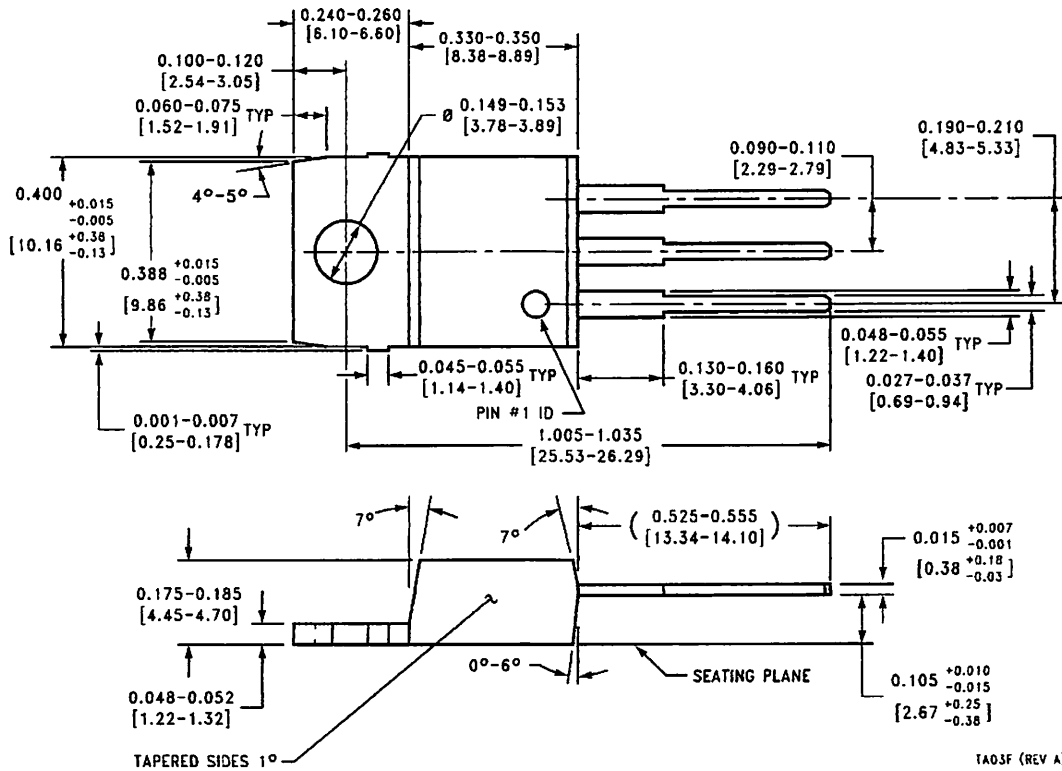


TO-46 Metal Can Package (H)
Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,
LM35CAH, or LM35DH
NS Package Number H03H



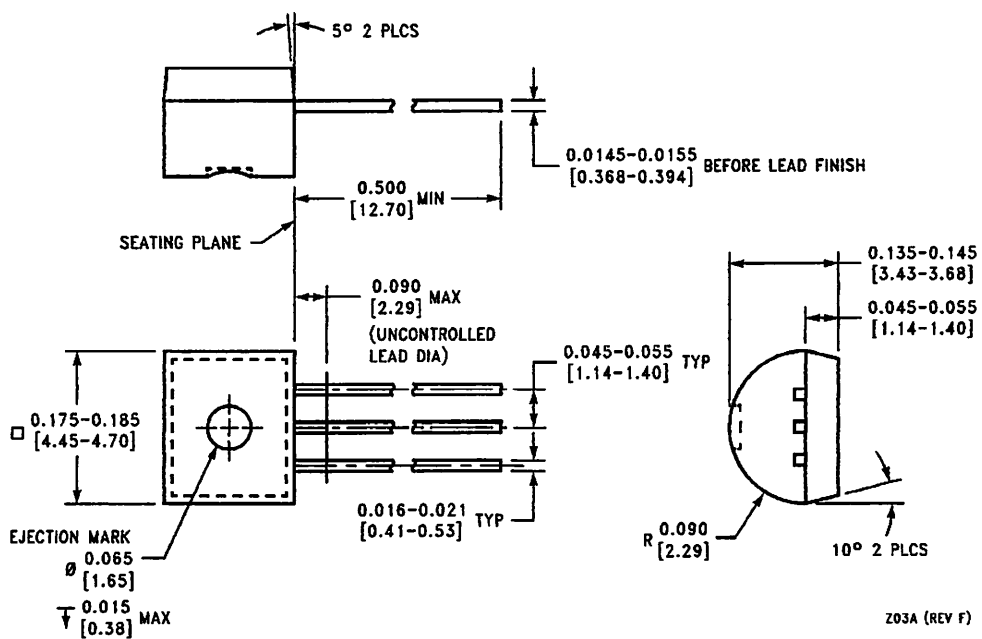
SO-8 Molded Small Outline Package (M)
Order Number LM35DM
NS Package Number M08A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Power Package TO-220 (T)
Order Number LM35DT
NS Package Number TA03F

TA03F (REV A)



TO-92 Plastic Package (Z)
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
NS Package Number Z03A

Z03A (REV F)

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.

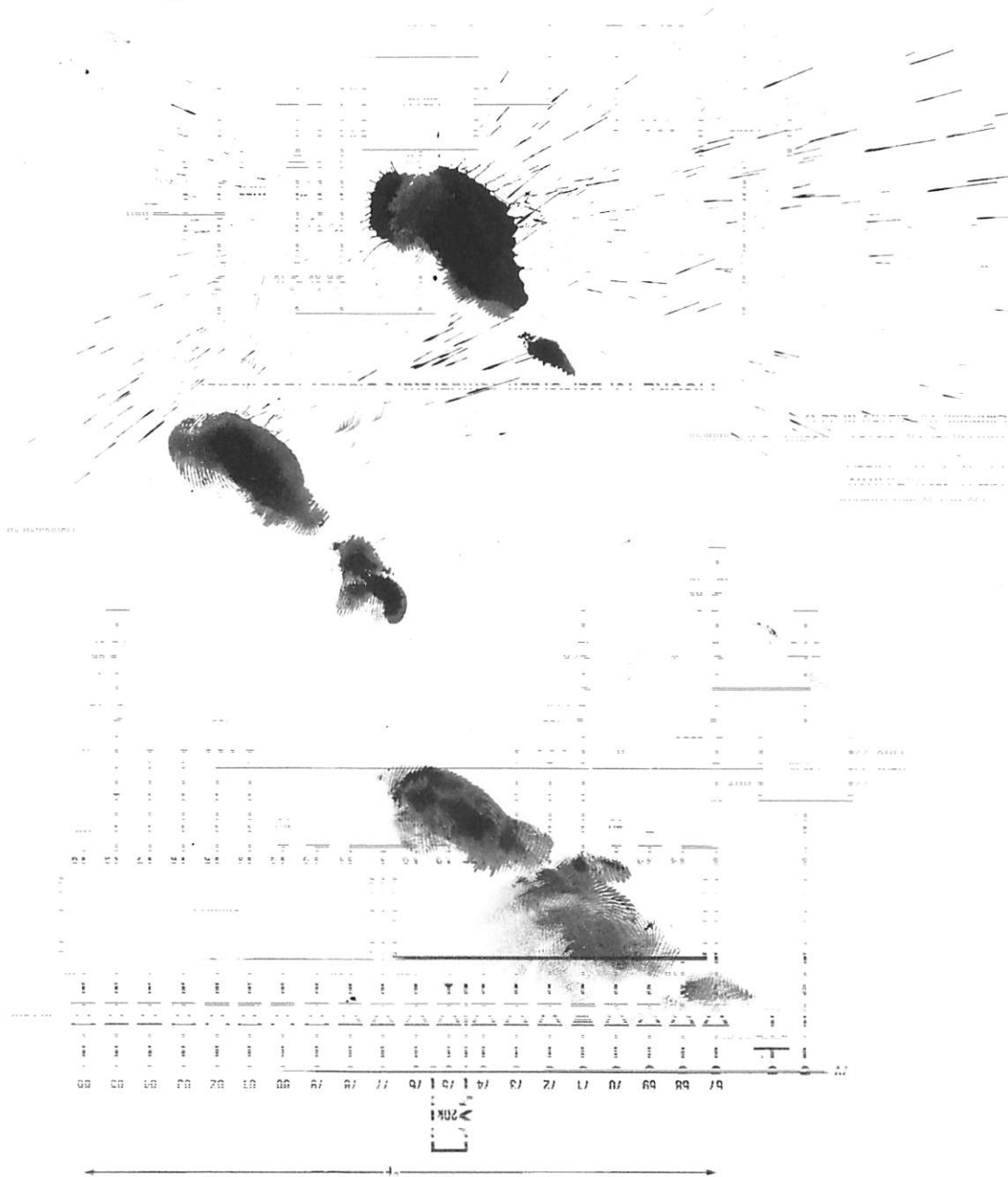


National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.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 8780

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



LM158/LM258/LM358/LM2904

Low Power Dual Operational Amplifiers

General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15\text{V}$ power supplies.

