

SKRIPSI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN RICE BOX ELEKTRONIK BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
2010**

1971

THE 1971 NATIONAL AND ECONOMIC
POLICY DEVELOPMENTAL STUDY REPORT

1971

INTERNATIONAL CENTER

1971

THE 1971 NATIONAL AND ECONOMIC

POLICY DEVELOPMENTAL STUDY REPORT

1-3 CENTER FOR ECONOMIC RESEARCH

AND POLITICAL SCIENCE

1971

LEMBAR PERSETUJUAN
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN RICE BOX
ELEKTRONIK BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :
PONDA WARTANTO
05.12.227

Diperiksa dan Disetujui
Dosen Pembimbing



I KOMANG SOMAWIRATA, ST, MT
NIP.Y. 1030100361

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



H. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT
NIP.Y. 103 950 0274

KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2010



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
JL.Raya Karanglo Km 2
MALANG

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Ponda Wartanto
Nim : 05.12.227
Jurusan : Teknik Elektro
Kosentrasi : Teknik Elektronika S-1
Masa Bimbingan : 14 September 2009 s/d 14 Maret 2010
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Rice Box Elektronik
Berbasis Mikrokontroler AT89S51

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)
pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 09 Februari 2010
Nilai : 79,8 (B+) *By*

Panitia Majelis Penguji :

Ketua

(Ir. Sidik Noertjahjono, MT)
NIP. Y. 101 810 0036

Sekretaris

(Ir. F. Yudi Impraptono, MT)
NIP. Y. 1 039 500 274

Anggota penguji :

Penguji pertama

(Joseph Dedy Irawan, ST, MT)
NIP. 132 315 178

Penguji kedua

(Sotyohadi, ST)
NIP.Y. 1 039 700 309

“PERANCANGAN DAN PEMBUATAN RICE BOX ELEKTRONIK BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51”

PONDA WARTANTO

Jurusan Teknik Elektro S-1

Konsentrasi Teknik Elektronika

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

email : laponda_la@yahoo.co.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi terutama di bidang elektronika mengalami kemajuan yang pesat, Di dunia elektronika ada yang dikenal dengan mikrokontroller. Ada macam – macam jenis dari mikrokontroller ini tentunya dengan spesifikasinya masing – masing. salah satunya adalah jenis atau type Atme 1AT89S51 karena penulis mencoba mengembangkan suatu ide untuk membuat suatu kotak beras atau rice box elektronik yang dapat menyimpan beras dengan baik dan menjaga mutu dari beras tersebut dimana untuk mengetahuinya dengan memasang sensor suhu dan kelembaban dari jenis HSM-20G (Humidity sensor). Kemudian untuk pengambilan beras dari dalam rice bok tidak lagi menggunakan takaran secara manual tapi dengan cara konvensional menggunakan masukan inputan yang diinginkan melalui penekanan keypad. Berat beras akan d baca oleh sensor berat yang terbuat dari potensio gerser yang dikombinasi dengan gaya pegas.

*Diharapkan perancangan dan pembuatan Rice Box Elektronik Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dapat membantu orang megambil beras tanpa menekan takaran manual yang terkadang mengalami kemacetan karena karat oatu kotoran pada panel takaran. Selain itu juga mempertahankan rasa dan kondisi beras dalam jangka waktu yang relative lama yang nantinya akan meminimalisir tumbuhnya jamur atau serangga yang dapat merusak beras. **Kata kunci:**sensor HSM20G, mikrokontoler,*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul : “ **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN RICE BOX ELEKTRONIK BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51**”

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi program strata satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro/Konsentrasi Teknik Elektronika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Sebelum dan selama penyusunan skripsi ini, penyusun telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir. H. Sidik Noercahyono, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
4. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakoda, MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Elektronika Institut Teknologi Nasional Malang
5. Bapak Komang Somawirata, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan, pengertian, dan waktu untuk penulis
6. Seluruh Dosen pengajar di Jurusan Teknik Elektronika atas segala ilmu, pengetahuan, dan pengalaman yang telah diberikan dan diajarkan

7. Teman-teman angkatan 2005 atas dukungan moril, bantuan, dan saran-saran
8. Semua pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung yang telah membantu terwujudnya skripsi ini.

Akhirnya penulis tidak lupa mohon maaf yang sebesar-besarnya bila dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kesalahan baik sengaja maupun tidak disengaja. Dan akhirnya semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Februari 2009

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Pembahasan.....	4
1.6. Sistematika Pembahasan.....	5
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Minimum Sistem AT89S51.....	7
2.1.1. Mikrokontroler AT89S51.....	7
2.1.2. Perangkat Keras Mikrokontroler AT89S51.....	8
2.1.3. Konfigurasi Pin-Pin Mikrokontroler AT89S51.....	10
2.1.4. Organisasi Memori.....	14
2.1.5. Mode Pengalamatan.....	21
2.3. Potensiometer.....	23
2.3.. Transistor.....	24
2.3.1. Transistor sebagai saklar.....	25
2.3.2. Transistor sebagai swiching.....	27
2.4. Relay.....	29
2.5. Motor Arus Searah (Motor DC).....	30
2.5.1. Prinsip Kerja Motor DC satu Arah.....	30

2.6. ADC PCF8591 (Analog to Digital Converter).....	31
2.7. Latar Belakang dan Konsep I2C.....	36
2.7.1. Fitur Utama IIC.....	36
2.7.2 Keuntungan I2C.....	37
2.7.3 Cara kerja I2C.....	37
2.7.3.1.Terminologi	37
2.7.4 Karakter perangkat keras.....	38
2.7.5 Karakter Transfer Data Bit	39
2.7.6 Karakter Transfer Data Byte.....	40
2.7.7 Kondisi.....	40
2.7.7.1 START dan STOP	40
2.7.7.2 ACK dan NACK.....	41
2.7.8. I ² C-bus protocol	41
2.8. Sensor Suhu dan Kelembaban.....	43
2.9. Pengkondisi sinyal.....	46
2.9.1. Penguat Non Inverting.....	48
2.9.2. Penguat Inverting.....	49
2.9.3. Penguat Deferensial.....	49
2.9.4. Penguat Instrumentasi.....	50
2.9.5. Integrator.....	50
2.9.6. Deferensiator.....	51
2.10. Keypad Matrik 4X4	52
2.11. LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>).....	53
2.11. 1. Konfigurasi LCD	53
2.11.2. Instruksi Operasi Dasar	55
2.11.3 Register	55
2.11.4. Busy Flag.....	56
2.11.5. Address Counter	56
2.11.6. Display Data RAM (DD RAM)	57
2.11.7. Character Generator ROM (CG ROM)	57
2.11.7. Character Generator RAM (CG RAM)	57

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Umum	59
3.2. Perangkat Keras	59
3.2.1. Diagram blok	59
3.2.2. Cara Kerja Alat	61
3.2.3. Perancangan Sensor Berat	63
3.2.3. 1. Perancangan Pengkondisi Sinyal	64
3.2.4. Perancangan Rangkaian ADC	65
3.2.5. Perancangan Mikrokontroler AT89S51	65
3.2.5.1. Mikrokontroler AT89S51 Sebagai Minimum Sistem	65
3.1.5.2 Perencanaan Potr-port pada Mikrokontroler AT89S51	66
3.2.5.3. Rangkaian Reset	70
3.2.6. Perancangan Sitem Pemwaktuan Mikrokontroller	71
3.2.7. Perancangan Rangkaian Driver Relay	72
3.2.8. Perancangan Limit Switch Sebagai Sarana Sensor	74
3.2.9. Perancangan HSM – 20 G Sebagai Sensor Suhu dan Sensor Kelembaban (Humidity Sensor)	76
3.2.10. Perancangan Rangkaian Display LCD 16x2	77
3.2.11. Perancangan Rangkaian Keypad	78
3.3. Perancangan Perangkat Lunak	79

BAB IV PENGUJIAN ALAT

4.1. Pengujian Sensor Berat	86
4.1.1. Peralatan yang Digunakan	86
4.1.2. Pelaksanaan Pengujian	86
4.1.3. Hasil dan Analisa Pengujian	87
4.2. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	88
4.2.1. Tujuan pengukuran	88
4.2.2. Peralatan yang Digunakan	88
4.2.3. Langkah-langkah Pengukuran	89
4.2.4. Analisa	90

4.2.5. Hasil dan kesimpulan.....	91
4.3. Pengujian Rangkaian Kerja Dari Sensor HSM -20G.....	92
4.3.1. Peralatan yang Digunakan.....	92
4.3.2. Prosedur Pengujian.....	92
4.3.3 Analisa.....	94
4.3.4 Hasil Pengujian.....	95
4.3.5 Kesimpulan.....	99
4.4. Pengujian Rangkaian ADC PCF8591.....	99
4.4.1 Tujuan pengukuran.....	99
4.4.2 Peralatan yang Digunakan.....	99
4.4.3. Langkah-langkah Pengujian.....	100
4.4.4 Hasil Pengujian.....	100
4.5. Pengujian Driver motor.....	102
4.5.2 Peralatan yang Digunakan.....	102
4.5.3 Langkah-langkah Pengujian.....	102
4.5.4 Hasil dan Analisa Pengujian.....	103
4.6. . Pengujian Tampilan LCD.....	104
4.6.1 Tujuan pengukuran.....	104
4.6.2 Peralatan yang Digunakan.....	104
4.6.3 Prosedur Pengujian.....	104
4.6.4 Hasil dan Analisa Pengujian.....	104
4.7. Pengujian Rangkaian <i>Input Keypad</i>	105
4.7.2 Tujuan pengukuran.....	105
4.7.3 Peralatan yang Digunakan.....	105
4.7.4 Pelaksanaan Pengujian.....	105
4.7.4 Hasil dan Analisa Pengujian.....	106
4.8. Pengujian Sitem Keseluruhan.....	107
4.8.1 Tujuan pengukuran.....	107
4.8.2. Peralatan yang Digunakan.....	107
4.8.3 Pelaksanaan Pengujian.....	107
4.8.4. Hasil dan Analisa Pengujian.....	107
4.8.4. Spesifikasi.....	107

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan..... 110

5.2. Saran 111

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2-1. Blok Diagram Mikrokontroler AT89S51	9
2-2. IC AT89S51	10
2-3. Osilator Eksternal AT89S51	11
2-4. Simbol dari Potensiometer	23
2-5. Simbol dari Transistor	25
2-6. Transistor sebagai saklar	26
2-7. Rangkaian Switching Transistor	27
2-8. Karakteristik I_C - V_{CE} Transistor Bipolar	28
2-9. Kaidah Tangan Kiri	28
2-10. <i>Susunan pin PCF8591</i>	29
2-11. Single Ended Input/ Defferential Input Analog input I2C ADDA	30
2.12. A/D conversion characteristics of single-ended inputs	30
2.13. A/D conversion characteristics of differential inputs	31
2.14. Contoh Sistem dengan IIC Bus	38
2.15. Transfer Data Bit Pada I2C BUS	36
2.17. Kondisi Start dan Stop	36
2.18. Kondisi ACK dan NACK	36
2.19. Bus protocol for write mode, D/A conversion	36
2.20 Bus protocol for write read, A/D conversion	36
2.21. Sensor Humidity dan Temperatur	36
2-22. Dimensi Sensor Humidity HSM-20G	38
2-23. Simbol Op-Amp	40
2-24. Rangkaian Penguat Non Inverting	42
2-25 Rangkaian Penguat Inverting	43
2-26 Rangkaian Penguat Diferensial	43
2-27 Rangkaian Penguat Instrumentasi	44
2-28. Rangkaian Penguat Integrator	45
2-29 Rangkaian Penguat Diferensiator	45

2-30 Keypad 4 x 4.....	46
2-31 Deskripsi pin pada LCD Tipe M1632	47
3-1. Diagram Blok Alat	60
3-2. Rangkaian Sensor Berat.....	63
3-3. Rangkaian skematic sensor berat dengan op-amp lm 358.....	64
3-4. Rangkaian ADC PCF8591.....	65
3-5. Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler AT89S51	67
3-6. Rangkaian Reset pada Mikrokontroler AT89S51	70
3-7. Rangkaian Pewaktuan.....	72
3-8. Rangkaian Driver Relay	74
3-9. Rangkaian Sensor <i>Limit Switch</i>	75
3-10. Rangkaian Sensor Suhu dan Kelembaban menggunakan HSM-20 G.....	76
3-11. LCD M1632.....	78
3-12. Rangkaian Encoder Keypad	79
3-13. Diagram Ali Program	82
3-14. Flowchart scanning keypad dengan metode polling.....	83
3-15. Diagram Alir Proses inisialisasi LCD	84
4-1. Pengujian Rangkaian sensor Berat	86
4-2. Rangkaian Skematik op amp lm358 pada Sensor Berat.....	89
4-3. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu dan KelembabanHSM-20 G	92
4-4. Rangkaian modul sensor HSM – 20G dari data sheet.....	93
4-5. Hygrometer	95
4-6. Pengujian Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor	95
4-7. Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor	96
4-8. Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor	96
4-9 Pengujian Rangkaian driver Motor DC.....	98
4-10 Diagram Blok pengujian Rangkaian Tampilan LCD	103
4-11 DiagramBlokpengujianPengkodeKeypad.....	104
4-12 Foto Alat Tampakkeseluruhan.....	106

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2-1 Fungsi – Fungsi Alternative Port	11
2-2 Fungsi Khusus Pada Port 3	12
2-3 Special Function Register (SFR).....	16
2-4 Fungsi PIN ADDA PCF 8591	33
2-5 Pin Pada HSM-20G.....	45
2-6 Konfigurasi Pin-pin LCD.....	54
2-7 Register Seleksi.....	56
2-8 Fungsi Terminal Pada LCD	57
3-1 Fungsi Penyemat LCD	77
4-1 Perbandingan Pengukuran dengan Perhitungan Tegangan Sensor Berat	87
4-2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	89
4-3 Analisa pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	90
4-4 Analisa pengujian Kelembaban pada sensor HSM-20G.....	97
4-5 Analisa pengujian Suhu pada sensor HSM-20G.....	98
4-6 Hasil Pembacaan dan Perhitungan ADC PCF8591	101
4-7 Hasil Pengujian Rangkaian Driver Motor DC	103
4-8 Hasil Pengujian Pengkode Keypad	106
4-9 Hasil Perbandingan Berat Sebenarnya Dengan Berat Oleh Alat	107

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
2-1 Kurva Respon HSM -20G pada 25 ⁰ C (3).....	44
2-2 Kurva Respon HSM -20G.....	45
4-1 Hubungan Antara Vout dengan kelembaban (%RH).....	93
4-2 Hubungan Antara Suhu T (⁰ C) dan hambatan R (k Ω).....	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi dibidang elektronika dewasa ini berkembang sangat cepat dan berpengaruh dalam pembuatan alat-alat canggih, yaitu alat yang bekerja secara otomatis dengan bantuan *mikrokontroller*, namun yang saat ini yang paling banyak digunakan adalah *controller* yang merupakan bagian dari *mikroprosesor*. Sistem *mikroprosesor* tidak dapat bekerja sendiri tanpa didukung oleh internal sistem (*software*) dan eksternal sistem (*hardware*). Apabila sebuah *mikroprosesor* dikombinasikan dengan memori (*ROM/RAM*) dan unit-unit *I/O* maka akan dihasilkan sebuah *mikrokomputer*, kombinasi ini dapat dibuat dalam satu *single chip* yaitu *chip mikrocomputer* yang disebut juga *mikrokontroller*.

Penggunaan unit-unit kendali sudah sangat luas dan banyak memberi kemudahan dalam penggunaannya. Seiring dengan perkembangan teknologi, sudah saatnya kita mampu memanfaatkan teknologi tersebut untuk membantu dan mempermudah pekerjaan yang akan kita lakukan. Dalam bidang rumah tangga penggunaan unit-unit kendali sudah sangat merebak saat ini. Sudah banyak peralatan rumah tangga yang telah menggunakan system kendali digital, misalnya pada oven, mesin cuci, pengkondisi udara (*air conditioner*) dan masih banyak lagi peralatan rumah tangga lainnya. Namun lain halnya pada peralatan rumah tangga yaitu *Rice Box* yang berkembang saat ini. Dalam perkembangannya, peralatan ini masih menggunakan sistem penakaran yang masih konvensional dan terbatas.

Dengan sistem ini berat takaran beras sudah ditentukan dari jenis *Rice Box*. Tentunya perlu waktu dan sangat merepotkan bila kita ingin mendapatkan takaran berat beras diluar kapasitas takaran, baik itu melebihi ataupun kurang dari takaran yang telah disediakan.

Beras yang di simpan dalam *Rice Box* terkadang menjadi lembab dan tumbuh jamur atau kutu di karenakan suhu yang rendah atau terjadi kelembaban, dan untuk mengatasi hal tersebut digunakan pengkondisi suhu yang sesuai untuk menjaga beras agar tetap baik.

Bertitik tolak dari hal diatas, penulis tertantang untuk melakukan perencanaan dan pembuatan alat *Rice Box Elektronik* dengan menggunakan sistem *mikrokontroller* sebagai pengontrol dari seluruh kerja alat tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Pada alat yang dibuat, penulis ingin menyampaikan beberapa permasalahan dari alat yang dibuat sebagai berikut :

- Bagaimana cara merencanakan dan merealisasikan MK AT89S51 sebagai sarana pemroses sistem kerja perangkat *Rice Box Elektronik* agar dapat menyesuaikan dengan takaran beban yang diinginkan dan menjaga kondisi beras agar lebih awet dari lembab dan jamur serta kutu.
- Bagaimana cara merencanakan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mendukung system aplikasinya sebagai *Rice Box Elektronik*.

Sehubungan dengan permasalahan diatas, maka dalam skripsi ini dipilih judul:

**PEMBUATAN DAN PERANCANGAN RICE BOX ELEKTRONIK
BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51**

1.3 Tujuan penulisan

Tujuan skripsi ini adalah untuk membuat alat *Rice Box Elektronik* yang dapat membantu para ibu rumah tangga dalam menyimpan dan menakar beras yang saat ini masih dilakukan secara manual, yaitu dengan menggunakan takaran konvensional yang sangat terbatas outputannya. Serta menjaga mutu dan rasa dari beras tersebut yang sering berubah karena kondisi udara yang lembab.

1.4 Batasan masalah

Agar pembahasan Skripsi ini dapat memenuhi sasaran maka perlu batasan masalah dalam pengkajiannya, batasan masalah ini dibatasi hanya pada rangkaian yang dibuat diantaranya sebagai berikut :

- Sensor berat yang digunakan adalah *Potensio Geser*
- Sensor suhu dan kelembaban menggunakan HSM 20G
- Output keluaran penakar *Rice Box* maksimum 2 Kg.
- Beban minimum 250 gram.
- Tiap kenaikan beban sebesar 250 gram
- Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa *assembly*.
- Tidak membahas software

- Tidak membahas jaringan dan power supply .
- Desain fisik *Rice Box* mengikuti bentuk yang ada di pasaran

1.5 Metodologi Penulisan

Untuk mencapai tujuan yang direncanakan dengan hasil optimal, maka dalam pengerjaannya laporan ini dilakukan secara bertahap dengan langkah – langkah sebagai berikut :

a. Studi Leteratur

Dengan mempelajari beberapa kepustakaan yang mendukung, baik kepustakaan tentang perangkat keras dari sistem yang dibuat.

b. Perancangan Hardware dan Validasi Hardware

Melakukan kegiatan pembuatan Alat dan Program *Assembly*.

c. Pengujian dan Analisa

Setelah sistem selesai dibuat, maka diadakan pengujian untuk mendapat kekurangan dari sistem yang telah dirancang.

d. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan dibuat dengan mengikuti sistematika pembahasan yang telah ditetapkan

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam proses penyelesaian penulisan dan pembuatan peralatan ini penulis melakukan dalam tahap – tahap yang sesederhana mungkin untuk mempermudah pemahaman dan penguasaan teori aplikasi peralatan ini secara praktis. Langkah awal proses tersebut adalah studi kepustakaan serta penguasaan teori yang disusul dengan perencanaan rangkaian. Selanjutnya diikuti dengan pembuatan laporan tugas akhir yang berupa buku merupakan akhir dari pembuatan tugas akhir. Langkah – langkah diatas dapat dibuat sistematika pembahasan dari buku ini menjadi lima bab yakni :

- **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi penguraian latar belakang perencanaan dan pembuatan peralatan, permasalahan, tujuan pembahasan, batasan pembahasan, metodologi pembahasan, sistematika penulisan dan relevansi dari penulisan skripsi

- **BAB II : TEORI DASAR**

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

- **BAB III : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN**

Membahas tentang uraian penjelasan tentang dasar – dasar perencanaan dan pembuatan baik secara *hardware* maupun tentang *softwarena*.

- **BAB IV : PENGOPERASIAN DAN PENGUJIAN ALAT**

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

- **BAB V : PENUTUP**

Berisi kesimpulan dari hasil pengujian alat dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

Dalam merencanakan dan merealisasikan sistem ini dibutuhkan pemahaman mengenai pengetahuan yang berhubungan dengan aplikasi tersebut. Pemahaman tersebut akan sangat bermanfaat dalam perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak. Adapun pengetahuan yang mendukung perencanaan dan realisasi alat antara lain pengetahuan mengenai susu, sistem mikrokontroler AT89S51, Relay, Sensor suhu dan sensor kelembaban SHM 20G, Transistor, potensio meter, dan Motor DC.

2.1. Minimum Sistem AT89S51

2.1.1. Mikrokontroler AT89S51

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

Mikrokontroller AT89S51 adalah mikrokontroler ATMEL yang kompatibel penuh dengan mikrokontroler keluarga MCS – 51, membutuhkan daya rendah, memiliki performance yang tinggi dan merupakan *microcomputer* 8 bit yang dilengkapi 4Kbyte EEPROM (*Electrical Erasable and Programmable Read Only Memory*) dan 128 Byte RAM *internal*. Program memori yang dapat

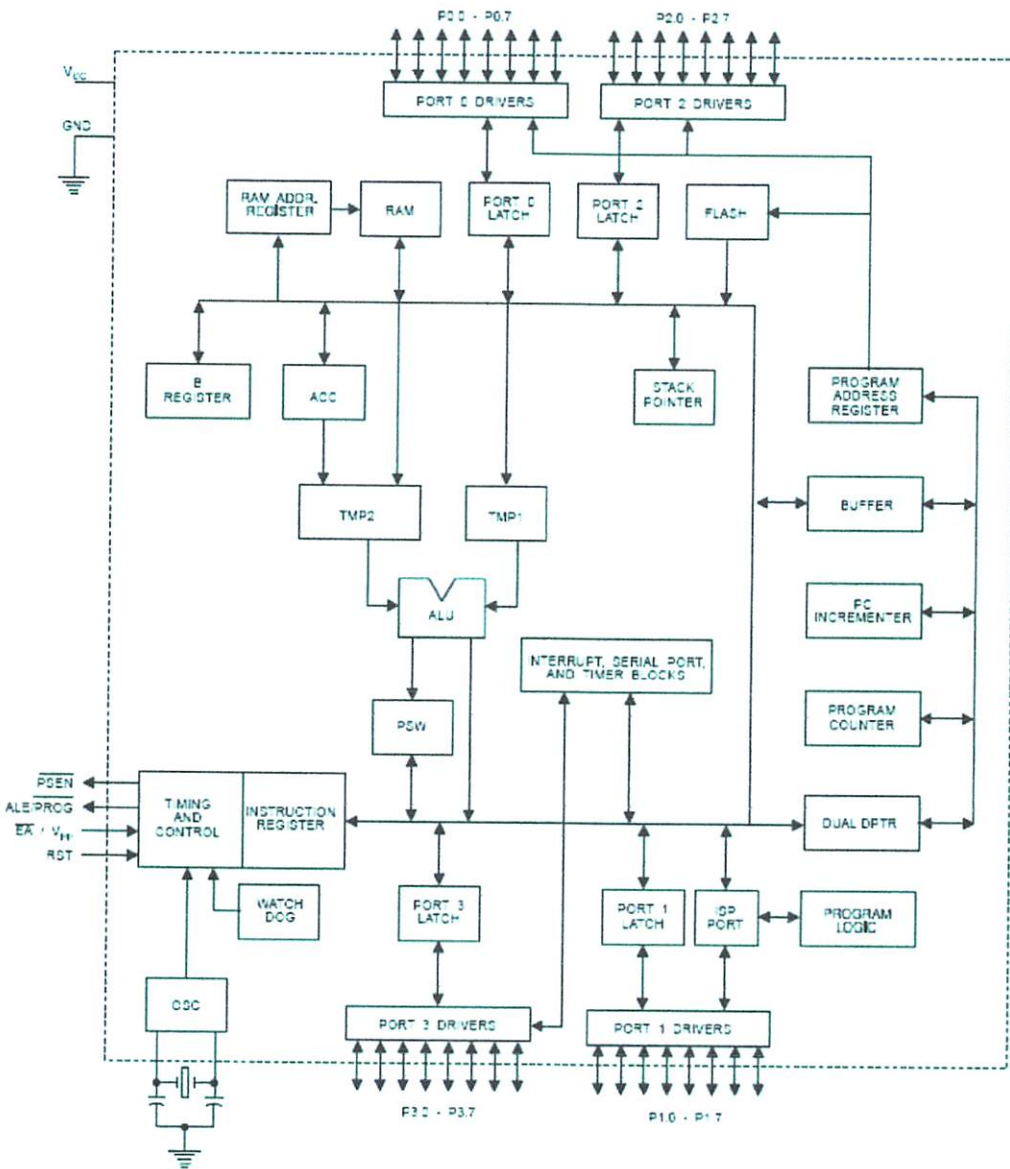
diprogram ulang dalam sistem atau menggunakan programmer *Nonvolatile* memori konvensional. Dalam sistem mikrokontroler terdapat dua hal yang mendasar, yaitu: perangkat lunak dan perangkat keras yang keduanya saling terkait dan mendukung

2.1.2. Perangkat keras mikrokontroler AT89S51

Secara umum Mikrokontroler AT89S51 memiliki :

- ❖ CPU 8 bit termasuk keluarga MCS-51
- ❖ 4 Kb *Flash* memory
- ❖ 128 *byte* *Internal* RAM
 - ◆ 4 bank register, masing – masing berisi 8 register.
 - ◆ 16 *byte* yang dapat dialamati pada bit level.
 - ◆ 80 *byte* *general purpose memory data*.
- ❖ 32 buah Port I/O, tersusun atas P0 – P3, masing – masing 8 bit.
- ❖ 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 Di atas pembuatan alat menggunakan AT89S51 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Adapun blok diagram dari Mikrokontroller AT89S51 adalah sebagai berikut :

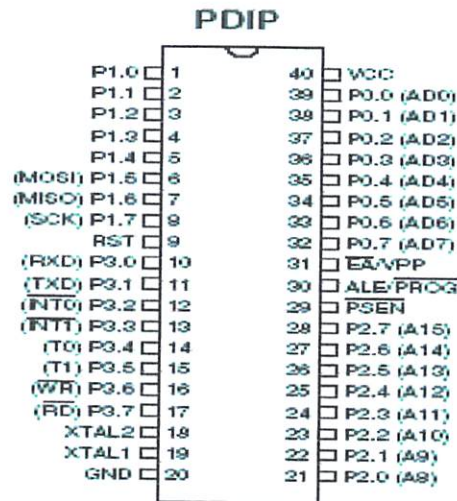


Gambar 2-1 Diagram Blok Mikrokontroller AT89S51

Sumber : Data Sheet Atmel AT89S51, halaman 3

2.1.3. Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 terdiri dari 40 pin dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 2-2 IC AT89S51

Sumber : Data Sheet Atmel AT89S51, halaman 2

Fungsi tiap pin-nya adalah sebagai berikut :

1. Pin 1 sampai 8, **Port 1**

Merupakan 8 bit I/O Bi-directional yang dilengkapi dengan internal Pull - Up. Ketika diberikan logika '1' pin ini akan di *Pull-Up* secara *internal* sehingga dapat digunakan sebagai *input*. Sebagai masukan jika pin – pin ini dihubungkan ke ground maka masing – masing pin ini dapat menghantarkan arus karena di *Pull-High* secara internal. Port 1 juga menerima *Low Order Address Bytes* selama melakukan verifikasi program.

Pada *port 1* di AT89S51 pin ini mempunyai alternatif seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 2-1. Fungsi – Fungsi Alternative Port 1

Sumber : Data Sheet Atmel AT89S51,halaman 4

Port Pin	Alternative Functions
P1.5	MOSI (Master Output Slave Input)
P1.6	MISO ((Master Input Slave Output)
P1.7	SCK (Serial Clock)

2. Pin 9, RST (*Reset*)

Merupakan pin yang aktif tinggi (*high*), pin ini aktif tinggi selama dua siklus mesin yang akan membuat mikrokontroler AT 89S51 menjalankan rutin *reset*.

3. Pin 10 sampai 17, Port 3

Port 3 sebagai 8 bit I/O Bi-directional yang dilengkapi dengan *Pull-Up Internal*. Penyangga keluaran port 3 dapat memberikan atau menyerap arus empat masukan TTL (sekitar 1,6 mA). Jika diberikan logika '1' pada pin - pin port 3, maka masing – masing pin akan di *Pull High* oleh *Pull-Up internal* sehingga dapat digunakan sebagai *input-an*. Sebagai inputan, jika pin – pin port 3 dihubungkan ke *ground*, maka masing – masing kaki akan memberikan arus karena di *Pull High* secara internal, dimana Port 3 juga mempunyai fungsi-fungsi khusus yang dimiliki oleh keluarga MCS-51. Fungsi tersebut dapat dilihat dalam berikut ini :

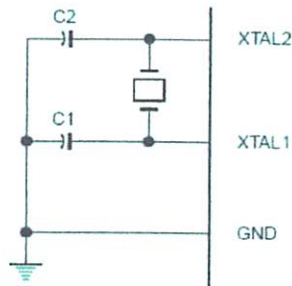
Tabel 2-2 Fungsi Khusus Pada Port 3

Sumber : Data Sheet Atmel AT89S51, halaman 5

Nama Penyemat	Fungsi Khusus
Port 3.0	RxD (port masukan serial)
Port 3.1	TxD (port keluaran serial)
Port 3.2	/INT0 (masukan interupsi eksternal 0)
Port 3.3	/INT1 (masukan interupsi eksternal 1)
Port 3.4	T0 (masukan pewaktu eksternal 0)
Port 3.5	T1 (masukan pewaktu eksternal 1)
Port 3.6	/WR (sinyal tulis memori data eksternal)
Port 3.7	/RD (sinyal baca memori data eksternal)

4. Pin 18 sampai 19, *X-TAL 1 dan X-TAL 2*

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 3 – 33 Mhz. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar pemasangan X-TAL serta kapasitor yang digunakannya.



Gambar 2-3 Osilator Eksternal AT89S51

Sumber : Data Sheet Atmel AT89S51, halaman 11

5. Pin 20, **GND (Ground)**

Dihubungkan dengan *ground* rangkaian.

6. Pin 21 sampai 28, **Port 2**

Port 2 berfungsi sebagai 8 bit I/O Bi-directional yang dilengkapi dengan internal *Pull-Up* Penyangga keluaran port 2 dapat memberikan atau menyerap arus empat masukan TTL (sekitar 1,6 mA) Jika diberikan logika '1' pada pin – pin port 2, maka masing – masing pin akan di *Pull High* secara *internal* sehingga dapat digunakan sebagai *input-an*. Sebagai *input-an* jika pin – pin port 2 dihubungkan ke *ground* (di *Pull-Low*), maka, masing – masing pin dapat menghantarkan arus karena di *Pull High* secara *internal*. Port 2 mengeluarkan alamat bagian tinggi (A8-A15), selama pengambilan instruksi dari memori program eksternal dan selama pengaksesan memori data eksternal yang menggunakan perintah dengan alamat 16-bit (dengan perintah "MOVX @DPTR").

7. Pin 29, **$\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable)**

Pin ini aktif rendah yang merupakan *strobe* pembacaan ke program memori eksternal.

8. Pin 30, **ALE (Address Latch Enable) / $\overline{\text{PROG}}$**

Keluaran ALE menghasilkan pulsa – pulsa untuk menahan alamat rendah (A0-A7) pada port 0, selama dilakukan proses baca atau tulis memori *external*. Pin ini juga berfungsi sebagai masukan pulsa program (*PROG*) selama pemrograman EEPROM *external*. Pada operasi normal, ALE akan

berpulsa dengan laju 1/6 dari frekuensi kristal dan dapat digunakan sebagai pewaktuan atau pendetakan (*clocking*).

9. Pin 31, \overline{EA} / VPP (*External Access*)

Dapat diberikan logika rendah (*ground*) atau logika tinggi (+5V). Jika diberikan logika tinggi maka mikrokontroler akan mengakses program dari ROM *internal* (EEPROM/*Flash Memori*), dan jika diberikan logika rendah maka mikrokontroler akan mengakses program dari memori *external* yang berlokasi 0000h sampai FFFFh.

10. Pin 32 sampai 39, Port 0

Port 0 terdiri dari 8 saluran *input* atau *output* dua arah, tanpa internal *pull-up*. *Port 0* merupakan bus alamat rendah ($A_0 - A_7$), yang dimultipleks dengan saluran bus data (D0-D7), yang digunakan pada saat mengakses memori data *external* dan memori program *external*.

11. Pin 40, VCC

Merupakan masukan catu daya 5 volt dengan toleransi kurang lebih 10%.

2.1.4. Organisasi Memori

Organisasi yang dimiliki oleh AT89S51 yang terdiri atas :

1. RAM Internal

Memori sebesar 128 *byte* yang biasanya digunakan untuk menyimpan variabel atau data yang bersifat sementara. RAM *internal* terdiri atas :

➤ **Register Banks**

AT89S51 mempunyai delapan buah register yang terdiri atas R0 hingga R7. Kedelapan register ini selalu terletak pada alamat 00H hingga 07H pada setiap kali sistem direset. Namun posisi R0 hingga R7 dapat dipindah ke bank 1 (08H hingga 0FH), bank 2 (10H hingga 17H) dan bank 3 (18H hingga 1FH), dengan mengatur bit RS0 dan RS1.

➤ **Bit Addressable RAM**

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

➤ **RAM keperluan umum**

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

2. 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 2-3.

Register-register ini hanya dapat diakses dengan pengalamatan langsung. Enam belas alamat pada register fungsi khusus dapat dialamati

perbit maupun per-byte dan terletak pada alamat 80_H-FF_H. Secara perangkat keras, register fungsi khusus ini dibedakan dengan memori data internal.

Tabel 2-3 Special Function Register

Sumber : Hafindo *Elektronik & Education*, Malang, 2001

Simbol	Nama Register	Nilai Pada Saat Reset	Alamat
ACC	Accumulator	00 _H	E0 _H
B	Register B	00 _H	F0 _H
PSW	Program Status Word	00 _H	D0 _H
SP	Stack Pointer	07 _H	81 _H
DPTR	Data Pointer 2 Byte		
DPL	Bit rendah	0000 _H	82 _H
DPH	Bit Tinggi	0000 _H	83 _H
P0	Port 0	0FF _H	80 _H
P1	Port 1	0FF _H	90 _H
P2	Port 2	0FF _H	A0 _H
P3	Port 3	0FF _H	B0 _H
IP	Interrupt Periority Control	XXX00000 _B	D8 _H
IE	Interrupt Enable Control	0XX00000 _B	A8 _H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	00 _H	89 _H
TCON	Timer/Counter Control	00 _H	88 _H
TH0	Timer/Counter 0 High Control	00 _H	8C _H
TL0	Timer/Counter 0 Low Control	00 _H	8A _H
TH1	Timer/Counter 1 High Control	00 _H	8D _H
TL1	Timer/Counter 1 Low Control	00 _H	8B _H
SCON	Serial Control	00 _H	98 _H
SBUF	Serial Data Buffer	Independen	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.
- *Program Status Word* (PSW) yang terletak pada alamat D0H terdiri dari beberapa *bit* status yang menggambarkan kejadian di akumulator sebelumnya. Yaitu *carry bit*, *auxiliary carry*, dua *bit* pemilih bank, bendera *overflow*, *parity bit*, dan dua bendera yang dapat didefinisikan sendiri oleh pemakai. Keterangannya sebagai berikut :

- Flag Carry

Flag Carry (terletak pada alamat D7H) mempunyai fungsi sebagai pendeteksi terjadinya kelebihan pada operasi penjumlahan atau terjadi pinjam (*borrow*) pada operasi pengurangan. Misalnya jika data pada accumulator adalah FFH dan dijumlahkan dengan bilangan satu atau lebih, akan terjadi kelebihan dan membuat carry menjadi Set, sedangkan jika data pada accumulator adalah 00H dan dikurangkan dengan bilangan satu atau lebih, akan terjadi peminjaman dan membuat carry juga menjadi set.

- **Flag Auxiliary Carry**

Flag Auxiliary Carry akan selalu Set pada saat proses penjumlahan terjadi carry dari bit ketiga hingga bit keempat.
- **Flag 0**

Flag 0 digunakan untuk tujuan umum bergantung pada kebutuhan pemakai.
- **Bit Pemilih Register Bank**

Register Bank Select Bits (RS0 dan RS1) atau Bit Pemilih Register Bank digunakan untuk menentukan lokasi dari Register Bank (R0 hingga R7) pada memori. RS0 dan RS1 selalu bernilai nol setiap kali system direset sehingga lokasi dari R0 hingga R7 akan berada di alamat 00H hingga 07H.
- **Flag Overflow**

Flag Overflow akan diset jika pada operasi aritmatik menghasilkan bilangan yang lebih besar dari pada 128 atau lebih kecil dari - 128.
- **Bit Pariti**

Bit Pariti akan diset jika jumlah bit 1 dalam accumulator adalah ganjil dan akan clear jika jumlah bit 1 dalam accumulator genap. Jika data dalam accumulator adalah 10101110b atau AEH pariti akan diset. Data AEH mempunyai lima bit yang berkondisi 1 atau dapat disebut mempunyai bit 1 dalam jumlah yang ganjil. Bit pariti ini digunakan untuk proses yang berhubungan dengan serial port yaitu sebagai *Check sum*.

- *Stack Pointer* (SP) merupakan register 8 bit yang dapat diletakkan di alamat manapun pada RAM *internal*. Isi *register* ini ditambah sebelum data disimpan, selama instruksi PUSH dan CALL. Pada saat *reset*, *register* SP diinisialisasi pada alamat 07_H, sehingga *stack* akan dimulai pada lokasi 08_H.
- *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 pengalamatan 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*.
- *Serial data buffer* (SBUF) merupakan dua *register* yang terpisah, *register buffer* pengirim dan sebuah *register buffer* penerima. Meletakkan data pada SBUF berarti meletakkan pada *buffer* pengirim yang akan mengirimkan data melalui transmisi serial. Membaca data SBUF berarti menerima data dari *buffer* penerima
- *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*).

➤ Register Timer

AT89S51 mempunyai dua buah 16 bit Timer/Counter, yaitu Timer 0 dan Timer 1. Timer 0 terletak pada alamat 8AH untuk TL0 dan 8CH untuk TH0 dan Timer 1 terletak pada alamat 8BH untuk TL1 dan 8DH untuk TH1.

➤ Register Interupt

89S51 mempunyai lima buah interupsi dengan sua level prioritas interupsi. Interupsi akan selalu nonaktif setiap kali system di – reset. Register – register yang berhubungan dengan interrupt adalah *Interrupt Enable Register (IE)* atau Register Pengaktif Interupsi pada alamat A8H untuk mengatur keaktifan tiap – tiap interrupt dan *Interrupt Priority Register (IP)* atau Register Prioritas Interupsi pada alamat B8H.

➤ Register Port Serial

AT89S51 mempunyai sebuah *on chip serial port* (serial port dalam keping) yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan peralatan lain yang menggunakan serial port juga seperti modem, shift register dan lain – lain.

Buffer (Penyangga) untuk proses pengiriman maupun pengambilan data terletak pada register SBUF, yaitu pada alamat 99H. Sedangkan untuk mengatur mode serial dapat dilakukan dengan mengubah isi dari SCON yang terletak pada alamat 98H.

3. Flash PEROM

AT89S51 memiliki 4Kb *Flash PEROM (Programmable and Erassable Read Only Memori)*, yaitu ROM yang dapat ditulis ulang atau dihapus menggunakan sebuah perangkat programmer hingga 1000 kali. Program yang ada pada *Flash PEROM* akan dijalankan jika pada saat sistem di-*reset*, pin EA/VP berlogika satu sehingga mikrokontroler aktif berdasarkan program yang ada pada *flash PEROM*nya. Namun, jika EA/VP berlogika nol, mikrokontroller aktif berdasarkan program yang berada pada memori *external*.

2.1.5. Mode Pengalamatan.

Mode pengalamatan yang digunakan pada AT89S51 adalah sebagai berikut:

- a) Mode pengalamatan segera (*immediate addressing mode*).

Cara ini menggunakan konstanta, misalnya: **MOV A, #20H**. Data konstanta merupakan data yang menyatu dengan instruksi, contoh instruksi tersebut diatas mempunyai arti bahwa data konstantanya yaitu 20H, (sebagai data konstanta harus diawali dengan '#') disalin ke akumulator A.

- b) Mode pengalamatan langsung (*direct addressing mode*).

Cara ini dipakai untuk menunjuk data yang berada di suatu lokasi memori dengan cara menyebut lokasi (alamat) memori tempat data tersebut berada, misalnya: **MOV A, 30H**. Instruksi ini mempunyai arti bahwa data yang berada di dalam memori dengan lokasi 30H disalin ke

akumulator. Bedanya dengan pengalamatan segera yaitu jika pada pengalamatan segera menggunakan tanda '#' yang menandai 20H sebagai data konstan, sedangkan pada instruksi ini tidak menggunakan '#' sehingga 30H diartikan sebagai suatu lokasi memori.

c) Mode pengalamatan tidak langsung (*indirect addressing mode*).

Cara ini dipakai untuk mengakses data yang berada di dalam memori, tetapi lokasi memori tidak disebut secara langsung tapi di-'titip'-kan ke register lain, misalnya: **MOV A, @R0**. R0 adalah register serba guna yang dipakai untuk menyimpan lokasi memori, sehingga instruksi ini mempunyai arti memori yang alamat lokasinya tersimpan dalam R0 isinya disalin ke akumulator A. Tanda '@' dipakai untuk menandai lokasi memori yang tersimpan di dalam R0. Register serba guna R0 berfungsi sebagai register penyimpanan alamat (*indirect address*), selain R0 register serba guna lainnya, R1 juga bisa dipakai sebagai register penampung alamat.

d) Mode pengalamatan register (*register addressing mode*).

Misalnya: **MOV A, R5**, instruksi ini mempunyai arti bahwa data dalam register serba guna R5 disalin ke akumulator A. Instruksi ini menjadikan register serba guna R0 sampai R7 sebagai tempat penyimpanan data yang praktis dan kerjanya sangat cepat.

e) Mode pengalamatan kode tidak langsung (*code indirect addressing mode*).

MCS51 mempunyai cara penyebutan data dalam memori program yang dilakukan secara tak langsung, misalnya: **MOVC A, @A+DPTR**. Instruksi MOV diganti dengan MOVC, tambahan huruf C tersebut dimaksud untuk membedakan bahwa instruksi ini digunakan untuk memori program (MOV tanpa huruf C artinya digunakan untuk memori data). Tanda '@' digunakan untuk menandai A+DPTR yang berfungsi untuk menyatakan lokasi memori yang isinya disalin ke Akumulator A, dalam hal ini nilai yang tersimpan dalam DPTR (*Data Pointer Register* – 2 byte) ditambah dengan nilai yang tersimpan dalam akumulator A (1 byte) sama dengan lokasi memori program yang diakses.

2.2. Potensiometer

Potensiometer atau variable resistor adalah transduser yang merubah posisi mekanik menjadi electrical signal, dengan cara menggeser atau memutar tuas potensiometer akan mengubah nilai resistansi dari potensiometer. Potensiometer memiliki tiga terminal pengawatan dua diantaranya dapat dihubungkan sebagai akhir dari nilai elemen resistansi. Satu elemen yang lain terhubung yang dapat bergerak di sebut wiper.

Berikut ini adalah gambar dari komponen potensiometer:

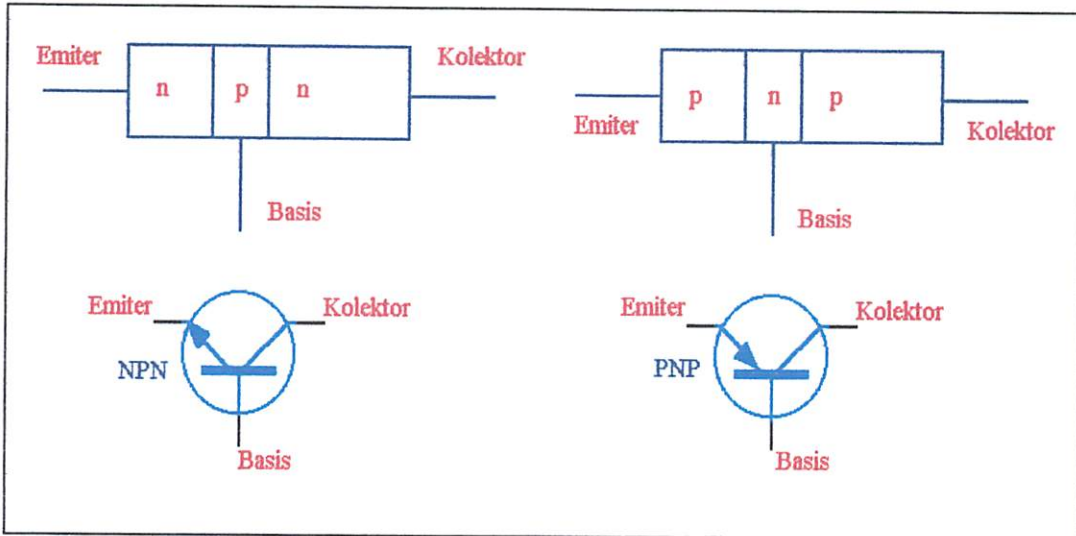


Gambar 2-4 Simbol dari Potensiometer

2.3. Transistor

Transistor merupakan salah satu komponen elektronika dengan terminal yang terdiri dari kolektor (C), Basis (B) dan Emitter (E). Setelah bahan semikonduktor dasar diolah, terbentuklah bahan semikonduktor jenis P dan N. walaupun proses pembuatannya banyak, pada dasarnya transistor merupakan tiga lapis gabungan kedua jenis bahan tadi, yaitu NPN dan PNP.

Simbol sirkuit kedua jenis bahan tersebut hampir sama, perbedaannya hanya terletak pada arah panah di ujung emitter. Arah panah ini menunjukkan arah aliran arus konvensional yang berlawanan arah dalam kedua jenis tadi. Adapun lambang komponen transistor NPN maupun PNP dapat dilihat pada gambar 2-5 dibawah ini.



Gambar 2-5 lambang komponen transistor NPN maupun PNP
 Sumber : Perancangan

2.3.1 Transistor sebagai saklar.

Suatu transistor dalam sistem kerjanya mengalami keadaan saturasi dan titik sumbat. Dengan demikian jika transistor digunakan sebagai saklar maka hubungan saklar ini terjadi antara kolektor dan emitor dari transistor tersebut. Sedangkan buka dan tutup saklar itu ditentukan oleh suatu tegangan yang diberikan pada basisnya .

- Saklar terbuka

Jika $V_B = 0V$, $I_b = 0V$, maka transistor dalam keadaan titik sumbat sehingga tidak ada arus yang mengalir dan saklar dalam keadaan terbuka.

- Saklar tertutup

Untuk mengembalikan saklar dalam keadaan tertutup maka harus diberikan V_{input} pada V_B dan arus pada basis, sehingga keadaan transistor menjadi saturasi, dimana perpotongan dari garis beban dan kurva $I_B = I_{B(sat)}$. Keadaan ini seperti sebuah switch yang tertutup.

Jika transistor dikerjakan pada keadaan saturasi ($V_{ce} = 0,7v$), maka antara kolektor dan emiter akan terhubung dengan cepat atau dengan kata lain saklar dalam keadaan tertutup. Adapun besarnya arus basis yang diperlukan untuk rangkaian ini dapat dicari melalui persamaan :

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

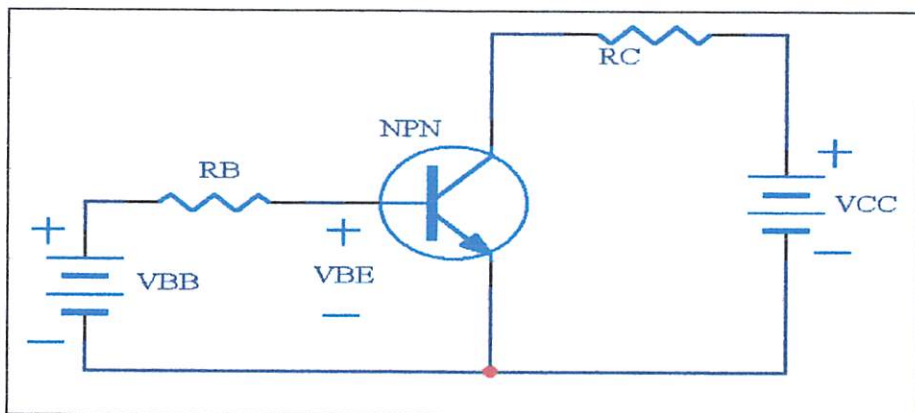
Maka nilai R_b didapatkan sebagai berikut :

$$R_b = \frac{V_{bb} - V_{be}}{I_b}$$

Jika arus kolektor yang mengalir terlalu banyak, transistor akan menuju ke kondisi jenuh. Secara ideal terjadi suatu hubung singkat antara terminal kolektor dan emitor, dengan arus kolektor jenuh sebesar (Malvino, 1991).

$$I_{C(Sat)} \cong \frac{V_{CC}}{R_L}$$

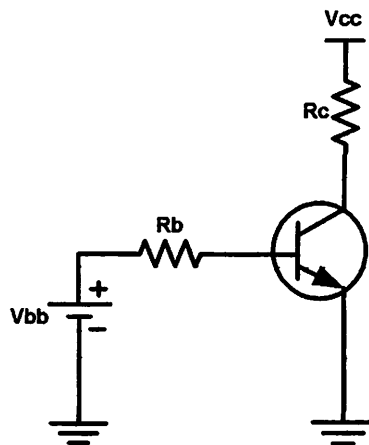
Rangkaian transistor switch dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2-6 Transistor sebagai saklar
Sumber : Perancangan

2.3.2 Transistor Sebagai Switching

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

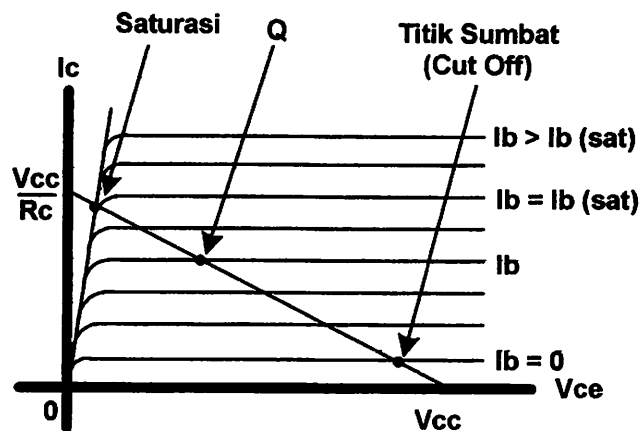


Gambar 2-7. Rangkaian Switching Transistor

Sumber : Prinsip-Prinsip Elektronika, halaman 201

Garis beban akan memotong sekelompok kurva arus basis constant I_B dengan I_B tertentu (yang diatur rangkaian bias), garis beban akan memotong kurva I_B tersebut dititik Q yang disebut titik kerja transistor. Titik kerja ini menjadi kondisi awal dari pengoperasian transistor kelak dimana transistor tersebut

mempunyai tiga daerah kerja yaitu aktif (*active*), jenuh (*saturation*), dan tersumbat (*cut-off*).



Gambar 2-8. Grafik Karakteristik I_C - V_{CE} Transistor Bipolar

Sumber : Prinsip-Prinsip Elektronika, halaman 205

Pada gambar di atas 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, di sini transistor kehilangan kerja normalnya. Di sini 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 ujung dari garis beban.

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

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

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

2.4. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang terdiri dari sebuah lilitan kawat (kumparan/koil) yang terlilit pada suatu inti besi lunak. Jika kumparan dialiri oleh arus listrik, maka inti besi akan menjadi magnet. *Relay* merupakan alat untuk membuka dan menutup kontak secara elektrik dengan tujuan menghubungkan fungsi dari rangkaian satu dengan rangkaian yang lainnya.

Kontak-kontak yang ada pada relay ada dua macam, yaitu *Normally Open* (relay yang kontakannya terbuka pada saat belum ada arus yang melalui kumparan dan tertutup pada saat ada arus) dan *Normally Closed* (relay yang kontakannya tertutup pada saat belum ada arus yang melalui kumparan dan terbuka pada saat ada arus).

Keuntungan memakai *relay* umumnya terletak pada pengaturan *switching*-nya, sehingga terjadi isolasi antara rangkaian catu daya rendah dengan catu daya beban yang tinggi yang akan diputus dan disambung. Kerugian relay umumnya terjadi tanggapan waktu yang *relative* lambat saat ON/OFF.

Cara kerja relay adalah sebagai berikut :

Jika ada arus yang masuk melalui kumparan, maka pada kumparan tersebut akan menghasilkan induksi magnet. Induksi magnet tersebut akan menarik pegas kontak, yang akan merubah posisi awalnya menjadi terhubung ke bagian yang lain. Setelah arus terhenti maka tidak ada induksi sehingga kontak kembali pada kondisi semula.

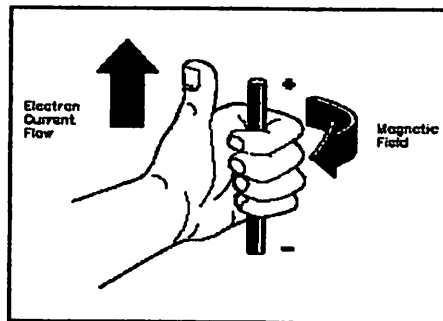
2.5. Motor Arus Searah (Motor DC)

Motor arus searah (dc) adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga mekanik dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran rotor. Dalam kehidupan sehari-hari motor arus searah sering dijumpai di mana-mana. Sebagai contoh adalah motor yang di pasang pada *starter* mobil, mainan anak-anak, *tape recorder* dan lain sebagainya. Sedangkan pada pabrik-pabrik, motor arus searah dapat dijumpai pada *elevator*, *conveyor* dan sebagainya.

2.5.1. Prinsip Dasar Motor Arus Searah (Motor DC)

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah kalau sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat tersebut akan bekerja suatu gaya yang akan menggerakkan kawat tersebut. Arah gerak dari kawat tersebut dapat ditentukan dengan “ Kaidah Tangan Kiri “ yang berbunyi sebagai berikut : “ Apabila tangan kiri dibiarkan terbuka dan diletakkan diantara kutub utara dan kutub selatan, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan

keempat jari, maka kawat tersebut akan mendapat gaya yang jatuhnya sesuai dengan ibu jari “, seperti pada gambar 2-10.



Gambar 2-9. Kaidah Tangan Kiri

Sumber : www.google.com

Adapun besarnya gaya yang bekerja pada kawat tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = B \times I \times L \quad (\text{Newton}) \text{ dimana :}$$

B = kerapatan fluks magnet (Weber)

L = Panjang penghantar (meter)

I = Arus listrik (Ampere)

2.6. ADC PCF 8591 (Analog to Digital Converter)

Analog to Digital Converter (ADC) adalah Rangkaian atau devais yang mengubah input analog menjadi output digital dalam bentuk biner yang ekuivalen. Dimana setiap perubahan pada output menyatakan beberapa kenaikan dari tegangan atau arus input.

Spesifikasi lain selain ketelitian (akurasi) dan linearitas adalah waktu konversi (conversion time). Waktu konversi ADC adalah waktu yang diperlukan ADC untuk menghasilkan kode biner yang valid untuk tegangan masukan yang diberikan. Semakin pendek waktu konversi berarti kecepatan konversi semakin tinggi.

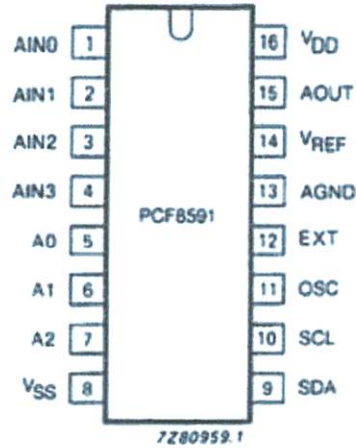
ADC PCF8591 ialah AD/DA Converter 8 bit dengan 4 input analog menggunakan interface I²C. Chip ini sudah ramai digunakan saat ini menggantikan ADC/DAC standar seperti 0808,0809, MC1408 dan 0804. Sinyal analog dari masing-masing sensor akan diubah menjadi sinyal oleh ADC 8591. ADDA merupakan Analog Input Output add-on board untuk 89S51 Development Tool DT51 menggunakan I2C-bus. I2C adda digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi digital atau sebaliknya. Dan pada perencanaan ini Ic PCF8591 digunakan sebagai ADC untuk sensor SHM 20-G. Adapun bagian spesifikasinya berikut:

Spesifikasi yang dimiliki oleh I2C ADDA adalah:

1. kompatibel penuh dengan 89S51
2. Hanya perlu dua jalur kabel untuk interface dengan mikrokontroler.
3. Analog input 4 channel 8bit.
4. Analog output 1 channel 8 bit
5. input range tegangan 0 volt – 2,5 volt.
6. Spesifikasi ADDA PCF 8591 adalah 10 mV/bit

DT51 I²C ADDA merupakan Analog Input Output Add-on board untuk DT51 menggunakan teknologi I²C-bus dimana IC utama yang digunakan ialah

motor, pengaturan suhu ruang, akuisisi data jarak jauh dan lainnya. Pin AIN0-AIN3 ialah pin input analog, sedangkan AOuT ialah sinyal output analog.



Gambar 2-10 Susunan pin PCF8591

Table 2-4 Fungsi PIN ADDA PCF 8591

SYMBO	PIN	DESCRIPTION
AIN0	1	analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A05	5	hardware address
A1	6	
A2	7	
VSS	8	negative supply voltage
SDA	9	² C-bus data input/output
SCL	10	² C-bus clock input
OSC	11	oscillator input/output
EXT	12	external/internal switch for oscillator input
AGND	13	analog ground
VREF	14	voltage reference input
AOUT	15	analog output (D/A converter)
VDD	16	positive supply voltage

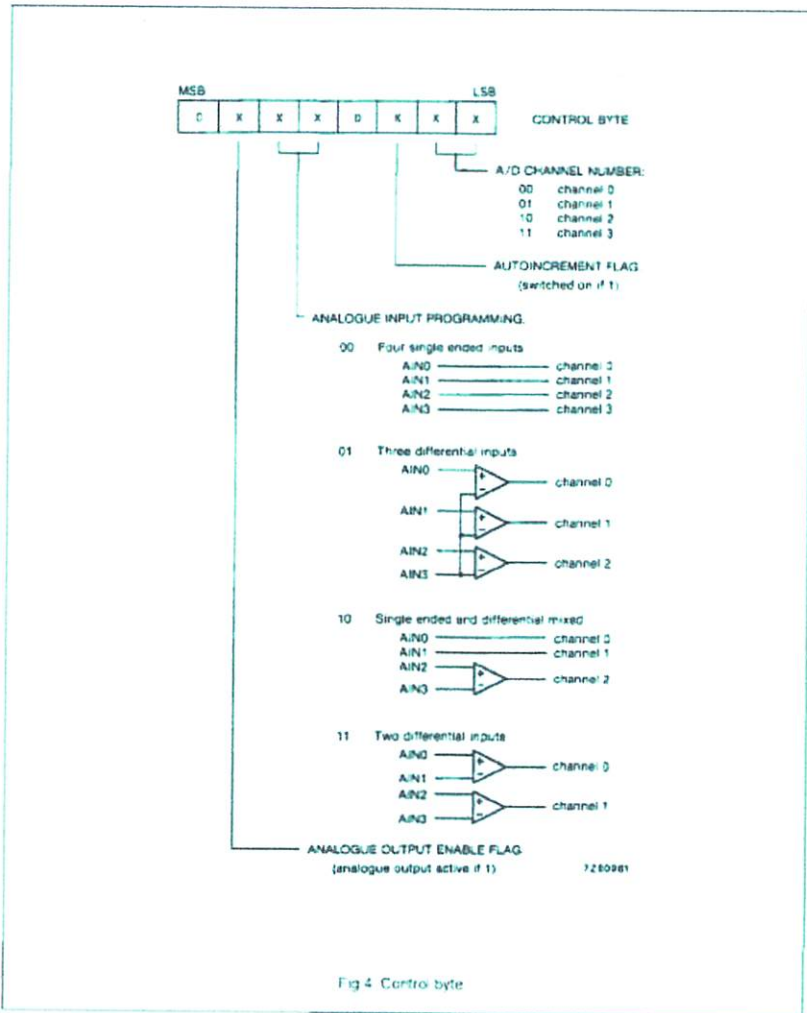
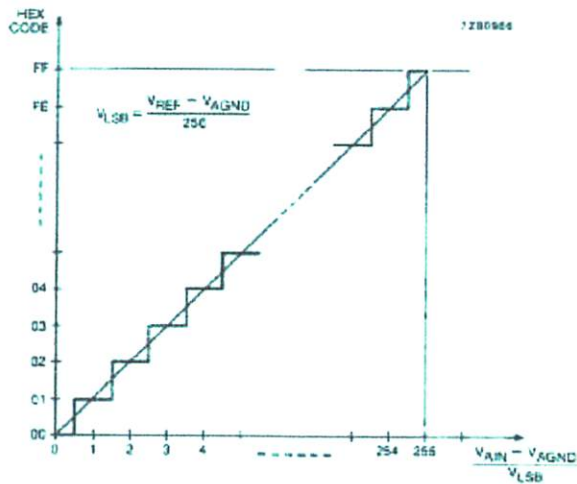
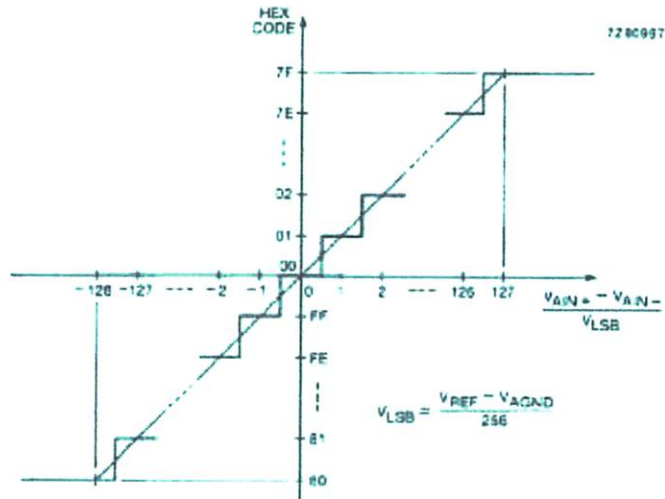


Fig 4 Control byte

Gambar 2-11 Single Ended Input/ Defferential Input Analog input I2C ADDA
sumber : Datasheet ADD PCF 8591



Gambar 2-12 A/D conversion characteristics of single-ended inputs
 sumber : Datasheet ADD PCF 8591



Gambar 2-13 A/D conversion characteristics of differential inputs
 (Sumber : Datasheet ADD PCF 8591)

Karakteristik yang linier didekati dengan karakteristik dalam bentuk anak tangga sehingga timbul kesalahan kuantisasi sebesar setengah dari anak tangga. Karena tinggi anak tangga adalah sama dengan bit paling terendah (least significant, LSB) dalam bilangan biner, maka kesalahan tersebut sama dengan $\frac{1}{2}LSB$.

Kadang – kadang persediaan bit tertentu tidak tersedia dengan perkataan lain sebuah tangga dilompati. Kombinasi semacam itu disebut kode yang hilang (missing kode). Kode yang hilang tidak terjadi bila kesalahan linieritas kurang dari $\pm \frac{1}{2} LSB$. Waktu yang dibutuhkan ADC untuk mengubah tegangan menjadi bit kombinasi disebut waktu konversi (conversion time).

2.7. Latar Belakang dan Konsep I2C

Pada saat ini desain elektronik dituntut untuk semakin ringkas dan fleksibel, dimana ukuran fisik IC semakin diperkecil dan jumlah pin diminimalkan dengan tetap menjaga fleksibilitas dan kompatibilitas IC sehingga mudah untuk digunakan dalam berbagai keperluan desain yang berbeda, oleh karenanya banyak perusahaan semikonduktor yang berusaha mengembangkan cara baru komunikasi antar IC yang lebih akomodatif terhadap tuntutan diatas sebagai alternatif dari hubungan antar IC secara paralel (parallel bus) yang sudah kita kenal luas. Salah satu metode yang telah matang dan dipakai secara luas adalah IIC (sering ditulis juga I2C) singkatan dari Inter Integrated Circuit bus yang dikembangkan oleh Philips Semiconductor sejak tahun 1992, dengan konsep dasar komunikasi 2 arah antar IC dan/atau antar sistem secara serial menggunakan 2 kabel

2.7.1 Fitur Utama IIC

Fitur utama I2C bus adalah sebagai berikut :

- Hanya melibatkan dua kabel yaitu serial data line (selanjutnya disebut SDA) dan serial clock line (selanjutnya disebut SCL).
- Setiap IC yang terhubung dalam I2C memiliki alamat yang unik yang dapat diakses secara software dengan master/slave protocol yang sederhana, dan mampu mengakomodasikan multi master (akan dijelaskan lebih detil pada bagian lain).
- I2C merupakan serial bus dengan orientasi data 8 bit (byte), komunikasi 2

arah, dengan kecepatan transfer data sampai 100Kbit/s pada mode standart dan 3,4 Mbit/s pada mode kecepatan tinggi.

- Jumlah IC yang dapat dihubungkan pada I2C bus hanya dibatasi oleh beban kapasitansi pada bus yaitu maksimum 400pF.

2.7.2. Keuntungan I2C

Keuntungan yang didapat dengan menggunakan I2C antara lain :

- Meminimalkan jalur hubungan antar IC (bandingkan dengan parallel bus !).
- Menghemat luasan PCB yang dibutuhkan.
- Membuat sistem yang didesain berorientasi software (mudah diekspan dan diupgrade).
- Membuat sistem yang didesain menjadi standart, sehingga dapat dihubungkan dengan sistem lain yang juga menggunakan I2C bus.

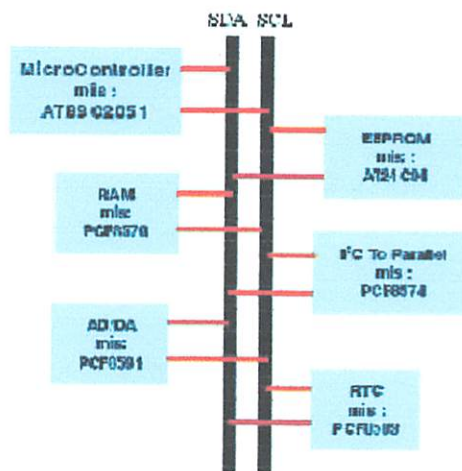
2.7.3. Cara kerja I2C Bus

Sebelum memahami cara kerjanya, ada beberapa terminologi, karakter dan kondisi penting dalam I2C yang harus dipahami terlebih dahulu, yaitu

2.7.3.1 Terminologi

- **Transmitter** yaitu device yang mengirim data ke bus.
- **Receiver** yaitu device yang menerima data dari bus.
- **Master** yaitu device yang memiliki inisiatif (memulai dan mengakhiri) transfer data
dan yang membangkitkan sinyal clock
- **Slave** yaitu device yang dialamati (diakses berdasarkan alamatnya) oleh Master.

- **Multi-master** yaitu sistem yang memungkinkan lebih dari satu Master melakukan inisiatif transfer data dalam waktu yang bersamaan tanpa terjadi korupsi data.
- **Arbitration** yaitu prosedur yang memastikan bahwa jika ada lebih dari satu Master melakukan inisiatif transfer data secara bersamaan, hanya akan ada satu Master yang diperbolehkan dengan tanpa merusak data yang sedang ditransfer.
- **Synchronization** yaitu prosedur untuk menyelaraskan sinyal clock dari dua atau lebih device.

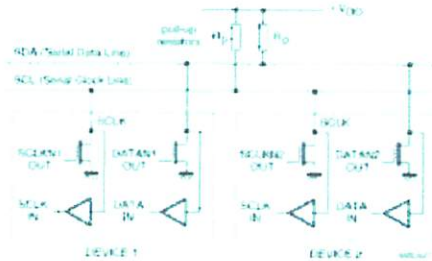


Gambar 2-14 .Contoh Sistem dengan IIC Bus

2.7.4 Karakter perangkat keras

- Kedua pin pada I2C yaitu SDA dan SCL harus memiliki kemampuan input dan output serta bersifat open drain atau open collector .
- Kedua pin tersebut terhubung pada I2C bus yang telah di pull-up dengan resistor ke suplai positif dari sistem

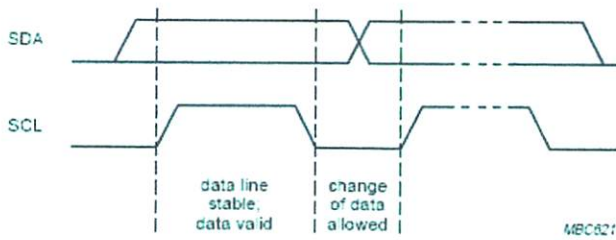
- Semua device yang terhubung pada bus harus terhubung pada ground yang sama sebagai referensi.



Gambar 2-15 Koneksi Bus
(Sumber : Datasheet ADD PCF 8591)

2.7.5. Karakter Transfer Data Bit

Data bit dikirim/diterima melalui SDA, sedangkan sinyal clock dikirim/diterima melalui SCL, dimana dalam setiap transfer data bit satu sinyal clock dihasilkan, transfer data bit dianggap valid jika data bit pada SDA tetap stabil selama sinyal clock high, data bit hanya boleh berubah jika sinyal clock dalam kondisi low, lihat gambar 2-16



Gambar 2-16 .Transfer Data Bit Pada I2C BUS
(Sumber : Datasheet ADD PCF 8591)

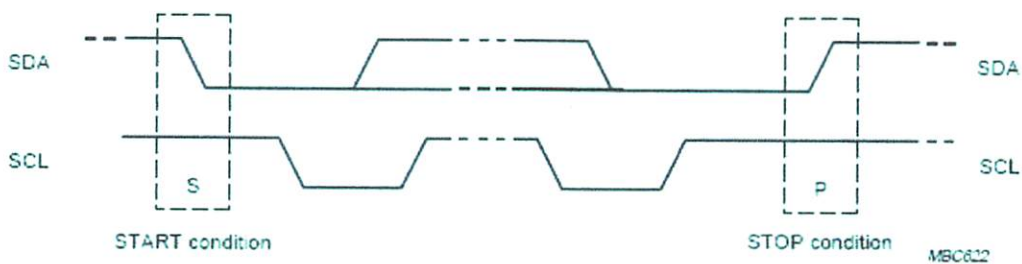
2.7.6. Karakter Transfer Data Byte

I2C Bus berorientasi pada 8 bit data (byte), dengan most significant bit / MSB ditransfer terlebih dulu, serta 2 macam data byte yaitu **Address Byte** dan **Data Byte**.

2.7.7. Kondisi

2.7.7.1 START dan STOP

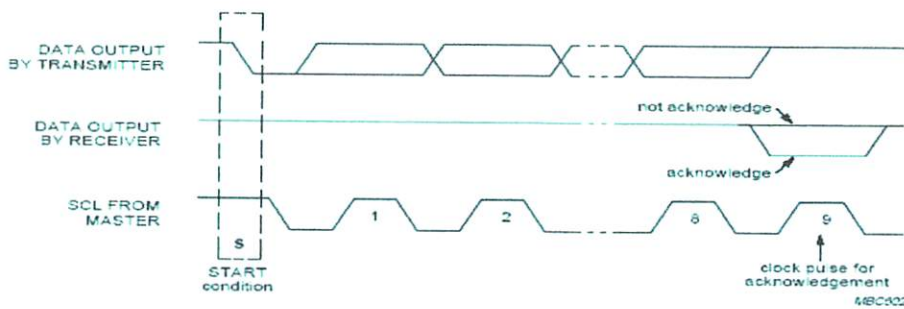
Apabila pada SDA terjadi transisi dari kondisi high ke kondisi low pada saat SCL berkondisi high, maka terjadilah kondisi START. Apabila pada SDA terjadi transisi dari kondisi low ke kondisi high pada saat SCL berkondisi high, maka terjadilah kondisi STOP. Kondisi START dan STOP selalu dibangkitkan oleh Master, dan bus dikatakan sibuk setelah START dan dikatakan bebas setelah STOP.



Gambar 2-17 .Kondisi Start dan Stop
(Sumber : Datasheet ADD PCF 8591)

2.7.7.2 ACK dan NACK

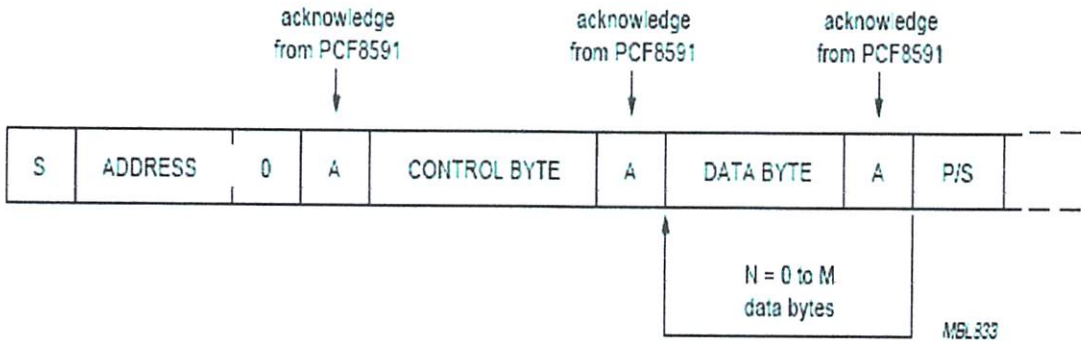
Kondisi ACK terjadi apabila receiver "menarik" SDA pada kondisi low selama 1 sinyal clock. dan juga Kondisi NACK terjadi apabila receiver "membebaskan" SDA pada kondisi high selama 1 sinyal clock.



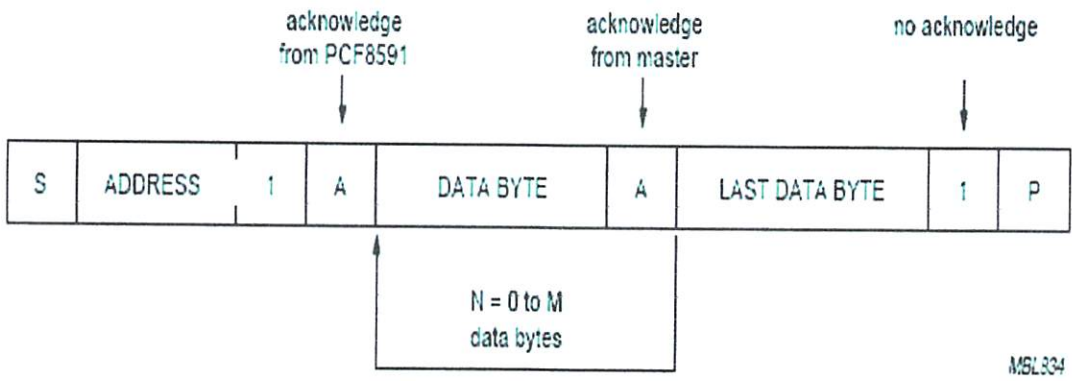
Gambar 2-18 .Kondisi ACK dan NACK
(Sumber : Datasheet ADD PCF 8591)

2.7.8. I²C-bus protocol

Setelah suatu kondisi start suatu hardware address harus dikirim dari sebuah PCF8591 Read/Write Bit menggambarkan arah tunggal yang berikut atau berbagai byte perpindahan data. Karena format dan pemilihan waktu kondisi start (S), kondisi stop (P) dan mengakui adanya bit (A) yang mengacu pada karakteristik I2C-Bus. Di dalam mode write adalah suatu perpindahan data diakhiri dengan pengiriman baik suatu kondisi stop maupun kondisi start perpindahan data yang berikutnya.



Gambar 2-19 Bus protocol for write mode, D/A conversion.

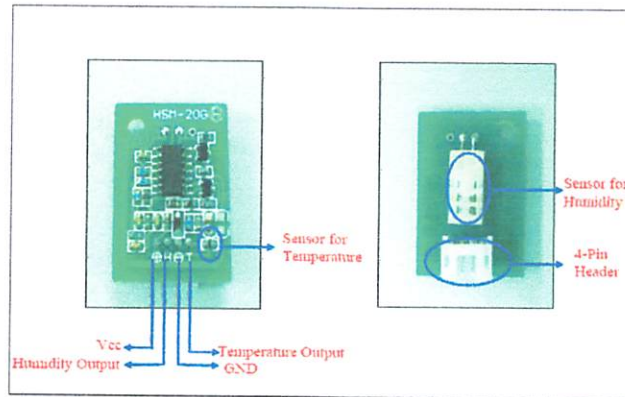


Gambar 2-20 Bus protocol for read mode, A/D conversion.

2.7 Sensor Suhu dan Kelembaban

Sensor HSM- 20G adalah sensor pengukur kelembaban dan temperature.

Dimana wujud dari humidity sensor tersebut seperti gambar dibawah ini:



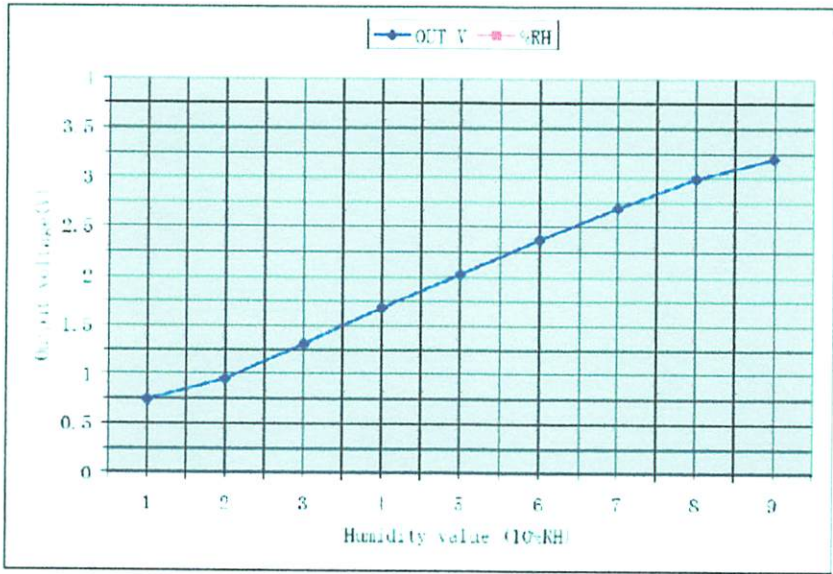
Gambar 2-21 Sensor Humidity dan Temperatur

(Sumber : data sheet HSM-20G)

Sensor Humidity HSM-20G dimana kelembaban relative bisa dikonversi ke tegangan yang standart. Macam-macam dari jenis aplikasi yang dapat digunakan oleh sensor ini adalah lembab, dan sangat lembab, untuk AC, data loggers kelembaban, automotive climate control, dll.

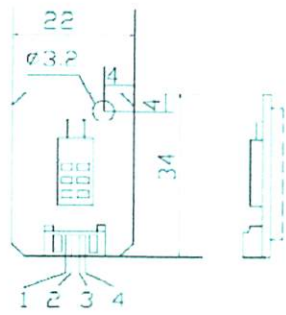
Sensor ini mempunyai beberapa karakteristik dimana batas input tegangan DC 5 ± 0.2 volt, batas output tegangan adalah sebesar DC 1-3 volt, akurasi pengukuran $\pm 5\%$ RH, batas operasi RH 20-95%(100%RH intermittent), kondensasi transient $<3\%$ RH batas storage temperature $-20^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$, batas operasi temperatur $0^{\circ}\text{C}-50^{\circ}\text{C}$, hysteresis (RH@ 25°C) maksimal 2%RH, sangat linier, respon waktu (63% perubahan step) 1 menit.

Semua standart alat ini berdasarkan variasi kelembaban d bawah 60%RH pada saat 25°C , kelengkapan semua tes-tes yang ada, modul ini akan melewati batas bawah nominal lingkungan dan juga kelembaban untuk 24 jam.



Grafik 2-1 Kurva Respon HSM -20G pada 25^oC (3)
 (Sumber : data sheet HSM-20G)

Pada garfik 1 diatas dapat terlihat jelas bagaimana hubungan antara nilai kelembaban dan tegangan keluaran yang membentuk garis linier karena kelembaban berbanding lurus dengan tegangan keluaran. Pada table 1 diatas dapat dilihat range atau batas untuk nilai kelembaban pada sensor ini sebagaimana terlihat bahwa nilai tegangan berbanding lurus dengan presentase kelembaban. Nilai yang tertera diatas bahwa nilai batas kelembaban maksimum 90%RH dan batas minimum 10%RH dengan tegangan 0, 74 volt dan maksimal 3,19 volt



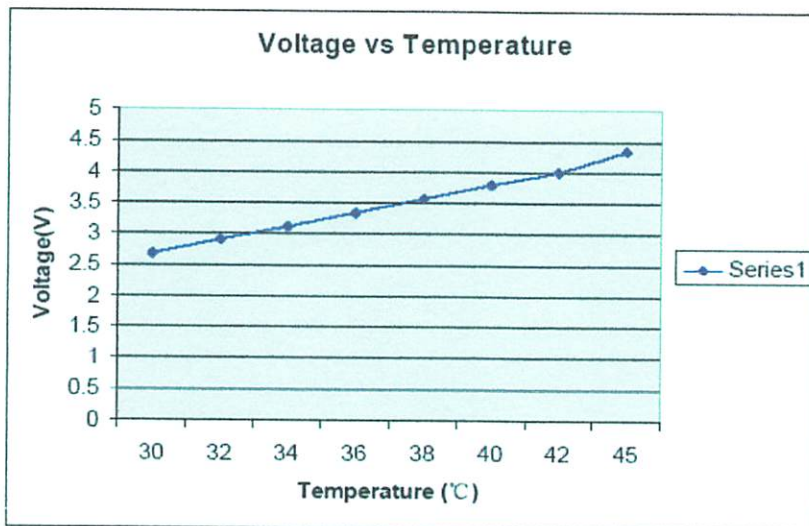
Gambar 2-22 Dimensi Sensor Humidity
 (Sumber : data sheet HSM-20G)

Tabel 2-5 Pin Sensor Humidity

Pin	Fungsi
1	Output temperatur
2	GND
3	Output Kelembaban
4	Vcc (+ 5.0 V)

(Sumber : data sheet HSM-20G)

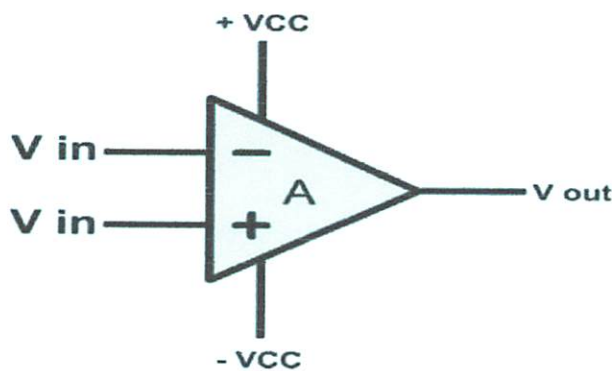
Pada gambar 15 diatas terlihat jelas konfigurasi mulai dari gambar hingga tabel pada sensor kelembaban dan temperature ini. Dimana pada setiap kaki tentu mempunyai fungsi yang berbeda-beda unutkan dihubungkan antara satu dengan yang lainnya. Pada sensor ini ada 4 kaki yaitu untuk kelembaban , temperature, ground, dan juga Vcc.



Grafik 2-2 Kurva Respon HSM -20G pada 25⁰C (3)
Antara tegangan dan temperatur
(Sumber : data sheet HSM-20G)

2.8. Pengkondisi sinyal

Di dalam sistem kontrol sering kali keluaran dari sensor nilainya tidak sesuai yang diharapkan yaitu nilainya mudah untuk diolah. Oleh karena itu perlu adanya pengolah sinyal agar sinyal keluaran dari sensor dapat kita olah terlebih dahulu agar keluarannya seperti yang diharapkan. Penguat operasional atau sering disebut *op-amp* (*operasional amplifier*) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk memperkuat sinyal arus searah (*DC*) maupun arus bolak-balik (*AC*). Pada prinsipnya penguat operasional hanya bekerja sebagai penguat sinyal bukan penguat daya. Penguat operasional terdiri atas transistor, resistor dan kapasitor yang dirangkai dan dikemas dalam rangkaian terpadu (*integrated circuit*). Simbol *op-amp* ditunjukkan pada gambar di bawah ini. V_{in} merupakan masukan sinyal, V_{out} keluaran sinyal, A besar penguatan dan V_{CC} sumber tegangan.



Gambar 2-23 Simbol Op-Amp

(Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html>)

Karakteristik *op-amp* ideal adalah kondisi *op-amp* sesuai dengan teori.

Karakteristik **op-amp** ideal adalah sebagai berikut:

1. Faktor penguat tidak terhingga.
2. Tidak memiliki *offset*, maksudnya adalah apabila masukan nol maka keluaran juga nol.
3. *Impedansi* masukan tidak terhingga.
4. *Impedansi* keluaran nol.
5. Lebar *bandwidth* tidak terhingga.
6. *Rise time* nol.
7. Tidak mudah terpengaruh oleh perubahan tegangan sumber maupun perubahan suhu.

Pada kenyataannya dalam pembuatan *op-amp* memiliki keterbatasan sehingga tidak ada *op-amp* yang ideal. *Op-amp* yang ada hanyalah *op-amp* yang mendekati ideal karena karakteristik *op-amp* adalah sebagai berikut :

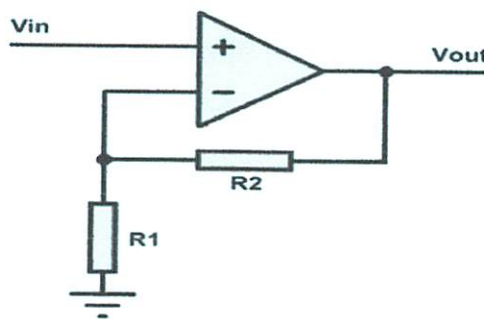
1. Faktor penguat terbatas kurang lebih 100.000 kali
2. Terdapat *offset* dimana saat masukan bernilai nol tegangan keluaran tidak nol.
3. *Impedansi* masukan cukup tinggi namun terbatas sampai kira-kira ratusan kilo *ohm* saja.
4. *Impedansi* keluaran rendah namun terbatas puluhan sampai ratusan *ohm*.
5. *Rise time* tidak nol.
6. Kerja *op-amp* terpengaruh perubahan sumber tegangan dan perubahan pada suhu.