The LM358 is also available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

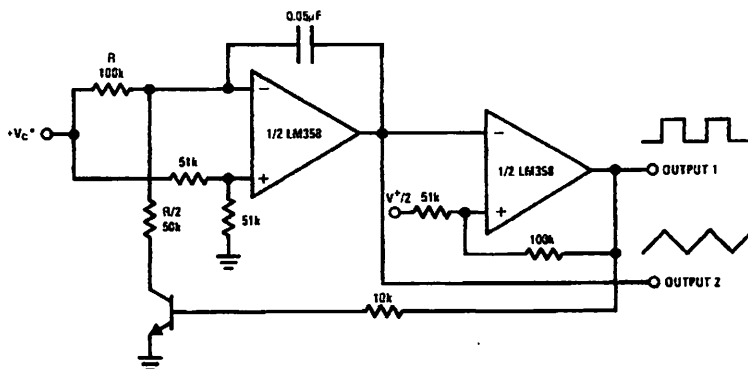
Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation
- Pin-out same as LM158/LM1458 dual op amp

Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: 3V to 32V
 - or dual supplies: $\pm 1.5\text{V}$ to $\pm 16\text{V}$
- Very low supply current drain (500 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing: 0V to $V^+ - 1.5\text{V}$

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



DS007787-23

Absolute Maximum Ratings (Note 9)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, V^*	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2) $V^* \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 3)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

Electrical Characteristics

$V^* = +5.0V$, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A		LM358A		LM158/LM258		Units
		Min	Typ Max	Min	Typ Max	Min	Typ Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ C$	1	2	2	3	2	5	mV
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0V$, (Note 6)	20	50	45	100	45	150	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$	2	10	5	30	3	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^* = 30V$, (Note 7) (LM2904, $V^* = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0	$V^* - 1.5$	0	$V^* - 1.5$	0	$V^* - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps $V^* = 30V$ (LM2904 $V^* = 26V$) $V^* = 5V$							
		1	2	1	2	1	2	mA
		0.5	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	mA

Electrical Characteristics

V* = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ\text{C}$		2	7		2	7	mV
Output Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 0\text{V}$, (Note 6)		45	250		45	250	nA
Output Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		5	50		5	50	nA
Output Common-Mode Voltage Range	$V^* = 30\text{V}$, (Note 7) (LM2904, $V^* = 26\text{V}$), $T_A = 25^\circ\text{C}$	0		$V^* - 1.5$	0		$V^* - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps $V^* = 30\text{V}$ (LM2904 $V^* = 26\text{V}$) $V^* = 5\text{V}$							
			1 0.5	2 1.2		1 0.5	2 1.2	mA mA

Electrical Characteristics

V* = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^* = 15\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, (For $V_O = 1\text{V}$ to 11V)	50	100		25	100		50	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 0\text{V}$ to $V^* - 1.5\text{V}$	70	85		65	85		70	85		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^* = 5\text{V}$ to 30V (LM2904, $V^* = 5\text{V}$ to 26V), $T_A = 25^\circ\text{C}$	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1\text{ kHz}$ to 20 kHz , $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referred), (Note 8)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source $V_{IN+} = 1\text{V}$, $V_{IN-} = 0\text{V}$, $V^* = 15\text{V}$, $V_O = 2\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink $V_{IN-} = 1\text{V}$, $V_{IN+} = 0\text{V}$ $V^* = 15\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_O = 2\text{V}$	10	20		10	20		10	20		mA
	$V_{IN-} = 1\text{V}$, $V_{IN+} = 0\text{V}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_O = 200\text{ mV}$, $V^* = 15\text{V}$	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	$T_A = 25^\circ\text{C}$, (Note 2), $V^* = 15\text{V}$	40	60		40	60		40	60		mA
Output Offset Voltage	(Note 5)		4			5			7		mV
Output Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$		7	15		7	20		7		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Output Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$		30			75			100		nA
Output Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$		10	200		10	300		10		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Output Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	100		40	200		40	300	nA
Output Common-Mode Voltage Range	$V^* = 30\text{V}$, (Note 7) (LM2904, $V^* = 26\text{V}$)	0		$V^* - 2$	0		$V^* - 2$	0		$V^* - 2$	V

Electrical Characteristics (Continued)

V* = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	V* = +15V (V _O = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ	25			15			25			V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH}	26			26			26			V
	V _{OL}	27 28			27 28			27 28			V
Output Current	V* = +30V (LM2904, V* = 26V) R _L = 2 kΩ R _L = 10 kΩ	5 20			5 20			5 20			mV
Output Current	Source	10 20			10 20			10 20			mA
	Sink	10 15			5 8			5 8			mA

Electrical Characteristics

V* = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	V* = 15V, T _A = 25°C, R _L ≥ 2 kΩ, (For V _O = 1V to 11V)	25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	T _A = 25°C, V _{CM} = 0V to V* - 1.5V	65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	V* = 5V to 30V (LM2904, V* = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred), (Note 8)	-120			-120			dB
Output Current	Source	20 40			20 40			mA
	Sink	10 20			10 20			mA
		12 50			12 50			μA
Short Circuit to Ground	T _A = 25°C, (Note 2), V* = 15V	40 60			40 60			mA
Input Offset Voltage	(Note 5)	9			10			mV
Input Offset Voltage Drift	R _S = 0Ω	7			7			μV/°C
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)}	150			45 200			nA
Input Offset Current Drift	R _S = 0Ω	10			10			pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}	40 500			40 500			nA
Input Common-Mode Voltage Range	V* = 30 V, (Note 7) (LM2904, V* = 26V)	0		V* - 2	0		V* - 2	V

Electrical Characteristics (Continued)

$V^+ = +5.0V$, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ($V_O = 1V$ to $11V$) $R_L \geq 2 k\Omega$	15			15			V/mV
Output Voltage Swing	V_{OH}	$V^+ = +30V$ (LM2904, $V^+ = 26V$)			22			V
	$R_L = 2 k\Omega$	26			23	24		V
	$R_L = 10 k\Omega$	27	28		23	24		V
	V_{OL}	$V^+ = 5V, R_L = 10 k\Omega$			5	100		mV
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = +1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V$			10	20		mA
	Sink	$V_{IN}^- = +1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V$			5	8		mA

Note 1: For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a $+125^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $120^\circ C/W$ for MDIP, $182^\circ C/W$ for Metal Can, $189^\circ C/W$ for Small Outline package, and $230^\circ C/W$ for micro SMD, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a $+150^\circ C$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers — use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 2: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+ . At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 3: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 4: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM158/LM158A. With the LM258/LM258A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$. The LM358/LM358A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2904 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 5: $V_O = 1.4V, R_S = 0\Omega$ with V^+ from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to $V^+ - 1.5V$) at $25^\circ C$. For LM2904, V^+ from 5V to 26V.

Note 6: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

Note 7: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to +32V without damage (+26V for LM2904), independent of the magnitude of V^+ .

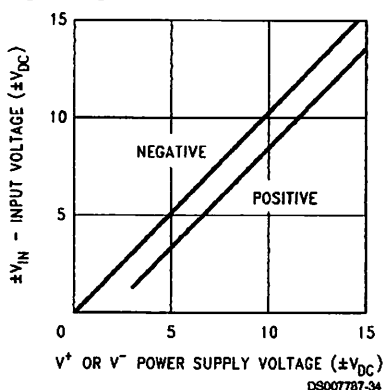
Note 8: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 9: Refer to RETS158AX for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.

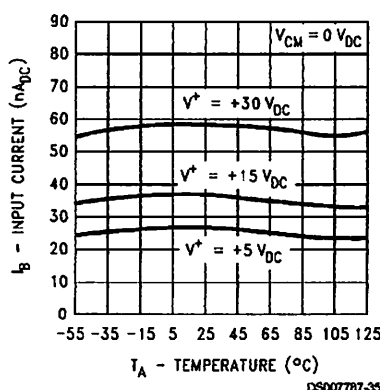
Note 10: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

Typical Performance Characteristics

Input Voltage Range

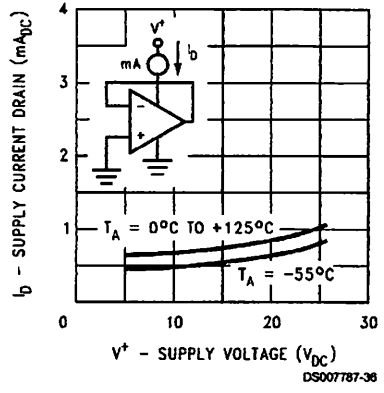


Input Current

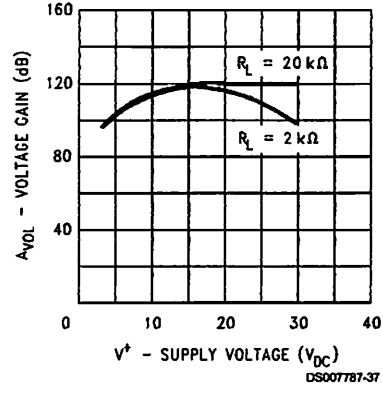


Typical Performance Characteristics (Continued)

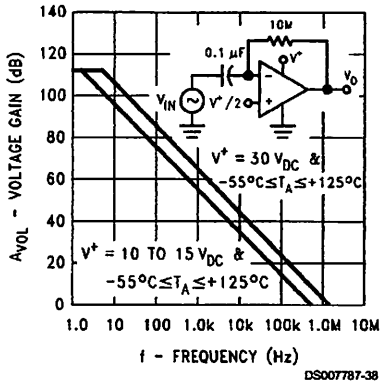
Supply Current



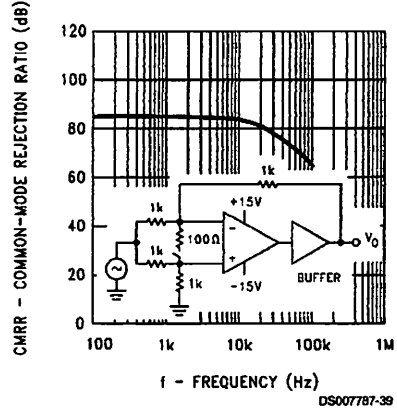
Voltage Gain



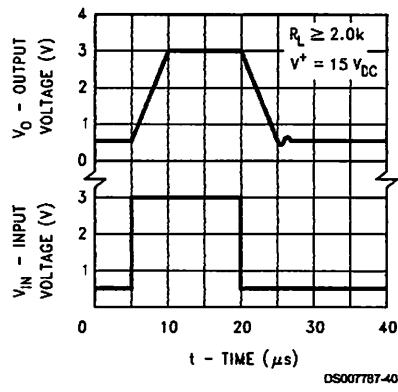
Open Loop Frequency Response



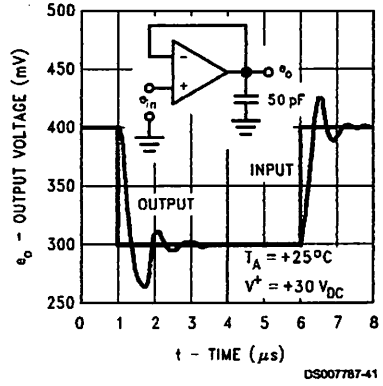
Common-Mode Rejection Ratio



Voltage Follower Pulse Response

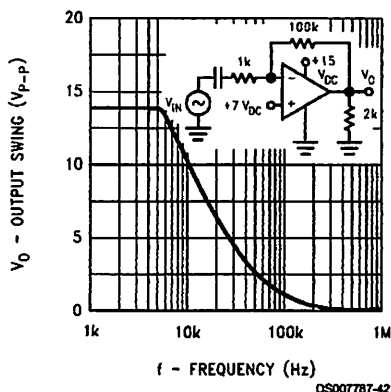


Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)

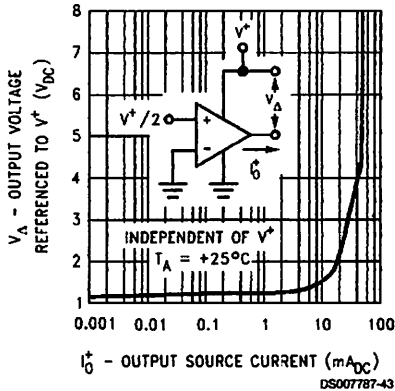


Typical Performance Characteristics (Continued)

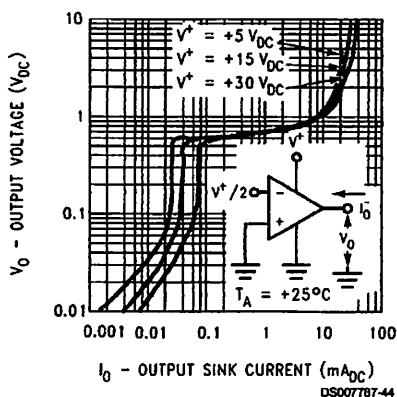
Large Signal Frequency Response



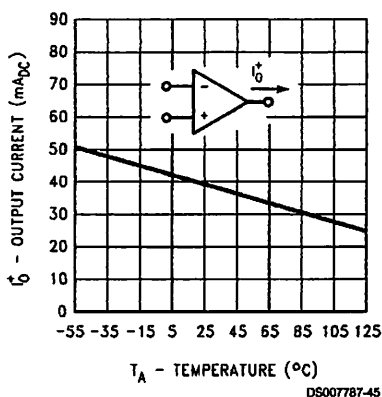
Output Characteristics Current Sourcing



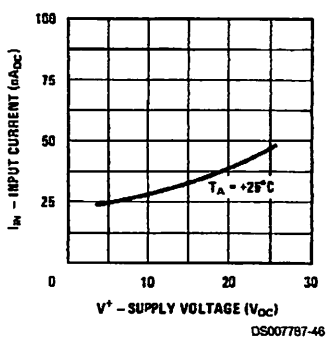
Output Characteristics Current Sinking



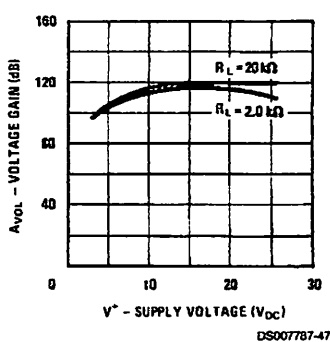
Current Limiting



Input Current (LM2902 only)



Voltage Gain (LM2902 only)



Application Hints

The LM158 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0 V_{DC} . These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25°C amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3 V_{DC} .

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger

Application Hints (Continued)

than V^+ without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than $-0.3 V_{DC}$ (at 25°C). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply current drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion. Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

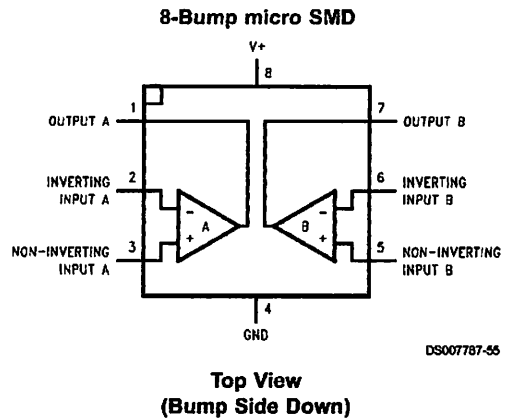
Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

The bias network of the LM158 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of $3 V_{DC}$ to $30 V_{DC}$.

Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive function temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

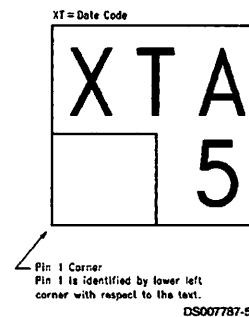
The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of $V^+/2$) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

Connection Diagrams



DS007787-55

micro SMD Marking Orientation

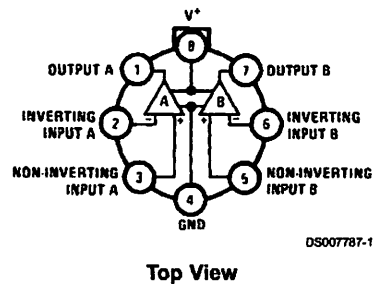


DS007787-56

Bumps are numbered counter-clockwise.

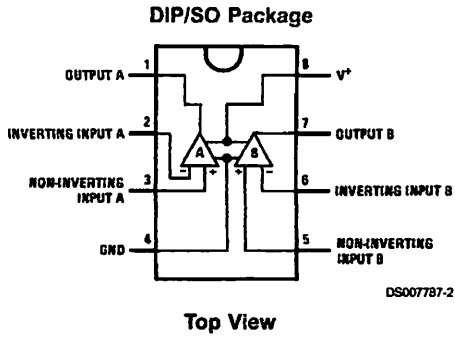
Top View

Metal Can Package



DS007787-1

Connection Diagrams (Continued)



Ordering Information

Package	Temperature Range				NSC Drawing
	-55°C to 125°C	-25°C to 85°C	0°C to 70°C	-40°C to 85°C	
SO-8			LM358AM LM358AMX LM358M LM358MX	LM2904M	M08A
8-Pin Molded DIP			LM358AN LM358N	LM2904N	N08E
8-Pin Ceramic DIP	LM158AJ/883(Note 11) LM158J/883(Note 11) LM158J LM158AJLQML(Note 12) LM158AJQMLV(Note 12)				J08A
TO-5, 8-Pin Metal Can	LM158AH/883(Note 11) LM158H/883(Note 11) LM158AH LM158H LM158AHLQML(Note 12) LM158AHLQMLV(Note 12)	LM258H	LM358H		H08C
8-Bump micro SMD			LM358BP LM358BPX		BPA08AAB

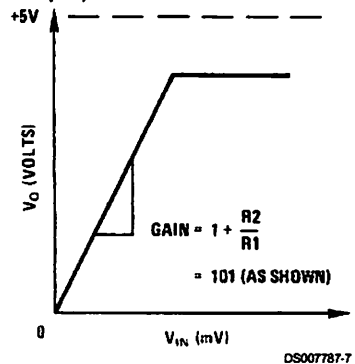
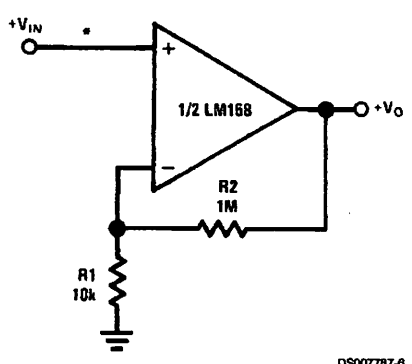
Note 11: LM158 is available per SMD #5962-8771001