Dalam penggunaannya *op-amp* dibagi menjadi dua jenis yaitu penguat linier dan penguat tidak linier. Penguat linier merupakan penguat yang tetap mempertahankan bentuk sinyal masukan, yang termasuk dalam penguat ini antara lain penguat *non inverting*, penguat *inverting*, penjumlah, penguat *diferensial* dan penguat *instrumentasi*. Sedangkan penguat tidak linier merupakan penguat yang bentuk sinyal keluarannya tidak sama dengan bentuk sinyal masukannya, diantaranya *komparator*, *integrator*, *diferensiator*, pengubah bentuk gelombang dan pembangkit gelombang. Untuk menangani penguatan dari sensor biasanya digunakan penguat linier yang tidak mengubah bentuk sinyal namun hanya memperkuat sinyal saja.

2.8.1 Penguat Non Inverting

Merupakan penguat yang berfungsi memperkuat sinyal masukan tanpa membalik sinyal masukan. Rangkaian penguat dan rumusnya adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot V_{in}$$

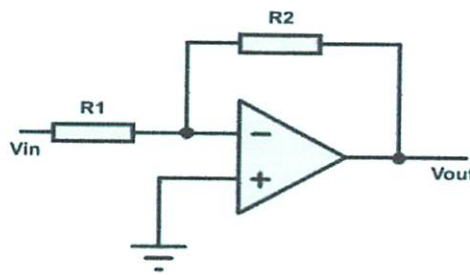


Gambar 2-24 Rangkaian Penguat Non Inverting

(Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html>)

2.8.2 Penguat Inverting

Rangkaian penguat ini berfungsi untuk memperkuat sinyal masukan dan menggeser sinyal keluaran sebesar 180° sehingga masukan yang positif akan menghasilkan keluaran negatif, demikian juga dengan masukan negatif akan menghasilkan keluaran positif. rangkaian dan rumusnya adalah sebagai berikut:



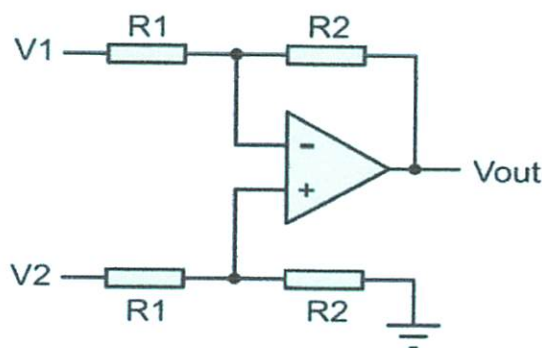
Gambar 2-25 Rangkaian Penguat Inverting

(Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html>)

2.8.3 Penguat Diferensial

Penguat ini mampu memperkuat sinyal kecil yang berada dalam sinyal yang jauh lebih besar. Keluaran dari penguat ini sebanding dengan perbedaan tegangan kedua masukannya. Rangkaian penguat ini digambarkan dan dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{out} = \left(\frac{R2}{R1} \right) \cdot (V2 - V1)$$



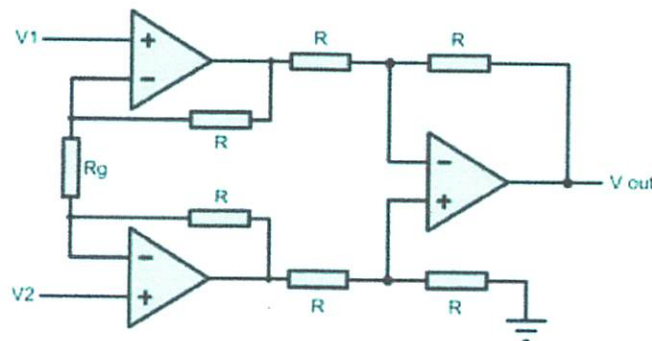
Gambar 2-26 Rangkaian Penguat Diferensial

(Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html>)

2.8.4 Penguat Instrumentasi

Penguat ini merupakan penguat serba guna dan bermanfaat yang terdiri atas tiga op-amp dan tujuh buah tahanan. Rangkaian ini tersusun atas rangkaian penguat differensial dan penguat penyangga. Untuk mengatur penguatan yang diinginkan diatur dengan mengubah-ubah nilai R_g . Rumusan dan gambar dari penguat *instrumentasi* adalah sebagai berikut :

$$V_{out} = (v_2 - v_1) \cdot \left(1 + \left(\frac{2 \cdot R_1}{R_g} \right) \right)$$



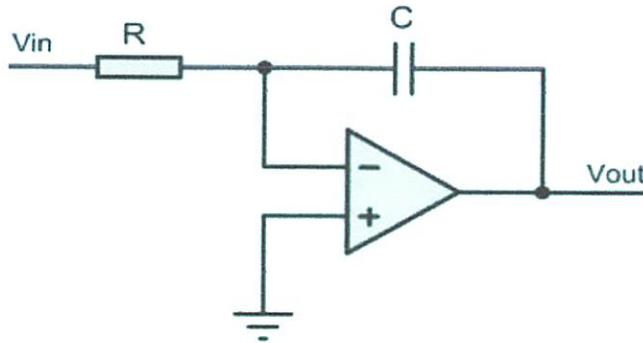
Gambar 2-27 Rangkaian Penguat Instrumentasi

(Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html>)

2.8.5 Integrator

Merupakan penguat tidak linier yang berfungsi sebagai operator integrasi secara matematik, keluaran dari rangkaian ini menghasilkan tegangan keluaran yang sebanding dengan integrasi masukannya. Rangkaian dan rumus dari *integrator* dapat dilihat di bawah ini:

$$V_{out} = \frac{1}{R \cdot C} \cdot \int V_{in} \cdot dt$$



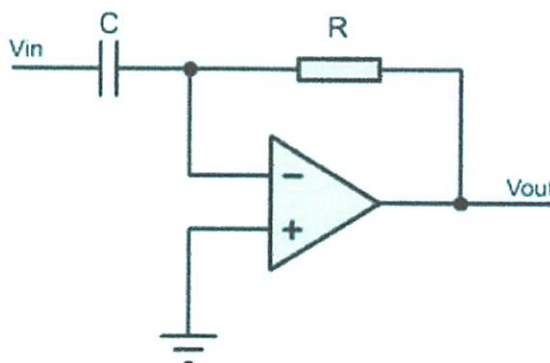
Gambar 2-28 Rangkaian Integrator

(Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html>)

2.8.6 Diferensiator

Penguat *diferensiator* ini menyediakan operasi matematik dan menghasilkan tegangan keluaran yang sebanding dengan kemiringan tegangan masukannya. Biasanya rangkaian ini digunakan untuk menghasilkan keluaran persegi dari masukan lereng.

$$V_{out} = R \cdot C \cdot \frac{d(V_{in})}{dt}$$

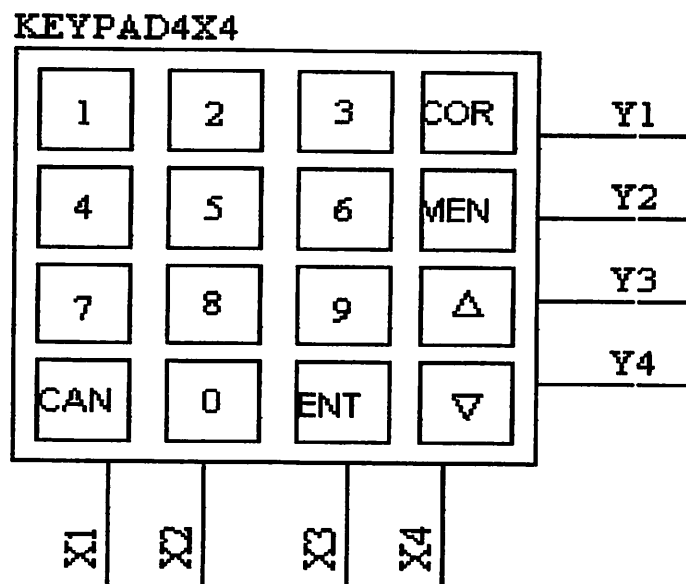


Gambar 2-29 Rangkaian Diferensiator

(Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html>)

2.9. Keypad Matrik 4X4

Berfungsi sebagai pengkode data dari papan keypad ke BCD untuk diolah menjadi data digital. Data digital ini nantinya digunakan sebagai masukan bagi mikrokontroler untuk input password. Banyaknya kode digital yang dapat dikonversikan tergantung dari jumlah baris dan kolom masukan dari papan keypad atau bisa dikatakan jumlah data yang dikonversikan dalam perkalian baris dan kolom masukan. Adapun keypad tersebut dapat kita lihat seperti gambar 2-6 di bawah ini :



Gambar 2-30 Keypad 4 x 4

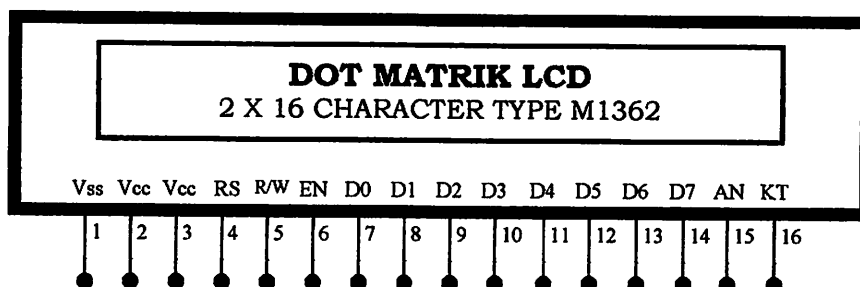
2.10 Liquid Crystal Display (LCD)

2.10.1 Konfigurasi LCD

Liquid Crystal Display adalah modul tampilan berkonsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah controller CMOS didalamnya. Kontroler tersebut sebagai pembangkit karakter dari ROM/RAM dan display data RAM. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu intruksi dan modul LCD dapat dengan mudah untuk diinterfacekan dengan mikroprosesor/mikrokontroler. Input yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa bus data yang termultipleks dengan bus alamat dan 3bit sinyal kontrol. Pengendali dot matrik LCD dilakukan secara internal pada modul LCD sendiri.

LCD merupakan suatu bentuk kristal cair yang akan beremulsi apabila dikenakan tegangan padanya. Tampilannya ini berupa dot matrik 5 x LCD sehingga jenis huruf yang dapat ditampilkan akan lebih banyak dan lebih baik resolusinya jika dibandingkan dengan 7 segment.

Berikut ini adalah gambar LCD dot matrix seperti yang terlihat pada gambar 2-7 :



Gambar 2-31 Deskripsi pin pada LCD Tipe M1632
(Sumber : LCD Manual Book)

LCD tipe M1632 memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- LCD ini terdiri dari 32 karakter dengan 2 baris masing-masing 16 karakter dengan display dot matrik 5 x 7
- Karakter generator Rom dengan 192 tipe karakter
- Karakter generator RAM dengan 8 tipe karakter
- 80 x 8 display data RAM
- Dapat diantarmukakan ke MPU 8 atau 4
- Dilengkapi fungsi tambahan : *display clear, cursor home, display ON/OFF, cursor ON/OFF, display character blink, cursor shift, dan display shift.*
- Internal Data
- Internal Otomatis, reset pada saat power ON
- +5 volt PSU Tunggal

Adapun konfigurasi pin-pin pada LCD dapat dilihat pada tabel 2-5 di bawah ini :

Tabel 2-6 Konfigurasi Pin-pin LCD

NO	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION
1	Vss	-	0 Ground
2	Vcc	-	5 V + 10%
3	Vee	-	LCD Drive
4	RS	H/L	H : Data Input

			L : Intruksi Input
5	R/W	H/L	H : Read L : Write
6	E	H/L	Enable Signal
7-14	DB0-DB7	H/L	Data Bus
15	Light LCD	-	Tegangan positif backlight untuk Menyalakan lampu LCD max 200 mA
16	Light LCD	-	Tegangan negatif backlight / Ground

(Sumber : LCD Manual Book)

2.10.2 Instruksi Operasi Dasar

2.10.3 Register

Kontroller dari LCD mempunyai dua buah register 8 bit yaitu register intruksi (IR) dan register data (RD). IR menyimpan intruksi seperti *display clear*, *cursor shift* dan *display data* (DD RAM) serta *character generator* (CG RAM). DR menyimpan data untuk ditulis di DD RAM atau CG RAM atau membaca data dari DD RAM atau CG RAM. Ketika data ditulis ke DD RAM atau CG RAM maka DR akan secara otomatis menulis data ke DD RAM atau CG RAM dan data pada DD RAM atau CG RAM hendak dibaca maka alamat data ditulis pada IR sedangkan data alamat dimasukkan melalui DR dan mikroprosesor membaca data dari DR.

Adapun daftar Register Seleksi dapat kita lihat seperti pada tabel 2-6 di bawah ini :

Tabel 2-7 Tabel Register Seleksi

RS	R/W	OPERASI
0	0	Seleksi IR, IR Write Display Clear
0	0	Busy Flag (DB7) @counter (DB0-DB7) Read
1	0	Seleksi DR, DR Write
1	1	Seleksi DR, DR Read

(Sumber : LCD Manual Book)

2.10.3 Busy Flag

Busy Flag menunjukkan bahwa modul siap untuk menerima instruksi selanjutnya. Sebagaimana yang terlihat pada table register seleksi sinyal akan melalui DB7. Jika RS = 0 dan R/W = 1. Jika bernilai 1 maka modul sedang melakukan kerja internal dan intruksi tidak dapat diterima. Sehingga status dari flag ini harus diperiksa sebelum melaksanakan intruksi selanjutnya.

2.10.4 Address Counter

AC menunjukkan lokasi memori dalam modul LCD. Pemilihan lokasi alamat itu diberikan lewat register intruksi (IR). Ketika data ada

pada A, maka AC secara otomatis menaikkan atau menurunkan alamat tergantung dari *Entry Mode Set*.

2.10.5 Display Data RAM (DD RAM)

Pada LCD masing-masing line mempunyai range alamat tersendiri. Alamat ini diekspresikan dengan bilangan *Hexadecimal*. Untuk itu 1 range alamat berkisar 00H-0FH sedangkan untuk line 2 range alamat berkisar antara 40H-4FH.

2.10.6 Character Generator ROM (CG ROM)

CG ROM mempunyai tipe dot matrik 5 x 7 dan data pada LCD telah tersedia ROM sebagai pembangkit Character dalam kode ASCII.

2.10.7 Character Generator RAM (CG RAM)

CG RAM digunakan untuk pembuatan karakter tersendiri melalui program. Adapun Fungsi Terminal pada LCD (*Liquid Crystal Display*) tersebut dapat kita lihat melalui Tabel 2-7 di bawah ini :

Tabel 2-8 Fungsi Terminal Pada LCD

Nama Signal	Jml Term	I/O	Tujuan	Fungsi
DB0-DB3	4	I/O	MPU	Sebagai lalu lintas data dan intruksi ke atau dari MPU Low Byte

DB4-DB7	4	I/O	MPU	Sebagai lalu lintas data atau intruksi 2 arah upper byte. DB7 sebagai busy flag
E	1	I	MPU	Sinyal Start (read/write)
R/W	1	I	MPU	Seleksi Sinyal 0 = write 1 = read
RS	1	I	MPU	Seleksi Register
VLS	1	-	PS	0 = intruksi reg (wr) Busy flag addr counter (rd) 1 = data reg (wr dan rd)
7	1	-	PS	Mengatur Tampilan LCD
Vss	1	-	PS	+5 volt

(Sumber : LCD Manual Data Book)

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Umum

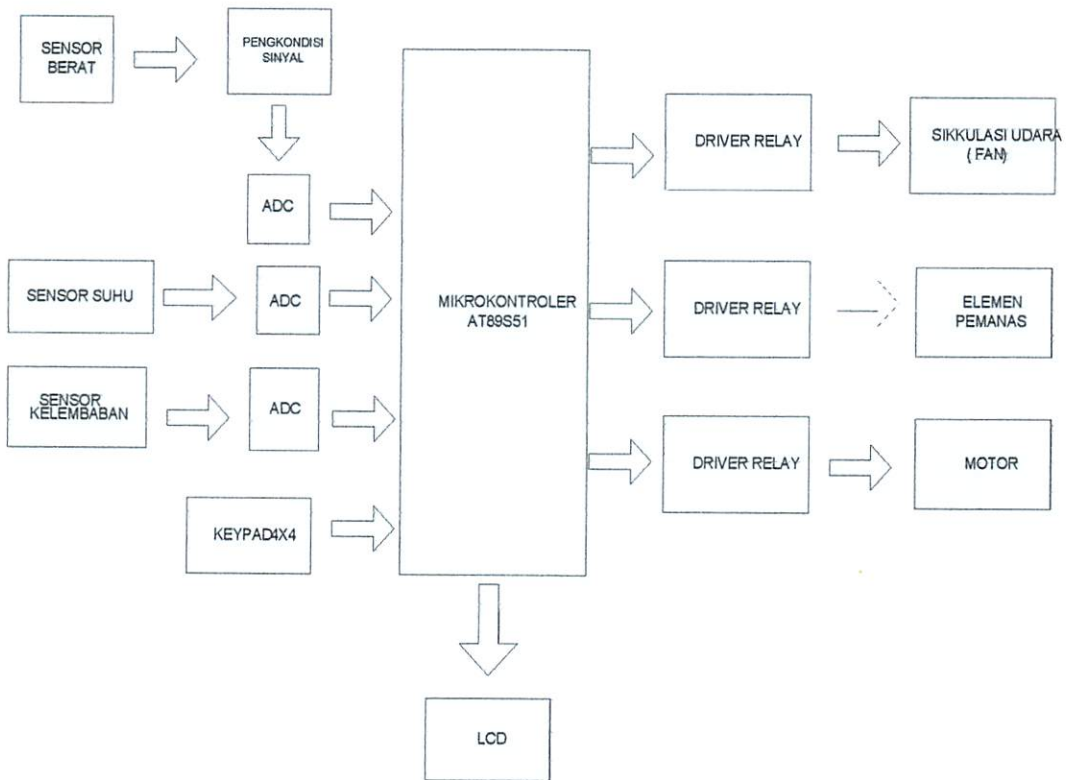
Bab ini membahas pembuatan alat *Rice Box Berbasis mikrokontroller AT89S51*. Pembuatan alat disini dibagi dalam beberapa blok perangkat yang mempunyai fungsi sendiri-sendiri. Pembuatan sistem meliputi pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak.

3.2. Perangkat Keras

Pada tahap ini akan menjelaskan mengenai perangkat keras apa saja yang akan digunakan dalam Alat.

3.2.1 Diagram Blok

Diagram blok dan perangkat keras (Hardware) yang direncanakan, diperlihatkan pada gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3-1 Blok Diagram Alat

Penjelasan dari masing-masing blok adalah sebagai berikut:

1. *Potensiometer* berfungsi sebagai sensor berat.
2. *Pengondisi sinyal* berfungsi sebagai sebagai pengkondisi sinyal sensor berat yang masih lemah yang dikuatkan oleh pengkondisi sinyal ini
3. *HSM-20G* berfungsi sebagai sensor kelembaban dan sebagai sensor suhu.
4. Rangkaian *ADC (Analog Digital Converter)* sebagai rangkaian perubah data analog dari potensiometer menjadi data digital yang kemudian digunakan sebagai data inputan pada *mikrokontroler*.
5. *Mikrokontroler AT89S51* sebagai pengolah data dari keseluruhan sistem. *Mikrokontroller* ini mempunyai internal ROM 4kbyte sehingga tidak memerlukan *memory program external*, mempunyai 4 port I/O 8bit dan

bekerja dengan tegangan *catu single suply* 5 volt.

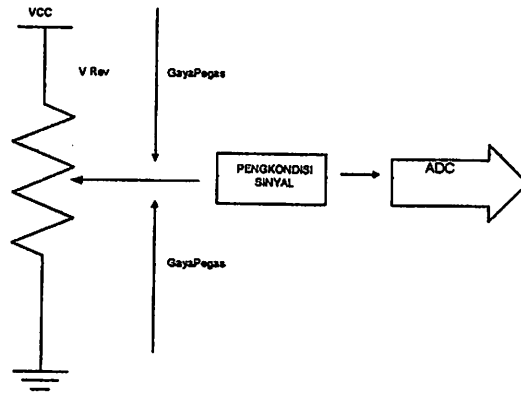
6. Rangkaian *driver relay* sebagai penggerak dari Motor DC dapat dikontrol oleh *mikrokontroler*.
7. *Limit Switch* sebagai sarana sensor pembatas digunakan pada batas batas bawah dari posisi pintu katup beras.
8. *LCD 16x2* sebagai penampil informasi yang dikontrol oleh *mikrokontroler*.
9. *Keypad* digunakan untuk masukan beban beras yang akan diambil .
10. *Fan atau kipas angin* berfungsi sebagai sirkulasi udara agar suhu di dalam rice box tetap stabil.
11. *Element pemanas* berfungsi untuk mencegah kelembaban pada beras.
12. Motor DC sebagai pembuka dan penutup katup keluarnya beras.

3.2.2. Cara kerja Alat

Prinsip kerja dari Rice Box elektronik berbasis mikrokontroler AT89S51 yaitu mulanya untuk pengambilan beras yang di inginkan ada alat ini inputan keypad akan memberikan masukan pada Mikrokontroler yang selanjutnya akan membuka penutup pada tampungan beras. Setelah beras keluar dan membebani sensor berat akan memberikan inputan pada Mikrokontroler AT98S51 untuk menutup katup pada tamupungan beras sehingga beras pada wadah sesuai dengan jumlah yang di kehendaki. Jika beras sudah selesai di takar sesuai keinginan maka LCD akan menampilkan tulisan “ SELESAI” sebagai indikator bahwa penimbangan sudah selesai dan beras siap diambil. Pada layar LCD akan ditampilkan berat beras yang telah dikeluarkan.

Untuk penyimpanan beras yang baik pada alat ini di beri elemen pemanas yang berfungsi untuk menjaga suhu agar tidak terjadi kelembaban yang tinggi. Pada progress selanjutnya kemudian pada LCD kita akan memberikan inputan atau masukan suhu yang diinginkan melalui keypad 4 x 4. setelah inputan dari keypad dimasukkan maka mikrokontroller AT89S51 akan membandingkan suhu udara dalam rice box yang berfungsi sebagai media pemanas dengan suhu inputan atau masukan dari keypad 4x4. apabila suhu udara dalam ruangan rice box tidak memenuhi syarat atau kurang dari suhu yang diinputkan atau di set pada keypad maka mikrokontroller AT89S51 akan menyalakan driver relay yang terhubung dengan elemen pemanas atau heater, tetapi sebaliknya apabila suhu udara dalam bejana lebih besar daripada suhu yang di inputkan oleh keypad maka mikrokontroller AT89S51 akan mematikan driver relay yang terhubung dengan elemen pemanas atau heater sehingga driver relay yang terhubung dengan heater pada kondisi off. Jika heater dalam kondisi off maka fan atau kipas akan menyala sebagai sirkulasi udara agar suhu di dalam rice box tetap stabil sesuai dengan set point suhu yang diinginkan. Kemudian sensor yang telah di berikan set point kelembaban (%RH) yang diinginkan akan memberikan inputan ke mikrokontroler berapa besar kelembaban yang terjadi di dalam rice box kemudian hasil outputan kelembaban akan di tampilkan oleh LCD. Jika kelembaban yang terjadi besar maka akan memberikan masukan ke mikrokontroller untuk mengaktifkan driver relay yang terhubung dengan heater sehingga suhu naik untuk mengurangi kelembaban yang terjadi.

3.2.3 Perancangan Rangkaian Sensor Berat



Gambar 3-2 Rangkaian Sensor Berat

Potensiometer yang digunakan adalah *potensiometer* putar. $50K\Omega$ yang di padukan dengan pegas. Pada waktu tidak ada beban pada *potensiometer*, maka tegangan Volt 0 Volt, dan resistensi R_A juga 0Ω dengan resistensi R_B $10K\Omega$. Begitu juga sebaliknya jika ada beban maksimal pada resistensi tergantung pada berat yang dideteksi dalam *Box*. Hasil V_{out} di atas diperoleh dari perhitungan di bawah ini.

Apabila ada beban pada *potensiometer* sebesar $50K\Omega$ maka :

$$V_{out} = \frac{R_A}{R_A + R_B} \times V_{cc}$$

$$2,5V = \frac{50K\Omega}{50K\Omega + 0} \times 5V$$

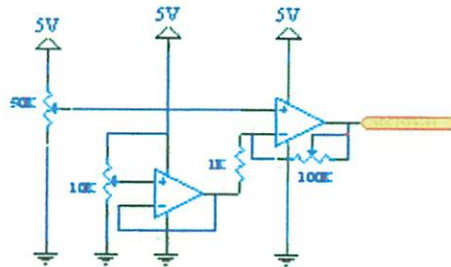
$$= 5 \text{ Volt}$$

Sedangkan apabila tidak ada beban pada *potensiometer*, maka :

$$V_{out} = \frac{R_A}{R_A + R_B} \times V_{cc}$$
$$2,5V = \frac{0}{0 + 10K\Omega} \times 5V$$
$$= 0 \text{ Volt}$$

3.2.3.1. Perancangan Pengkondisi Sinyal

Untuk lebih memperkuat sinyal dari potensiometer dan sinyal yang dihasilkan lebih stabil yang kemudian diolah oleh ADC PCF8591 maka diperlukan pengkondisi sinyal yaitu op-amp IC LM 358.

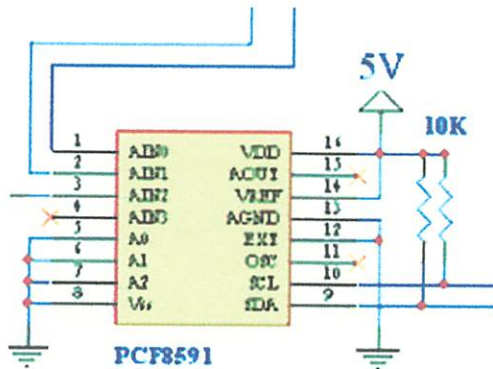


Gambar 3-3. Rangkaian skematis sensor berat dengan op-amp lm 358

. Rangkaian penguat 1 adalah buffer amplifier dengan menggunakan op-amp LM358. Kemudian output dari rangkaian penguat 1 dikuatkan sekali lagi dengan penguatan non inverting amplifier juga dengan op-amp LM358 yang kemudian dihubungkan dengan pin AIN 2 pada ADC pcf 8591.

3.2.4. Perancangan Rangkaian ADC (*Analog Digital Converter*)

Dari data karakteristik ADC PCF8591 disarankan agar dioperasikan pada frekuensi 100 khz, dengan menggunakan nilai hambatan sebesar 10kΩ



Gambar 3-4 Rangkaian ADC PCF8591

Dalam hal ini tegangan referensi kami beri setengah dari V_{cc} , yaitu 2,5 volt (Data sheet Book 1,1992). Input ADC yang diperbolehkan antara 0-5V dan output ADC 8-bit biner $2^8 = 256$, maka perubahan tiap bitnya sebesar $\frac{5}{256} = 0,0195 \text{ V} = 0,02 \text{ V}$.

3.2.5 Perancangan Mikrokontroler AT89S51

3.2.5.1. Mikrokontroler Sebagai Sistem Minimum

Pada bagian ini akan dibahas tentang perancangan perangkat keras yang terdiri dari Rangkaian Minimum AT89S51, Rangkaian Keypad, Rangkaian LCD, Rangkaian sensor level air, sensor suhu. Rangkaian mikrokontroler tersebut tersusun dari komponen-komponen 3 buah kapasitor, sebuah resistor dan sebuah kristal atau resonator keramik. Rangkaian kapasitor dan kristal atau resonator keramik digunakan sebagai rangkaian pembangkit internal clock generator yang

terdapat pada AT89S51. Nilai kapasitansi ditentukan sesuai dengan jenis oscilator yang digunakan, yaitu:

C1 dan C2 = 20pF – 40pF untuk kristal

C1 dan C2 = 30pF – 50pF untuk resonator keramik.

Karena dalam rancangan digunakan oscilator kristal maka harga kapasitor yang di gunakan adalah sebesar 33pF.

Mikrokontroller AT89S51 mempunyai frekwensi maksimal 12 MHz, dimana 1 siklus mesin = 12 clock. Dalam rangkaian digunakan kristal dengan harga 12 MHz, maka program akan dijalankan pada setiap langkahnya selama 1 μ s. Siklus tersebut diambil berdasarkan ketentuan mikrokontroller AT89S51 yaitu 12 clock = 1 siklus mesin, sedangkan frekwensi yang digunakan 12 MHz, maka waktu yang dipakai dalam setiap 1 siklus mesin adalah 1 μ s. Dengan demikian perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$f = 12 \text{ MHz} \qquad T = \frac{1}{f} \qquad T = \frac{1}{12 \times 10^6}$$

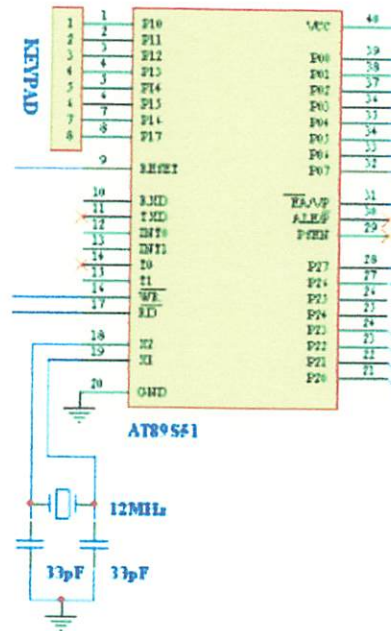
Karena 1 siklus mesin = 12T maka,

$$1 \text{ siklus mesin} = 12 \times \frac{1}{12 \times 10^6} = 1 \mu\text{s}.$$

3.2.5.2. Perencanaan Port-Port Pada Mikrokontoller AT89S51

Pada skripsi ini IC mikrokontroller AT89S51 digunakan sebagai pusat pengendali kerja dari alat yang dibuat karena pada IC inilah akan disimpan program-program (*software*) perintah serta alamat yang akan dituju program.

Untuk melaksanakan fungsi tersebut diatas maka perlu dirancang port-port I/O serta sinyal-sinyal yang akan digunakan dengan seksama.



Gambar 3-5 Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 adalah suatu chip IC yang terdiri dari 40 pin, dalam perancangan alat ini pin yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3-7, Untuk fungsi masing-masing port pada AT89S51 yang digunakan penjelasannya sebagai berikut:

- **Port 0**

Port 0 merupakan port dua fungsi yang berada pada pin 32-39 dari IC AT89S51. Dalam perancangan, P0.0-P0.7 digunakan sebagai port keluaran ke LCD.

- **Port 1**

Port 1 disediakan sebagai port I/O dan menempati pin 1-8, dalam perancangan Port 1.0 s/d Port 1.7 digunakan sebagai Input dari keypad

- **Port 2**

Port 2 disediakan sebagai port I/O dan menempati pin 21-28, dalam perancangan dengan fungsi sbb:

- P2.0-P2.3 digunakan untuk *driver relay* penggerak motor pintu katub apakah menutup atau membuka, juga sebagai inputan untuk driver relay heater atau elemen pemanas dan driver relay fan atau kipas sebagai sirkulasi udara.
- P2.7 dan P2.8 inputan untuk data LCD

- **Port 3**

Port 3 sebagai 8 bit I/O Bi-directional yang dilengkapi dengan *Pull-Up Internal*. dan menempati pin 21-28, dalam perancangan dengan fungsi sbb:

- **Pin 16 WR** (sinyal tulis memori data eksternal) sebagai inputan ke ADC PCF8591
- **Pin 17 RD** (sinyal baca memori data eksternal) sebagai inputan dari ADC PCF 8591

- **\overline{PSEN} (*Program Store Enable*)**

\overline{PSEN} adalah suatu sinyal keluaran yang terdapat pada pin 29. Fungsinya adalah sebagai sinyal kontrol untuk memungkinkan mikrokontroler membaca program (code) dari memori eksternal. Jika eksekusi program dari ROM internal (8051/8052) atau dari flash memori AT89S51, maka \overline{PSEN} berada pada kondisi tidak aktif (high)

- **ALE (*Address Latch Enable*)**

Sinyal output ALE yang berada pada pin 30 fungsinya untuk demultipleks bus

alamat dan bus data. Sinyal ALE membangkitkan pulsa sebesar 1/6 frekwensi oscilator dan dapat dipakai sebagai clock yang dipergunakan secara umum.

- \overline{EA} (*External Access*)

Masukan sinyal \overline{EA} terdapat pada pin 31 yang dapat diberikan logika rendah (pin terhubung ground) atau logika tinggi (pin terhubung Vcc). Jika \overline{EA} diberikan logika tinggi, maka mikrokontroller akan mengakses program dari ROM internal (EPROM/flash memory). Jika \overline{EA} diberikan logika rendah, maka mikrokontroller akan mengakses program dari memori eksternal. Pada skripsi ini \overline{EA} dihubungkan ke Vcc.

- **RST** (*Reset*)

Input reset pada pin 9 adalah reset master untuk AT89S51.

- **Oscilator**

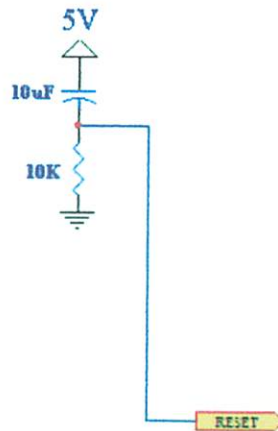
Oscilator yang disediakan pada chip dikemudikan dengan XTAL yang dihubungkan pada pin 18 dan pin 19. Besar nilai XTAL yang digunakan sebesar 12 MHz untuk keluarga MCS-51, dan diperlukan dua buah kapasitor penstabil sebesar 33pF.

- **Vcc**

AT89S51 dioperasikan dengan tegangan supply +5V. Pin Vcc berada pada pin nomor 40 sedangkan Vss (ground) berada pada pin 20.

3.2.5.3 Rangkaian RESET

Untuk mereset Mikrokontroller AT89S51, maka pin reset di beri logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode). Untuk membangkitkan sinyal reset, kapasitor dihubungkan dengan vcc dan sebuah resistor yang dihubungkan ke ground. Rangkaian reset ditunjukkan dalam Gambar 3.5. di bawah ini :



Gambar 3-6. Rangkaian Reset pada Mikrokontroller AT89S51

Rangkaian ini terbentuk oleh komponen R dan C yang sudah di tetapkan oleh ATMELL. Nilai R yang dipakai adalah 10kΩ dan untuk C sebesar 10µF.

$$F_o = \frac{1}{1,1.R.C}$$
$$F_o = \frac{1}{1,1.10.10^3.10.10^{-6}}$$
$$F_o = 9,09 \text{ Hz}$$

Maka periode clock : $\frac{1}{F}$

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

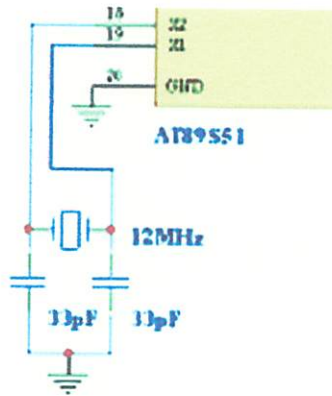
$$T = 0,11 \text{ detik}$$

- Pin 20 (GND) digunakan sebagai ground
- Pin 40 (VCC) digunakan sebagai VCC Sumber

3.2.6 Perancangan Sistem Pewaktuan Mikrokontroller

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* (pewaktuan) yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem yang dirancang ini seperti terlihat pada Gambar 3-8 akan menggunakan osilator internal yang sudah tersedia di dalam chip mikrokontroller. Untuk menentukan frekuensi osilatornya cukup dengan cara menghubungkan kristal pada pin XTAL1 dan XTAL2 serta dua buah kapasitor ke ground. Besar kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi pada lembar data mikrokontroller yaitu 33 pF.

Pemilihan besar frekuensi kristal disesuaikan dengan pemilihan kecepatan yang diharapkan untuk transfer data melalui pin *serial interface* mikrokontroller tersebut. Dengan memakai kristal 12 MHz, maka satu siklus mesin membutuhkan waktu selama 1,08 mikrodetik atau $1/12 \text{ MHz} \times 12 \text{ periode}$.



Gambar 3-7 Rangkaian Pemwaktuan

3.2.7 Perencanaan Rangkaian Driver Relay

Driver motor DC ini digunakan untuk menggerakkan motor pintu katup *Rice Box* sehingga dapat digerakkan secara otomatis. Rangkaian driver ini dirancang sesuai program mikrokontroller, dimana terdapat dua sinyal kontrol dari mikrokontroller. Sinyal kontrol pertama digunakan mikrokontroller untuk menghentikan putaran motor. Bila sinyal ini berlogika tinggi (5 volt) motor DC berhenti berputar dan bila sinyal berlogika rendah (0 volt) motor bisa berputar.

Sinyal kontrol kedua berlogika tinggi bila mikrokontroller hendak memutar motor searah jarum jam, dan berlogika rendah bila mikrokontroller hendak memutar motor berlawanan dengan arah jarum jam.

Gambar rangkaian *driver relay* diperlihatkan dalam Gambar 3-10 Pensaklaran supply motor dilakukan oleh relay yang dikendalikan oleh transistor. Transistor-transistor yang digunakan dari jenis 9012 dan 9013, dengan β sebesar 100. Relay dihubungkan pada mikrokontroller yang dihubungkan pada port 3.0 dan port3.1

$$R_{b1} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_{b2} = 1 \text{ k}\Omega$$

Tr1 PNP 9012 ($H_{fe} = 70$)

Tr2 NPN 9013 ($H_{fe} = 70$)

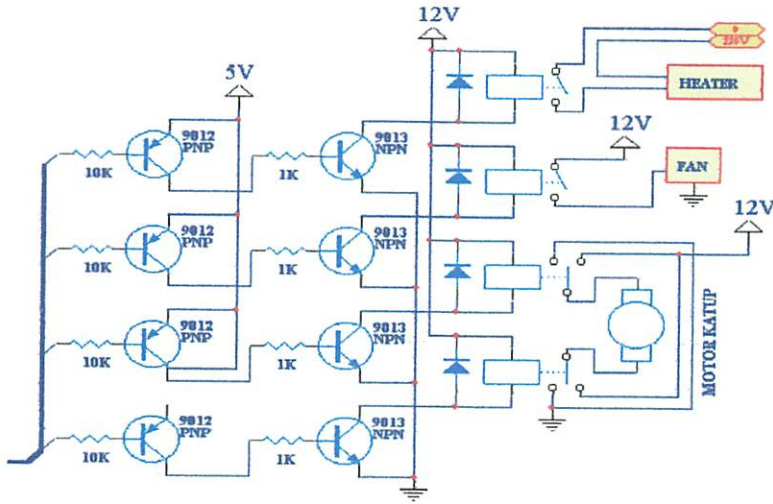
$V_{be}(\text{saturasi}) = 60$ (data sheet)

$$\begin{aligned} I_{b1} &= \frac{V - V_{be}(\text{saturasi})}{R_{b1}} \\ &= \frac{5 - 0,7}{10 \text{ k}\Omega} \\ &= 0,43 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{c1} &= I_{b1} \cdot H_{fe} \\ &= 0,43 \cdot 60 (\text{data sheet}) \\ &= 25,8 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{b2} &= \frac{V - V_{be}(\text{saturasi})}{R_{b2}} \\ &= \frac{5 - 0,7}{1 \text{ k}\Omega} \\ &= 4,3 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{c2} &= I_{b2} \cdot H_{fe} \\ &= 4,3 \cdot 60 (\text{data sheet}) \\ &= 258 \text{ mA} \end{aligned}$$



Gambar 3-8 Rangkaian driver relay

Pada kaki-kaki belitan relay yang dialiri arus kolektor dipasang dioda. Bila arus dari kolektor diputus maka arus balik dari belitan relay akan dihubungkan singkat dan tidak merusak transistor. Digunakan dioda 1N4002 yang mampu melewatkan arus maksimum 1 A.

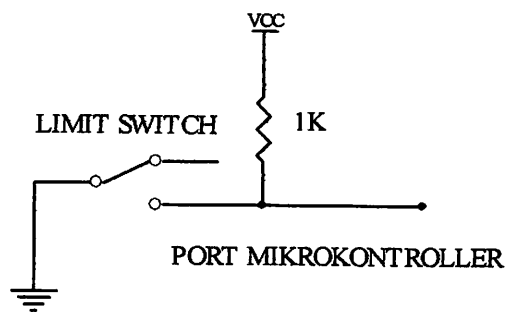
3.2.8 Perancangan Limit Switch sebagai Sarana Sensor

Limit switch ini adalah suatu komponen detektor manual atau panic switch. Komponen ini merupakan yang paling sederhana sekali dimana dalam memperoleh respon dari luar sangat mudah dan hanya mempunyai dua posisi yaitu NO (*Normaly Open*) jika dalam posisi normalnya artinya tidak ada respon dari luar dia akan mempunyai kondisi terbuka (*OFF*). Dan jika NC (*Normaly Close*) adalah dalam posisi normal dia akan berkondisi tertutup (*ON*).

Sensor-sensor ini dalam perencanaan akan diletakkan pada batas-batas ujung dari dimensi mekanik, sehingga gerakan motor dapat dibatasi tidak sampai

lepas dari mekanik. Dalam hal ini untuk motor penggerak pintu katup, sensor diletakkan pada bagian bawah dari katup.

Dapat dilihat pada gambar di bawah ini, sensor yang digunakan terdiri dari komponen *limit switch* dan resistor.



Gambar 3-9 Rangkaian Sensor *Limit Switch*

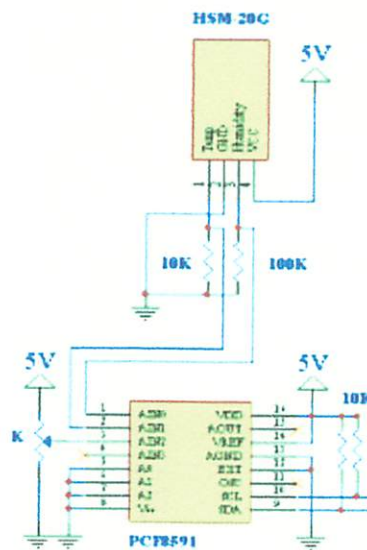
Dalam keadaan normal maka akan ada tegangan yang masuk ke mikrokontroller dengan arus sebesar:

$$\begin{aligned} I &= V/R \\ &= 5/1000 \\ &= 5 \text{ mA} \end{aligned}$$

arus ini sudah cukup memberikan logika high (1) kepada mikrokontroller, dan apabila saklar menyentuh batas maka input mikrokontroller akan langsung terhubung ke pentanahan atau ke 0 Volt sehingga logika yang masuk ke mikrokontroller adalah logika low (0).

3.2.9 Perancangan HSM-20G Sebagai Sensor Suhu dan Sensor Kelembaban (Humidity Sensor)

Pada perancangan alat ini, Sensor suhu yang digunakan adalah **HSM-20G** dimana sensor ini mempunyai keluaran tegangan linear 10mV/derajat Celcius. Adapun rangkaian sensor Suhu **HSM-20G** adalah sebagai berikut :



Gambar 3-10 Rangkaian sensor suhu dan kelembaban menggunakan HSM-20G

HSM – 20 G dihubungkan dengan ADC PCF 8591. untuk sensor suhu atau temperature berada pada pin 1 sebagai output temperature yang kemudian dihubungkan ke AIN 1 yang terletak pada PCF8591. sedangkan untuk suhu kelembaban dihubungkan ke AIN 0 yang juga terletak pada ADC PCF8591.