.M158A is available per SMD #5962-8771002

Note 12: See STD Mill DWG 5962L87710 for Radiation Tolerant Devices

Typical Single-Supply Applications $(V^+ = 5.0 V_{DC})$

Non-Inverting DC Gain (0V Output)

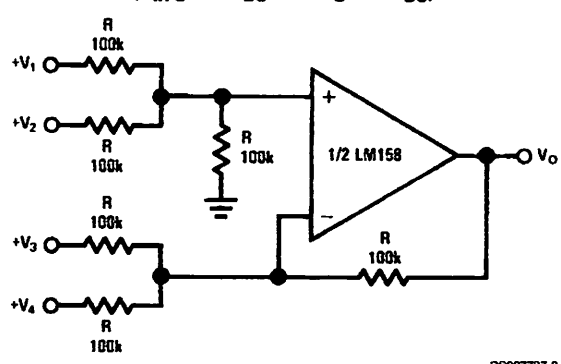


DS007787-6

DS007787-7

*R not needed due to temperature independent I_{IN}

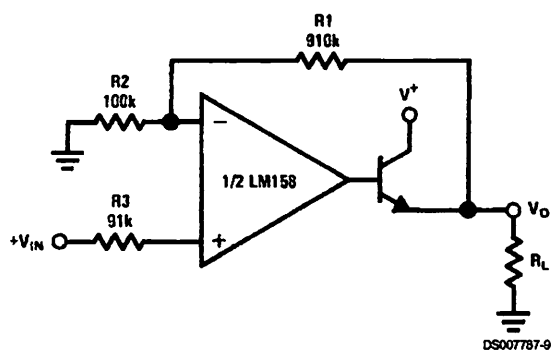
DC Summing Amplifier $(V_{IN}'S \geq 0 V_{DC} \text{ and } V_O \geq 0 V_{DC})$



DS007787-8

Where: $V_O = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$
 $(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$ to keep $V_O > 0 V_{DC}$

Power Amplifier

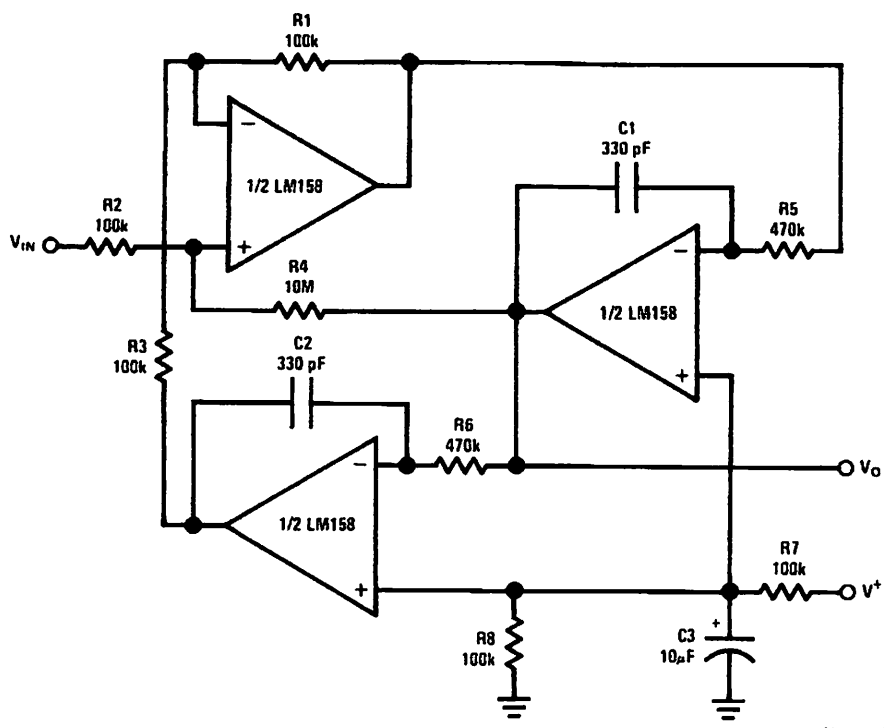


DS007787-9

$V_O = 0 V_{DC}$ for $V_{IN} = 0 V_{DC}$
 $A_V = 10$

Typical Single-Supply Applications (V+ = 5.0 V_{DC}) (Continued)

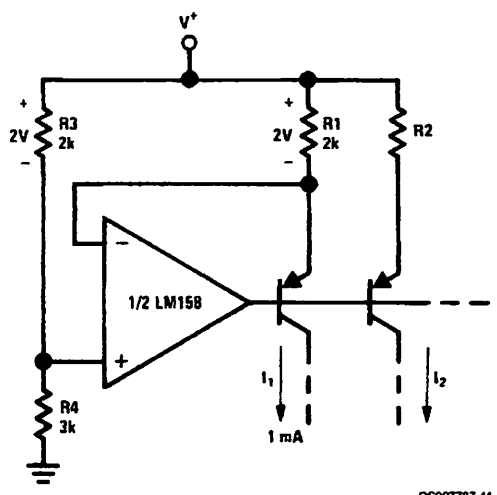
"BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter



DS007787-10

f_o = 1 kHz
 Q = 50
 A_v = 100 (40 dB)

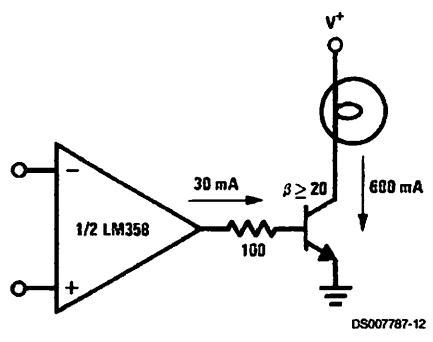
Fixed Current Sources



DS007787-11

$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_2} \right) I_1$$

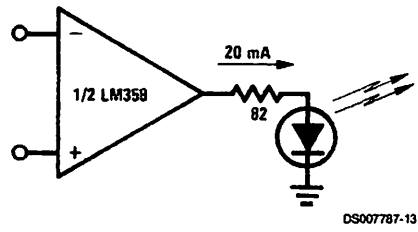
Lamp Driver



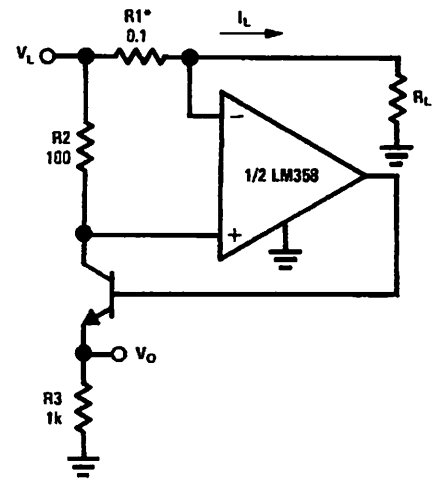
DS007787-12

Typical Single-Supply Applications $(V^+ = 5.0 V_{DC})$ (Continued)

LED Driver



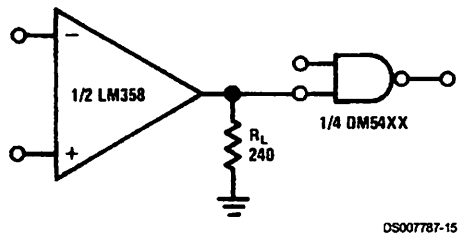
Current Monitor



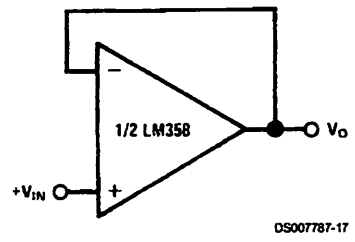
$$V_O = \frac{1V (I_L)}{1A}$$

*(increase R1 for I_L small)
 $V_L \leq V^+ - 2V$

Driving TTL

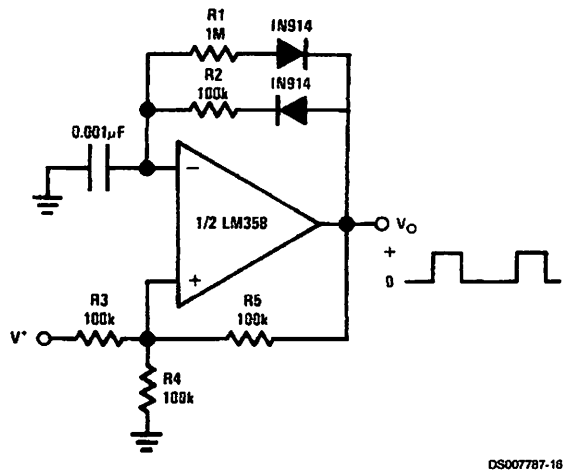


Voltage Follower



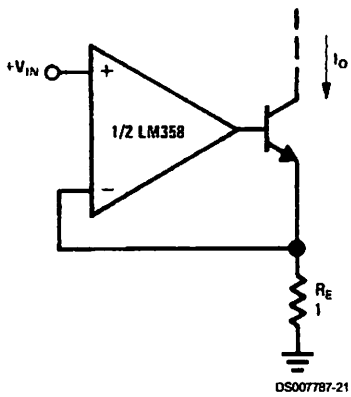
$$V_O = V_{IN}$$

Pulse Generator



Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

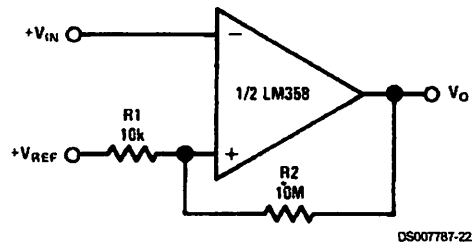
High Compliance Current Sink



DS007787-21

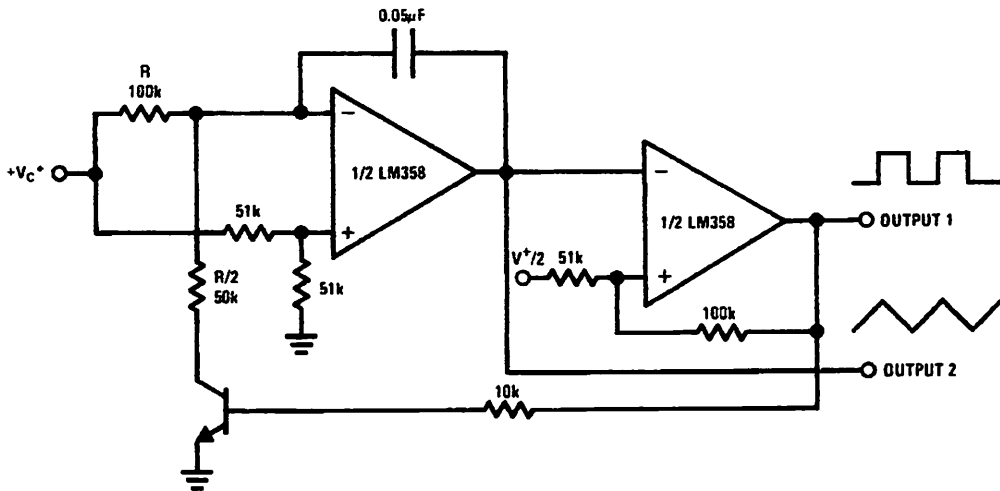
$I_O = 1 \text{ amp/volt } V_{IN}$
(Increase R_E for I_O small)

Comparator with Hysteresis



DS007787-22

Voltage Controlled Oscillator (VCO)

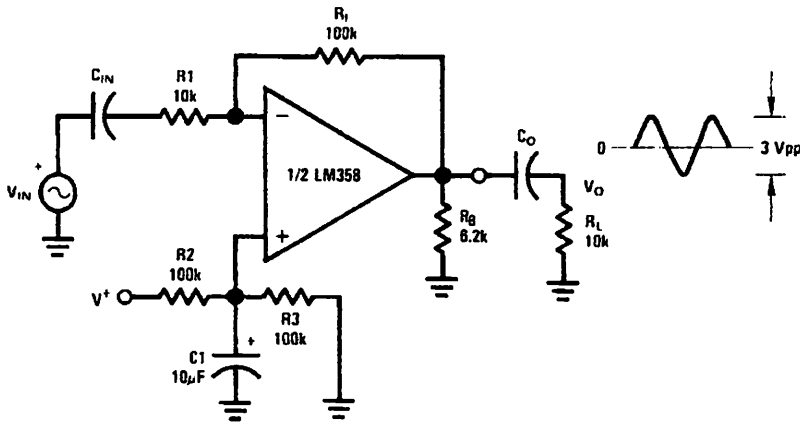


DS007787-23

*WIDE CONTROL VOLTAGE RANGE: $0 V_{DC} \leq V_C \leq 2 (V^+ - 1.5V_{DC})$

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

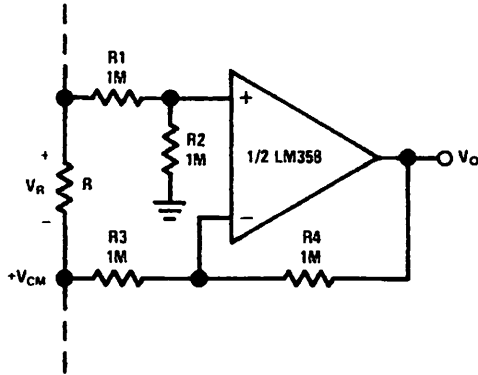
AC Coupled Inverting Amplifier



DS007787-24

$A_V = \frac{R_f}{R_1}$ (As shown, $A_V = 10$)

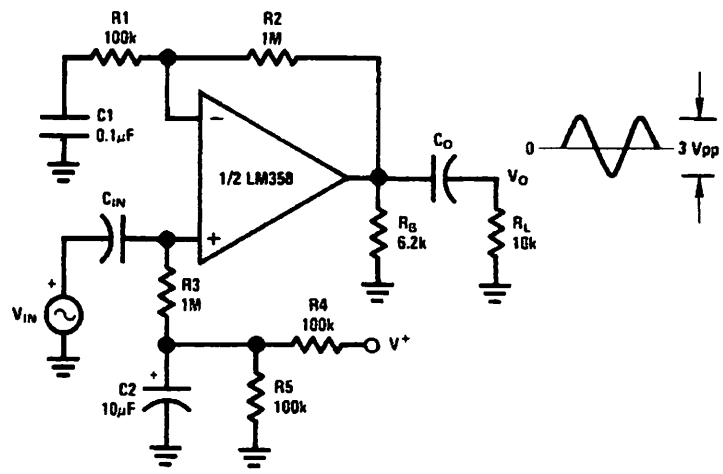
Ground Referencing a Differential Input Signal



DS007787-25

Typical Single-Supply Applications $(V^+ = 5.0 V_{DC})$ (Continued)

AC Coupled Non-Inverting Amplifier

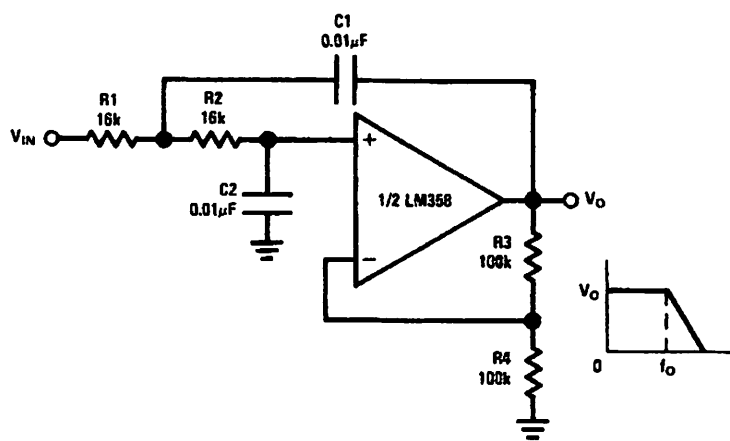


DS007787-26

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$A_v = 11$ (As Shown)

DC Coupled Low-Pass RC Active Filter

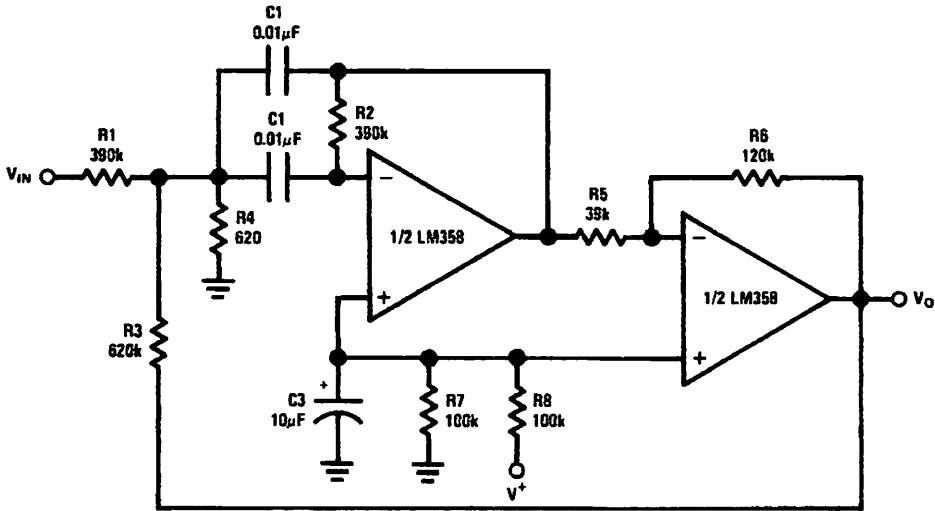


DS007787-27

$f_o = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 1$
 $A_v = 2$

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

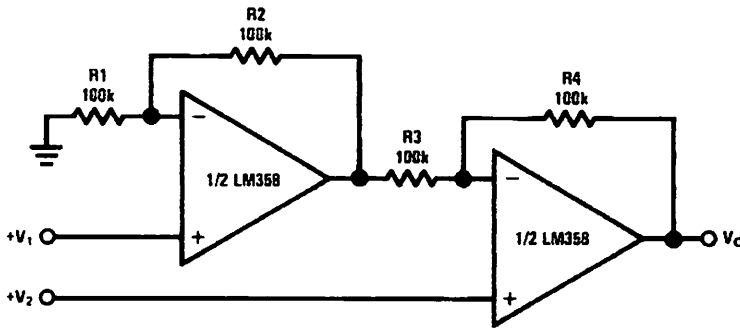
Bandpass Active Filter



DS007787-28

$f_c = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 25$

High Input Z, DC Differential Amplifier



DS007787-29

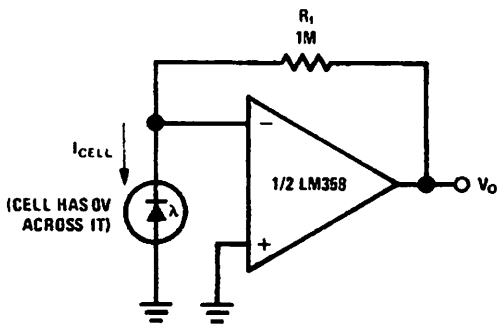
For $\frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$ (CMRR depends on this resistor ratio match)