3.2.10 Perancangan Rangkaian Display LCD 16x2

Dalam aplikasi ini menggunakan sebuah layar LCD (*Liquid Crystal Display*) yaitu jenis LCD M1632 yang merupakan LCD dua baris dengan setiap barisnya terdiri atas 16 karakter. Penyemat LCD dan fungsinya ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

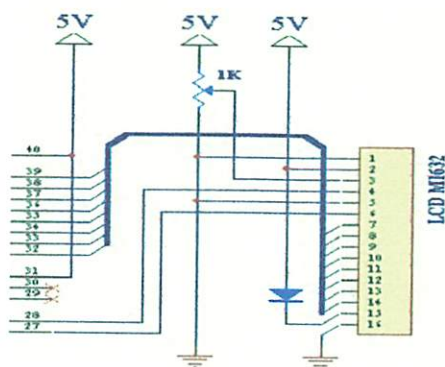
Tabel 3-1. Fungsi penyemat LCD^[11]

Penyemat	Fungsi
DB0-DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan di LCD
Enable	Sinyal operasi awal, sinyal ini 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 (baca dan tulis)

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa bus data yang masih termultiplek dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendalian dot matrik LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang pada modul LCD.

Untuk menampilkan semua intruksi dari keypad, maka dalam perencanaan ini digunakan LCD M1632 karena LCD adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relative rendah dan terdapat sebuah kontroler CMOS

didalamnya dan kontroler tersebut berfungsi sebagai pembangkit ROM/RAM dan display data RAM.karena fungsi tampilan dikontrol oleh suatu intruksi, agar modul LCD dapat dengan mudah di interfacekandengan MPU.dan perencanaan LCD seperti pada gambar 3-5 berikut :



Gambar 3-11 LCD M1632

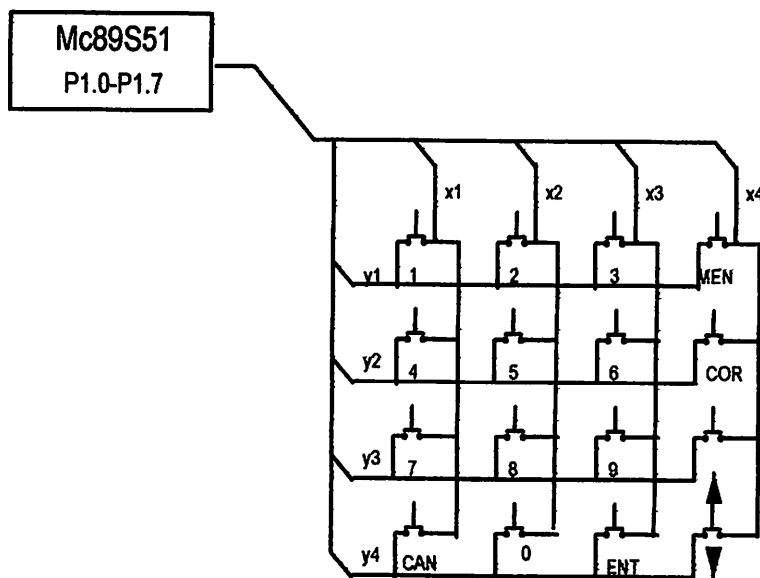
Pada gambar diatas kaki-kaki LCD M1632 yang terhubung dari port Mikrokontroler P0 – P7 ke kaki DB0 – DB7 pada LCD kemudian port 26 – 27 dari mikro terhubung dengan kaki Rs dan E pada LCD. Tambahan dioda external yang terhubung ke V+BL pada LCD dengan tegangan masukan 5V port V-BL dihubungkan ke ground kemudian kaki Vss dan RW diberikan tahanan eksternal 1K dengan tegangan masukan 5V.

3.2.11 Perancangan Rangkaian Keypad

Perancangan *keypad* dirancang memiliki konfigurasi matrik 4X4, sehingga akan diperoleh tombol sebanyak 16 buah. Masing-masing tombol tersebut digunakan sebagai masukkan beban beras yang kita inginkan.

Adapun cara kerja keypad yang direncanakan dapat dijelaskan sebagai berikut :

Setiap kali penekanan tombol akan terjadi suatu persilangan antara baris X dengan kolom Y. kondisi logic hasil penekanan tombol *keypad* tersebut dihubungkan pada Port Input (P1.0 – P1.7) melalui kaki X1-X4 dan Y1-Y4. Keadaan penekanan tombol persilangan antara baris X dan kolom Y akan dibaca dan untuk sementara disimpan di memory internal mikrokontroller sehingga persilangan antara baris dan kolom dapat dikirimkan ke MCU pada proses penampilan dan pengolahan karakteristik data yang diminta.



Gambar 3-12 Rangkaian *Encoder Keypad*

Untuk menjalankan menu program pertama kali dapat dilihat dari tampilan LCD, yang mana untuk menu pengecekan kondisi beras dapat diakses dengan menekan tombol 1 (satu) dan untuk menu pengambilan beras dapat diakses dengan menekan tombol 2 (dua) pada keypad. Untuk pengambilan beban beras yang diinginkan kita tinggal menekan tombol angka yang telah tersedia pada

keypad. Apabila terjadi penekanan tombol *keypad* maka akan mendrive pin port pada (P1.0 – P1.7) dan rangkaian minimum sistem akan memilih dan menampilkan informasi yang berasal dari *keypad*

3.3 Perencanaan Perangkat Lunak

Untuk mendukung agar perangkat keras berfungsi sesuai dengan perencanaan, maka diperlukan perangkat lunak sebagai penunjangnya. Untuk mengatur dan mengendalikan keseluruhan sistem perangkat keras yang telah dibuat, harus dibantu dengan perangkat lunak. Sistem aplikasi Mikrokontroler AT89S851 ini dapat mengatur dan mengendalikan keseluruhan sistem apabila ada urutan instruksi yang mendefinisikan secara jelas urutan tugas yang harus dikerjakannya .

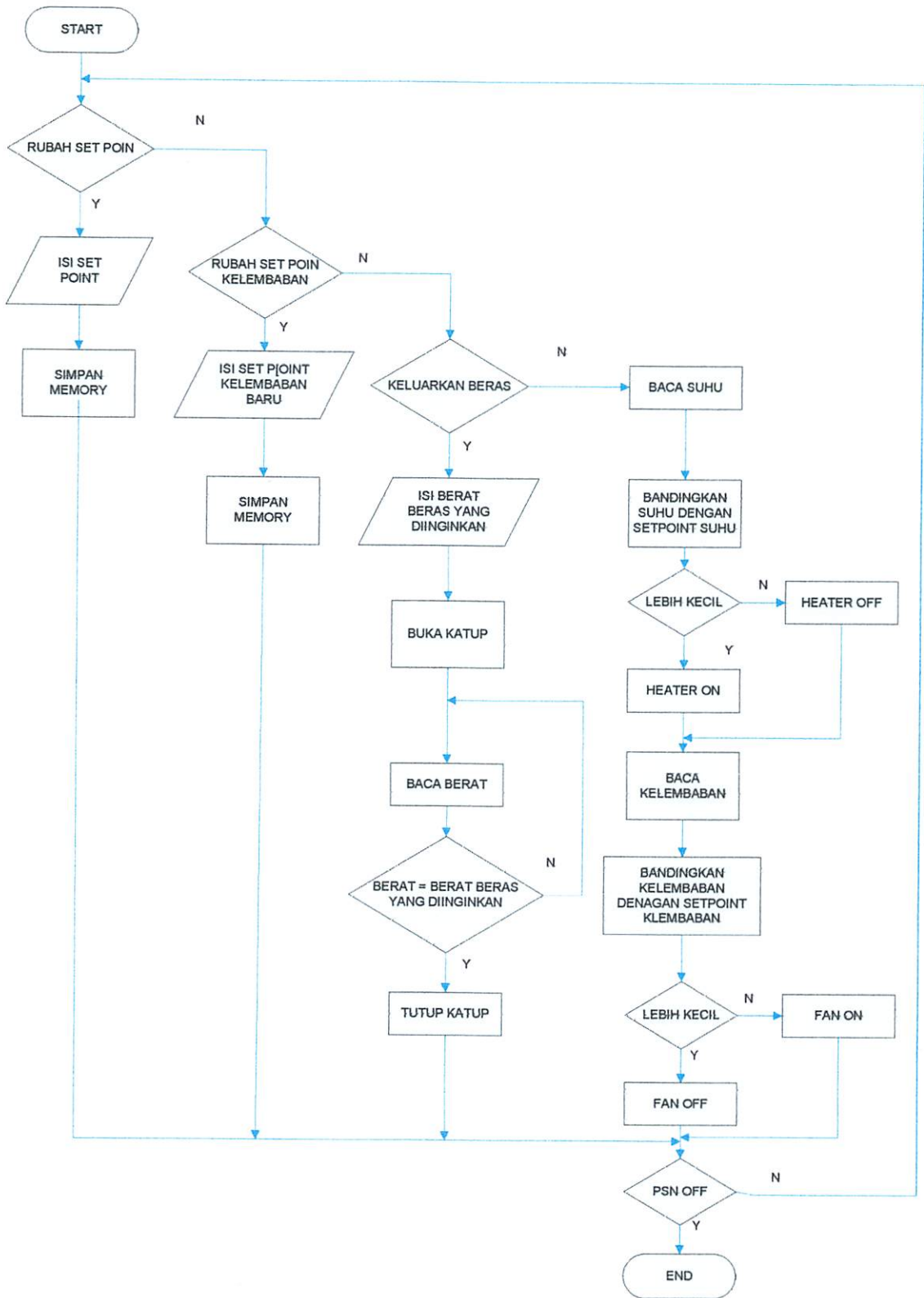
Urutan instruksi ini sangat penting untuk didefinisikan, karena Mikrokontroler bekerja secara pasti berdasarkan urutan insruksi ini. Susunan logika perancangan yang salah tidak dapat diketahui oleh Mikrokontroler. Selama instruksi yang diterima sesuai dengan aturannya, Mikrokontroler tetap mengerjakan instruksi tersebut. Kesalahan seperti ini baru diketahui ketika kerja sistem aplikasi tidak sesuai dengan spesifikasi awal. Oleh karena itu, perancangan perangkat keras sangat menentukan dalam keberhasilan pembuatan perangkat lunak, sama pentingnya dengan perancangan perangkat keras. Sebuah Mikrokontroler tidak akan bekerja bila tidak diberikan program. Program tersebut memberitahukan apa yang harus dilakukan oleh Mikrokontroler.

Pembuatan perangkat lunak sistem pengontrol peralatan *rice box*

elektronik berbasis mikrokontroler AT89S51 ini didasarkan pada semua kemungkinan kejadian yang harus dikerjakan oleh perangkat keras. Pembuatan perangkat lunak ini berdasarkan pada pengendali utamanya yaitu mikrokontroler 89S51. Perangkat lunak terdiri atas program utama dan beberapa sub program. Tahap pembuatan perangkat lunak sistem pengontrol peralatan *Rice Box Berbasis mikrokontroler AT89S51* meliputi :

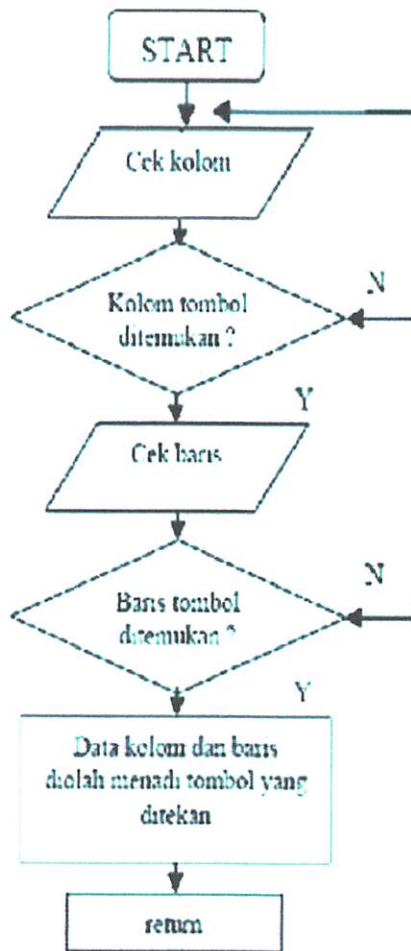
- a. Penulisan kode *mnemonic* bahasa *assembler* dengan menggunakan editor teks menjadi *file* berekstensi H51.
- b. Mengkompilasi *file* dengan ekstensi H51 dengan program XASM51 (*cross assembler* keluarga MCS-51) menjadi *file* PRN dan HEX.
- c. Pengujian *file* PRN dengan program simulasi AVSIM51
- d. Mengubah format file HEX menjadi file BIN dengan program HB.
- e. Mengisikan kode biner pada *file* BIN ke EPROM dengan bantuan EPROM *writer*.

Dalam Gambar 3.14 ditunjukkan diagram alir program utama sistem pengontrol peralatan *rice box elektronik* menggunakan mikrokontroler AT89S51



Gambar 3-13 Diagram Alir Program

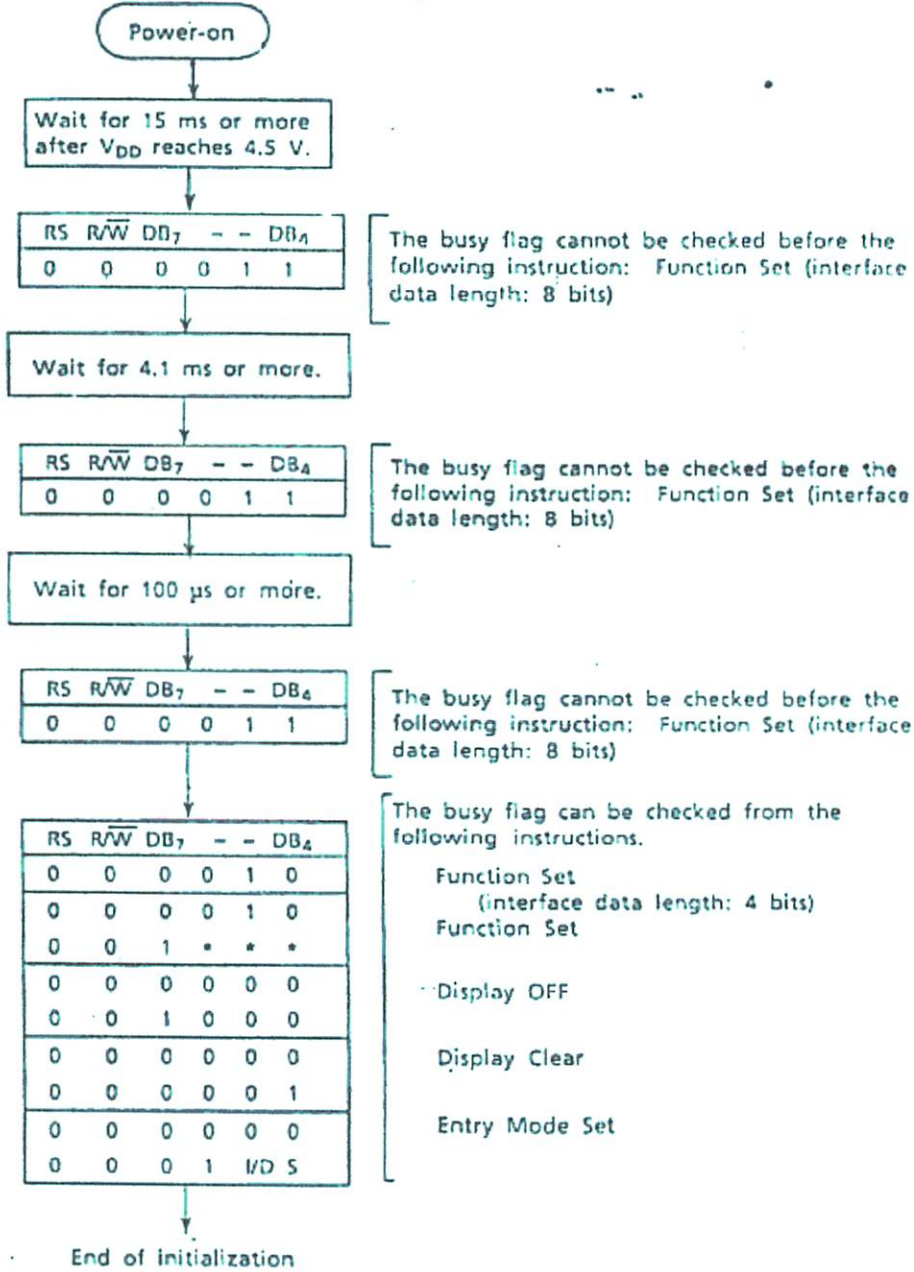
Flowchart scanning keypad



Gambar 3-14 Flowchart scanning keypad dengan metode polling

Flowchart inialisasi LCD

Interface data length: Four bits



Gambar 3-15. Diagram Alir Proses inialisasi LCD

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

Bab ini akan membahas mengenai pengujian alat yang telah dirancang. Tujuan pengujian alat ini adalah untuk mengetahui kerja dari sistem yang dibuat masing – masing blok, sehingga dapat diketahui kepresisian kerja dari alat yang telah direncanakan. Secara umum tujuan dari pengujian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui proses kerja dari masing – masing rangkaian (blok).
2. Memudahkan pendataan spesifikasi alat.
3. Memudahkan perawatan dan perbaikan apabila sewaktu – sewaktu terjadi kerusakan.

Pengujian dilakukan secara berulang – ulang untuk mendapatkan hasil pengukuran yang tepat. Prosentase kesalahan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\%Kesalahan = \left[\frac{Pengukuran - Nilai_Asli}{Nilai_Asli} \right] \times 100\%$$

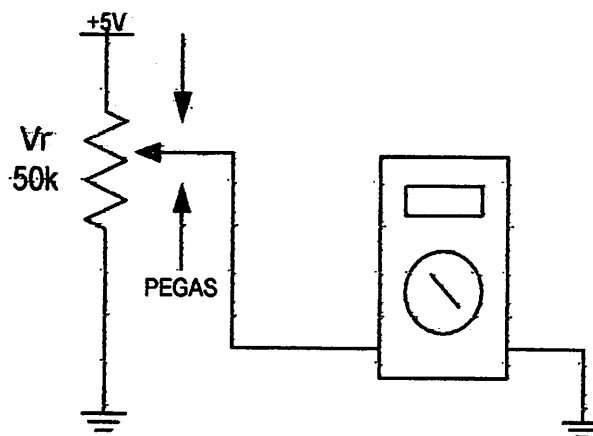
4.1 Pengujian Sensor Berat

4.1.1 Peralatan yang Digunakan

1. Potensiometer
2. Voltmeter
3. Catu daya

4.1.2 Pelaksanaan pengujian

1. Merangkai rangkaian sensor berat seperti pada gambar 4. 2
2. Menghubungkan dengan catu daya
3. Menghubungkan Output rangkaian sensor berat dengan Volt meter.



Gambar 4-1 Pengujian Rangkaian Sensor Berat

4. Memberikan beban berat sesuai dengan keluaran yang diinginkan

4.1.3 Hasil dan Analisis Pengujian

Dari pengujian yang dilakukan dapat diperoleh data seperti yang terlihat pada tabel 4-1. Dimana kenaikan tegangan keluaran berubah sesuai dengan perubahan kenaikan beban yang diberikan.

Tabel 4-1
Perbandingan Pengukuran dengan Perhitungan Tegangan Sensor Berat

No	Berat Sebenarnya a (Gram)	R _A Diukur (ohm)	R _B Diukur (ohm)	V OUT Yang Dihitung (volt)	V OUT Yang Diukur (volt)
1	250	1,85	8,15	0,925	0,922
2	500	2,53	7,43	1,265	1,27
3	750	3,70	6,3	1,85	1,84
4	1000	4,42	5,58	2,21	2,20
5	1250	5,52	4,48	2,76	2,77
6	1500	6,72	3,28	3,36	3,38
7	1750	6,93	3,07	3,46	3,48
8	2000	7,59	2,41	3,79	3,80

- Vout perhitungan = 0,925 V, Vout Pengukuran = 0,922 V

$$= \frac{0,922 - 0,925}{0,925} \times 100\% = 0,324 \%$$

- Vout perhitungan = 1,22 V, Vout Pengukuran = 1,22 V

$$= \frac{1,265 - 1,27}{1,27} \times 100\% = 0,393\%$$

- Vout perhitungan = 1,85 V, Vout Pengukuran = 1,84 V

$$= \frac{1,84 - 1,85}{1,85} \times 100\% = 0,54 \%$$

- Vout perhitungan = 2,21V, Vout Pengukuran = 2,20V

$$= \frac{2,20 - 2,21}{2,21} \times 100\% = 0,45 \%$$

- Vout perhitungan = 2,76 V, Vout Pengukuran = 2,76 V

$$= \frac{2,76 - 2,76}{2,76} \times 100\% = 0,373\%$$

- Vout perhitungan = 3,36 V, Vout Pengukuran = 3,38 V

$$= \frac{3,38 - 3,36}{3,36} \times 100\% = 0,59\%$$

- Vout perhitungan = 3,465 V, Vout Pengukuran = 3,47 V

$$= \frac{3,465 - 3,48}{3,48} \times 100\% = 0,431\%$$

- Vout perhitungan = 3,79 V, Vout Pengukuran = 3,80 V

$$= \frac{3,80 - 3,79}{3,79} \times 100\% = 0,263\%$$

Dari perhitungan % kesalahan di atas maka didapatkan error rata – rata sebesar 0,402 %

4.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

4.2.1 Tujuan Pengukuran

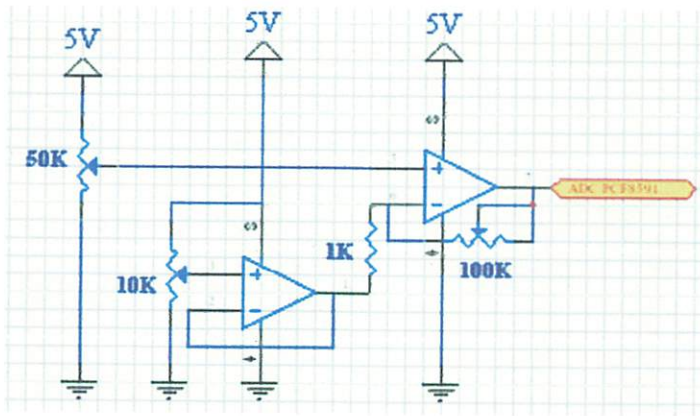
- 1 Mengetahui nilai penguatan tegangan input terhadap tegangan keluaran
- 2 Mengetahui perbandingan hasil pengukuran dengan perencanaan

4.2.2 Peralatan Yang digunakan

- 1 Power Supply
- 2 Multimeter analog / digital
- 4 Rangkaian pengondisi sinyal

4.2.3. Langkah-langkah pengukuran:

- 1 Input rangkaian pengkondisi sinyal dihubungkan ke potensiometer
- 2 Voltmeter digital dihubungkan dengan output DAC
- 3 Baca data Voltmeter
- 4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal dirangkai sebagaimana rangkaian berikut :



Gambar 4-2 Rangkaian Skematik op amp lm358 pada Sensor Berat

Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran rangkaian Pengkondisi Sinyal didapatkan hasil pada tabel 4 -2 sebagaimana berikut:

Tabel 4 -2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Berat Beras	Input OpAmp (V) (Output potensiometer)	Output Pengkondisi Sinyal (V)
250	0,325	0,532
500	0,357	0,773
750	0,390	1,032
1000	0,419	1,318
1250	0,457	1,665
1500	0,487	1,950
1750	0,516	2,190
2000	0,529	2,328

Sumber: pengukuran

4.2.4 Analisa

Output opamp pada rangkaian pengkondisi sinyal berdasarkan hitungan teori adalah sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{v_o}{v_i}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right)$$

$$\Delta v = 1 + \frac{10k\Omega}{10k\Omega}$$

$$\Delta v = 2x$$

Dari hasil pengukuran Output terhadap input pada rangkaian Op-Amp mempunyai penguatan tegangan 2 kali. Namun jika dilihat pada hasil pengukuran menunjukkan adanya selisih tegangan pada penguatan Op-amp antara Teori dan Hasil ukur. Toleransi error pada pengukuran diatas dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Error} = \frac{\text{Hasil_Ukur} - \text{Hasil_Teori}}{\text{Hasil_teori}} \times 100 \%$$

Dengan demikian hasil analisa pengukuran ditunjukkan sebagaimana tabel 4.4 berikut:

Tabel 4 -3 Analisa pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

No.	Berat Beras	Input OpAmp (V) (Output potensiometer)	Output Pengkondisi Sinyal (V)	Hasil teori (V)	Error (%)
1	250	0,325	0,532	0,529	0,19
2	500	0,357	0,773	0,770	0,38
3	750	0,390	1,032	1,038	0,48

4	1000	0,419	1,318	1,313	0,22
5	1250	0,457	1,668	1,666	0,17
6	1500	0,487	1,950	1,921	0,20
7	1750	0,516	2,190	2,196	0,27
8	2000	0,529	2,328	2,322	0,25

Sumber: pengukuran

Dari tabel diatas, diketahui nilai error berkisar :

$$Error = \frac{(0,19 + 0,38 + 0,48 + 0,22 + 0,17 + 0,20 + 0,27 + 0,25)}{8}$$

$$= 0,268\%$$

Hal ini disebabkan karena nilai toleransi komponen yang dipakai pada rangkaian pengkondisi sinyal, dimana resistor yang digunakan mempunyai toleransi sebesar 5 %, selain itu faktor rugi-rugi dari power suplay juga amat berpengaruh, dimana Vcc pada rangkaian catu daya Op-amp yang menggunakan catu daya simetris tidak presisi pada saat diukur karena faktor komponen itu sendiri.

4.2.5 Kesimpulan

- Error yang didapat dari perbandingan hasil perhitungan dan hasil pengukuran dipengaruhi oleh toleransi dari komponen yang dipakai pada alat adalah 0,268 %
- Op-Amp mempunyai penguatan tegangan $AV = 2$.
- Op-Amp menguatkan sinyal inputan sehingga output pada Op-amp besarnya 2x dari hasil inputan op-amp

4.3. Pengujian Rangkaian kerja Sensor HSM-20G

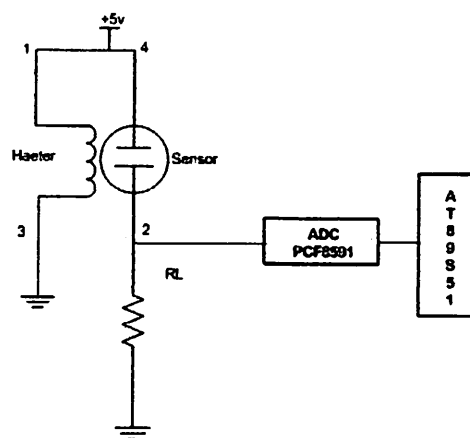
Untuk mengetahui besarnya tegangan output dari sensor suhu dan kelembaban HSM-20G berdasarkan perubahan kondisi suhu dan kelembaban pada ruangan saat mendeteksi suhu dan kelembaban dan diterima oleh ADC kemudian di lanjutkan oleh Fan dan elemen pemanas (heater).

4.3.1 Peralatan Yang Digunakan

1. Multimeter Digital Range RE830D.
2. Rangkaian yang akan diuji.
3. Catu Daya 5 Volt DC.

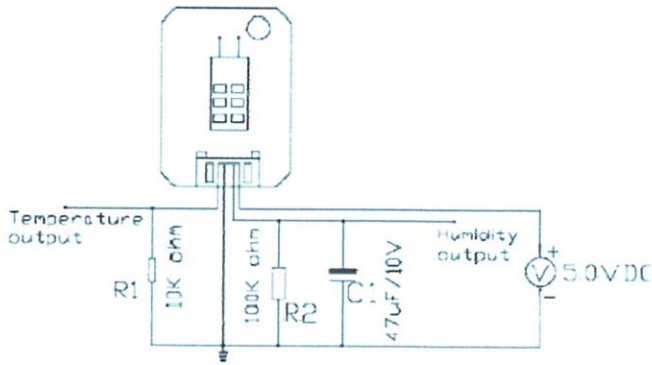
4.3.2. Prosedur Pengujian

1. Merangkai rangkaian seperti pada gambar dibawah ini:



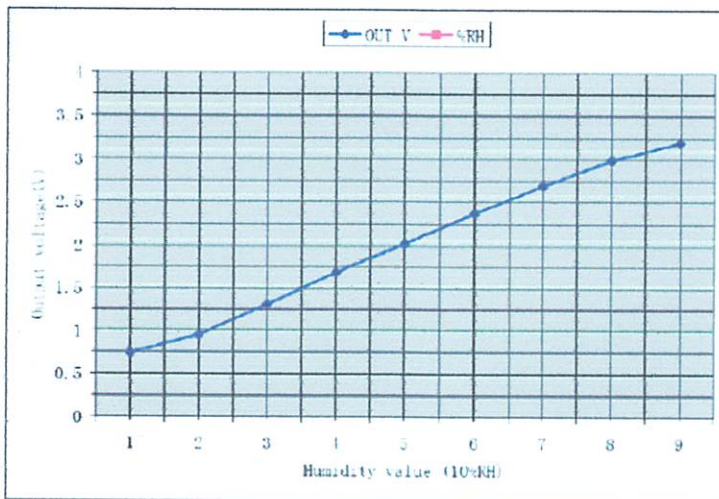
Gambar 4-3 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu dan Kelembaban HSM-20G dan Ic PCF8591 sebagai ADC (*Analog To Digital Converter*)

2. Menghubungkan IC PCF8591 dengan tegangan DC 5 Volt pada kaki untuk V_{ref}
3. Menghubungkan kaki lainnya pada ground.
4. Menguji sensor dengan di beri uap air dan panas dari heater pada ruangan rice box.
5. Analisa hasil pengujian.



Gambar 4-4. Rangkaian modul sensor HSM – 20G dari data sheet

Untuk pengukuran kelembaban dapat dilihat dari grafik sebagai berikut:



Grafik 4-1 Hubungan antara V_{out} dengan kelembaban (%RH)

4.3.3. Analisa

Perhitungan untuk kelembaban.

Kelembaban di tentukan pada set point yaitu disesuaikan dengan kelembaban rata-rata kota Malang sekitar (60%-80%). Untuk kelembaban di tentukan sekitar 63%

Maka perhitungannya :

Maka Diketahui :

$$V_{out} = 2,4 \text{ volt}$$

$$R1 = 100K\Omega$$

$$V = 5 \text{ volt}$$

$$V_{out} = \frac{R1}{Rs + R1} \times v$$

$$Rs = \left(\frac{R1}{V_{out}} \times v \right) - R1$$

$$Rs = \left(\frac{100K\Omega}{2,4} \times 5 \right) - 100K\Omega$$

$$Rs = (41,6 \times 5) - 100K\Omega$$

$$Rs = 108,3K\Omega$$

Kalibrasi dilakukan dengan mengamati hygrometer yang didalamnya sudah terdapat pengukur suhu dan kelembaban dan dipasang di dalam ruangan rice box. Kemudian menganalisa setiap perubahan persentase kelembaban yang terjadi selama beberapa waktu.



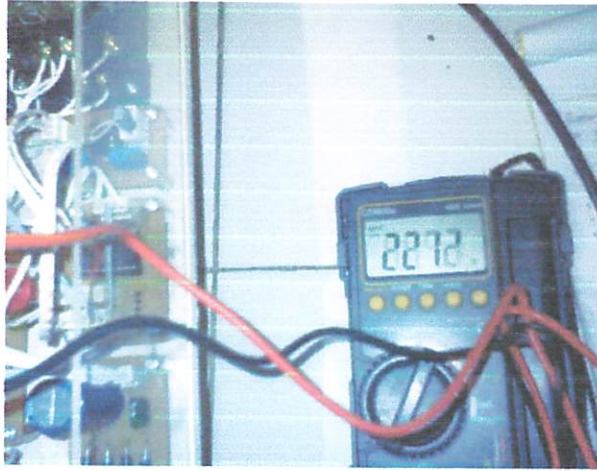
Gambar 4-5 Hygrometer

4.3.4 Hasil Pengujian

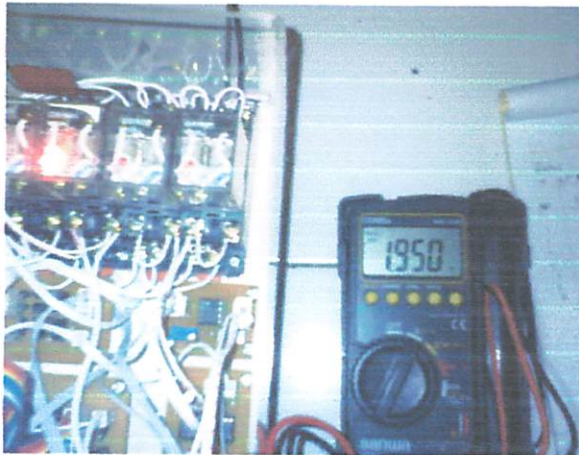
Pengukuran tegangan keluaran dari rangkaian sensor (V_{out}) dapat diukur menggunakan alat ukur digital multimeter dan Hasil pengukuran tegangan keluaran ADC PCF 8591.



Gambar 4-6. Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor



Gambar 4-7 Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor



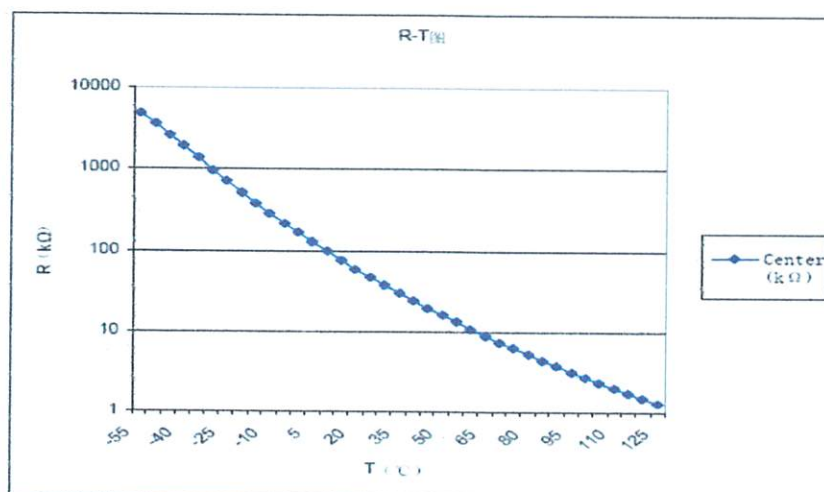
Gambar 4-8. Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor

Tabel 4 - 4 Analisa pengujian Kelembaban pada sensor HSM-20G

No	Kelembaban pada HSM-20G (RH%)	Kelembaban pada Hygrometer (RH %)	v out pengukuran (Volt)	v out berdasarkan teori(Volt)	Error (%)
1	60	60	2,190	2,195	0,22
2	61	61	2,216	2,214	0,09
3	62	62	2,239	2,234	0,22
4	63	63	2,252	2,254	0,11
5	64	64	2,276	2,273	0,13
6	65	65	2,299	2,293	0,26
7	66	66	2,316	2,312	0,17
8	67	67	2,338	2,332	0,25
9	68	68	2,354	2,352	0,08
10	69	69	2,368	2,371	0,12
11	70	70	2,389	2,391	0,08
12	71	71	2,412	2,41	0,09
13	72	72	2,436	2,43	0,37
14	73	73	2,454	2,45	0,16
15	74	74	2,467	2,469	0,08
16	75	75	2,485	2,489	0,16
17	76	76	2,523	2,528	0,19
18	77	77	2,545	2,548	0,11
19	78	78	2,584	2,587	0,11
20	79	79	2,621	2,626	0,19

Sumber : pengukuran

Dari tabel diatas, diketahui nilai error sebesar 0,154 %



Grafik.4-2 Hubungan antara suhu T ($^{\circ}$ C) dan hambatan R (k Ω)

Perhitungan untuk sensor suhu :

Set point untuk percobaan di berikan pada suhu 30°C dari grafik diketahui

$$R_s = 90 \text{ k}\Omega$$

$$R_l = 10 \text{ k}\Omega$$

$$V = 5 \text{ volt}$$

Maka

$$V_{out} = \frac{R_l}{R_s + R_l} \times v$$

$$V_{out} = \frac{10}{90 + 10} \times 5$$

$$V_{out} = 0,5 \text{ volt}$$

Tabel 4-5 Analisa Pengujian Suhu Pada Sensor HSM-20G

No	Suhu pada HSM-20G ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu pada termometer ($^{\circ}\text{C}$)	V out pengukuran (Volt)	V out berdasarkan teori (Volt)	Error
1	26	26	0,817	0,823	0,72
2	27	27	0,878	0,882	0,45
3	28	28	0,957	0,961	0,41
4	29	29	1,072	1,078	0,56
5	30	30	1,110	1,097	0,27
6	31	31	1,138	1,136	0,17
7	32	32	1,162	1,156	0,51
8	33	33	1,193	1,196	0,25
9	34	34	1,231	1,234	0,24
10	35	35	1,252	1,254	0,15

Sumber : pengukuran

Dari tabel diatas, diketahui nilai error sebesar 0,373 %

4.3.5 Kesimpulan

- Untuk sensor kelembaban atau Humidity pada pengukuran dan perhitungan yang berasal dari Vout ADCPCF 9591 mempunyai presentasi error sebesar 0,154 %
- Untuk sensor suhu atau temperatur pada pengukuran dan perhitungan yang berasal dari Vout ADCPCF 9591 mempunyai presentasi error sebesar 0,373 %
- Meningkatnya suhu maka hambatan (R) akan semakin rendah sedangkan untuk tegangan yang di hasilkan semakin meningkat.

4.4. Pengujian ADC PFC 8591

4.4.1. Tujuan

Untuk mengetahui cara kerja dari rangkaian ADC PCF 8591, apakah sesuai dengan yang direncanakan atau belum maka dilakukan pengujian.

4.4.2. Peralatan yang Digunakan

1. Rangkaian ADC PCF 8591
2. Sumber tegangan 5 volt
3. Rangkaian mikrokontroler AT89S8251
4. Resistor 220 Ω
5. LED

4.4.3. Langkah Pengujian

1. Merangkai rangkaian ADC PCF 8591 dengan rangkaian Mikrokontroler AT89S52.
2. Menghubungkan pin 9 (SDA) dan pin 10 (SCL) ADC PCF 8591 dengan rangkaian mikrokontroler AT89S51.
3. Menghubungkan rangkaian pengujian ADC PCF 8591 dengan sumber tegangan 5 volt
4. Ketika ADC itu diberikan clock pada kaki SCL dengan SDA diberi perintah untuk menerjemahkan data konversi analog ke digital secara serial melalui pin SDA ke mikrokontroler AT89S51, kemudian mikrokontroler akan mengeluarkan konversi LED melalui nyala LED
5. Mengamati LED yang menyala dan mati sebagai indikator keluaran 8 bit dari mikrokontroler, dan mencatatat hasilnya pada tabel.

4.4.4. Hasil Pengujian

Untuk mengetahui perubahan tegangan tiap bit ADC adalah dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut

Diketahui $V = 5 \text{ Volt}$ $\text{Step ADC} = 2^8 (255)$, maka

$$\begin{aligned} 1 \text{ bit} &= \frac{V}{\text{StepADC}} \\ &= \frac{5}{255} = 19.6 \text{ mV} = 20 \text{ mV} \end{aligned}$$

Tabel 4-6 Hasil Pembacaan Dan Perhitungan ADC PCF 8591

Input ADC (Volt)	Output ADC (pembacaan)	Output ADC Perhitungan		
		Biner	Desimal	Heksa Desimal
0	00000000	00000000	0	00h
0.25	00001101	00001101	13	0Dh
0.5	00011010	00011010	26	1Ah
0.75	00100110	00100110	38	26h
1.01	00110100	00110100	52	34h
1.26	01000000	01000000	64	40h
1.5	01001101	01001101	77	4Dh
1.75	01011001	01011001	89	59h
2.02	01100111	01100111	103	67h
2.25	01110011	01110011	115	73h
2.5	10000000	10000000	128	80h
2.75	10001100	10001100	140	8Ch
3	10011001	10011001	153	99h
3.25	10100110	10100110	166	A6h
3.5	10110011	10110011	179	B3h
3.75	10111111	10111111	191	BFh
4	11001100	11001100	204	CCh
4.25	11011001	11011001	217	D9h
4.5	11100110	11100110	230	E6h
4.75	11110010	11110010	242	F2h
4.99	11111111	11111111	255	FFh

Sedangkan untuk mengetahui data ADC ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

Diket $V_{analog} = 0.25$ Volt, maka

$$\begin{aligned}
 \text{Data ADC} &= \frac{V_{analog}}{resolusi} \\
 &= \frac{0.25}{0.0196} = 12.75 \approx 13_{(10)} \\
 &= 00001101_{(2)} \\
 &= 0D_{(16)}
 \end{aligned}$$

4.5. Pengujian Rangkaian Driver Motor

4.5.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah driver motor DC dapat berfungsi dengan baik sebagai penggerak dan pembalik arah putaran dan untuk mengetahui kecepatan respon dari driver motor DC terhadap kecepatan perubahan arah putaran. Dalam pengujian ini hal yang perlu dilakukan adalah, pertama beritengangan 12Volt pada konektor rangkaian penggerak, pasang motor pada rangkaian driver dan beri tegangan 5Volt pada kaki yang akan dikoneksikan ke mikrokontroler sebagai pembalik arah

Untuk mengetahui apakah rangkaian driver Motor pada Driver Motor Penggerak Katub Beras dapat bekerja sesuai dengan perencanaan

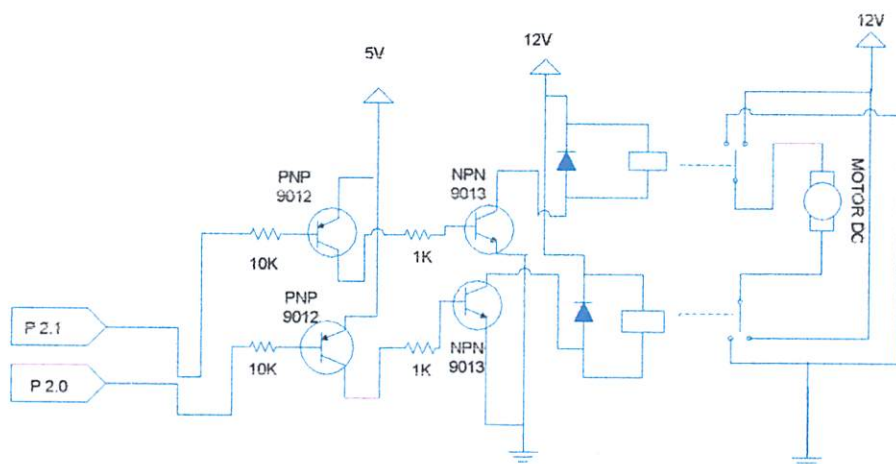
4.5.2 Peralatan yang digunakan

1. *Motor DC*
2. Mikrokontroler AT89S51
3. *Multimeter digital*
4. *Power Supply driver Motor DC*
5. *Power Supply Motor DC*

4.5.3 Langkah-langkah pengujian

1. Alat dirangkai seperti dalam Gambar 4.3 dan memberikan logika rendah pada rangkaian *ON/OFF driver Motor* dan rangkaian *KANAN/KIRI driver Motor*.
2. Mengukur nilai tegangan keluaran pada Motor.
3. Memberikan logika tinggi pada rangkaian *ON/OFF driver Motor*.
4. Mengukur kembali nilai tegangan keluaran pada Motor.

5. Memberikan logika tinggi pada rangkaian KANAN/ KIRI driver Motor.
6. Mengukur polaritas tegangan keluaran pada Motor dan melihat arah putar Motor DC.



Gambar 4-9 Pengujian Rangkaian driver Motor DC

4.5.4 Hasil dan Analisis Pengujian

Tabel 4-7

Hasil Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Nomor	Masukan Logika pd Driver Motor DC		V out pada Motor DC	Polaritas Tegangan pd Motor DC	Arah Putaran Motor
	ON/OFF	KANAN/KIRI			
1	LOW (0)	LOW (0)	0 Volt	-	-
2	HIGH (1)	LOW (0)	12 Volt	Positif	Ke Kanan
3	HIGH (1)	HIGH (1)	12 Volt	Negatif	Ke Kiri

4.6 Pengujian Rangkaian Tampilan LCD

4.6.1 Tujuan

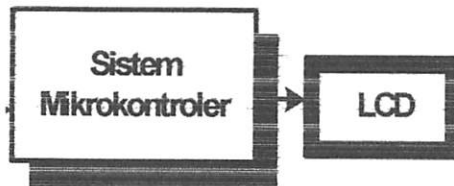
Untuk mengetahui kemampuan rangkaian tampilan yang sudah dibuat apakah dapat mendukung sistem yang direncanakan untuk memampikan data pada LCD.

4.6.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Power Supply 5 Volt*
2. *Sistem Mikrokontroler dan LCD TM162A*

4.6.3 Prosedur Pengujian

1. Menyusun rangkaian seperti dalam Gambar 4.6
2. Menjalankan program untuk menampilkan tulisan “Identitas Alat”
3. Mengamati keluaran pada LCD.



Gambar 4-10 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Tampilan

4.6.4 Hasil dan Analisa Pengujian

Dari hasil Pengujian dapat dilihat bahwa rangkaian tampilan dapat bekerja dengan baik.

4.7 Pengujian Rangkaian *Input Keypad*

4.7.1 Tujuan

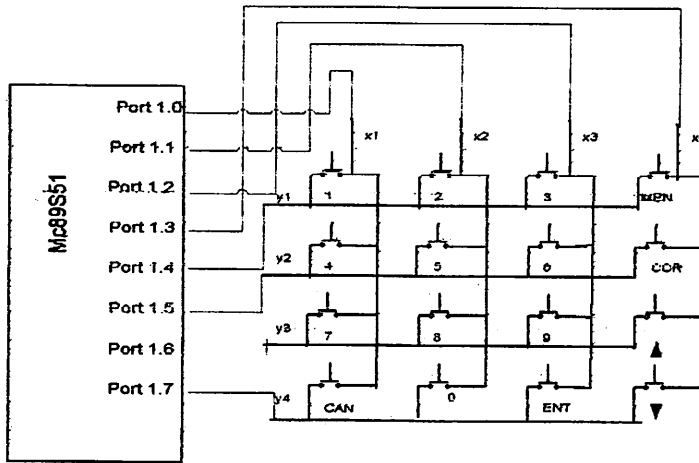
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui konfigurasi logika keluaran dari unit papan tombol saat tombol ditekan. . Dalam pengujian ini keluaran yang diamati adalah proses *scanning* yang terjadi pada lajur baris dan kolom. Lajur baris merupakan bagian output sedangkan lajur kolom merupakan bagian input. Untuk mengetahui kebenaran rangkaian keypad yang telah dibuat maka keluaran dari rangkaian keypad ini akan ditampilkan ke port 3 MCU 89C51.

4.7.2 Peralatan yang digunakan

1. *Keypad*
2. *Minimum system*
3. *Peraga led 5 bit*
4. *Catu daya 5 VDC*

4.7.3 Pelaksanaan Pengujian

1. Alat – alat dirangkai seperti dalam gambar 4.7
2. Menekan tombol – tombol pada *keypad* dan mengamati serta mencatat keluaran yang ditampilkan ke *peraga led 5 bit*



Gambar 4-11 Diagram Blok Pengujian Pengkode *Keypad*

4.7.4 Hasil dan Analisis Pengujian

Dari hasil pengujian, didapatkan data seperti dalam Tabel 4.6 maka dapat diketahui bahwa saat tombol ditekan maka keluaran port 1 mikrokontroler 89S51 akan berlogika sesuai dengan tombol yang ditekan. Hasil pengujian dalam Tabel 4.6 terlihat bahwa rangkaian papan tombol yang telah direalisasikan sesuai dengan unjuk kerja perencanaan

Tabel 4-8
Hasil Pengujian Pengkode *Keypad*

Tombol	D4	D3	D2	D1	D0
0	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
1	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
2	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
3	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>On</i>
4	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
5	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
6	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
7	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>
8	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
9	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
*	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
#	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>On</i>

4.8 Pengujian Sistem Keseluruhan

4.8.1 Tujuan

Untuk mengetahui kerja alat secara keseluruhan baik itu dari *Hardware* dan *Software* dan penggabungan pada kerja mekanik alat yang telah dibuat.

4.8.2 Peralatan yang digunakan

Alat *Rice Box Elektronik* menggunakan mikrokontroler AT89S51

4.8.3 Pelaksanaan Pengujian

1. Merangkai alat seperti tampak pada gambar 3.1
2. Mengisi program pada *flash memory internal*.
3. Mengaktifkan alat dan menjalankan program sesuai dengan *Flowchart* program yang telah direncanakan.
4. Mengamati dan mencatat hasil kerja alat.

4.8.4 Hasil dan Analisis Pengujian

Tabel 4-9

Hasil Perbandingan Berat Sebenarnya dengan Berat Oleh Alat

No.	Berat Sebenarnya (Gram)	Berat Dengan Alat (Gram)
1	250	249
2	500	502
3	750	755
4	1000	1005
5	1250	1252
6	1500	1500
7	1750	1752
8	2000	2004

- Berat = 250 gram, Pengukuran = 249 gram

$$= \frac{249 - 250}{250} \times 100\% = 0,4\%$$

- Berat = 500 gram, Pengukuran = 502 gram

$$= \frac{502 - 500}{500} \times 100\% = 0,4\%$$

- Berat = 750 gram, Pengukuran = 755 gram

$$= \frac{755 - 750}{750} \times 100\% = 0,66\%$$

- Berat = 1000 gram, Pengukuran = 1005 gram

$$= \frac{1005 - 1000}{1000} \times 100\% = 0,5\%$$

- Berat = 1250 gram, Pengukuran = 1252 gram

$$= \frac{1252 - 1250}{1250} \times 100\% = 0,16\%$$

- Berat = 1500 gram, Pengukuran = 1506 gram

$$= \frac{1506 - 1500}{1500} \times 100\% = 0,4\%$$

- Berat = 1750 gram, Pengukuran = 1754 gram

$$= \frac{1754 - 1750}{1750} \times 100\% = 0,228\%$$

- Berat = 2000 gram, Pengukuran = 2004 gram

$$= \frac{2005 - 2000}{2000} \times 100\% = 0,25\%$$

Dari perhitungan % kesalahan di atas maka didapatkan error rata – rata sebesar 0,374 %



Gambar 4-12 Foto Alat Tampak Keseluruhan

4.8.5. Spesifikasi

Adapun spesifikasi dari Perencanaan dan Pembuatan Alat *Rice Box Elektronik Menggunakan Mikrokontroller AT89C51* adalah sebagai berikut :

Besar alat	40x 25 x100 cm
Isi maksimal	± 25 Kg
Output berat minimal	250 gram
Tiap kenaikan beban berat	per 250 gram
Output berat maksimal	2 Kg
Tegangan kerja	220 Volt AC
<i>Keypad</i>	Untuk memasukkan beban yang akan diambil
Motor DC	Membuka katup pintu beras

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian hasil perancangan alat *Rice Box Elektronik* Berbasis Mikrokontroler AT89S51, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Rangkaian sensor berat yang terdiri dari *potensiometer* dan rangkaian ADC telah dapat memberikan perbandingan data sehingga dapat diperoleh hasil keluaran yang cukup presisi. Dari perhitungan % kesalahan sensor berat didapatkan error rata – rata sebesar 0,402 %
2. Rangkaian sensor berat dengan menggunakan pengkondisi sinyal dapat menstabilkan sinyal dari ptensiometer yang digunakan dan kesafahan sensor menjadi lebih baik lagi yaitu diperoleh error sebesar 0, 268 %
3. Dari hasil pengujian senor suhu menggunakan HSM-20G diperoleh error rata-rata sebesar 0, 373 %
4. Untuk hasil dari pengujian sensor kelembaban yang juga menggunakan sensor HSM-20G ini diperoleh error rata-rata sebesar 0,154 %
5. Dari hasil pengujian keluaran beban oleh *rice box elektronik* ini diperoleh error rata-rata sebesar 0,138%.
6. Beban berat yang keluarkan oleh *rice box* ini dimasukkan melalui *keypad* dengan mengikuti langkah-langkah yang telah ditampilkan pada layar LCD

7. LCD sebagai penampil jalannya proses dapat menambah kejelasan pengoperasian alat
8. Kelembaban di dalam ruangan Rice Box sangat tergantung dengan kelembaban yang sedang terjadi pada lingkungan sekitar jadi setiap tempat atau kota mempunyai kelembaban yang berbeda pula sehingga penyetelan set point kelembaban harus dilakukan sesuai dengan kondisi sekelilingnya.
9. Suhu untuk menjaga kondisi beras juga tidak boleh terlalu tinggi dan rendah, harus sesuai dengan suhu kamar antara 27-30 °C.
10. Kelembaban yang di butuhkan dan yang baik untuk penyimpanan beras yaitu pada 65%-70% RH
11. Setiap perangkat, baik itu *hardware* ataupun *software* pada perencanaan dan pembuatan alat Rice Box Elektronik ini mempunyai peran penting yang saling berkesinambungan satu sama lain agar tercipta sistem kerja alat *Rice Box Elektronik* secara maksimal

5.2 Saran

Beberapa tambahan yang diperlukan dalam meningkatkan kemampuan alat ini adalah:

1. Untuk meningkatkan fungsi *keypad* secara maksimal, maka dalam pengembangan alat *Rice Box Elektronik* berikutnya agar bisa diperkecil *range outputan* dan beban maksimal yang bisa dikeluarkan oleh alat ini.

2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih presisi dapat digunakan instrumen ukur yang lebih presisi dan akurat
3. Perancangan mekanik sangat menentukan kualitas dari gerakan pintu katub beras yang dikontrol oleh mikrokontroller.
4. Untuk pengembangan lebih lanjut *Rice Box Elektronik* tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan fasilitas pengatur temperature ruang *rice box* dengan menggunakan remot control untuk memudahkan pengambilan beras.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. G. Jong Bloe, "Elektronika Merencanakan dan Merakit Sendiri." Angkasa Bandung, Bandung, 1998.
- [2]. Agfianto Eko Putra, "Belajar Mikrokontroller.", Gava Media, Yogyakarta, 2002
- [3]. Albert Paul Malvino, "Prinsip-Prinsip Elektronika." Erlangga, Jakarta, 1994
- [4]. Hafindo Elektronic and Education, "Pelatihan Mikrokontroller MCS-51 Progammng and Interfacing." Hafindo, Malang, 2001
- [5]. Gordan J. Deboo and Clifford N. Burrous, second Edition
- [6]. Internet: www.atmel.com. Download Mikrokontroller AT89S51 data sheet
- [7]. Internet: ww.cytron.com.my. Download HSM-20G data sheet.
- [8]. Motorola Semiconductor Technical Data
- [9]. Philips Semiconductors Data Sheet
- [10]. Nasional Data Sheet Semiconductor
- [11]. IEI Surabaya, Electronics Technology, 1992 : 5
- [12]. Internet: www.semiconductor.philips.com download PCF9591 datasheet
- [13]. Internet : www.gizi.net.com download penyimpanan beras yang baik.

LAMPIRAN



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Ponda Wartanto
Nim : 05.12.227
Masa Bimbingan : 14-September-2009s/d 14-Maret-2010
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Rice Box Elektronik Berbasis Mikrokontroler AT 89S51 .

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	19-12-09	<ul style="list-style-type: none">▪ BAB II :Refresensi dari sensor suhu dan kelembaban▪ BAB II : Melengkapi table untuk tegangan dari data sheet LCD▪ BAB III :Melengkapi diagram blok alat▪ BAB III : Gambar rangkaian pada relay	
2	31-12-2009	<ul style="list-style-type: none">▪ BAB IV : Melengkapi table hasil percobaan motor DC▪ BAB IV :Pembuuatan garfik pada pengkodean keypad▪ BAB IV : Perbaikan pada gambar diagram keypad▪ Melengkapi makalah seminar hasil	
3	5-01-2010	<ul style="list-style-type: none">▪ BAB IV : Penggunaan op amp pada sensor berat▪ BAB IV : Melengkapi analisa data pada sensor suhu dan kelembaban	
4	09-2-2010	<ul style="list-style-type: none">▪ Gambar skematik untuk limit switch katup▪ Penjelasan protokol komunikasi serial I²C	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang, Februari 2010
Dosen pembimbing

(I Komang Somawirata, ST,MT)
NIP. Y. 103 010 0361



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
JL.Raya Karanglo Km 2
MALANG

FORMULIR PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : Ponda Wartanto
Nim : 05.12.227
Masa Bimbingan : 14-september-2009 s/d 14-maret-2010
Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN RICE BOX
ELEKTRONIK BERBASIS MIKOROKONTROLER
AT 89S51

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	09-02-2010	<ul style="list-style-type: none">Gambar schematic untuk limit switch katup.Penjelasan protocol komunikasi serial I²C	

Disetujui

Penguji Pertama

(Joseph Dedy Irawan, ST, MT)
NIP. 132 315 178

Penguji kedua

(Sotyohadi, ST)
NIP.Y. 1 039 700 309

**Mengetahui
Dosen Pembimbing**

(I Komang Somawirata, ST,MT)
NIP. Y. 103 010 0361



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

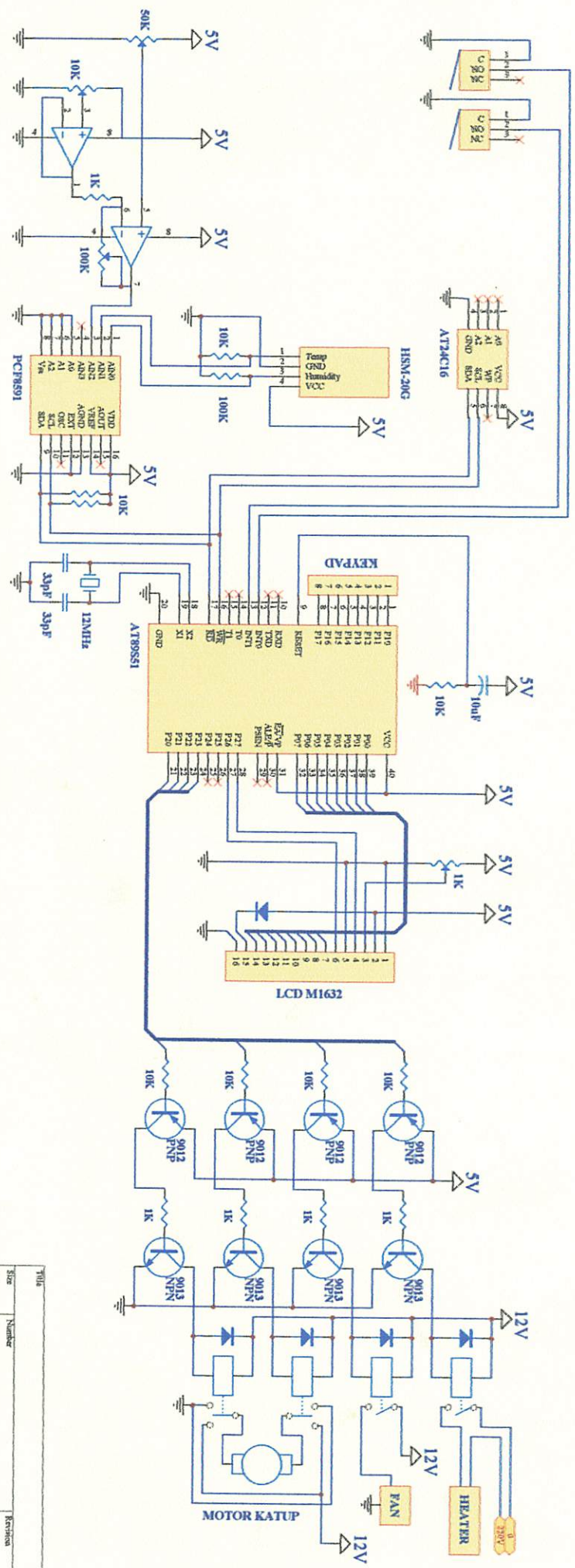
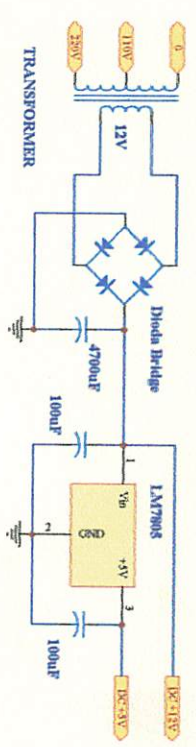
Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Ponda Wartanto
NIM : 05.12.227
Perbaikan meliputi :

- 1). Gbr skematika offe linut switch katup tdk ada !
- 2). Pejelasan Protokol komunikasi serial I²C.

Malang,

(_____)



File	Size	Number	Revision
1308-2010			
1308-2010			
1308-2010			

PONDAITN

```
org    00h

Heat   bit P2.1           ; heater
Fans   bit P2.2           ; fan
Kttt   bit P2.3           ; katup tutup
Ktbk   bit P2.5           ; katup buka
Rest    bit P2.6
Enbl    bit P2.7
ISCL    bit P3.0           ; I2C clock
ISDA    bit P3.1           ; I2C data
Lkbk    bit P3.2           ; limit katup buka
Lktt    bit P3.3           ; limit katup tutup
Stts    bit 20h.0         ; status fan
Char    equ 30h           ; char LCD
Adc0    equ 31h           ; ADC Suhu
Adc1    equ 32h           ; ADC Humi
Adc2    equ 33h           ; ADC berat
Dbrt    equ 34h           ; data berat
Dshu    equ 35h           ; data suhu
Dhum    equ 36h           ; data humi
Sshu    equ 37h           ; seting point suhu
Shum    equ 38h           ; seting point humi
Rbrt    equ 39h           ; request berat
Buf0    equ 3Ah           ; buffer 0
Buf1    equ 3Bh           ; buffer 1
Buf2    equ 3Ch           ; buffer 2

Dly0    equ 50h
Dly1    equ 51h
Dly2    equ 52h
Dly3    equ 53h

;
init:   lcall   lcd_in      ; inisialisasi LCD
        lcall   rd_mem     ; baca memory

;
mulai:  mov     DPTR,#nama
        lcall   line1
        mov     Char,#16
        lcall   tulis
        mov     DPTR,#nim
        lcall   line2
        mov     Char,#16
        lcall   tulis
        lcall   delay2
        mov     DPTR,#jur
        lcall   line1
        mov     Char,#16
        lcall   tulis
        mov     DPTR,#univ
        lcall   line2
        mov     Char,#16
        lcall   tulis
        lcall   delay2
        ljmp    mulai
```

PONDAITN

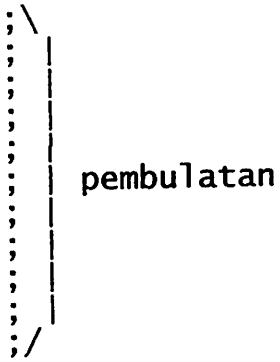
```

roses: lcall lcdclr ; seting point suhu
mov DPTR,#tpmsbr
lcall line1
mov Char,#16
lcall tulis
mov DPTR,#tpn1kg
lcall line2
mov Char,#16
lcall tulis
rses0: mov DPTR,#angka
mov P0,#0C5h
lcall w_ins
lcall tg_tkn
mov Buf0,R0
mov A,R0
lcall wr_chr
lcall tg_lps
mov P0,#0C7h
lcall w_ins
lcall tg_tkr
mov Buf1,R0
mov A,R0
lcall wr_chr
lcall tg_lps
lcall tg_tkn
mov Buf2,R0
mov A,R0
lcall wr_chr
lcall tg_lps

mov A,Buf0
mov B,#100
mul AB
mov Buf0,A
mov A,Buf1
mov B,#10
mul AB
mov B,Buf2
add A,B
mov B,Buf0
add A,B
mov Rbrt,A

;
lcall lcdclr
mov DPTR,#tpstbr
lcall line1
mov Char,#16
lcall tulis
mov DPTR,#tpkgkg
lcall line2
mov Char,#16
lcall tulis
lcall ktpbka ; katup buka
prses2: lcall bcbert
mov DPTR,#angka

```



PONDAITN

```

mov     P0,#0C1h
lcall  w_ins
mov     A,Rbrt
mov     B,#100
div     AB
lcall  wr_chr
mov     P0,#'.'
lcall  w_chr
mov     A,B
mov     B,#10
div     AB
lcall  wr_chr
mov     A,B
lcall  wr_chr
mov     P0,#0C9h
lcall  w_ins
mov     A,Dbrt
mov     B,#100
div     AB
lcall  wr_chr
mov     P0,#'.'
lcall  w_chr
mov     A,B
mov     B,#10
div     AB
lcall  wr_chr
mov     A,B
lcall  wr_chr
;
; \
; | bandingkan data berat
; | dengan request berat
; | sama / lebih besar ->
; /
katup tutup
lcall  ktpttp
mov     DPTR,#tpsel
lcall  line2
mov     Char,#16
lcall  tulis
mov     Dly3,#5
lcall  delay3
mov     SP,#07h
ljmp   mulai
;
stpnsh: lcall  lcdclr           ; seting point suhu
mov     DPTR,#tpstsh
lcall  line1
mov     Char,#16
lcall  tulis
lcall  rd_mem           ; baca memory seting point
suhu
stpsh0: mov     DPTR,#angka
mov     P0,#0C6h
lcall  w_ins
mov     A,Sshu

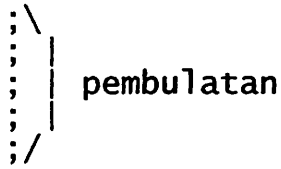
```


PONDAITN

```

    lcall    nil
    mov     P0,#0DFh
    lcall    w_chr
    mov     P0,#'C'
    lcall    w_chr
    mov     P0,#0D0h
    lcall    w_ins
    lcall    tg_lps
stps1: lcall    scnkp
    cjne    R0,#10,stps2
    ljmp    stps1
stps2: cjne    R0,#11,stps3
    mov     SP,#07h
    ljmp    mulai
stps3: cjne    R0,#12,stps4
    ljmp    stps1
stps4: cjne    R0,#13,stps5
    ljmp    stps1
stps5: cjne    R0,#14,stps6
    ljmp    stps1
stps6: cjne    R0,#15,stps7
    ljmp    stps1
stps7: cjne    R0,#16,stps8
    ljmp    stpnhm
stps8: mov     P0,#0C6h
    lcall    w_ins
    mov     Buf0,R0
    mov     A,R0
    lcall    wr_chr
    lcall    tg_lps
    lcall    tg_tkn
    mov     Buf1,R0
    mov     A,R0
    lcall    wr_chr
    lcall    tg_lps
    mov     A,Buf0
    mov     B,#10
    mul     AB
    mov     B,Buf1
    add     A,B
stps9: mov     Sshu,A
    lcall    wr_mem
; tulis memory seting point
suhu
    ljmp    stps0
;
stpnhm: lcall    lcdclr
; seting point humidity
    lcall    line1
    mov     Char,#16
    lcall    tulis
    lcall    rd_mem
; baca memory seting point
humidity
    mov     DPTR,#angka
stphm0: mov     P0,#0C6h
    lcall    w_ins

```



PONDAITN

```

mov Char,#16
kalbr0: lcall tulis
lcall bcbert
lcall bcsuhu
lcall bchumi
mov DPTR,#angka
mov P0,#085h
lcall w_ins
mov A,Adc0
lcall nilai
mov P0,#089h
lcall w_ins
mov A,Adc1
lcall nilai
mov P0,#08Dh
lcall w_ins
mov A,Adc2
lcall nilai
mov P0,#0C4h
lcall w_ins
mov A,Dbrt
mov B,#100
div AB
lcall wr_chr
mov P0,#'.'
lcall w_chr
mov A,B
mov B,#10
div AB
lcall wr_chr
mov A,B
lcall wr_chr
mov P0,#0C9h
lcall w_ins
mov A,Dshu
lcall nil
mov P0,#0DFh
lcall w_chr
mov P0,#0CDh
lcall w_ins
mov A,Dhum
lcall nil
mov P0,#025h
lcall w_chr
mov P0,#0D0h
lcall w_ins
;
kalbr1: lcall scnkpd
cjne R0,#11,kalbr2
mov SP,#07h
lcall mulai
kalbr2: ljmp kalbr0
;
ceksns: lcall bcsuhu
lcall bchumi

```

PONDAITN

```

mov     A,Shum
lcall  nil
mov     P0,#025h
lcall  w_chr
mov     P0,#'R'
lcall  w_chr
mov     P0,#'H'
lcall  w_chr
mov     P0,#0D0h
lcall  w_ins
lcall  tg_lps
stphm1: lcall  scnkpdc
        cjne  R0,#10,stphm2
        ljmp  stphm1
stphm2: cjne  R0,#11,stphm3
        mov   SP,#07h
        ljmp  mulai
stphm3: cjne  R0,#12,stphm4
        ljmp  stphm1
stphm4: cjne  R0,#13,stphm5
        ljmp  stphm1
stphm5: cjne  R0,#14,stphm6
        ljmp  stphm1
stphm6: cjne  R0,#15,stphm7
        ljmp  stpnsn
stphm7: cjne  R0,#16,stphm8
        ljmp  stphm1
stphm8: mov   P0,#0C6h
        lcall w_ins
        mov   Buf0,R0
        mov   A,R0
        lcall wr_chr
        lcall tg_lps
        lcall tg_tkn
        mov   Buf1,R0
        mov   A,R0
        lcall wr_chr
        lcall tg_lps
        mov   A,Buf0
        mov   B,#10
        mul  AB
        mov   B,Buf1
        add  A,B
stphm9: mov   Shum,A
        lcall wr_mem
humidity
        ljmp  stphm8
;
kalbrs: lcall lcdclr
        mov   DPTR,#tpdadc
        lcall line1
        mov   Char,#16
        lcall tulis
        mov   DPTR,#tpdk1b
        lcall line2

```

```

; \
; |
; |
; |
; |
; |
; /

```

pembulatan

; tulis memory seting point

PONDAITN

```

mov     A,Dshu
mov     B,Sshu
div     AB
jnz     cksns0
clr     Heat
clr     Stts
ljmp    cksns1
cksns0: setb  Heat
cksns0: setb  Stts
cksns1: mov   A,Dhum
cksns1: mov   B,Shum
cksns1: div   AB
cksns1: jnz   cksns2
cksns1: clr   Stts
cksns1: ljmp  cksns3
cksns2: setb  Stts
cksns3: jb    Stts,cksns4
cksns3: setb  Fans
cksns3: ljmp  cksns5
cksns4: jnb   Stts,cksns4
cksns4: clr   Fans
cksns5: ret
;
;bcbert: mov   A,#90h           ; address PCF8591 write
address
lcall   adrtx           ; kirim
mov     A,#00h         ; adc ch-0
lcall   dtatx          ; kirim
mov     A,#91h         ; address PCF8591 read
address
lcall   adrtx           ; kirim
lcall   dtarx          ; baca data
lcall   givack         ; beri ack
lcall   dtarx          ; baca data
lcall   i2cstp         ; i2c stop
mov     Adc0,A         ; simpan data sensor 0
mov     DPTR,#lokup0   ; ambil tabel berat
movc    A,@A+DPTR      ; kalibrasi
mov     Dbrt,A         ; simpan data berat
ret
;
;bc suhu: mov   A,#90h           ; address PCF8591 write
address
lcall   adrtx           ; kirim
mov     A,#01h         ; adc ch-0
lcall   dtatx          ; kirim
mov     A,#01h         ; address PCF8591 read
address
lcall   adrtx           ; kirim
lcall   dtarx          ; baca data
lcall   givack         ; beri ack
lcall   dtarx          ; baca data
lcall   i2cstp         ; i2c stop
mov     Adc1,A         ; simpan data sensor 1
mov     DPTR,#lokup1   ; ambil tabel suhu

```

PONDAITN

```

    movc    A,@A+DPTR    ; kalibrasi
    mov     Dshu,A       ; simpan data suhu
    ret

;
bchumi:  mov     A,#90h   ; address PCF8591 write
address  lcall    adrtx       ; kirim
         mov     A,#02h   ; adc ch-1
         lcall    dtatx    ; kirim
         mov     A,#91h   ; address PCF8591 read
address  lcall    adrtx    ; kirim
         lcall    dtarx    ; baca data
         lcall    givack   ; beri ack
         lcall    dtarx    ; baca data
         lcall    i2cstp   ; i2c stop
         mov     Adc2,A    ; simpan data sensor 2
         mov     DPTR,#1okup2 ; ambil tabel humidity
         movc    A,@A+DPTR ; kalibrasi
         mov     Dhum,A    ; simpan data humidity
         ret

;
wr_mem:  mov     A,#0A0h   ; AT24C16 write address
         lcall    adrtx    ;
         mov     A,Sshu    ; data memory
         lcall    dtatx    ;
         mov     A,Shum    ; data memory
         lcall    dtatx    ;
         lcall    i2cstp   ; i2c stop
         lcall    delay0   ;
         ret

;
rd_mem:  mov     A,#0A1h   ; AT24C16 read address
         lcall    adrtx    ;
         lcall    dtarx    ; terima data
         mov     Sshu,A    ;
         lcall    givack   ; beri ack
         lcall    dtarx    ; terima data
         mov     Shum,A    ;
         lcall    i2cstp   ; i2c stop
         lcall    delay0   ;
         ret

;
adrtx:   lcall    i2cstr   ; kirim address
         lcall    putbit   ; kirim data
         ret              ; back

;
dtatx:   lcall    putbit   ; kirim data
         ret              ; back

;
dtarx:   lcall    getbit   ; terima data
         ret              ; back

;
outbit:  mov     R7,#8     ; \
outbt:   RLC             ; |

```

```

                                PONDAITN
mov      ISDA,C                ;
setb    ISCL                   ;
clr     ISCL                   ; kirim bit
djnz    R7,putbt              ;
setb    ISDA                   ;
lcall   getack                 ;
ret     ;/

;
getbit:  mov      R7,#8        ;\
getbt:  setb    ISCL           ;
mov     C,ISDA                ;
RLC     A                     ; terima bit
clr     ISCL                   ;
djnz    R7,getbt              ;
setb    ISDA                   ;
ret     ;/

;
getack:  setb    ISDA          ;\
setb    ISCL                   ;
ackbit:  mov     C,ISDA        ;
jc      ackbit                 ; tunggu ack
clr     ISCL                   ; D=1. C=1D=0, C=0
ret     ;/

;
givack:  clr     ISDA          ;\
setb    ISCL                   ;
clr     ISCL                   ; kirim ack -> D=0, C=1,
C=0, D=1                       ;
setb    ISDA                   ;
ret     ;/

;
i2cstr:  setb    ISCL          ;\
setb    ISDA                   ;
clr     ISDA                   ; i2c start -> C=1, D=1,
D=0, C=0                       ;
clr     ISCL                   ;
ret     ;/

;
i2cstp:  clr     ISDA          ;\
setb    ISCL                   ;
setb    ISDA                   ; i2c stop -> D=0, C=1,
D=1, C=0                       ;
clr     ISCL                   ;
ret     ;/

;
nilai:   mov     B,#100        ;
        ;
        lcall   wr_chr         ;
        mov     A,B            ;
nil:     mov     B,#10         ;
        div     AB             ;
        lcall   wr_chr         ;
        mov     A,B            ;
        lcall   wr_chr         ;
ret

```

PONDAITN

```

;
ktpbka: clr      Ktbk                ; katup buka
        setb     Kttt
ktbka:  lcall    delay0
        jb      Lkbk,ktbka
        setb     Ktbk
        setb     Kttt
        ret

;
ktpttp: setb     Ktbk                ; katup tutup
        clr      Kttt
ktttp:  lcall    delay0
        jb      Lktt,ktttp
        setb     Ktbk
        setb     Kttt
        ret

;
line1:  mov      P0,#080h
        lcall    w_ins
        ret

;
line2:  mov      P0,#0C0h
        lcall    w_ins
        ret

;
tulis:  clr      A
        lcall    wr_chr
        inc     DPTR
        djnz    Char,tulis
        ret

;
wr_chr: movc     A,@A+DPTR
        mov     P0,A
        lcall    w_chr
        ret

;
w_ins:  clr      Enb1
        clr      Rest
        setb     Enb1
        clr      Enb1
        lcall    delay0
        ret

;
w_chr:  clr      Enb1
        setb     Rest
        setb     Enb1
        ...
        lcall    delay0
        ret

;
lcd_in: mov      Dly3,#1
        lcall    delay3
        mov     P0,#01h                ; Display Clear
        lcall    w_ins
        mov     P0,#38h                ; Function Set

```

PONDAITN

```

    lcall    w_ins
    mov     P0,#0Dh           ; Display On, Cursor, Blink
    lcall    w_ins
    mov     P0,#06h           ; Entry Mode
    lcall    w_ins
    mov     P0,#02h           ; Cursor Home
    lcall    w_ins
    ret

;
;cdclr:  mov     P0,#01h           ; Display Clear
    lcall    w_ins
    lcall    delay0
    lcall    delay0
    lcall    delay0
    ret

;
;scnkpd: mov     R0,#10
    lcall    delay0
col1:   mov     P1,#11111110b
    mov     A,P1
c1b1:   cjne    A,#11101110b,c1b2
    mov     R0,#1
c1b2:   cjne    A,#11011110b,c1b3
    mov     R0,#2
c1b3:   cjne    A,#10111110b,c1b4
    mov     R0,#3
c1b4:   cjne    A,#01111110b,col2
    mov     R0,#13

;
col2:   mov     P1,#11111101b
    mov     A,P1
c2b1:   cjne    A,#11101101b,c2b2
    mov     R0,#4
c2b2:   cjne    A,#11011101b,c2b3
    mov     R0,#5
c2b3:   cjne    A,#10111101b,c2b4
    mov     R0,#6
c2b4:   cjne    A,#01111101b,col3
    mov     R0,#14

;
col3:   mov     P1,#11111011b
    mov     A,P1
c3b1:   cjne    A,#11101011b,c3b2
    mov     R0,#7
c3b2:   cjne    A,#11011011b,c3b3
    mov     R0,#8
c3b3:   cjne    A,#10111011b,c3b4
    mov     R0,#9
c3b4:   cjne    A,#01111011b,col4
    mov     R0,#15

;
col4:   mov     P1,#11110111b
    mov     A,P1
c4b1:   cjne    A,#11100111b,c4b2
    mov     R0,#11

```


PONDAITN

```

4b2:  cjne  A,#11010111b,c4b3
      mov  R0,#0
4b3:  cjne  A,#10110111b,c4b4
      mov  R0,#12
4b4:  cjne  A,#01110111b,back
      mov  R0,#16
ack:  ret

```

```

g_tkn: lcall  scnkpd
g_tk0: cjne  R0,#16,tg_tk1
      ljmp  tg_tkn
g_tk1: cjne  R0,#15,tg_tk2
      ljmp  tg_tkn
g_tk2: cjne  R0,#14,tg_tk3
      ljmp  tg_tkn
g_tk3: cjne  R0,#13,tg_tk4
      ljmp  tg_tkn
g_tk4: cjne  R0,#12,tg_tk5
      ljmp  tg_tkn
g_tk5: cjne  R0,#11,tg_tk6
      ljmp  tg_tkn
g_tk6: cjne  R0,#10,tg_tk7
      ljmp  tg_tkn
g_tk7: ret

```

```

g_lps: lcall  scnkpd
      cjne  R0,#10,tg_lps
      ret

```

```

delay0: djnz  Dly0,delay0
      ret

```

```

delay1: lcall  scnkpd
      cjne  R0,#12,dely10
      ljmp  proses
dely10: cjne  R0,#13,dely11
      ljmp  stpnsh
dely11: cjne  R0,#14,dely12
      ljmp  ka1brs
dely12: djnz  Dly1,delay1
      lcall  ceksns
      ret

```

```

delay2: mov  Dly2,#20
dely2:  lcall  delay1
      djnz  Dly2,dely2
      ret

```

```

delay3: lcall  delay0
      djnz  Dly1,delay3
      djnz  Dly3,delay3
      ret

```

```

nama:  DB  ' Ponda Wartanto '
nim:   DB  ' NIM: 0512227 '

```

PONDAITN

```

jur:      DB      ' Teknik Elektro '
univ:     DB      '   ITN Malang   '
tpstsh:   DB      ' Set Point Suhu '
tpsthm:   DB      ' Set Point Humi '
tpdadc:   DB      ' ADC:           '
tpdklb:   DB      ' KLB:           '
tpmsbr:   DB      ' Masukkan Berat '
tpnlkg:   DB      '   0.00kg      '
tpstbr:   DB      ' Setpn   Berat '
tpkgkg:   DB      ' 0.00Kg  0.00Kg '
tpsels:   DB      ' Selesai..... '
angka:   DB      '0123456789   '

;
lokup0:   DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
000-009   DB      000,000,001,003,005,007,009,011,013,015 ;
010-019   DB      017,019,021,023,025,026,028,030,032,033 ;
020-029   DB      035,037,039,041,042,044,046,043,050,051 ;
030-039   DB      053,055,057,058,060,062,064,066,067,069 ;
040-049   DB      071,073,075,076,078,080,082,083,085,087 ;
050-059   DB      089,091,092,094,096,098,100,101,102,104 ;
060-069   DB      105,106,108,109,111,112,113,115,116,118 ;
070-079   DB      119,120,122,123,125,126,128,130,132,133 ;
080-089   DB      135,137,139,141,142,145,146,148,150,151 ;
090-099   DB      153,155,157,158,160,162,164,166,167,169 ;
100-109   DB      171,173,175,178,182,185,189,192,196,200 ;
110-119   DB      203,207,210,214,217,221,224,228,232,235 ;
120-129   DB      239,242,246,250,000,000,000,000,000,000 ;
130-139   DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
140-149   DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
150-159   DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
160-169   DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
170-179   DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,C00 ;
180-189   DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
190-199   DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
200-209   DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;

```

PONDAITN

210-219 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
 220-229 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
 230-239 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
 240-249 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ;
 250-255 DB 000,000,000,000,000,000 ;

okup1: DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 000-009
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 010-019
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 020-029
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 030-039
 DB 25,25,25,26,26,26,27,27,27,27 ; 040-049
 DB 28,28,28,29,29,29,30,30,31,32 ; 050-059
 DB 32,33,34,34,00,00,00,00,00,00 ; 060-069
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 070-079
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 080-089
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 090-099
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 100-109
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 110-119
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 120-129
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 130-139
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 140-149
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 150-159
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 160-169
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 170-179
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 180-189
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 190-199
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 200-209
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 210-219
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 220-229
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 230-239
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 240-249
 DB 00,00,00,00,00,00 ; 250-255

okup2: DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 000-009
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 010-019
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 020-029
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 030-039
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 040-049
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 050-059
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 060-069
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 070-079
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 080-089
 DB 00,00,00,00,00,50,52,53,55,56 ; 090-099
 DB 57,59,60,61,62,63,65,66,67,68 ; 100-109
 DB 69,70,71,71,72,73,74,75,75,76 ; 110-119
 DB 77,77,78,78,79,79,80,80,81,81 ; 120-129
 DB 81,82,82,82,82,82,83,83,83,83 ; 130-139
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 140-149
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 150-159
 DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 160-169

PONDAITN

DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 170-179
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 180-189
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 190-199
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 200-209
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 210-219
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 220-229
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 230-239
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00 ; 240-249
DB 00,00,00,00,00,00 ; 250-255

end

Features

- Compatible with MCS-51® Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
- Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 1.8V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Two-level Program Memory Lock
- 2 x 8-bit Internal RAM
- 8 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Five Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Internal Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Selectable 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 cost-effective and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of internal RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five-level two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and on-chip logic. 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 content but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external reset or hardware reset.



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

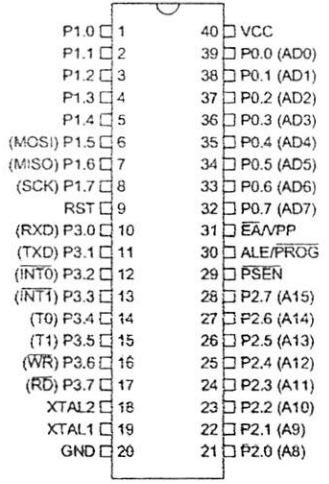
AT89S51



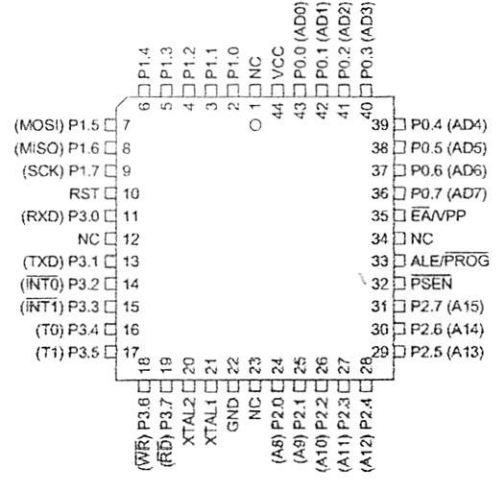


Configurations

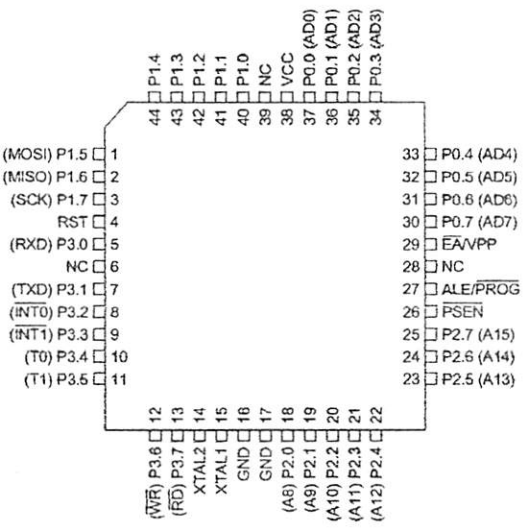
PDIP



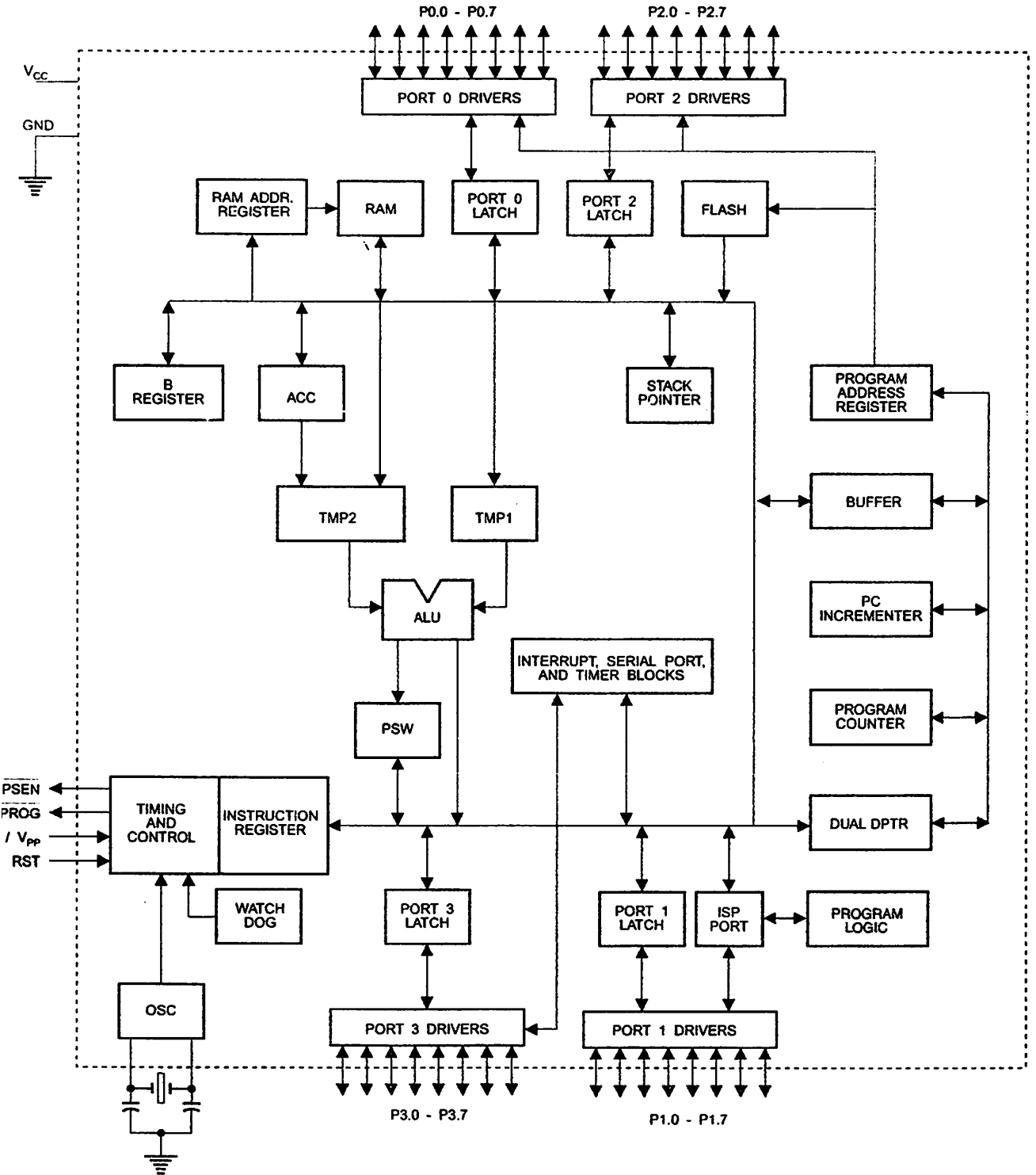
PLCC



TQFP



Block Diagram





Description

Supply voltage.