$$V_O = 1 + \frac{R4}{R3} (V_2 - V_1)$$

As Shown: $V_O = 2 (V_2 - V_1)$

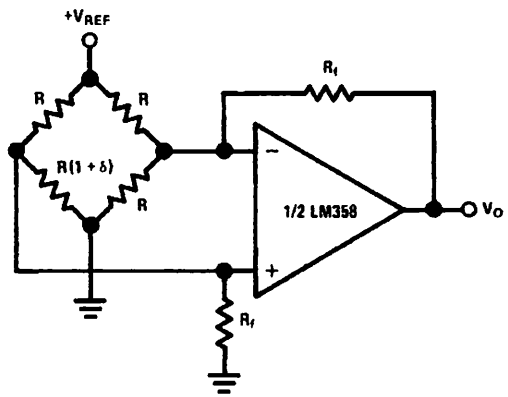
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

Photo Voltaic-Cell Amplifier



DS007787-30

Bridge Current Amplifier

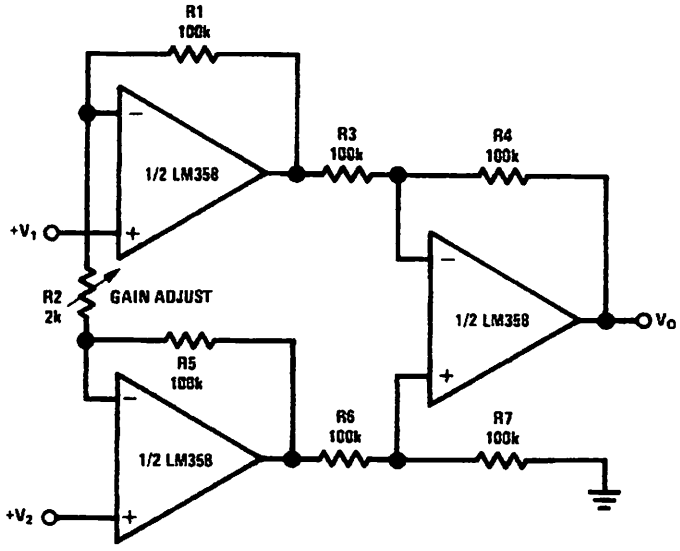


DS007787-33

For $\delta \ll 1$ and $R_f \gg R$

$$V_O = V_{REF} \left(\frac{\delta}{2} \right) \frac{R_f}{R}$$

High Input Z Adjustable-Gain DC Instrumentation Amplifier



DS007787-31

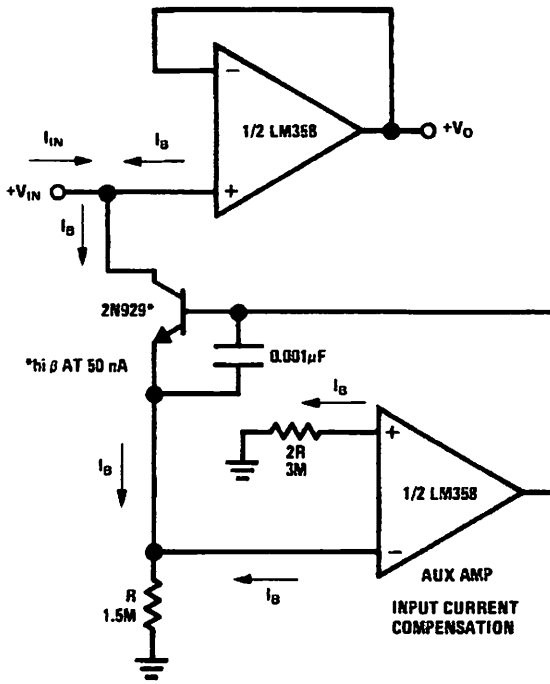
If $R1 = R5$ & $R3 = R4 = R6 = R7$ (CMRR depends on match)

$$V_O = 1 + \frac{2R1}{R2} (V_2 - V_1)$$

As shown $V_O = 101 (V_2 - V_1)$

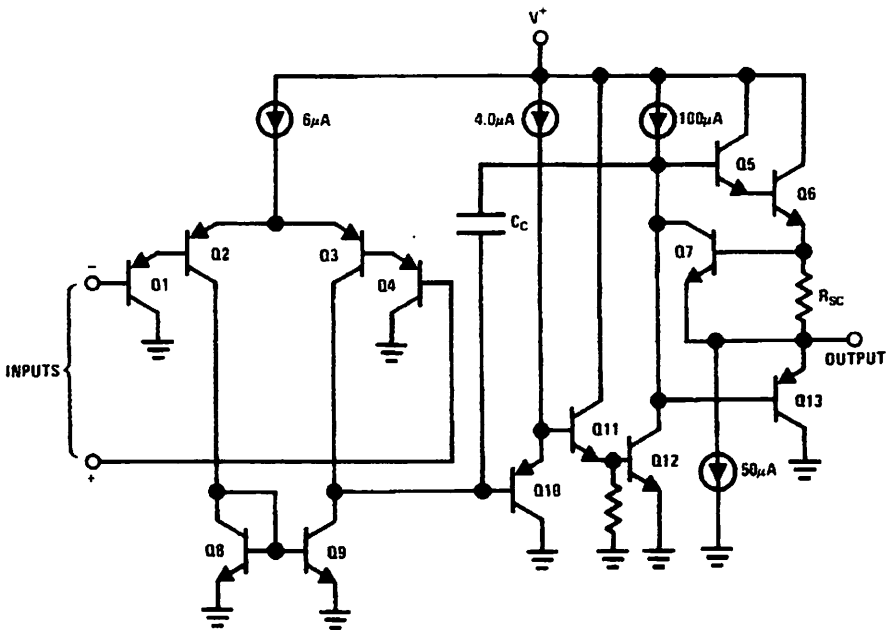
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

Using Symmetrical Amplifiers to Reduce Input Current (General Concept)



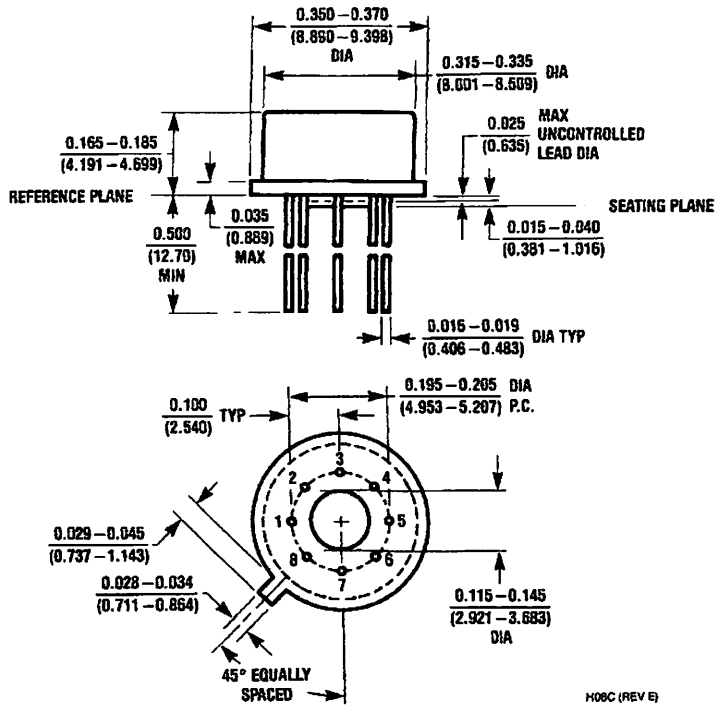
DS007787-32

Schematic Diagram (Each Amplifier)