Ground.

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 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 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 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)

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.

$\overline{\text{PROG}}$

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

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

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

$\overline{\text{PSEN}}$

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

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

$\overline{\text{EA}}$

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.

L1

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

L2

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

8H								0FFH
0H	B 00000000							0F7H
8H								0EFH
0H	ACC 00000000							0E7H
8H								0DFH
0H	PSW 00000000							0D7H
8H								0CFH
0H								0C7H
8H	IP XX000000							0BFH
0H	P3 11111111							0B7H
8H	IE 0X000000							0AFH
0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXX	0A7H
8H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXX						9FH
0H	P1 11111111							97H
8H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XX00XX0	8FH
0H	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 = XXXXXX0B								
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	DPS
	-	-	-	-	-	-	-	
-	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 (WDT) (enable-time-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.

Enabling the WDT

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

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

During Power-down 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.



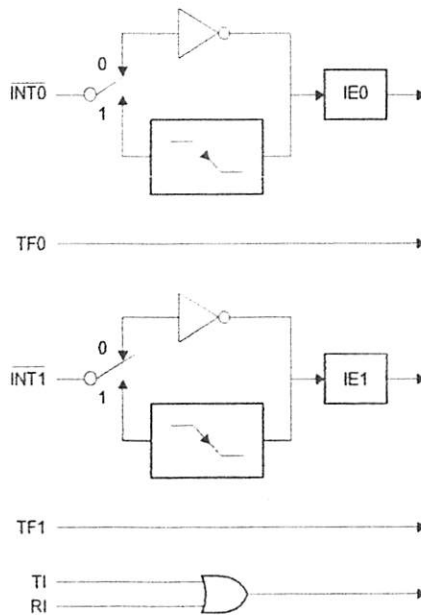
Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

(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.

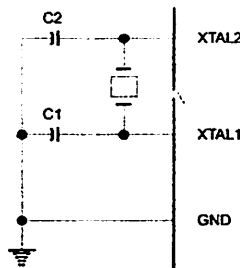
Figure 1. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

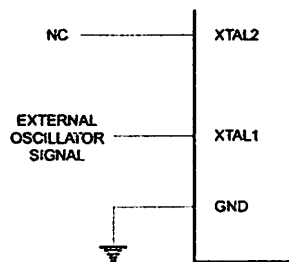
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected 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 $\overline{INT0}$ or $\overline{INT1}$. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.





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

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

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

Table 6. Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOV _C instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, 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 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 EA must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

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

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

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

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise EA/V_{PP} to 12V.
5. Pulse ALE/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 RDY/BSY output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate 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
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.

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






Serial Programming Instruction Set

Parallel 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.

7. Flash Programming Modes

	V_{CC}	RST	\overline{PSEN}	ALE/ PROG	$\overline{EA}/$ V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.3-0	P1.7-0
												Address	
Code Data	5V	H	L	 ⁽²⁾	12V	L	H	H	H	H	D_{IN}	A11-8	A7-0
Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D_{OUT}	A11-8	A7-0
Lock Bit 1	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Lock Bit 2	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Lock Bit 3	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Lock Bits 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Erase	5V	H	L	 ⁽¹⁾	12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	0000	00H
Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	51H	0001	00H
Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	0010	00H

- Each \overline{PROG} pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
- Each \overline{PROG} pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
- Each \overline{PROG} pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
- RDY/BSY signal is output on P3.0 during programming.
- X = don't care.

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

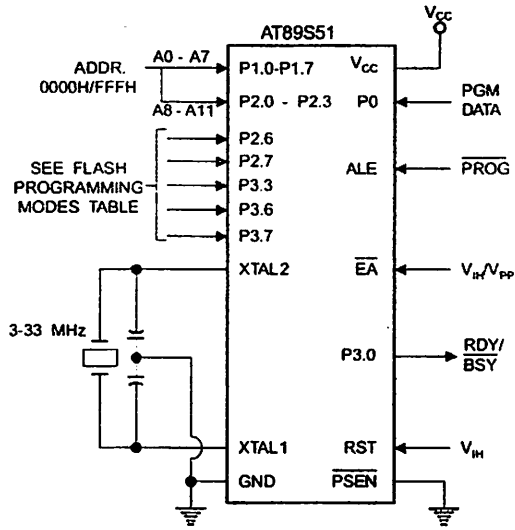
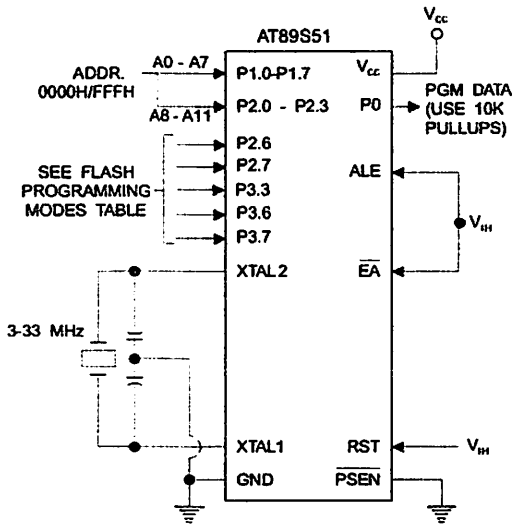


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



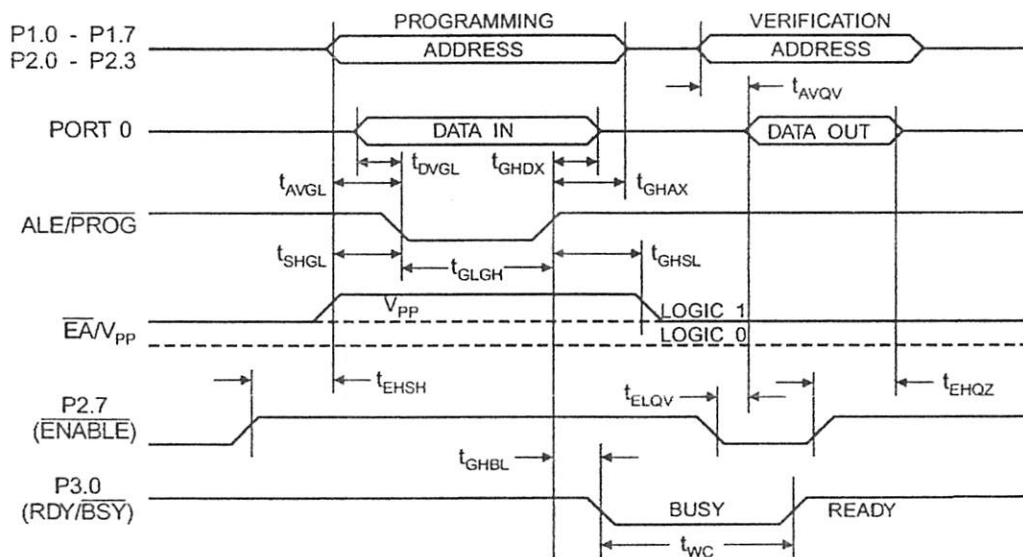


Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

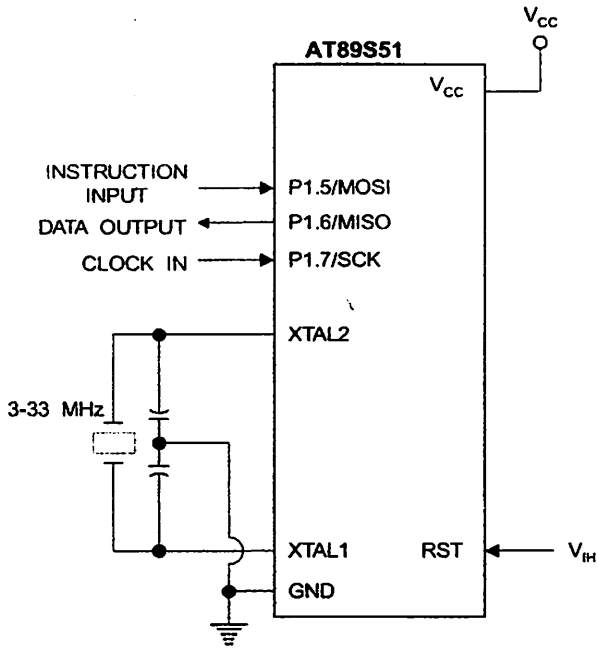
0°C to 30°C, $V_{CC} = 4.5$ to $5.5V$

Parameter	Min	Max	Units
Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
Programming Supply Current		10	mA
V_{CC} Supply Current		30	mA
Oscillator Frequency	3	33	MHz
Address Setup to \overline{PROG} Low	$48t_{CLCL}$		
Address Hold After \overline{PROG}	$48t_{CLCL}$		
Data Setup to \overline{PROG} Low	$48t_{CLCL}$		
Data Hold After \overline{PROG}	$48t_{CLCL}$		
P2.7 (\overline{ENABLE}) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
V_{PP} Setup to \overline{PROG} Low	10		μs
V_{PP} Hold After \overline{PROG}	10		μs
\overline{PROG} Width	0.2	1	μs
Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
\overline{ENABLE} Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
Data Float After \overline{ENABLE}	0	$48t_{CLCL}$	
\overline{PROG} High to \overline{BUSY} Low		1.0	μs
Byte Write Cycle Time		50	μs

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

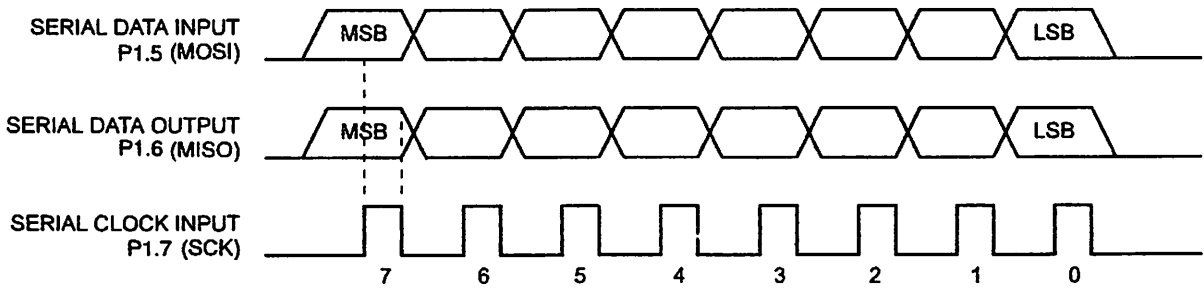


7. Flash Memory Serial Downloading



8. Serial Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

8. Serial Programming Waveforms





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
Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Program Memory (Read 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
Program Memory (Write 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
Lock Bits ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
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")
Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1	A0 xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Program Memory (Page Read 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)
Program Memory (Page Write 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)

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

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

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

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

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

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

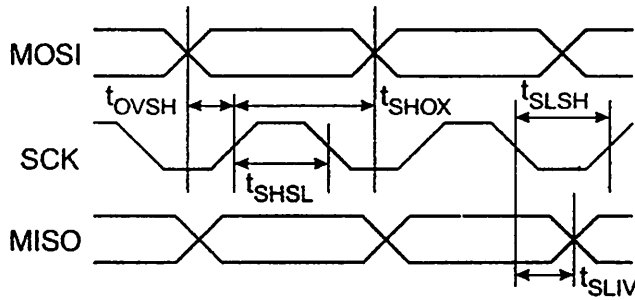


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
f_{CLCL}	Oscillator Frequency	0		33	MHz
t_{CLCL}	Oscillator Period	30			ns
t_{SL}	SCK Pulse Width High	$8 t_{CLCL}$			ns
t_{SH}	SCK Pulse Width Low	$8 t_{CLCL}$			ns
t_{SH}	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_{ASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t_{WC}	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 Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
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.

Characteristics

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
	Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
	Input Low Voltage ($\overline{\text{EA}}$)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
	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
	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
	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
	Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RT	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{k}\Omega$
	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	μA

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

2487A-10/01

Characteristics

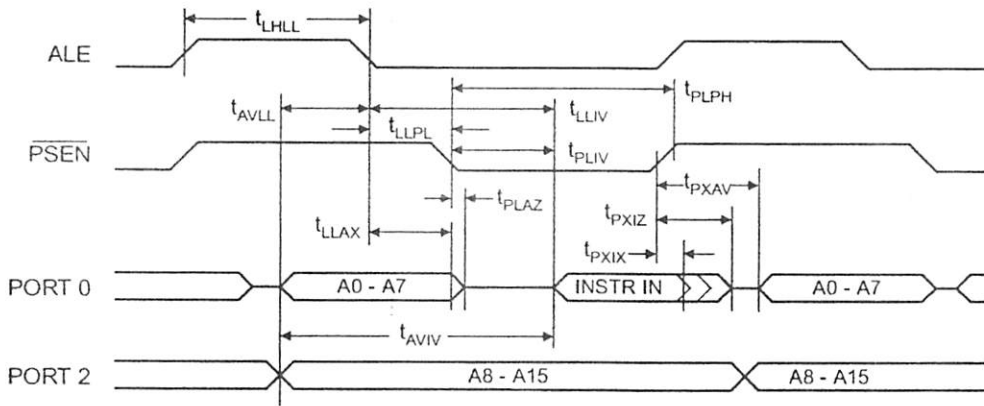
Operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; load capacitance for all other = 80 pF.

Normal Program and Data Memory Characteristics

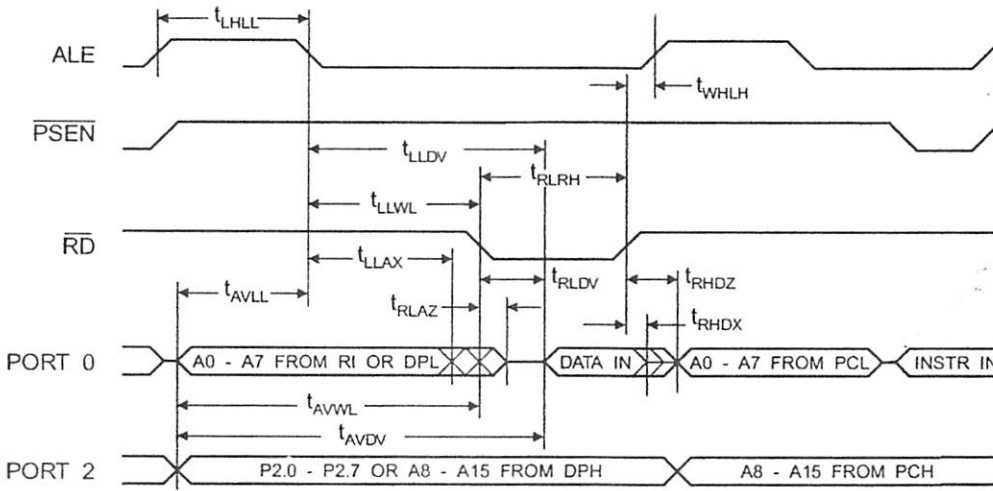
Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
	Min	Max	Min	Max	
Oscillator Frequency			0	33	MHz
ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-45$		ns
$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-60$	ns
Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-25$	ns
$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-80$	ns
$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-30$		ns
Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-130$		ns
Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-25$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns



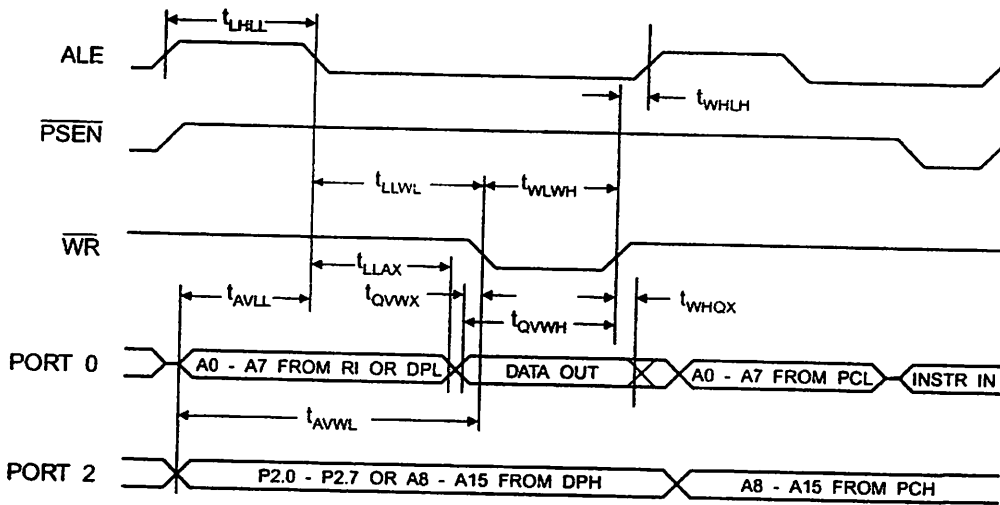
Program Memory Read Cycle



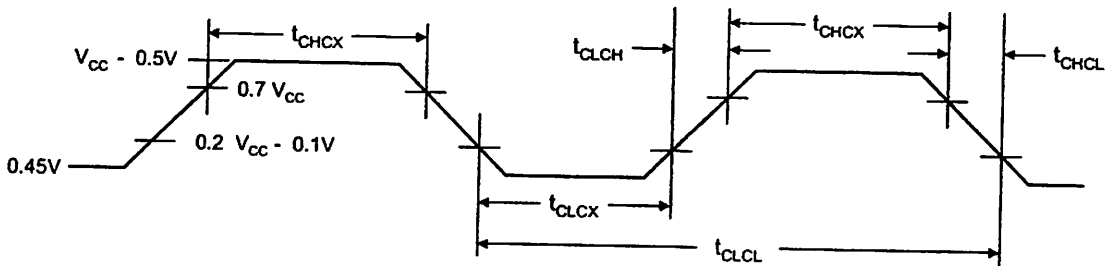
Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Parameter	Min	Max	Units
Oscillator Frequency	0	33	MHz
Clock Period	30		ns
High Time	12		ns
Low Time	12		ns
Rise Time		5	ns
Fall Time		5	ns



ing Information

Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
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	
4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
	AT89S51-33JC	44J	
	AT89S51-33PC	40P6	

= Preliminary Availability

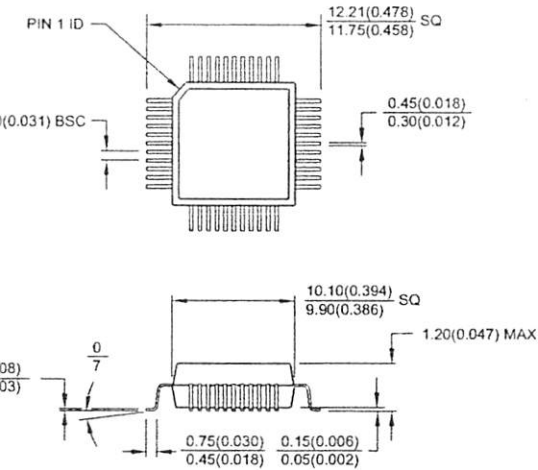
Package Type
44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)





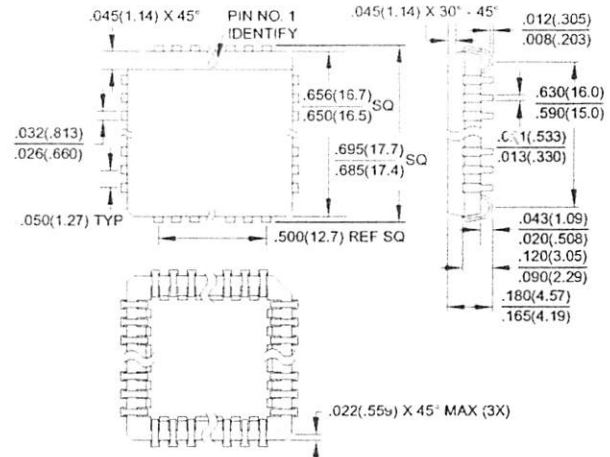
ing Information

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

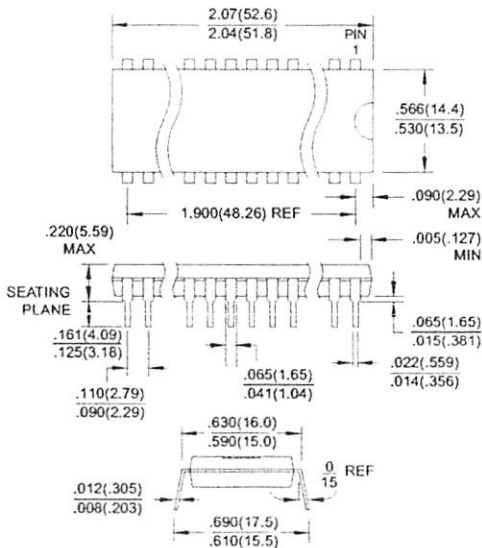


Controlling dimension: millimeters

44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



44-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)
 JEDEC STANDARD MS-011 AC





Headquarters

Atmel Headquarters
Orchard Parkway
Sunnyvale, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

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

Atmel Asia. Ltd.
1219
Alem Street Golden Plaza
100-0501 Tsimshatsui
Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Atmel Japan K.K.
Shinkawa Bldg.
1-1-1 Shinkawa
Chiyoda-ku, Tokyo 104-0033
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 detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors that 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 any 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.

Atmel is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be the trademarks of others.



Printed on recycled paper.

2487A-10/01/xM

Features

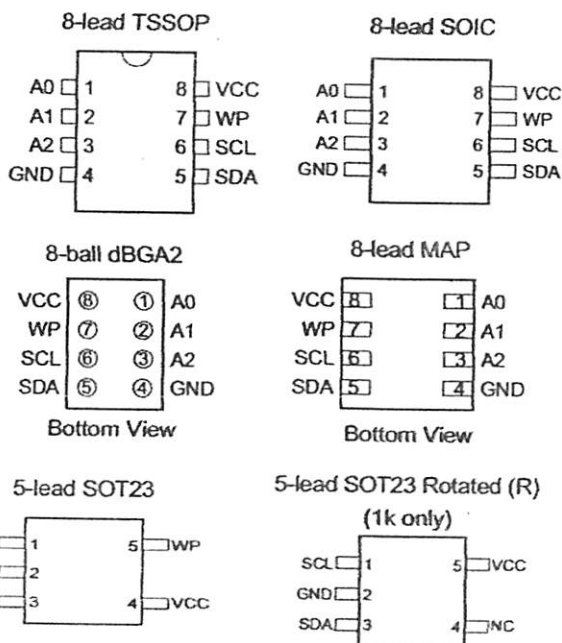
- Low-voltage and Standard-voltage Operation
 - 2.7V ($V_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$)
 - 1.8V ($V_{CC} = 1.8V$ to $5.5V$)
- Internally Organized 128 x 8 (1K), 256 x 8 (2K), 512 x 8 (4K), 1024 x 8 (8K) or 2048 x 8 (16K)
- 2-wire Serial Interface
- Write Protect Pin, Filtered Inputs for Noise Suppression
- Directional Data Transfer Protocol
- 100 kHz (1.8V) and 400 kHz (2.5V, 2.7V, 5V) Compatibility
- Write Protect Pin for Hardware Data Protection
- 1-byte Page (1K, 2K), 16-byte Page (4K, 8K, 16K) Write Modes
- Partial Page Writes are Allowed
- Self-timed Write Cycle (5 ms max)
- High-reliability
- Endurance: 1 Million Write Cycles
- Data Retention: 100 Years
- Automotive Grade, Extended Temperature and Lead-free/Halogen-free Devices Available
- Available in 8-lead PDIP, 8-lead JEDEC SOIC, 8-lead MAP, 5-lead SOT23, 8-lead TSSOP and 8-ball dBGA2™ Packages

Description

AT24C01A/02/04/08/16 provides 1024/2048/4096/8192/16384 bits of serial electrically erasable and programmable read-only memory (EEPROM) organized as 128/256/512/1024/2048 words of 8 bits each. The device is optimized for use in many industrial and commercial applications where low-power and low-voltage operation is essential. The AT24C01A/02/04/08/16 is available in space-saving 8-lead PDIP, 8-lead JEDEC SOIC, 8-lead MAP, 5-lead SOT23 (AT24C01A/AT24C02/AT24C04), 8-lead TSSOP and 8-ball dBGA2 packages and is accessed via a 2-wire serial interface.

Configurations

Name	Function
A0, A1, A2	Address Inputs
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect
NC	No Connect
GND	Ground
VCC	Power Supply



2-wire Serial EEPROM

- 1K (128 x 8)
- 2K (256 x 8)
- 4K (512 x 8)
- 8K (1024 x 8)
- 16K (2048 x 8)

- AT24C01A
- AT24C02
- AT24C04
- AT24C08⁽¹⁾
- AT24C16⁽²⁾

- Note: 1. This device is not recommended for new designs. Please refer to AT24C08A.
2. This device is not recommended for new designs. Please refer to AT24C16A.





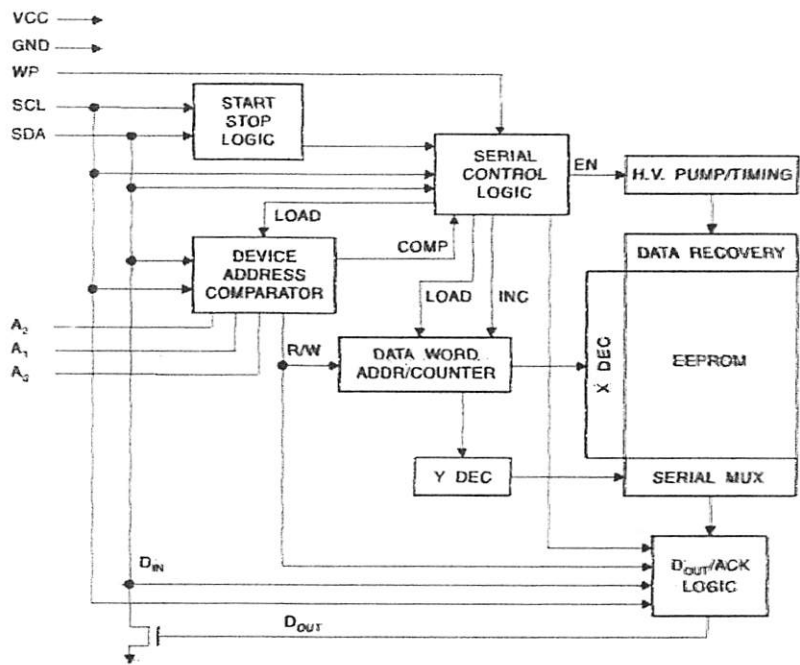
In addition, the entire family is available in 2.7V (2.7V to 5.5V) and 1.8V (1.8V to 5.5V) versions.

Absolute Maximum Ratings

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.25V
Output Current.....	5.0 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.

Block Diagram



Description

SERIAL CLOCK (SCL): The SCL input is used to positive edge clock data into each EEPROM device and negative edge clock data out of each device.

SERIAL DATA (SDA): The SDA pin is bi-directional for serial data transfer. This pin is open-drain driven and may be wire-ORed with any number of other open-drain or open-collector devices.

DEVICE/PAGE ADDRESSES (A2, A1, A0): The A2, A1 and A0 pins are device address inputs that are hard wired for the AT24C01A and the AT24C02. As many as eight 1K/2K devices may be addressed on a single bus system (device addressing is discussed in detail under the Device Addressing section).

The AT24C04 uses the A2 and A1 inputs for hard wire addressing and a total of four 4K devices may be addressed on a single bus system. The A0 pin is a no connect.

The AT24C08 only uses the A2 input for hardwire addressing and a total of two 8K devices may be addressed on a single bus system. The A0 and A1 pins are no connects.

The AT24C16 does not use the device address pins, which limits the number of devices on a single bus to one. The A0, A1 and A2 pins are no connects.

WRITE PROTECT (WP): The AT24C01A/02/04/16 has a Write Protect pin that provides hardware data protection. The Write Protect pin allows normal read/write operations when connected to ground (GND). When the Write Protect pin is connected to V_{CC}, the write protection feature is enabled and operates as shown in the following table.

WP Pin Status	Part of the Array Protected				
	24C01A	24C02	24C04	24C08 ⁽¹⁾	24C16 ⁽²⁾
At V _{CC}	Full (1K) Array	Full (2K) Array	Full (4K) Array	Normal Read/Write Operation	Upper Half (8K) Array
At GND	Normal Read/Write Operations				

- Notes: 1. This device is not recommended for new designs. Please refer to AT24C08A.
 2. This device is not recommended for new designs. Please refer to AT24C16A.

Memory Organization

AT24C01A, 1K SERIAL EEPROM: Internally organized with 16 pages of 8 bytes each, the 1K requires a 7-bit data word address for random word addressing.

AT24C02, 2K SERIAL EEPROM: Internally organized with 32 pages of 8 bytes each, the 2K requires an 8-bit data word address for random word addressing.

AT24C04, 4K SERIAL EEPROM: Internally organized with 32 pages of 16 bytes each, the 4K requires a 9-bit data word address for random word addressing.

AT24C08, 8K SERIAL EEPROM: Internally organized with 64 pages of 16 bytes each, the 8K requires a 10-bit data word address for random word addressing.

AT24C16, 16K SERIAL EEPROM: Internally organized with 128 pages of 16 bytes each, the 16K requires an 11-bit data word address for random word addressing.





Capacitance⁽¹⁾

Capacitance over recommended operating range from $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f = 1.0\text{ MHz}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$.

Symbol	Test Condition	Max	Units	Conditions
	Input/Output Capacitance (SDA)	8	pF	$V_{IO} = 0\text{V}$
	Input Capacitance ($A_0, A_1, A_2, \text{SCL}$)	6	pF	$V_{IN} = 0\text{V}$

1. This parameter is characterized and is not 100% tested.

Characteristics

Capacitance over recommended operating range from: $T_{AI} = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$, $T_{AE} = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, $V_{IN} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$ (unless otherwise noted).

Symbol	Parameter	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
	Supply Voltage		1.8		5.5	V
	Supply Voltage		2.5		5.5	V
	Supply Voltage		2.7		5.5	V
	Supply Voltage		4.5		5.5	V
	Supply Current $V_{CC} = 5.0\text{V}$	READ at 100 kHz		0.4	1.0	mA
	Supply Current $V_{CC} = 5.0\text{V}$	WRITE at 100 kHz		2.0	3.0	mA
	Standby Current $V_{CC} = 1.8\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		0.6	3.0	μA
	Standby Current $V_{CC} = 2.5\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		1.4	4.0	μA
	Standby Current $V_{CC} = 2.7\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		1.6	4.0	μA
	Standby Current $V_{CC} = 5.0\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		8.0	18.0	μA
	Input Leakage Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		0.10	3.0	μA
	Output Leakage Current	$V_{OUT} = V_{CC}$ or V_{SS}		0.05	3.0	μA
	Input Low Level ⁽¹⁾		-0.6		$V_{CC} \times 0.3$	V
	Input High Level ⁽¹⁾		$V_{CC} \times 0.7$		$V_{CC} + 0.5$	V
	Output Low Level $V_{CC} = 3.0\text{V}$	$I_{OL} = 2.1\text{ mA}$			0.4	V
	Output Low Level $V_{CC} = 1.8\text{V}$	$I_{OL} = 0.15\text{ mA}$			0.2	V

1. V_{IL} min and V_{IH} max are reference only and are not tested.

Characteristics

cable over recommended operating range from $T_{AI} = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$, $T_{AE} = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$, 1 TTL Gate and 100 pF (unless otherwise noted).

Symbol	Parameter	1.8-volt		2.5, 2.7, 5.0-volt		Units
		Min	Max	Min	Max	
	Clock Frequency, SCL		100		400 ⁽¹⁾	kHz
	Clock Pulse Width Low	4.7		1.2		μs
	Clock Pulse Width High	4.0		0.6		μs
	Noise Suppression Time ⁽²⁾		100		50	ns
	Clock Low to Data Out Valid	0.1	4.5	0.1	0.9	μs
	Time the bus must be free before a new transmission can start ⁽²⁾	4.7		1.2		μs
t _{DA}	Start Hold Time	4.0		0.6		μs
t _{SA}	Start Setup Time	4.7		0.6		μs
t _{DT}	Data In Hold Time	0		0		μs
t _{ST}	Data In Setup Time	200		100		ns
	Inputs Rise Time ⁽²⁾		1.0		0.3	μs
	Inputs Fall Time ⁽²⁾		300		300	ns
t _{SO}	Stop Setup Time	4.7		0.6		μs
	Data Out Hold Time	100		50		ns
	Write Cycle Time		5		5	ms
Endurance ⁽¹⁾	5.0V, 25°C, Byte Mode	1M		1M		Write Cycles

1. The 24C01A/02/04 bearing the process letter "D" on the package (the mark is located in the lower right corner on the top side of the package), guarantees 400 kHz (2.5 – 5.0V).
2. This parameter is characterized and is not 100% tested.





ice Operation

CLOCK and DATA TRANSITIONS: The SDA pin is normally pulled high with an external device. Data on the SDA pin may change only during SCL low time periods (refer to Data Validity timing diagram). Data changes during SCL high periods will indicate a start or stop condition as defined below.

START CONDITION: A high-to-low transition of SDA with SCL high is a start condition which must precede any other command (refer to Start and Stop Definition timing diagram).

STOP CONDITION: A low-to-high transition of SDA with SCL high is a stop condition. After a read sequence, the stop command will place the EEPROM in a standby power mode (refer to Start and Stop Definition timing diagram).

ACKNOWLEDGE: All addresses and data words are serially transmitted to and from the EEPROM in 8-bit words. The EEPROM sends a zero to acknowledge that it has received each word. This happens during the ninth clock cycle.

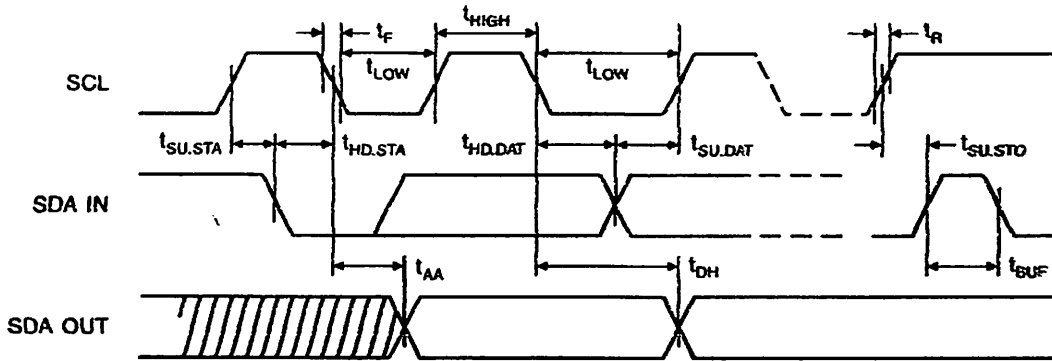
STANDBY MODE: The AT24C01A/02/04/08/16 features a low-power standby mode which is enabled: (a) upon power-up and (b) after the receipt of the STOP bit and the completion of any internal operations.

MEMORY RESET: After an interruption in protocol, power loss or system reset, any 2-wire part can be reset by following these steps:

1. Clock up to 9 cycles.
2. Look for SDA high in each cycle while SCL is high.
3. Create a start condition.

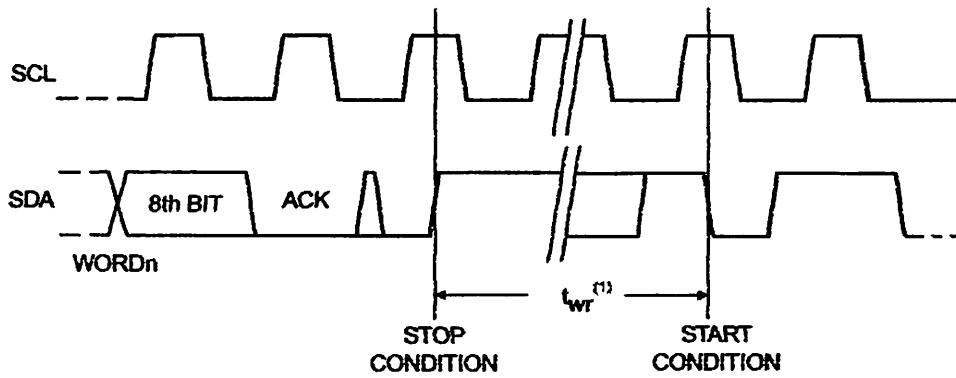
Timing

Serial Clock, SDA: Serial Data I/O



Write Cycle Timing

Serial Clock, SDA: Serial Data I/O

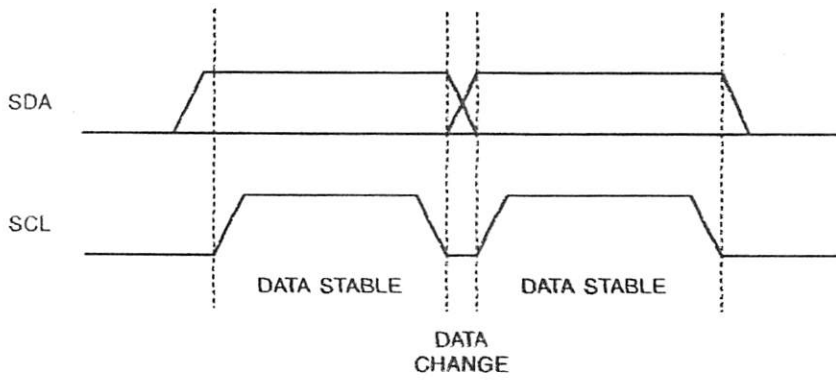


1. The write cycle time t_{WR} is the time from a valid stop condition of a write sequence to the end of the internal clear/write cycle.

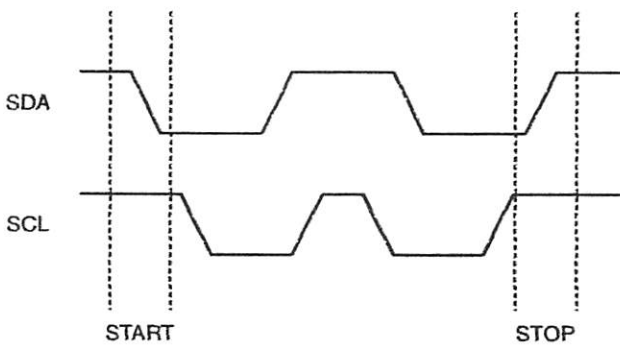




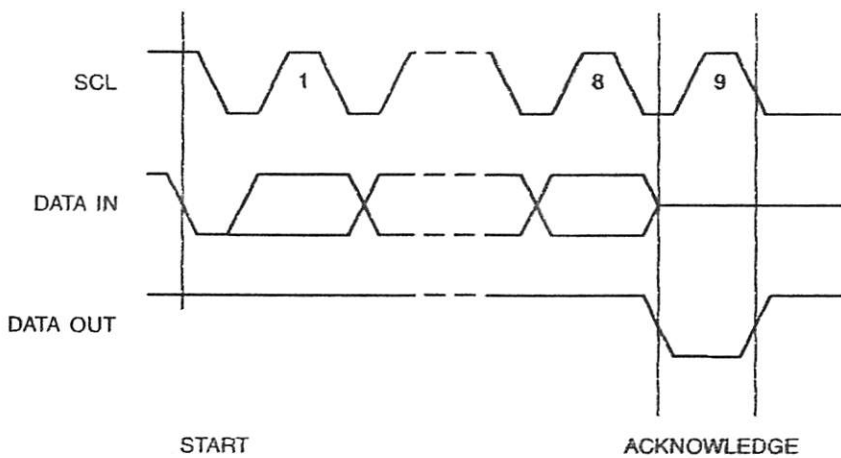
Data Validity



Start and Stop Definition



Input Acknowledge



Device Addressing

The 1K, 2K, 4K, 8K and 16K EEPROM devices all require an 8-bit device address word following a start condition to enable the chip for a read or write operation (refer to Figure 1).

The device address word consists of a mandatory one, zero sequence for the first four most significant bits as shown. This is common to all the EEPROM devices.

The next 3 bits are the A2, A1 and A0 device address bits for the 1K/2K EEPROM. These 3 bits must compare to their corresponding hard-wired input pins.

The 4K EEPROM only uses the A2 and A1 device address bits with the third bit being a memory page address bit. The two device address bits must compare to their corresponding hard-wired input pins. The A0 pin is no connect.

The 8K EEPROM only uses the A2 device address bit with the next 2 bits being for memory page addressing. The A2 bit must compare to its corresponding hard-wired input pin. The A1 and A0 pins are no connect.

The 16K does not use any device address bits but instead the 3 bits are used for memory page addressing. These page addressing bits on the 4K, 8K and 16K devices should be considered the most significant bits of the data word address which follows. The A0, A1 and A2 pins are no connect.

The eighth bit of the device address is the read/write operation select bit. A read operation is initiated if this bit is high and a write operation is initiated if this bit is low.

Upon a compare of the device address, the EEPROM will output a zero. If a compare is not made, the chip will return to a standby state.

Device Operations

BYTE WRITE: A write operation requires an 8-bit data word address following the device address word and acknowledgment. Upon receipt of this address, the EEPROM will again respond with a zero and then clock in the first 8-bit data word. Following receipt of the 8-bit data word, the EEPROM will output a zero and the addressing device, such as a microcontroller, must terminate the write sequence with a stop condition. At this time the EEPROM enters an internally timed write cycle, t_{WR} , to the nonvolatile memory. All inputs are disabled during this write cycle and the EEPROM will not respond until the write is complete (refer to Figure 2).

PAGE WRITE: The 1K/2K EEPROM is capable of an 8-byte page write, and the 4K, 8K and 16K devices are capable of 16-byte page writes.

A page write is initiated the same as a byte write, but the microcontroller does not send a stop condition after the first data word is clocked in. Instead, after the EEPROM acknowledges receipt of the first data word, the microcontroller can transmit up to seven (1K/2K) or fifteen (4K, 8K, 16K) more data words. The EEPROM will respond with a zero after each data word received. The microcontroller must terminate the page write sequence with a stop condition (refer to Figure 3).

The data word address lower three (1K/2K) or four (4K, 8K, 16K) bits are internally incremented following the receipt of each data word. The higher data word address bits are not incremented, retaining the memory page row location. When the word address, internally generated, reaches the page boundary, the following byte is placed at the beginning of the same page. If more than eight (1K/2K) or sixteen (4K, 8K, 16K) data words are transmitted to the EEPROM, the data word address will "roll over" and previous data will be overwritten.



ACKNOWLEDGE POLLING: Once the internally timed write cycle has started and the EEPROM inputs are disabled, acknowledge polling can be initiated. This involves sending a start condition followed by the device address word. The read/write bit is representative of the operation desired. Only if the internal write cycle has completed will the EEPROM respond with a zero allowing the read or write sequence to continue.

d
rations

Read operations are initiated the same way as write operations with the exception that the read/write select bit in the device address word is set to one. There are three read operations: current address read, random address read and sequential read.

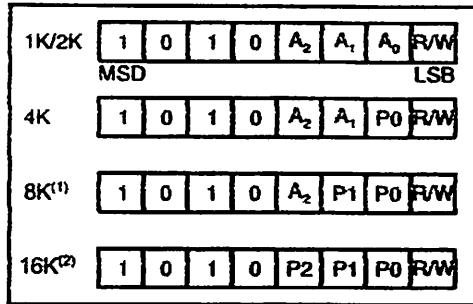
CURRENT ADDRESS READ: The internal data word address counter maintains the last address accessed during the last read or write operation, incremented by one. This address stays valid between operations as long as the chip power is maintained. The address "roll over" during read is from the last byte of the last memory page to the first byte of the first page. The address "roll over" during write is from the last byte of the current page to the first byte of the same page.

Once the device address with the read/write select bit set to one is clocked in and acknowledged by the EEPROM, the current address data word is serially clocked out. The microcontroller does not respond with an input zero but does generate a following stop condition (refer to Figure 4).

RANDOM READ: A random read requires a "dummy" byte write sequence to load in the data word address. Once the device address word and data word address are clocked in and acknowledged by the EEPROM, the microcontroller must generate another start condition. The microcontroller now initiates a current address read by sending a device address with the read/write select bit high. The EEPROM acknowledges the device address and serially clocks out the data word. The microcontroller does not respond with a zero but does generate a following stop condition (refer to Figure 5).

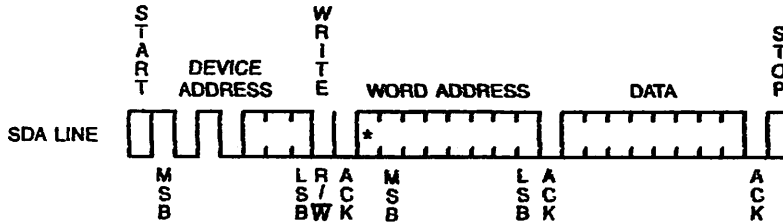
SEQUENTIAL READ: Sequential reads are initiated by either a current address read or a random address read. After the microcontroller receives a data word, it responds with an acknowledge. As long as the EEPROM receives an acknowledge, it will continue to increment the data word address and serially clock out sequential data words. When the memory address limit is reached, the data word address will "roll over" and the sequential read will continue. The sequential read operation is terminated when the microcontroller does not respond with a zero but does generate a following stop condition (refer to Figure 6).

1. Device Address

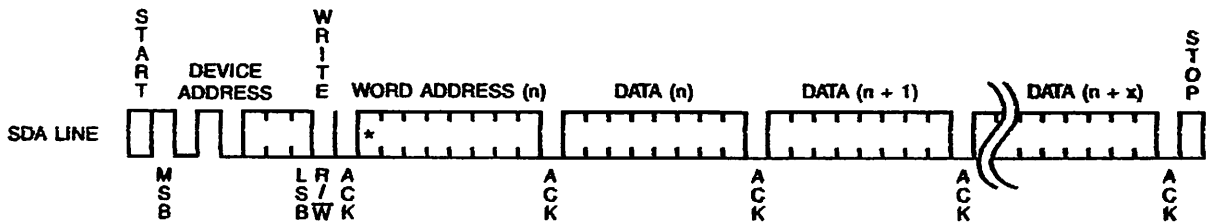


- Notes: 1. This device is not recommended for new designs. Please refer to AT24C08A.
 2. This device is not recommended for new designs. Please refer to AT24C16A.

2. Byte Write



3. Page Write



(* = DONT CARE bit for 1K)

Figure 4. Current Address Read

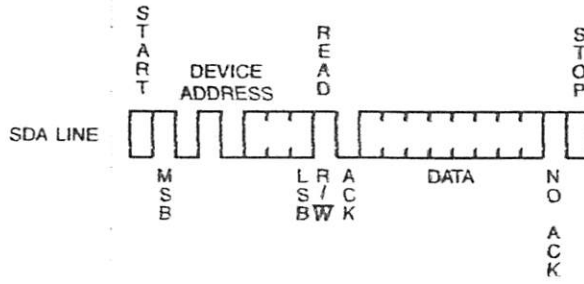
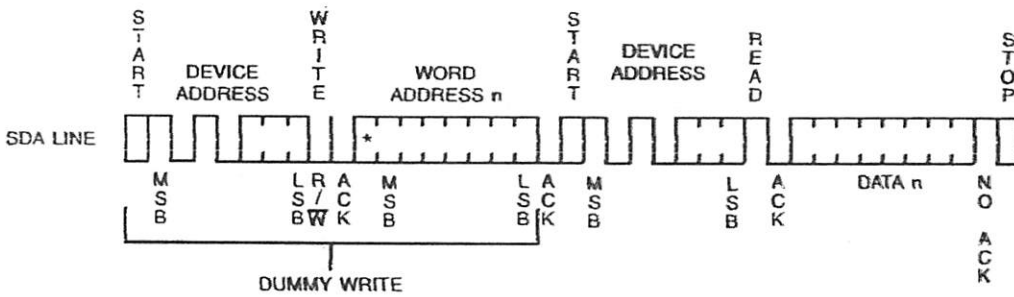
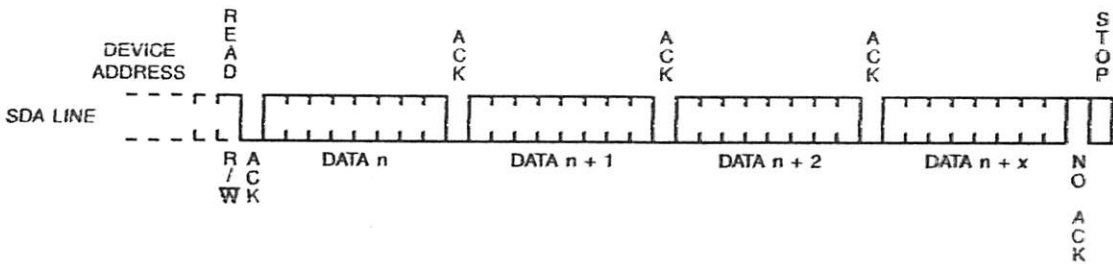


Figure 5. Random Read



(* = DON'T CARE bit for 1K)

Figure 6. Sequential Read



AT24C01A Ordering Information

Ordering Code	Package	Operation Range
AT24C01A-10PI-2.7 AT24C01A-10SI-2.7 AT24C01A-10TI-2.7 AT24C01AY1-10Y1-2.7 AT24C01A-10TSI-2.7 AT24C01AR-10TSI-2.7 AT24C01AU3-10UI-2.7	8P3 8S1 8A2 8Y1 5TS1 5TS1 8U3-1	Industrial (-40° C to 85° C)
AT24C01A-10PI-1.8 AT24C01A-10SI-1.8 AT24C01A-10TI-1.8 AT24C01AY1-10Y1-1.8 AT24C01A-10TSI-1.8 AT24C01AU3-10UI-1.8	8P3 8S1 8A2 8Y1 5TS1 8U3-1	Industrial (-40° C to 85° C)
AT24C01A-10SU-2.7 AT24C01A-10SU-1.8 AT24C01A-10TU-2.7 AT24C01A-10TU-1.8	8S1 8S1 8A2 8A2	Lead-free/Halogen-free/ Industrial Temperature (-40° C to 85° C)
AT24C01A-10SE-2.7	8S1	High Grade/Extended Temp (-40° C to 125° C)
AT24C01A-10SQ-2.7	8S1	Lead-free/Halogen-free/ High Grade/Extended Temp (-40° C to 125° C)

For 2.7V devices used in the 4.5V to 5.5V range, please refer to performance values in the AC and DC characteristics table.

Package Type	
	8-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
	8-lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
	8-lead, 0.170" Wide, Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)
	8-lead, 4.90 mm x 3.00 mm Body, Dual Footprint, Non-leaded, Miniature Array Package (MAP)
1	5-lead, 2.90 mm x 1.60 mm Body, Plastic Thin Shrink Small Outline Package (SOT23)
-1	8-ball, die Ball Grid Array Package (dBGAA2)
Options	
	Low-voltage (2.7V to 5.5V)
	Low-voltage (1.8V to 5.5V)
	Rotated Pinout





24C02 Ordering Information

Ordering Code	Package	Operation Range
AT24C02-10PI-2.7 AT24C02N-10SI-2.7 AT24C02-10TI-2.7 AT24C02Y1-10YI-2.7 AT24C02-10TSI-2.7 AT24C02U3-10UI-2.7	8P3 8S1 8A2 8Y1 5TS1 8U3-1	Industrial (-40° C to 85° C)
AT24C02-10PI-1.8 AT24C02N-10SI-1.8 AT24C02-10TI-1.8 AT24C02Y1-10YI-1.8 AT24C02-10TSI-1.8 AT24C02U3-10UI-1.8	8P3 8S1 8A2 8Y1 5TS1 8U3-1	Industrial (-40° C to 85° C)
AT24C02N-10SU-2.7 AT24C02N-10SU-1.8 AT24C02-10TU-2.7 AT24C02-10TU-1.8	8S1 8S1 8A2 8A2	Lead-free/Halogen-free/ Industrial Temperature (-40° C to 85° C)
AT24C02N-10SE-2.7	8S1	High Grade/Extended Temp (-40° C to 125° C)
AT24C02N-10SQ-2.7	8S1	Lead-free/Halogen-free/ High Grade/Extended Temp (-40° C to 125° C)

For 2.7V devices used in the 4.5V to 5.5V range, please refer to performance values in the AC and DC characteristics table.

Package Type	
	8-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
	8-lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
	8-lead, 0.170" Wide, Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)
	8-lead, 4.90 mm x 3.00 mm Body, Dual Footprint, Non-leaded, Miniature Array Package (MAP)
1	5-lead, 2.90 mm x 1.60 mm Body, Plastic Thin Shrink Small Outline Package (SOT23)
-1	8-ball, die Ball Grid Array Package (dBGAA2)
Options	
	Low-voltage (2.7V to 5.5V)
	Low-voltage (1.8V to 5.5V)

AT24C01A/02/04/08/16

4C04 Ordering Information

Ordering Code	Package	Operation Range
T24C04-10PI-2.7 T24C04N-10SI-2.7 T24C04-10TI-2.7 T24C04Y1-10Y1-2.7 T24C04-10TSI-2.7 T24C04U3-10UI-2.7	8P3 8S1 8A2 8Y1 5TS1 8U3-1	Industrial (-40° C to 85° C)
T24C04-10PI-1.8 T24C04N-10SI-1.8 T24C04-10TI-1.8 T24C04Y1-10Y1-1.8 T24C04-10TSI-1.8 T24C04U3-10UI-1.8	8P3 8S1 8A2 8Y1 5TS1 8U3-1	Industrial (-40° C to 85° C)
T24C04N-10SU-2.7 T24C04N-10SU-1.8 T24C04-10TU-2.7 T24C04-10TU-1.8	8S1 8S1 8A2 8A2	Lead-free/Halogen-free/ Industrial Temperature (-40° C to 85° C)
T24C04N-10SE-2.7	8S1	High Grade/Extended Temp (-40° C to 125° C)
T24C04N-10SQ-2.7	8S1	Lead-free/Halogen-free/ High Grade/Extended Temp (-40° C to 125° C)

For 2.7V devices used in the 4.5V to 5.5V range, please refer to performance values in the AC and DC characteristics table.

Package Type	
	8-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
	8-lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
	8-lead, 0.170" Wide, Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)
	8-lead, 4.90 mm x 3.00 mm Body, Dual Footprint, Non-leaded, Miniature Array Package (MAP)
	5-lead, 2.90 mm x 1.60 mm Body, Plastic Thin Shrink Small Outline Package (SOT23)
1	8-ball, die Ball Grid Array Package (dBGAA2)





Package Type	
Options	
	Low-voltage (2.7V to 5.5V)
	Low-voltage (1.8V to 5.5V)

AT24C08⁽²⁾ Ordering Information

Ordering Code	Package	Operation Range
AT24C08-10PI-2.7	8P3	Industrial (-40°C to 85°C)
AT24C08N-10SI-2.7	8S1	
AT24C08-10TI-2.7	8A2	
AT24C08-10PI-1.8	8P3	Industrial (-40°C to 85°C)
AT24C08N-10SI-1.8	8S1	
AT24C08-10TI-1.8	8A2	

- 1. For 2.7V devices used in the 4.5V to 5.5V range, please refer to performance values in the AC and DC characteristics table.
- 2. This device is not recommended for new designs. Please refer to AT24C08A.

Package Type	
	8-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
	8-lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
	8-lead, 0.170" Wide, Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)
Options	
	Low-voltage (2.7V to 5.5V)
	Low-voltage (1.8V to 5.5V)





4C16⁽²⁾ Ordering Information

Ordering Code	Package	Operation Range
AT24C16-10PI-2.7	8P3	Industrial (-40° C to 85° C)
AT24C16N-10SI-2.7	8S1	
AT24C16-10TI-2.7	8A2	
AT24C16-10PI-1.8	8P3	Industrial (-40° C to 85° C)
AT24C16N-10SI-1.8	8S1	
AT24C16-10TI-1.8	8A2	

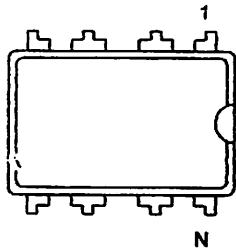
1. For 2.7V devices used in the 4.5V to 5.5V range, please refer to performance values in the AC and DC characteristics table.
2. This device is not recommended for new designs. Please refer to AT24C16A.

Package Type	
	8-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
	8-lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
	8-lead, 0.170" Wide, Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)
Options	
	Low-voltage (2.7V to 5.5V)
	Low-voltage (1.8V to 5.5V)

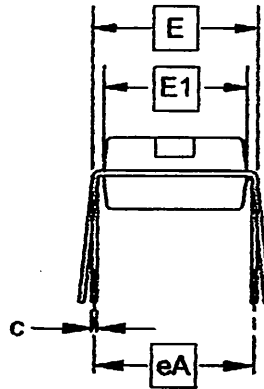
AT24C01A/02/04/08/16

Packaging Information

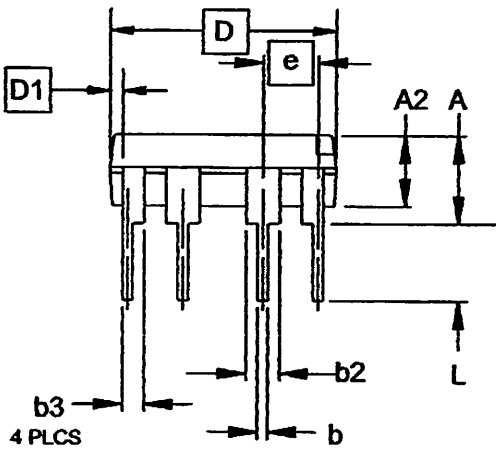
- PDIP



Top View



End View



Side View

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = inches)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A			0.210	2
A2	0.115	0.130	0.195	
b	0.014	0.018	0.022	5
b2	0.045	0.060	0.070	6
b3	0.030	0.039	0.045	6
c	0.008	0.010	0.014	
D	0.355	0.365	0.400	3
D1	0.005			3
E	0.300	0.310	0.325	4
E1	0.240	0.250	0.280	3
e	0.100 BSC			
eA	0.300 BSC			4
L	0.115	0.130	0.150	2

- Notes:
1. This drawing is for general information only; refer to JEDEC Drawing MS-001, Variation BA for additional information.
 2. Dimensions A and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane Gauge GS-3.
 3. D, D1 and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch.
 4. E and eA measured with the leads constrained to be perpendicular to datum.
 5. Pointed or rounded lead tips are preferred to ease insertion.
 6. b2 and b3 maximum dimensions do not include Dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 (0.25 mm).

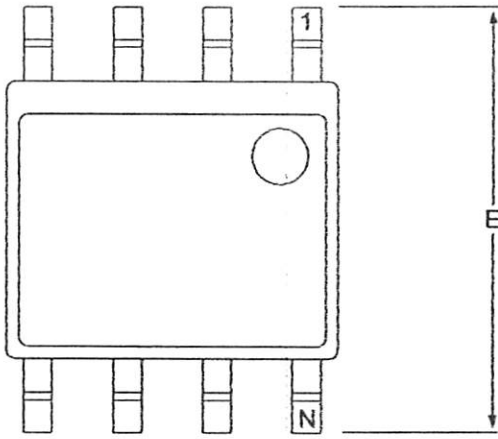
01/09/02

<p>2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131</p>	<p>TITLE 8P3, 8-lead, 0.300" Wide Body, Plastic Dual In-line Package (PDIP)</p>	<p>DRAWING NO. 8P3</p>	<p>REV. B</p>
--	---	----------------------------	-------------------

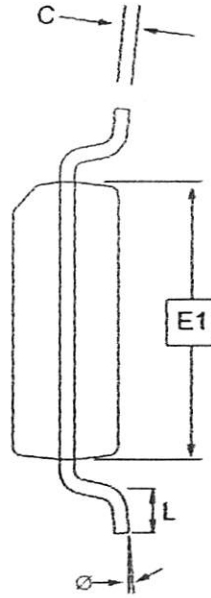




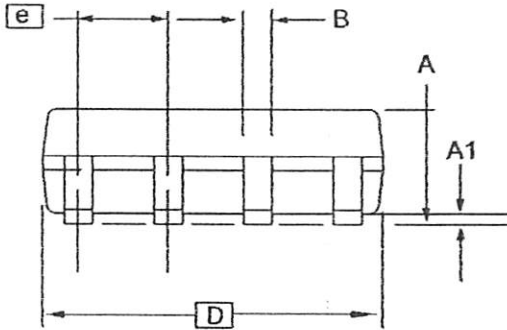
- JEDEC SOIC



Top View



End View



Side View

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	1.35	-	1.75	
A1	0.10	-	0.25	
b	0.31	-	0.51	
C	0.17	-	0.25	
D	4.80	-	5.00	
E1	3.81	-	3.99	
E	5.79	-	6.20	
e	1.27 BSC			
L	0.40	-	1.27	
∅	0"	-	8"	

Note: These drawings are for general information only. Refer to JEDEC Drawing MS-012, Variation AA for proper dimensions, tolerances, datums, etc.

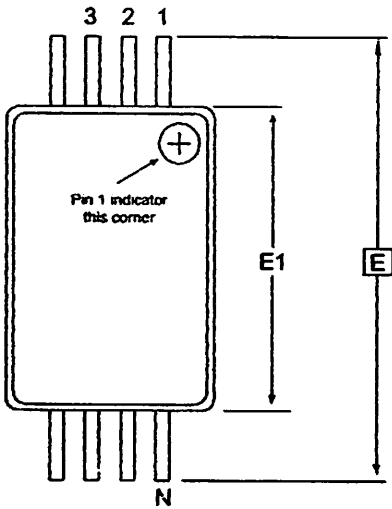
10/7/03

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd. Colorado Springs, CO 80906	TITLE 8S1, 8-lead (0.150" Wide Body), Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)	DRAWING NO. 8S1	REV. B
---	---	---------------------------	------------------

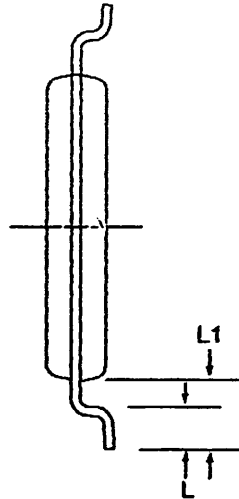
AT24C01A/02/04/08/16

0180Q-SEPR-1/04

- TSSOP



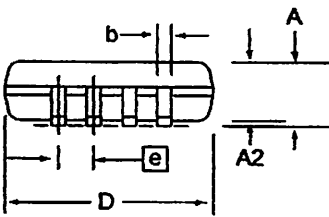
Top View



End View

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)


SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
D	2.90	3.00	3.10	2, 5
E	6.40 BSC			
E1	4.30	4.40	4.50	3, 5
A	-	-	1.20	
A2	0.80	1.00	1.05	
b	0.19	-	0.30	4
e	0.65 BSC			
L	0.45	0.60	0.75	
L1	1.00 REF			



Side View

1. This drawing is for general information only. Refer to JEDEC Drawing MO-153, Variation AA, for proper dimensions, tolerances, datums, etc.
2. Dimension D does not include mold Flash, protrusions or gate burrs. Mold Flash, protrusions and gate burrs shall not exceed 0.15 mm (0.006 in) per side.
3. Dimension E1 does not include inter-lead Flash or protrusions. Inter-lead Flash and protrusions shall not exceed 0.25 mm (0.010 in) per side.
4. Dimension b does not include Dambar protrusion. Allowable Dambar protrusion shall be 0.08 mm total in excess of the b dimension at maximum material condition. Dambar cannot be located on the lower radius of the foot. Minimum space between protrusion and adjacent lead is 0.07 mm.
5. Dimension D and E1 to be determined at Datum Plane H.

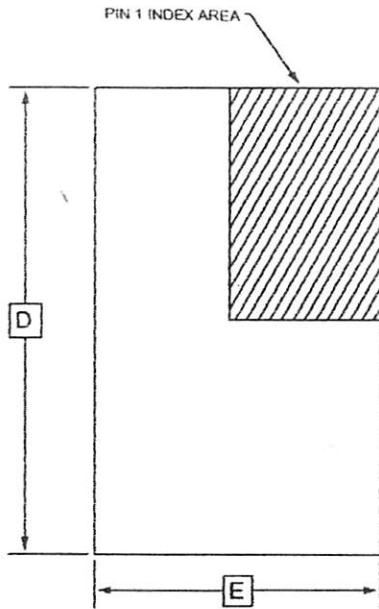
5/30/02

 2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 8A2, 8-lead, 4.4 mm Body, Plastic Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)	DRAWING NO. 8A2	REV. B
---	--	---------------------------	------------------





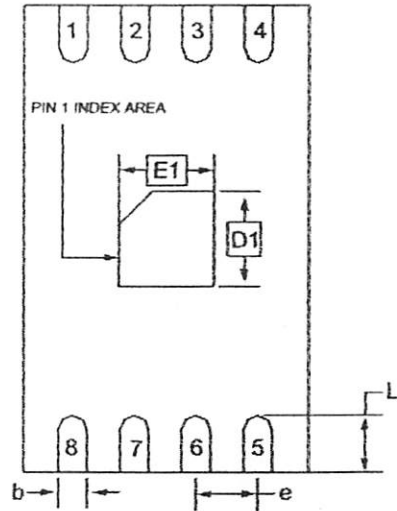
- MAP



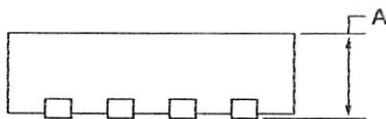
Top View



End View



Bottom View



Side View

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	0.90	
A1	0.00	-	0.05	
D	4.70	4.90	5.10	
E	2.80	3.00	3.20	
D1	0.85	1.00	1.15	
E1	0.85	1.00	1.15	
b	0.25	0.30	0.35	
e	0.65 TYP			
L	0.50	0.60	0.70	

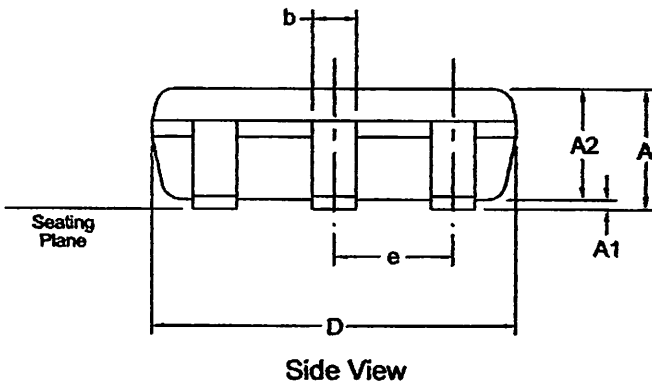
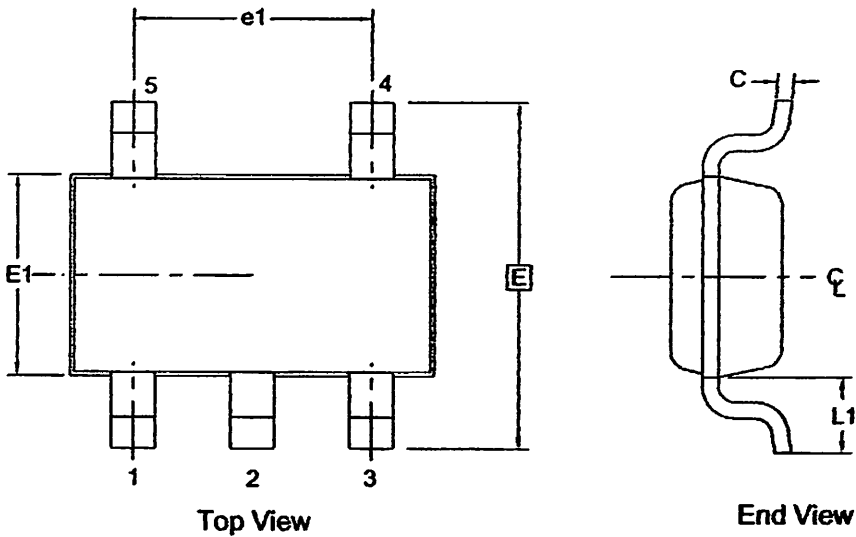
2/28/03

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	8Y1, 8-lead (4.90 x 3.00 mm Body) MSOP Array Package (MAP) Y1	8Y1	C

AT24C01A/02/04/08/16

0180Q-SEPR-1/04


1 - SOT23



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.10	
A1	0.00	-	0.10	
A2	0.70	0.90	1.00	
c	0.08	-	0.20	4
D	2.90 BSC			2, 3
E	2.80 BSC			2, 3
E1	1.60 BSC			2, 3
L1	0.60 REF			
e	0.95 BSC			
e1	1.90 BSC			
b	0.30	-	0.50	4, 5

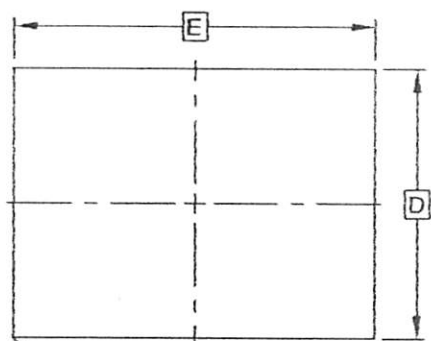
6/25/03

 1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd. Colorado Springs, CO 80906	TITLE STS1, 5-lead, 1.60 mm Body, Plastic Thin Shrink Small Outline Package (SHRINK SOT)	DRAWING NO.	REV.
		POSTS1	A

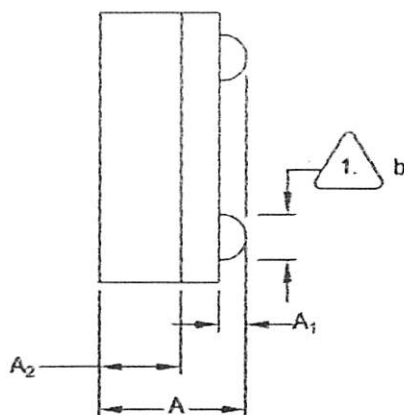




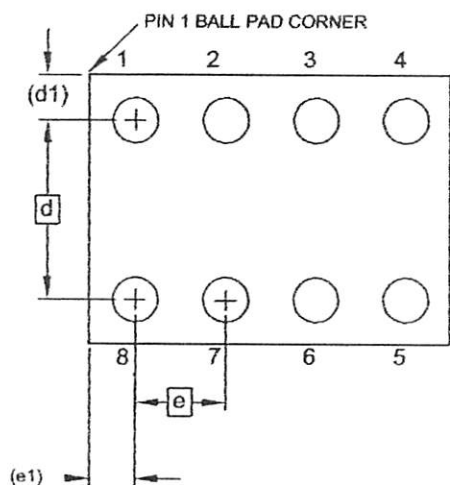
-1 - dBGA2



Top View



Side View



Bottom View
8 SOLDER BALLS

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.71	0.81	0.91	
A1	0.10	0.15	0.20	
A2	0.40	0.45	0.50	
b	0.20	0.25	0.30	
D	1.50 BSC			
E	2.00 BSC			
e	0.50 BSC			
e1	0.25 REF			
d	1.00 BSC			
d1	0.25 REF			

1. Dimension 'b' is measured at the maximum solder ball diameter.

This drawing is for general information only.

6/24/03



1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906

TITLE
8U3-1, 8-ball, 1.50 x 2.00 mm Body, 0.50 mm pitch,
Small Die Ball Grid Array Package (dBGA2)

DRAWING NO.	REV.
POB03-1	A

AT24C01A/02/04/08/16

0180Q-SEEP-1/04



Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 487-2600

Regional Headquarters

Atmel Sarl
Route des Arsenaux 41
Case Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
Tel: (41) 26-426-5555
Fax: (41) 26-426-5500

Room 1219
Inachem Golden Plaza
Mody Road Tsimshatsui
Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2721-9778
Fax: (852) 2722-1369

Atmel, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-4-8 Shinkawa
Nagano-ku, Tokyo 104-0033
Japan
Tel: (81) 3-3523-3551
Fax: (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Memory

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 436-4314

Microcontrollers

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 436-4314

La Chantrerie
BP 70602
44306 Nantes Cedex 3, France
Tel: (33) 2-40-18-18-18
Fax: (33) 2-40-18-19-60

ASIC/ASSP/Smart Cards

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex, France
Tel: (33) 4-42-53-60-00
Fax: (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
Tel: 1(719) 576-3300
Fax: 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park
Maxwell Building
East Kilbride G75 0QR, Scotland
Tel: (44) 1355-803-000
Fax: (44) 1355-242-743

RF/Automotive

Theresienstrasse 2
Postfach 3535
74025 Heilbronn, Germany
Tel: (49) 71-31-67-0
Fax: (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
Tel: 1(719) 576-3300
Fax: 1(719) 540-1759

Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/ High Speed Converters/RF Datacom

Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex, France
Tel: (33) 4-76-58-30-00
Fax: (33) 4-76-58-34-80

Literature Requests

www.atmel.com/literature

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard terms and conditions which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors or omissions which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use in life support devices or systems.

© Atmel Corporation 2004. All rights reserved. Atmel[®] and combinations thereof, are the registered trademarks, and dBGATM is the trademark of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be the trademarks of others.



Printed on recycled paper.

01800-SEEPR-1/04

2M

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.

DATA SHEET



PCF8591 8-bit A/D and D/A converter

Product specification
Supersedes data of 2001 Dec 13

2003 Jan 27



8-bit A/D and D/A converter**PCF8591****CONTENTS**

	FEATURES
	APPLICATIONS
	GENERAL DESCRIPTION
	ORDERING INFORMATION
	BLOCK DIAGRAM
	PINNING
	FUNCTIONAL DESCRIPTION
.1	Addressing
.2	Control byte
.3	D/A conversion
.4	A/D conversion
.5	Reference voltage
.6	Oscillator
	CHARACTERISTICS OF THE I ² C-BUS
.1	Bit transfer
.2	Start and stop conditions
.3	System configuration
.4	Acknowledge
.5	I ² C-bus protocol
	LIMITING VALUES
0	HANDLING
1	DC CHARACTERISTICS
2	D/A CHARACTERISTICS
3	A/D CHARACTERISTICS
4	AC CHARACTERISTICS
5	APPLICATION INFORMATION
6	PACKAGE OUTLINES
7	SOLDERING
7.1	Introduction to soldering through-hole mount packages
7.2	Soldering by dipping or by solder wave
7.3	Manual soldering
7.4	Suitability of through-hole mount IC packages for dipping and wave soldering methods
8	DATA SHEET STATUS
9	DEFINITIONS
0	DISCLAIMERS
1	PURCHASE OF PHILIPS I ² C COMPONENTS

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

FEATURES

- Single power supply
- Operating supply voltage 2.5 V to 6 V
- Low standby current
- Serial input/output via I²C-bus
- Address by 3 hardware address pins
- Sampling rate given by I²C-bus speed
- 4 analog inputs programmable as single-ended or differential inputs
- Auto-incremented channel selection
- Analog voltage range from V_{SS} to V_{DD}
- On-chip track and hold circuit
- 8-bit successive approximation A/D conversion
- Multiplying DAC with one analog output.



3 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8591 is a single-chip, single-supply low power 8-bit CMOS data acquisition device with four analog inputs, one analog output and a serial I²C-bus interface. Three address pins A0, A1 and A2 are used for programming the hardware address, allowing the use of up to eight devices connected to the I²C-bus without additional hardware. Address, control and data to and from the device are transferred serially via the two-line bidirectional I²C-bus.

The functions of the device include analog input multiplexing, on-chip track and hold function, 8-bit analog-to-digital conversion and an 8-bit digital-to-analog conversion. The maximum conversion rate is given by the maximum speed of the I²C-bus.

APPLICATIONS

- Closed loop control systems
- Low power converter for remote data acquisition
- Battery operated equipment
- Acquisition of analog values in automotive, audio and TV applications.

ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCF8591P	DIP16	plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil)	SOT38-4
PCF8591T	SO16	plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm	SOT162-1

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

BLOCK DIAGRAM

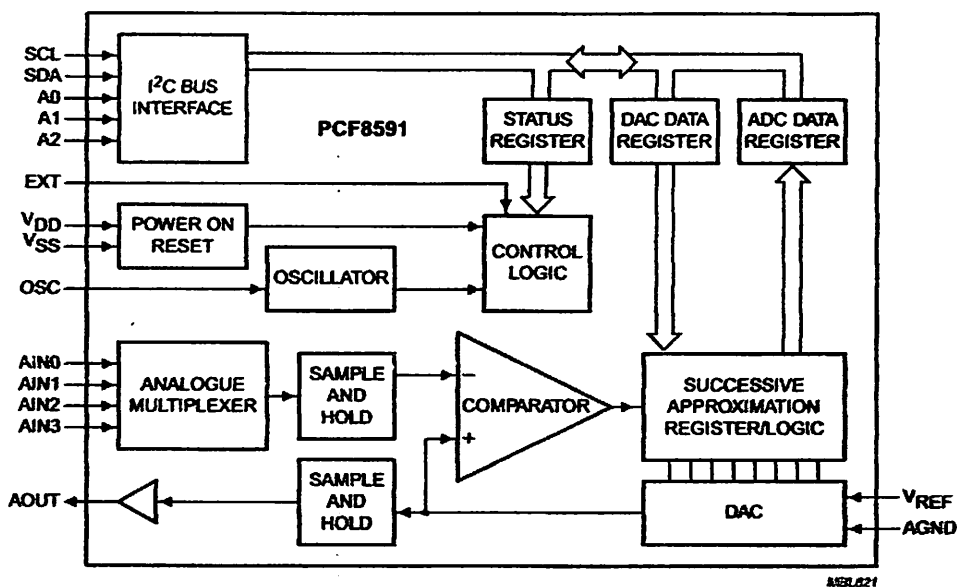


Fig.1 Block diagram.

PINNING

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
AIN0	1	analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A0	5	hardware address
A1	6	
A2	7	
V _{SS}	8	negative supply voltage
SDA	9	I ² C-bus data input/output
SCL	10	I ² C-bus clock input
OSC	11	oscillator input/output
EXT	12	external/internal switch for oscillator input
AGND	13	analog ground
V _{REF}	14	voltage reference input
AOUT	15	analog output (D/A converter)
V _{DD}	16	positive supply voltage

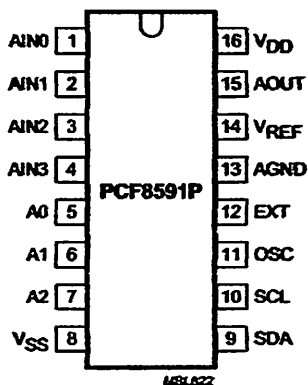


Fig.2 Pinning diagram (DIP16).

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

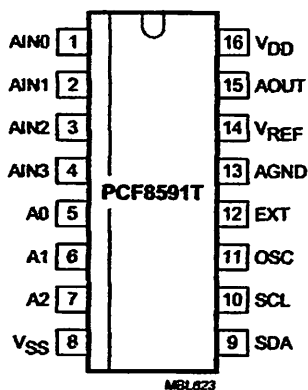


Fig.3 Pinning diagram (SO16).

FUNCTIONAL DESCRIPTION

1 Addressing

Each PCF8591 device in an I²C-bus system is activated by sending a valid address to the device. The address consists of a fixed part and a programmable part. The programmable part must be set according to the addresses A0, A1 and A2. The address always has to be sent as the first byte after the start condition in the I²C-bus protocol. The last bit of the address byte is the read/write-bit which sets the direction of the following data transfer (see Figs 4, 16 and 17).

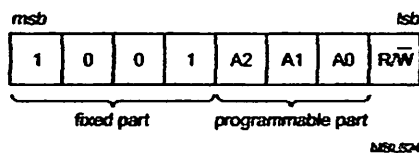


Fig.4 Address byte.

7.2 Control byte

The second byte sent to a PCF8591 device will be stored in its control register and is required to control the device function. The upper nibble of the control register is used for enabling the analog output, and for programming the analog inputs as single-ended or differential inputs. The lower nibble selects one of the analog input channels defined by the upper nibble (see Fig.5). If the auto-increment flag is set, the channel number is incremented automatically after each A/D conversion.

If the auto-increment mode is desired in applications where the internal oscillator is used, the analog output enable flag in the control byte (bit 6) should be set. This allows the internal oscillator to run continuously, thereby preventing conversion errors resulting from oscillator start-up delay. The analog output enable flag may be reset at other times to reduce quiescent power consumption.

The selection of a non-existing input channel results in the highest available channel number being allocated. Therefore, if the auto-increment flag is set, the next selected channel will be always channel 0. The most significant bits of both nibbles are reserved for future functions and have to be set to logic 0. After a Power-on reset condition all bits of the control register are reset to logic 0. The D/A converter and the oscillator are disabled for power saving. The analog output is switched to a high-impedance state.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

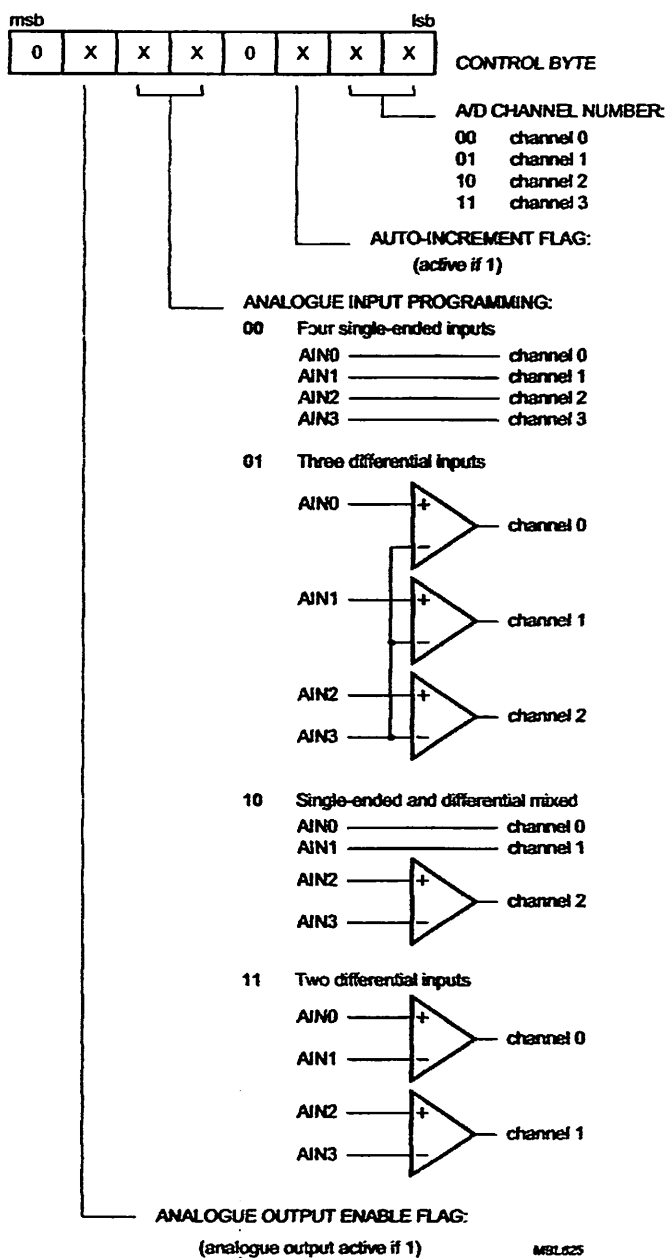


Fig.5 Control byte.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

3.3 D/A conversion

The third byte sent to a PCF8591 device is stored in the DAC data register and is converted to the corresponding analog voltage using the on-chip D/A converter. This D/A converter consists of a resistor divider chain connected to the external reference voltage with 256 taps and selection switches. The tap-decoder switches one of these taps to the DAC output line (see Fig.6).

The analog output voltage is buffered by an auto-zeroed unity gain amplifier. This buffer amplifier may be switched on or off by setting the analog output enable flag of the

control register. In the active state the output voltage is held until a further data byte is sent.

The on-chip D/A converter is also used for successive approximation A/D conversion. In order to release the DAC for an A/D conversion cycle the unity gain amplifier is equipped with a track and hold circuit. This circuit holds the output voltage while executing the A/D conversion.

The output voltage supplied to the analog output AOUT is given by the formula shown in Fig.7. The waveforms of a D/A conversion sequence are shown in Fig.8.

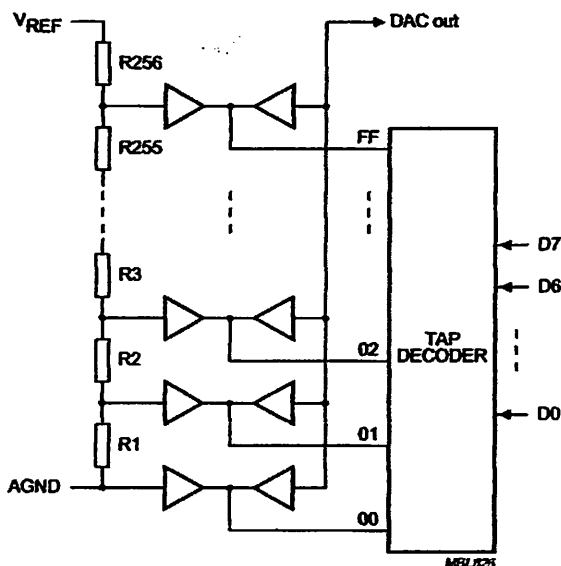


Fig.6 DAC resistor divider chain.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

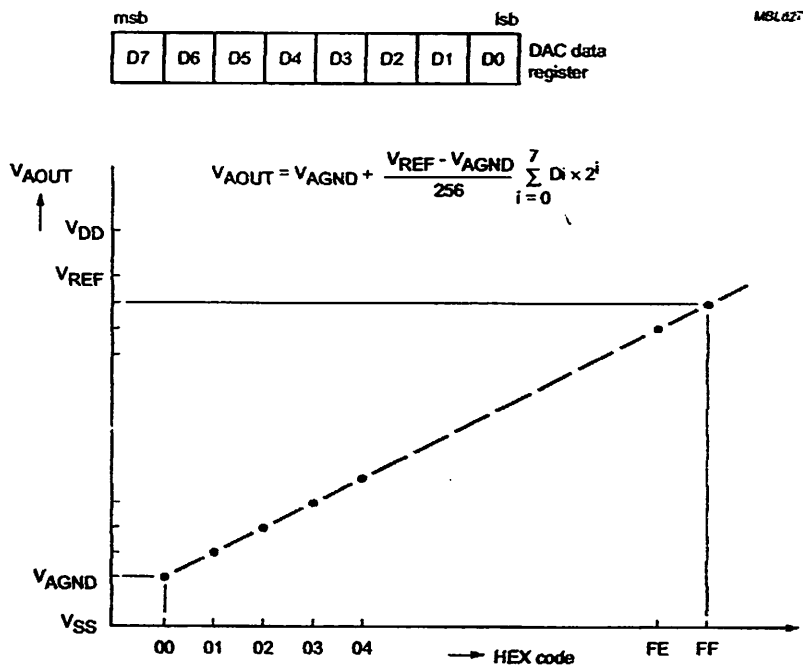


Fig.7 DAC data and DC conversion characteristics.