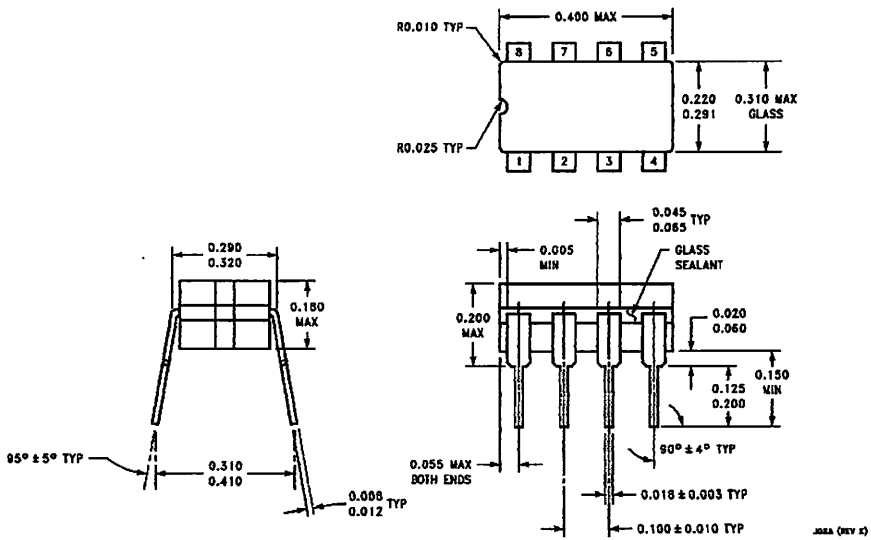


DS007787-3

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



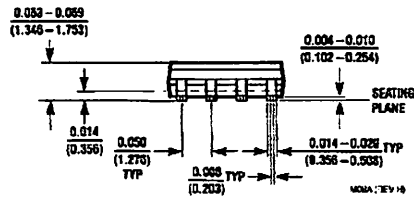
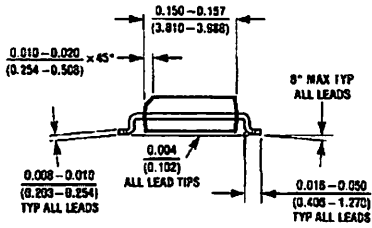
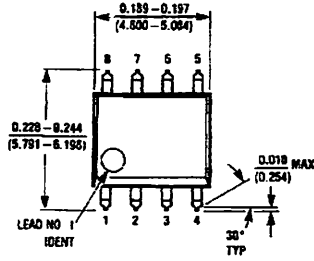
Metal Can Package (H)
 Order Number LM158AH, LM158AH/883, LM158H,
 LM158H/883, LM258H or LM358H
 NS Package Number H08C



Cerdip Package (J)
 Order Number LM158J, LM158J/883, LM158AJ or LM158AJ/883
 NS Package Number J08A

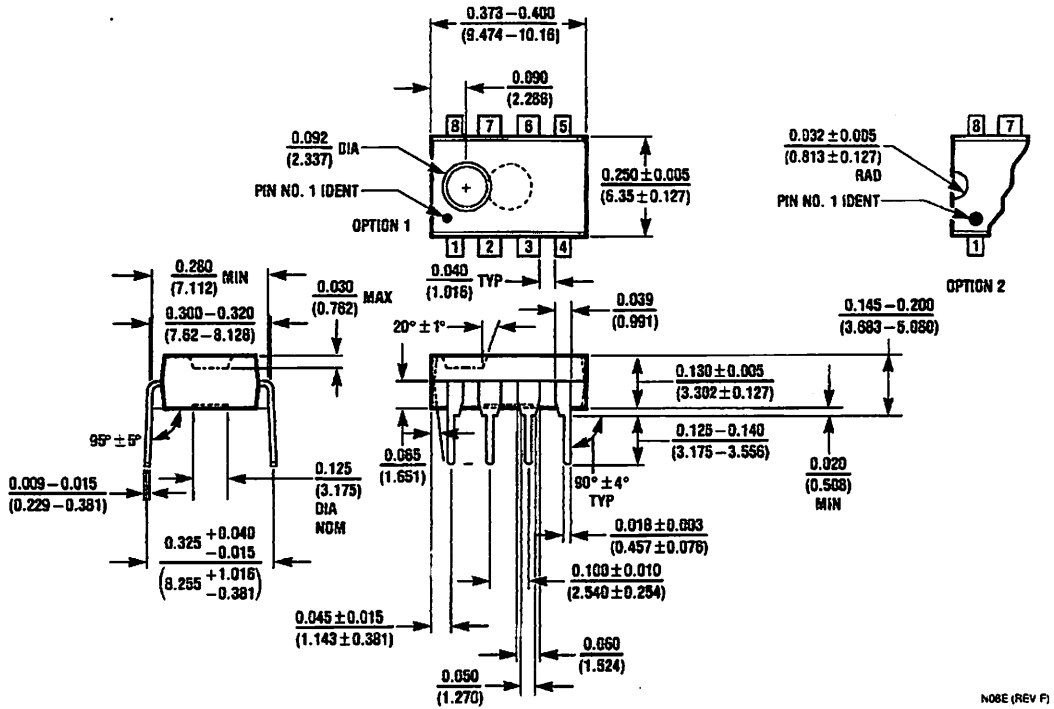
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

LM158/LM258/LM358/LM2904

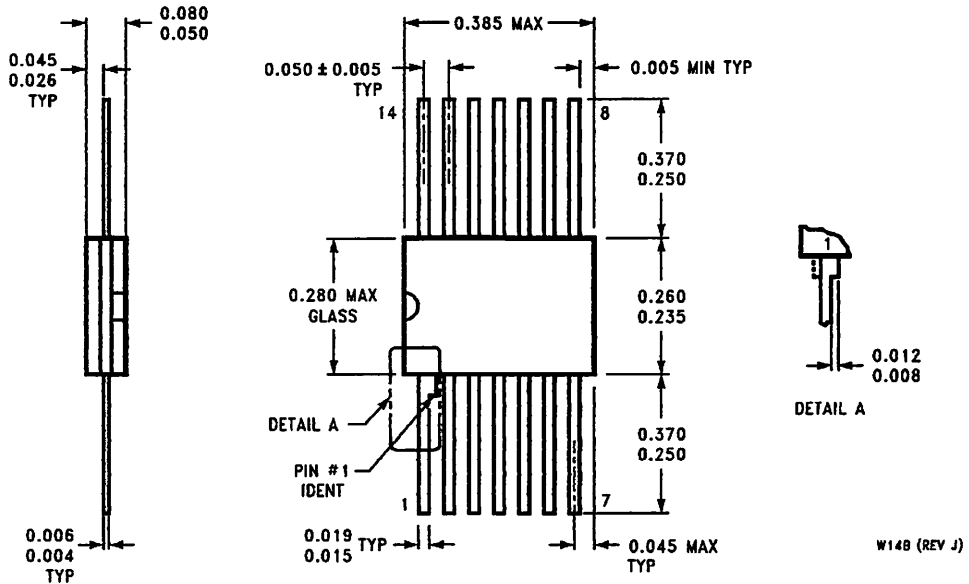


S.O. Package (M)
Order Number LM358M, LM358AM or LM2904M
NS Package Number M08A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

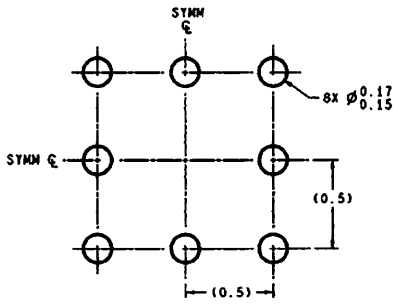


Molded Dip Package (N)
Order Number LM358AN, LM358N or LM2904N
NS Package Number N08E

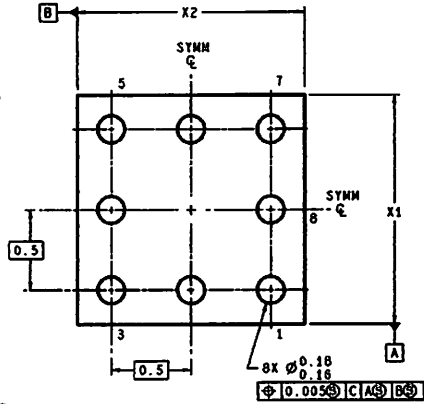
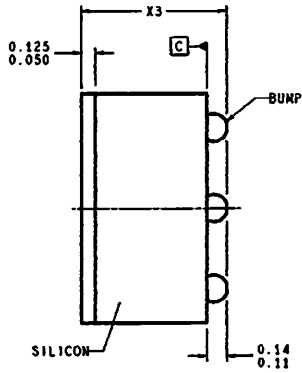
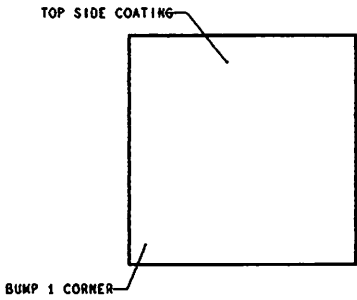


Order Number LM158AWG/883
NS Package Number W14B

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



LAND PATTERN RECOMMENDATION



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

BPA08XXX (Rev. D)

NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

- 1. EPOXY COATING
- 2. 63Sn/37Pb EUTECTIC BUMP
- 3. RECOMMEND NON-SOLDER MASK DEFINED LANDING PAD.
- 4. PIN 1 IS ESTABLISHED BY LOWER LEFT CORNER WITH RESPECT TO TEXT ORIENTATION REMAINING PINS ARE NUMBERED COUNTERCLOCKWISE.
- 5. XXX IN DRAWING NUMBER REPRESENTS PACKAGE SIZE VARIATION WHERE X₁ IS PACKAGE WIDTH, X₂ IS PACKAGE LENGTH AND X₃ IS PACKAGE HEIGHT.
- 6. REFERENCE JEDEC REGISTRATION MO-211, VARIATION BC.

8-Bump micro SMD
NS Package Number BPA08AAB
X₁ = 1.285 X₂ = 1.285 X₃ = 0.850

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) 180-530 85 86
Email: europe.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

BD135/137/139

Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively

1 TO-126
1. Emitter 2. Collector 3. Base

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 : BD135	$I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$	45			V	
	: BD137		60			V	
	: BD139		80			V	
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}		$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 0.5\text{A}$	25				
h_{FE3}		: BD135	$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 150\text{mA}$	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

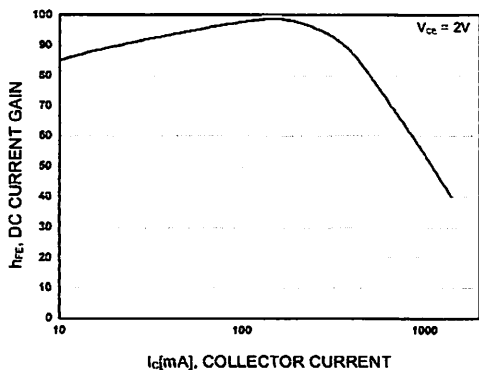


Figure 1. DC current Gain

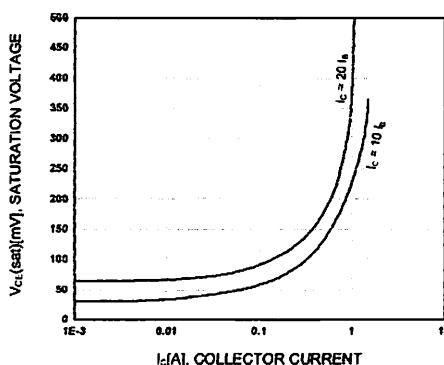


Figure 2. Collector-Emitter Saturation Voltage

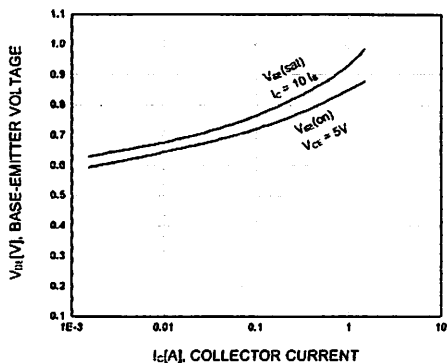


Figure 3. Base-Emitter Voltage

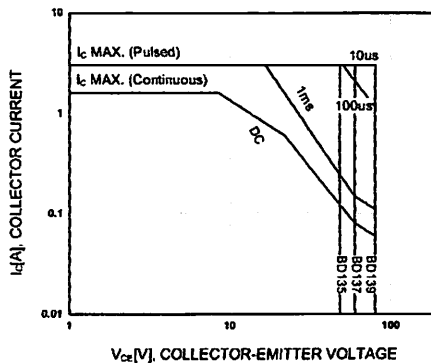


Figure 4. Safe Operating Area

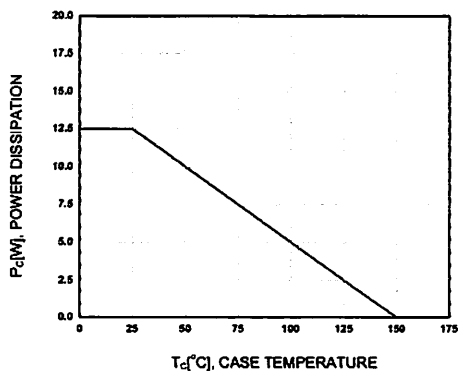


Figure 5. Power Derating

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.



TIP31 Series(TIP31/31A/31B/31C)

Medium Power Linear Switching Applications

- Complementary to TIP32/32A/32B/32C

1 TO-220

1.Base 2.Collector 3.Emitter

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 : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	3	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	5	A
I_B	Base Current	1	A
P_C	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	40	W
P_C	Collector Dissipation ($T_a=25^\circ\text{C}$)	2	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$	40		V
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, I_B = 0$		0.3	mA
	: TIP31/31A				
	: TIP31B/31C				
I_{CES}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 40\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 80\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 100\text{V}, V_{EB} = 0$		200	μA
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$		1	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 1\text{A}$ $V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$	25	10	50
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{A}, I_B = 375\text{mA}$		1.2	V
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$		1.8	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 500\text{mA}$	3.0		MHz

* Pulse Test: $PW \leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycles $\leq 2\%$

TIP31 Series(TIP31/31A/31B/31C)

Typical Characteristics

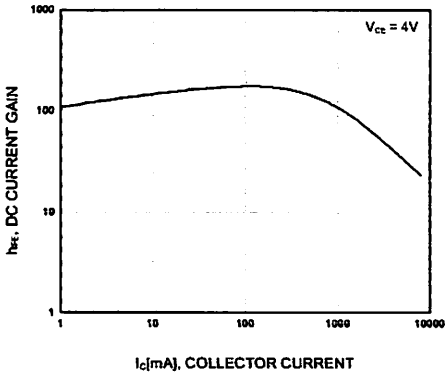


Figure 1. DC current Gain

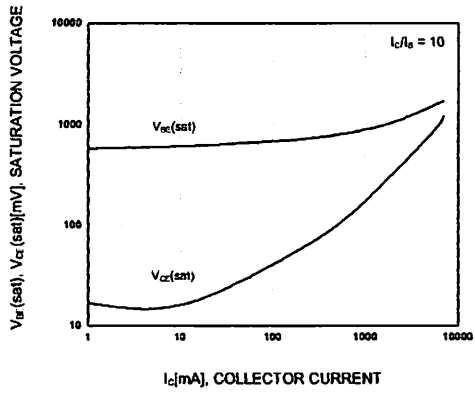


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

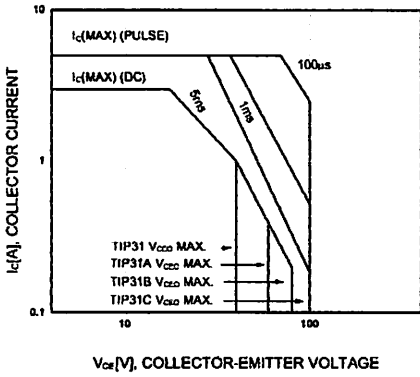


Figure 3. Safe Operating Area

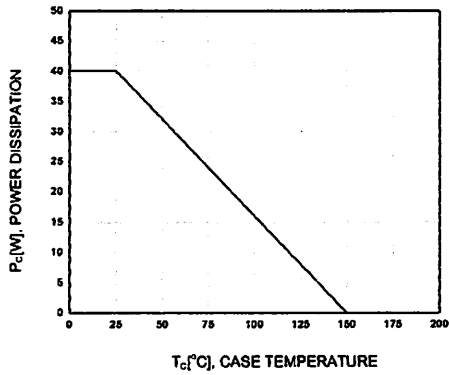
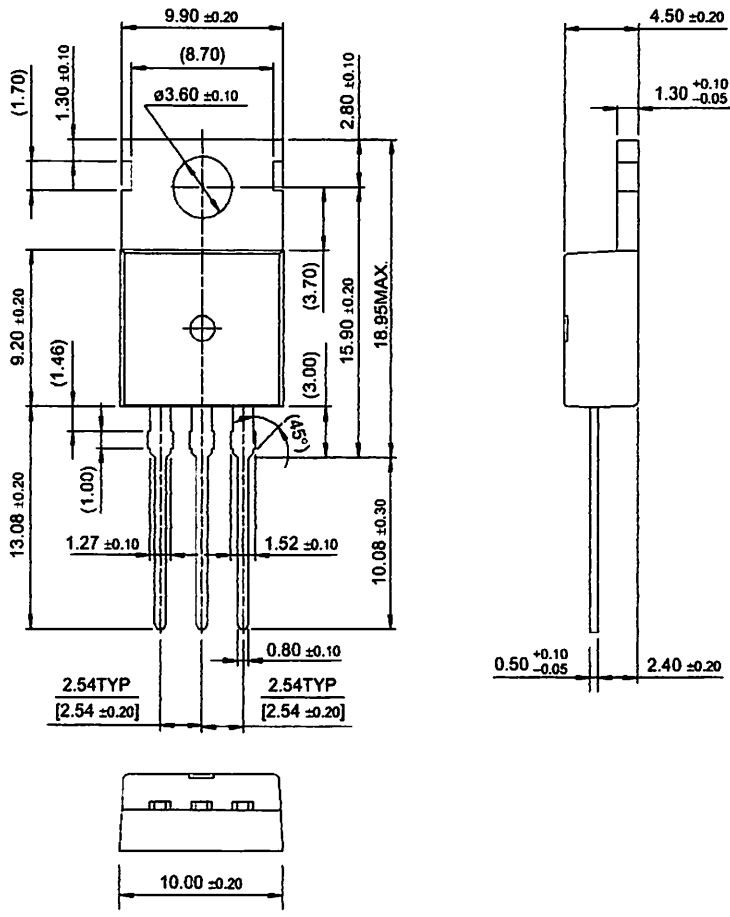


Figure 4. Power Derating

Package Dimensions

TIP31 Series (TIP31/31A/31B/31C)

TO-220



Dimensions in Millimeters

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.