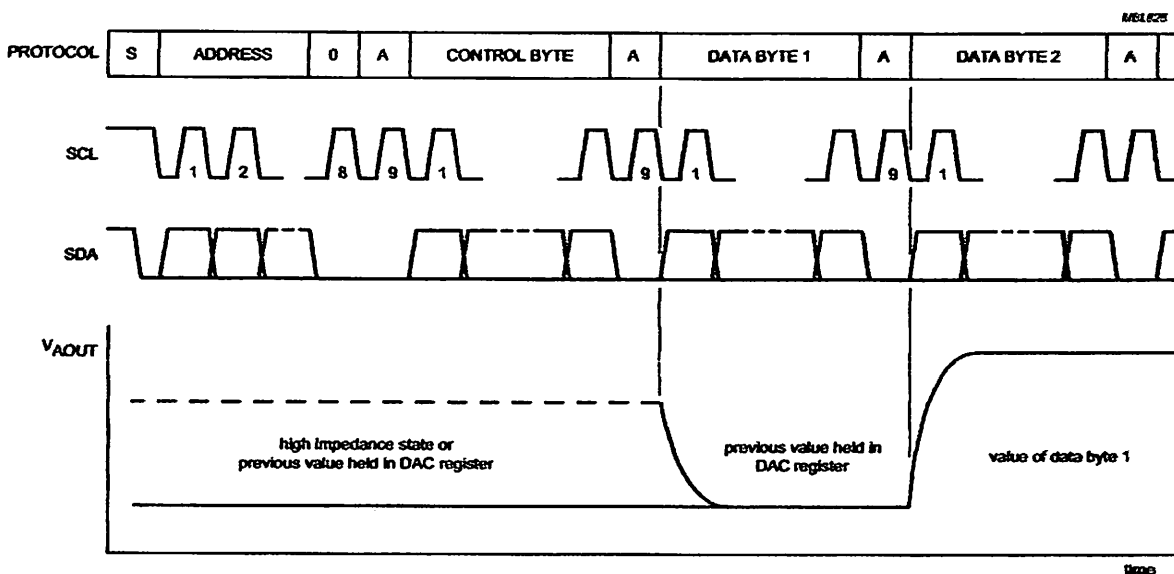


Fig.8 D/A conversion sequence.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

A A/D conversion

The A/D converter makes use of the successive approximation conversion technique. The on-chip D/A converter and a high-gain comparator are used temporarily during an A/D conversion cycle.

An A/D conversion cycle is always started after sending a valid read mode address to a PCF8591 device. The A/D conversion cycle is triggered at the trailing edge of the acknowledge clock pulse and is executed while transmitting the result of the previous conversion (see Fig. 9).

Once a conversion cycle is triggered an input voltage sample of the selected channel is stored on the chip and is

converted to the corresponding 8-bit binary code. Samples picked up from differential inputs are converted to an 8-bit two's complement code (see Figs 10 and 11).

The conversion result is stored in the ADC data register and awaits transmission. If the auto-increment flag is set the next channel is selected.

The first byte transmitted in a read cycle contains the conversion result code of the previous read cycle. After a Power-on reset condition the first byte read is a hexadecimal 80. The protocol of an I²C-bus read cycle is shown in Chapter 8, Figs 16 and 17.

The maximum A/D conversion rate is given by the actual speed of the I²C-bus.

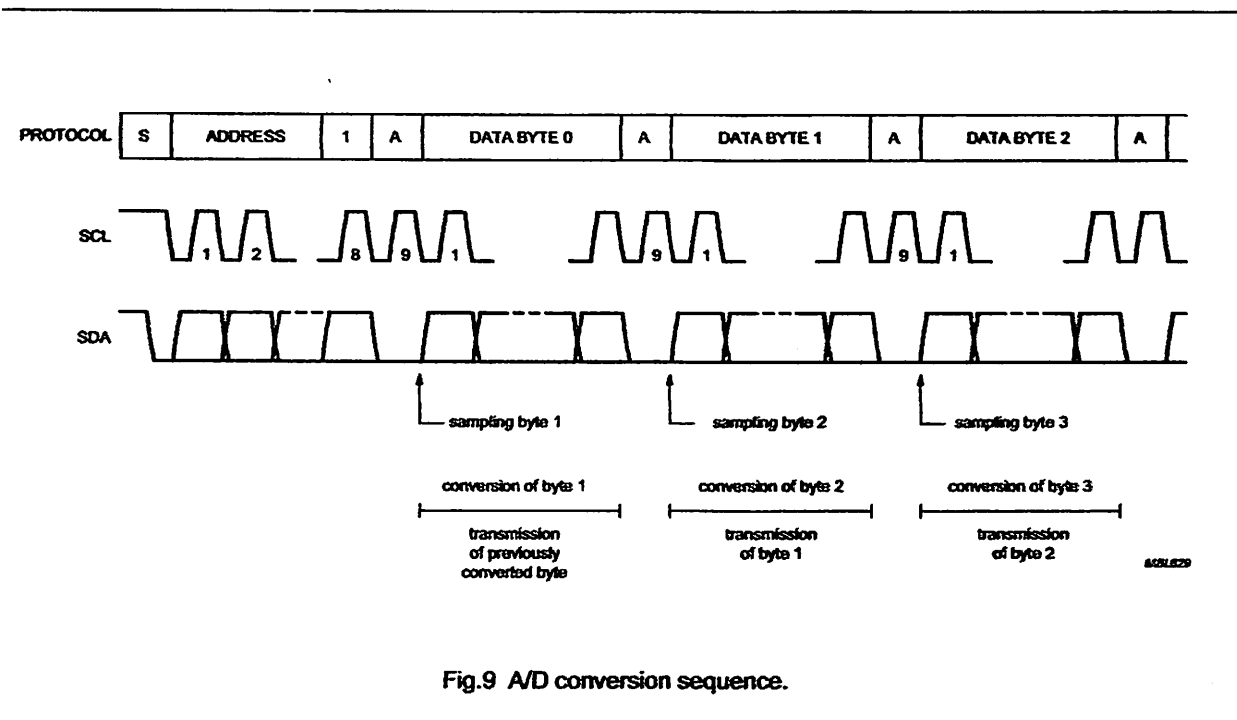


Fig.9 A/D conversion sequence.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

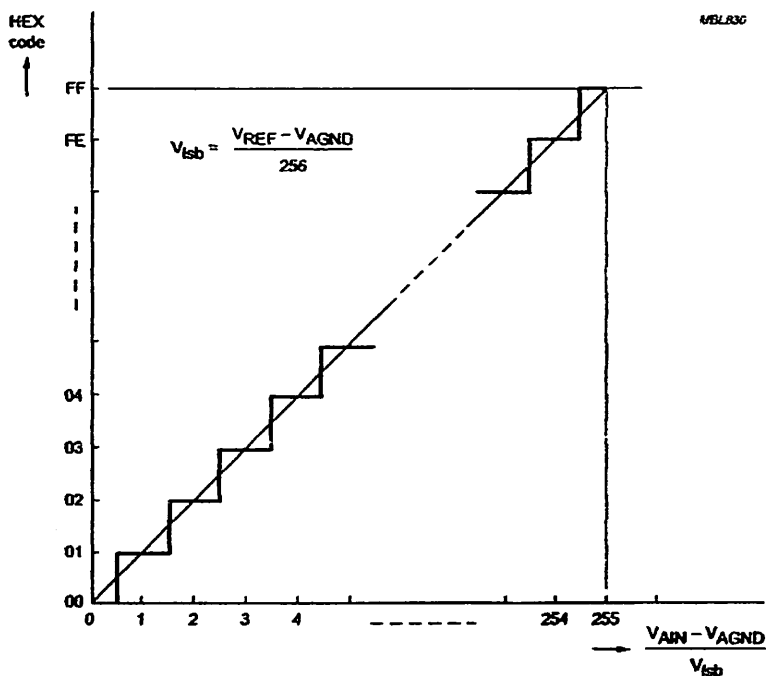


Fig.10 A/D conversion characteristics of single-ended inputs.

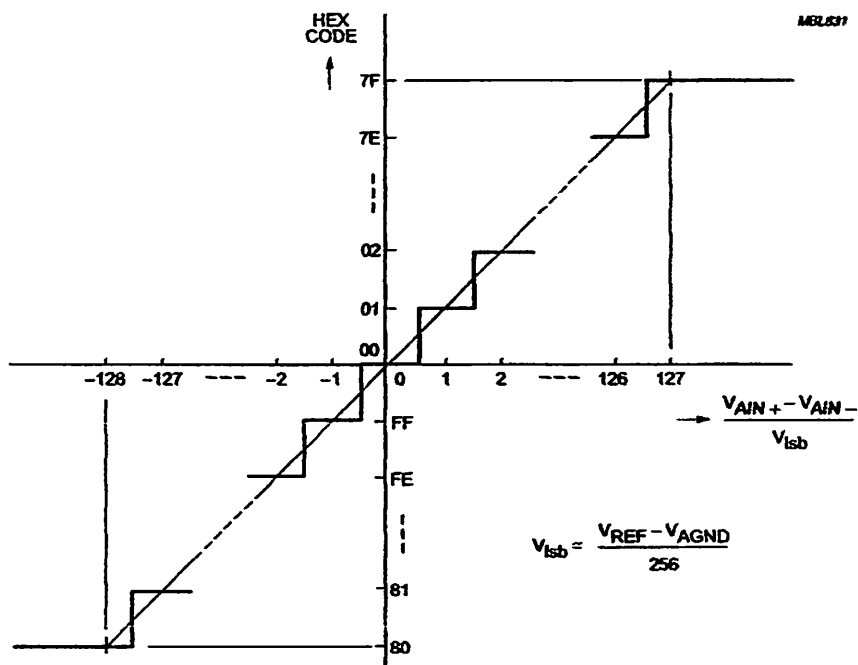


Fig.11 A/D conversion characteristics of differential inputs.

8-bit A/D and D/A converter**PCF8591**

7.5 Reference voltage

For the D/A and A/D conversion either a stable external voltage reference or the supply voltage has to be applied to the resistor divider chain (pins V_{REF} and AGND).

The AGND pin has to be connected to the system analog ground and may have a DC off-set with reference to V_{SS} .

A low frequency may be applied to the V_{REF} and AGND pins. This allows the use of the D/A converter as a one-quadrant multiplier; see Chapter 15 and Fig.7.

The A/D converter may also be used as a one or two quadrant analog divider. The analog input voltage is divided by the reference voltage. The result is converted to binary code. In this application the user has to keep the reference voltage stable during the conversion cycle.

7.6 Oscillator

An on-chip oscillator generates the clock signal required for the A/D conversion cycle and for refreshing the auto-zeroed buffer amplifier. When using this oscillator the EXT pin has to be connected to V_{SS} . At the OSC pin the oscillator frequency is available.

If the EXT pin is connected to V_{DD} the oscillator output OSC is switched to a high-impedance state allowing the user to feed an external clock signal to OSC.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

CHARACTERISTICS OF THE I²C-BUS

The I²C-bus is for bidirectional, two-line communication between different ICs or modules. The two lines are a serial data line (SDA) and a serial clock line (SCL). Both lines must be connected to a positive supply via a pull-up resistor. Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.

1.1 Bit transfer

One data bit is transferred during each clock pulse. The data on the SDA line must remain stable during the HIGH period of the clock pulse as changes in the data line at this time will be interpreted as a control signal.

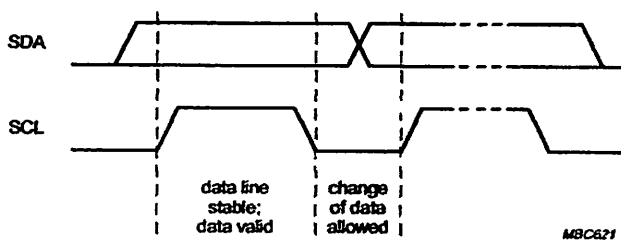


Fig.12 Bit transfer.

1.2 Start and stop conditions

Both data and clock lines remain HIGH when the bus is not busy. A HIGH-to-LOW transition of the data line, while the clock is HIGH, is defined as the start condition (S). A LOW-to-HIGH transition of the data line while the clock is HIGH, is defined as the stop condition (P).

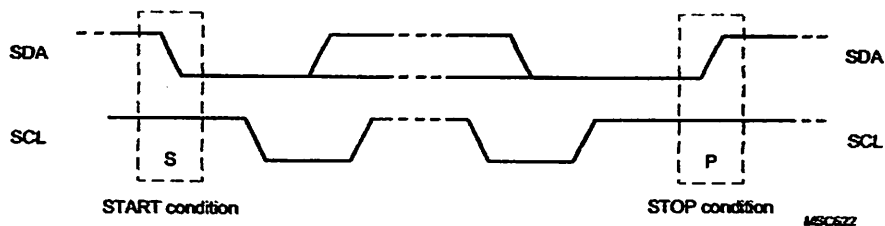


Fig.13 Definition of START and STOP condition.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

1.3 System configuration

A device generating a message is a 'transmitter', a device receiving a message is the 'receiver'. The device that controls the message is the 'master' and the devices which are controlled by the master are the 'slaves'.

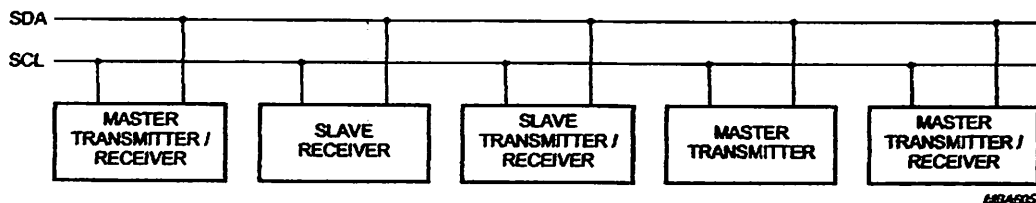


Fig.14 System configuration.

1.4 Acknowledge

The number of data bytes transferred between the start and stop conditions from transmitter to receiver is not limited. Each data byte of eight bits is followed by one acknowledge bit. The acknowledge bit is a HIGH level put on the bus by the transmitter whereas the master also generates an extra acknowledge related clock pulse. A slave receiver which is addressed must generate an acknowledge after the reception of each byte. Also a master must generate an acknowledge after the reception of each byte that has been clocked out of the slave transmitter. The device that acknowledges has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse, so that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. A master receiver must signal an end of data to the transmitter by not generating an acknowledge on the last byte that has been clocked out of the slave. In this event the transmitter must leave the data line HIGH to enable the master to generate a stop condition.

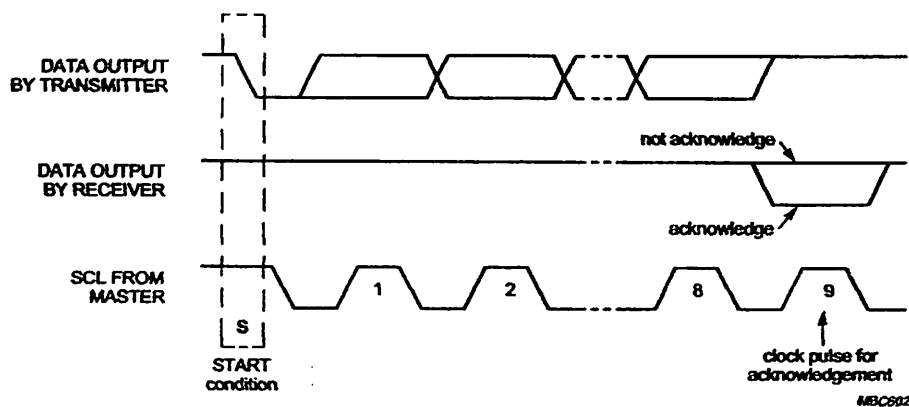


Fig.15 Acknowledgement on the I²C-bus.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

5 I²C-bus protocol

After a start condition a valid hardware address has to be sent to a PCF8591 device. The read/write bit defines the direction of the following single or multiple byte data transfer. For the format and the timing of the start condition (S), the stop condition (P) and the acknowledge bit (A) refer to the I²C-bus characteristics. In the write mode a data transfer is terminated by sending either a stop condition or the start condition of the next data transfer.

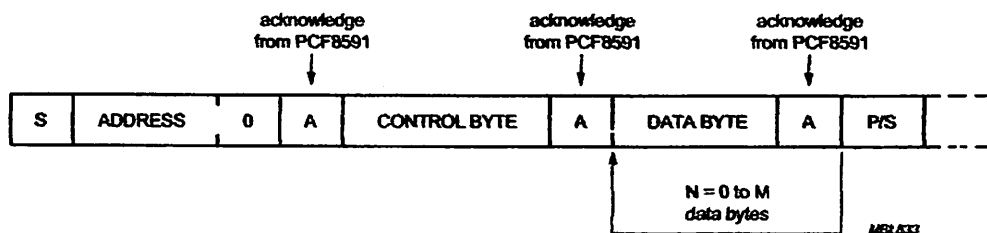


Fig.16 Bus protocol for write mode, D/A conversion.

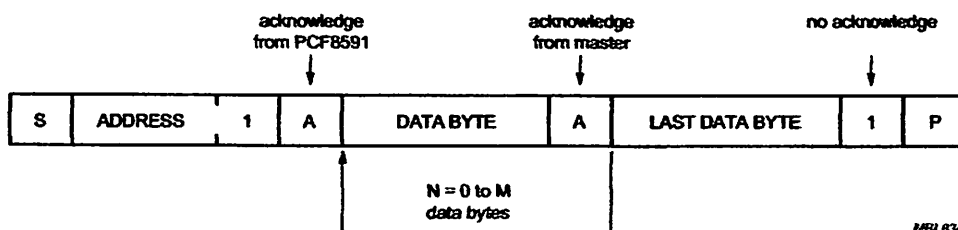


Fig.17 Bus protocol for read mode, A/D conversion.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

LIMITING VALUES

in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DD}	supply voltage (pin 16)	-0.5	+8.0	V
V_I	input voltage (any input)	-0.5	$V_{DD} + 0.5$	V
I_I	DC input current	-	± 10	mA
I_O	DC output current	-	± 20	mA
I_{DD}, I_{SS}	V_{DD} or V_{SS} current	-	± 50	mA
P_{tot}	total power dissipation per package	-	300	mW
P_O	power dissipation per output	-	100	mW
T_{amb}	operating ambient temperature	-40	+85	°C
T_{stg}	storage temperature	-65	+150	°C

0 HANDLING

Inputs and outputs are protected against electrostatic discharge in normal handling. However it is good practice to take normal precautions appropriate to handling MOS devices (see "Handling MOS devices").

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

1 DC CHARACTERISTICS

 $V_{DD} = 2.5 \text{ V to } 6 \text{ V}$; $V_{SS} = 0 \text{ V}$; $T_{amb} = -40 \text{ }^\circ\text{C to } +85 \text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply						
V_{DD}	supply voltage (operating)		2.5	–	6.0	V
I_{DD}	supply current					
	standby	$V_I = V_{SS}$ or V_{DD} ; no load	–	1	15	μA
	operating, AOUT off	$f_{SCL} = 100 \text{ kHz}$	–	125	250	μA
	operating, AOUT active	$f_{SCL} = 100 \text{ kHz}$	–	0.45	1.0	mA
V_{POR}	Power-on reset level	note 1	0.8	–	2.0	V
Digital inputs/output: SCL, SDA, A0, A1, A2						
V_{IL}	LOW level input voltage		0	–	$0.3 \times V_{DD}$	V
V_{IH}	HIGH level input voltage		$0.7 \times V_{DD}$	–	V_{DD}	V
I_L	leakage current					
	A0, A1, A2	$V_I = V_{SS}$ to V_{DD}	–250	–	+250	nA
	SCL, SDA	$V_I = V_{SS}$ to V_{DD}	–1	–	+1	μA
C_i	input capacitance		–	–	5	pF
I_{OL}	LOW level SDA output current	$V_{OL} = 0.4 \text{ V}$	3.0	–	–	mA
Reference voltage inputs						
V_{REF}	reference voltage	$V_{REF} > V_{AGND}$; note 2	$V_{SS} + 1.6$	–	V_{DD}	V
V_{AGND}	analog ground voltage	$V_{REF} > V_{AGND}$; note 2	V_{SS}	–	$V_{DD} - 0.8$	V
I_{IJ}	input leakage current		–250	–	+250	nA
R_{REF}	input resistance	pins V_{REF} and AGND	–	100	–	k Ω
Oscillator: OSC, EXT						
I_{IJ}	input leakage current		–	–	250	nA
f_{OSC}	oscillator frequency		0.75	–	1.25	MHz

Notes

- The power on reset circuit resets the I²C-bus logic when V_{DD} is less than V_{POR} .
- A further extension of the range is possible, if the following conditions are fulfilled:

$$\frac{V_{REF} + V_{AGND}}{2} \geq 0.8 \text{ V}, V_{DD} - \frac{V_{REF} + V_{AGND}}{2} \geq 0.4 \text{ V}$$

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

2 D/A CHARACTERISTICS

$V_{DD} = 5.0\text{ V}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$; $V_{REF} = 5.0\text{ V}$; $V_{AGND} = 0\text{ V}$; $R_L = 10\text{ k}\Omega$; $C_L = 100\text{ pF}$; $T_{amb} = -40\text{ }^\circ\text{C}$ to $+85\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Analog output						
V_{OA}	output voltage	no resistive load	V_{SS}	–	V_{DD}	V
		$R_L = 10\text{ k}\Omega$	V_{SS}	–	$0.9 \times V_{DD}$	V
I_{LO}	output leakage current	AOUT disabled	–	–	250	nA
Accuracy						
OS_e	offset error	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	50	mV
Le	linearity error		–	–	± 1.5	LSB
Ge	gain error	no resistive load	–	–	1	%
t_{DAC}	settling time	to $\frac{1}{2}$ LSB full scale step	–	–	90	μs
f_{DAC}	conversion rate		–	–	11.1	kHz
$SNRR$	supply noise rejection ratio	$f = 100\text{ Hz}$; $V_{DDN} = 0.1 \times V_{PP}$	–	40	–	dB

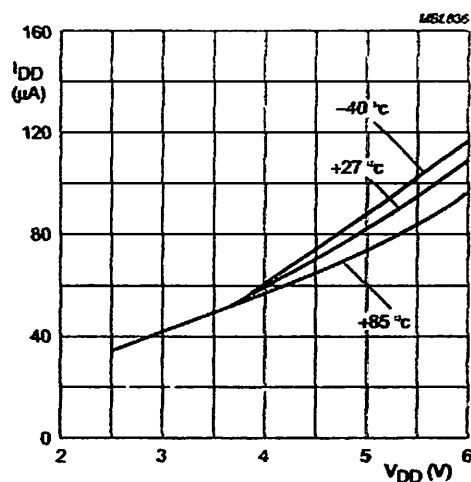
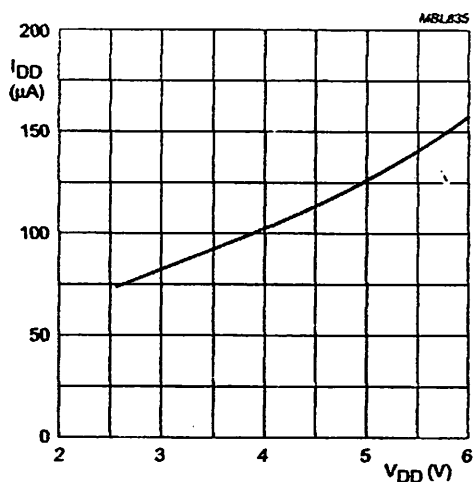
3 A/D CHARACTERISTICS

$V_{DD} = 5.0\text{ V}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$; $V_{REF} = 5.0\text{ V}$; $V_{AGND} = 0\text{ V}$; $R_S = 10\text{ k}\Omega$; $T_{amb} = -40\text{ }^\circ\text{C}$ to $+85\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Analog inputs						
V_{IA}	analog input voltage		V_{SS}	–	V_{DD}	V
I_{LIA}	analog input leakage current		–	–	100	nA
C_{IA}	analog input capacitance		–	10	–	pF
C_{ID}	differential input capacitance		–	10	–	pF
V_{IS}	single-ended voltage	measuring range	V_{AGND}	–	V_{REF}	V
V_{ID}	differential voltage	measuring range; $V_{FS} = V_{REF} - V_{AGND}$	$-\frac{V_{FS}}{2}$	–	$+\frac{V_{FS}}{2}$	V
Accuracy						
OS_e	offset error	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	20	mV
Le	linearity error		–	–	± 1.5	LSB
Ge	gain error		–	–	1	%
SS_e	small-signal gain error	$\Delta V_i = 16\text{ LSB}$	–	–	5	%
$CMRR$	common-mode rejection ratio		–	60	–	dB
$SNRR$	supply noise rejection ratio	$f = 100\text{ Hz}$; $V_{DDN} = 0.1 \times V_{PP}$	–	40	–	dB
t_{ADC}	conversion time		–	–	90	μs
f_{ADC}	sampling/conversion rate		–	–	11.1	kHz

8-bit A/D and D/A converter

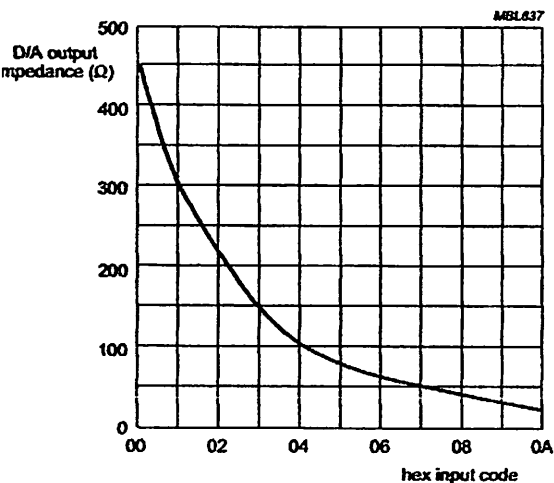
PCF8591



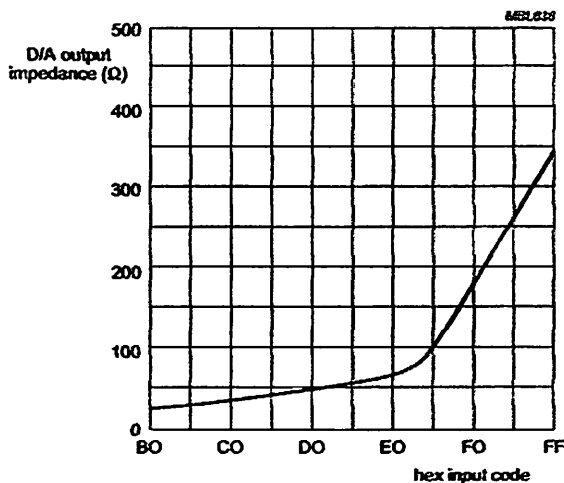
a. Internal oscillator; T_{amb} = +27° C.

b. External oscillator.

Fig.18 Operating supply current as a function of supply voltage (analog output disabled).



a. Output impedance near negative power rail; T_{amb} = +27 °C.



b. Output impedance near positive power rail; T_{amb} = +27 °C.

The x-axis represents the hex input-code equivalent of the output voltage.

Fig.19 Output impedance of analog output buffer (near power rails).

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

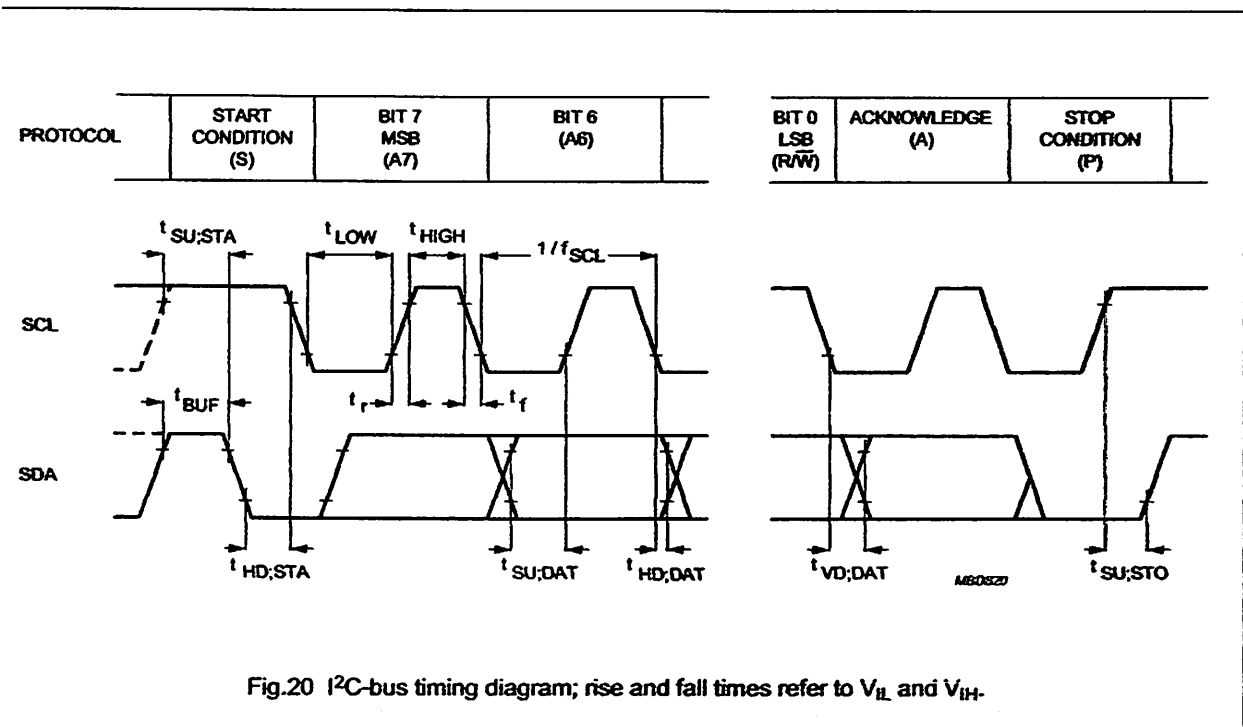
4 AC CHARACTERISTICS

All timing values are valid within the operating supply voltage and ambient temperature range and reference to V_{IL} and V_{IH} with an input voltage swing of V_{SS} to V_{DD} .

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I²C-bus timing (see Fig.20; note 1)					
f_{SCL}	SCL clock frequency	-	-	100	kHz
t_{SP}	tolerable spike width on bus	-	-	100	ns
t_{BUF}	bus free time	4.7	-	-	μ s
$t_{SU,STA}$	START condition set-up time	4.7	-	-	μ s
$t_{HD,STA}$	START condition hold time	4.0	-	-	μ s
t_{LOW}	SCL LOW time	4.7	-	-	μ s
t_{HIGH}	SCL HIGH time	4.0	-	-	μ s
t_r	SCL and SDA rise time	-	-	1.0	μ s
t_f	SCL and SDA fall time	-	-	0.3	μ s
$t_{SU,DAT}$	data set-up time	250	-	-	ns
$t_{HD,DAT}$	data hold time	0	-	-	ns
$t_{VD,DAT}$	SCL LOW-to-data out valid	-	-	3.4	μ s
$t_{SU,STO}$	STOP condition set-up time	4.0	-	-	μ s

Note

A detailed description of the I²C-bus specification, with applications, is given in brochure "The I²C-bus and how to use it". This brochure may be ordered using the code 9398 393 40011.



8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

5 APPLICATION INFORMATION

Inputs must be connected to V_{SS} or V_{DD} when not in use. Analog inputs may also be connected to AGND or V_{REF} .

In order to prevent excessive ground and supply noise and to minimize cross-talk of the digital to analog signal paths the user has to design the printed-circuit board layout very carefully. Supply lines common to a PCF8591 device and noisy digital circuits and ground loops should be avoided. Decoupling capacitors ($>10 \mu\text{F}$) are recommended for power supply and reference voltage inputs.

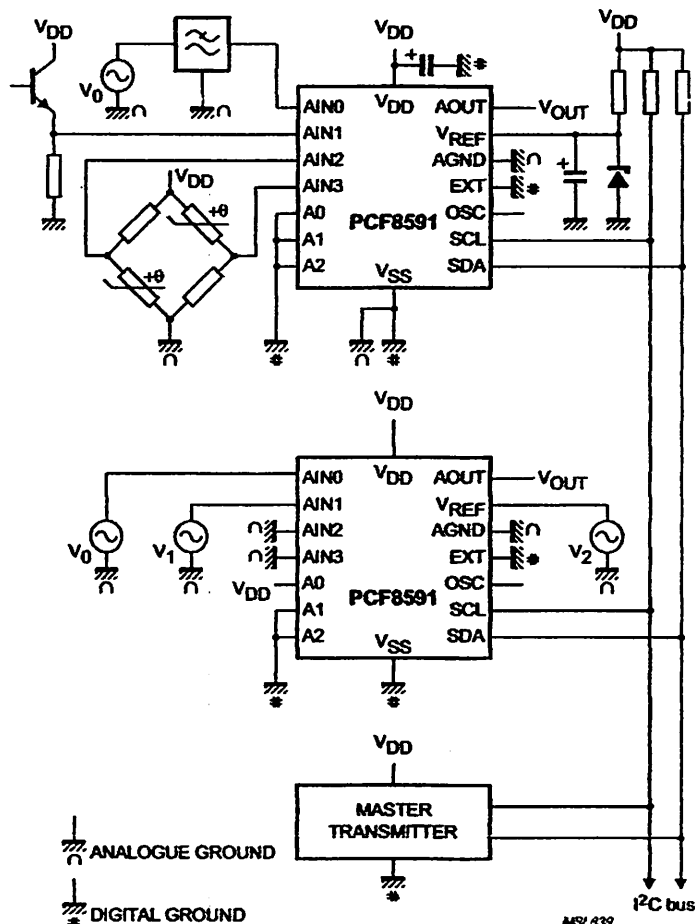


Fig.21 Application diagram.

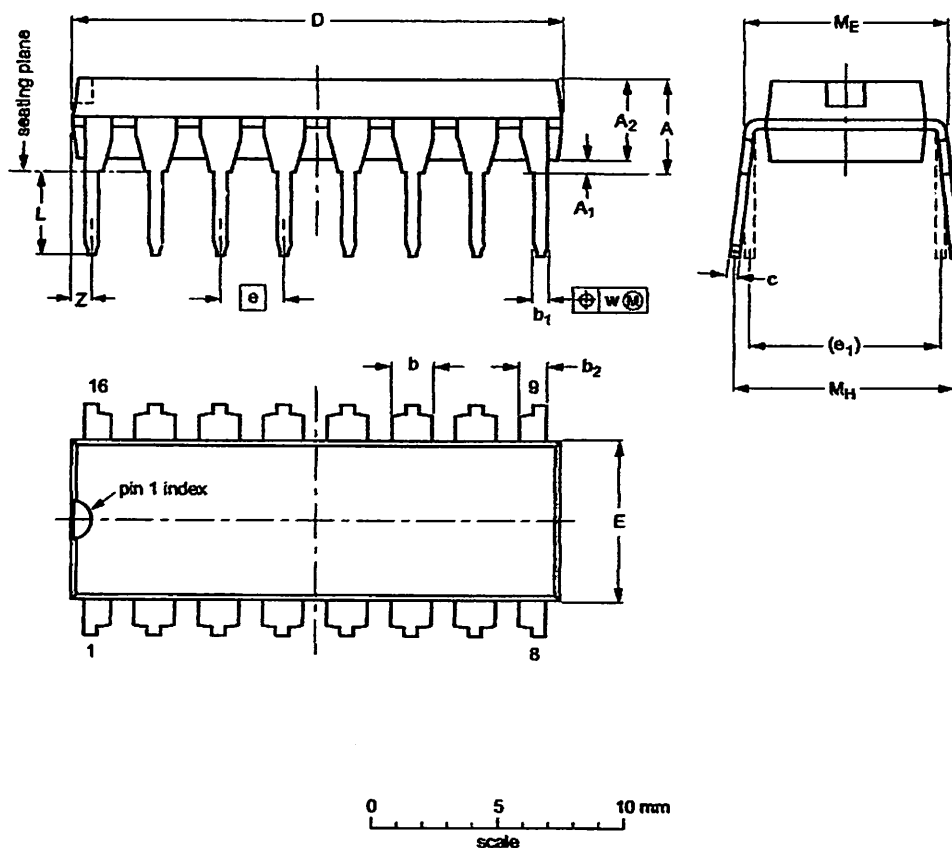
8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

6 PACKAGE OUTLINES

DIP16: plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil)

SOT38-4



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A ₁ min.	A ₂ max.	b	b ₁	b ₂	c	D ⁽¹⁾	E ⁽¹⁾	e	e ₁	L	M _E	M _H	w	Z ⁽¹⁾ max.
mm	4.2	0.51	3.2	1.73 1.30	0.53 0.38	1.25 0.85	0.36 0.23	19.50 18.55	6.48 6.20	2.54	7.62	3.60 3.05	8.25 7.60	10.0 8.3	0.254	0.76
inches	0.17	0.020	0.13	0.068 0.051	0.021 0.015	0.049 0.033	0.014 0.009	0.77 0.73	0.26 0.24	0.10	0.30	0.14 0.12	0.32 0.31	0.39 0.33	0.01	0.030

Note
1. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

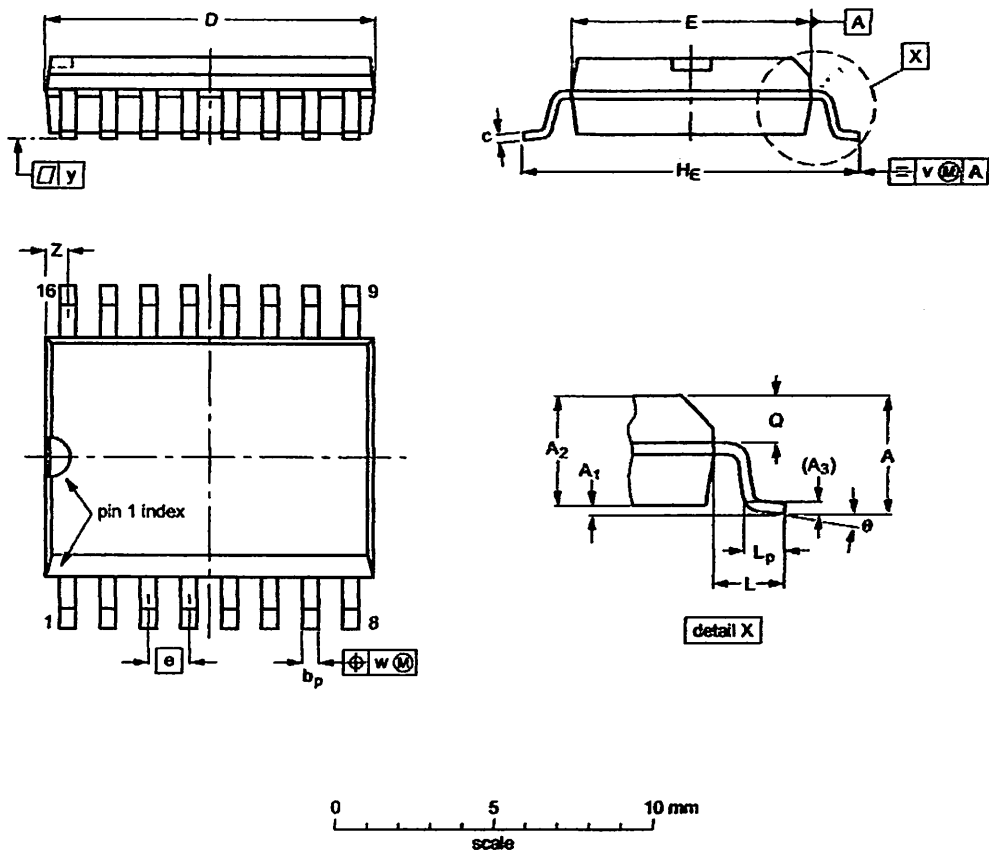
OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT38-4						92-11-17 95-01-14

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

016: plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm

SOT162-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A ₁	A ₂	A ₃	b _p	c	D ⁽¹⁾	E ⁽¹⁾	e	H _E	L	L _p	Q	v	w	y	Z ⁽¹⁾	θ
mm	2.65	0.30 0.10	2.45 2.25	0.25	0.49 0.36	0.32 0.23	10.5 10.1	7.6 7.4	1.27	10.65 10.00	1.4	1.1 0.4	1.1 1.0	0.25	0.25	0.1	0.9 0.4	8° 0°
inches	0.10	0.012 0.004	0.096 0.089	0.01	0.019 0.014	0.013 0.009	0.41 0.40	0.30 0.29	0.050	0.419 0.394	0.055	0.043 0.016	0.043 0.039	0.01	0.01	0.004	0.035 0.016	

Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT162-1	075E03	MS-013				97-05-22 99-12-27

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

7 SOLDERING**7.1 Introduction to soldering through-hole mount packages**

This text gives a brief insight to wave, dip and manual soldering. A more in-depth account of soldering ICs can be found in our "Data Handbook IC26; Integrated Circuit Packages" (document order number 9398 652 90011).

Wave soldering is the preferred method for mounting of through-hole mount IC packages on a printed-circuit board.

7.2 Soldering by dipping or by solder wave

The maximum permissible temperature of the solder is 60 °C; solder at this temperature must not be in contact with the joints for more than 5 seconds.

7.4 Suitability of through-hole mount IC packages for dipping and wave soldering methods

PACKAGE	SOLDERING METHOD	
	DIPPING	WAVE
PBS, DIP, HDIP, SDIP, SIL	suitable	suitable ⁽¹⁾

Note

For SDIP packages, the longitudinal axis must be parallel to the transport direction of the printed-circuit board.

The total contact time of successive solder waves must not exceed 5 seconds.

The device may be mounted up to the seating plane, but the temperature of the plastic body must not exceed the specified maximum storage temperature ($T_{\text{stg(max)}}$). If the printed-circuit board has been pre-heated, forced cooling may be necessary immediately after soldering to keep the temperature within the permissible limit.

17.3 Manual soldering

Apply the soldering iron (24 V or less) to the lead(s) of the package, either below the seating plane or not more than 2 mm above it. If the temperature of the soldering iron bit is less than 300 °C it may remain in contact for up to 10 seconds. If the bit temperature is between 300 and 400 °C, contact may be up to 5 seconds.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

8 DATA SHEET STATUS

LEVEL	DATA SHEET STATUS ⁽¹⁾	PRODUCT STATUS ⁽²⁾⁽³⁾	DEFINITION
	Objective data	Development	This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice.
I	Preliminary data	Qualification	This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product.
II	Product data	Production	This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN).

Notes

- Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.
- The product status of the device(s) described in this data sheet may have changed since this data sheet was published. The latest information is available on the Internet at URL <http://www.semiconductors.philips.com>.
- For data sheets describing multiple type numbers, the highest-level product status determines the data sheet status.

9 DEFINITIONS

Short-form specification — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

Limiting values definition — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device.

These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

20 DISCLAIMERS

Life support applications — These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

Right to make changes — Philips Semiconductors reserves the right to make changes in the products - including circuits, standard cells, and/or software - described or contained herein in order to improve design and/or performance. When the product is in full production (status 'Production'), relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN). Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no licence or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

1 PURCHASE OF PHILIPS I²C COMPONENTS

Purchase of Philips I²C components conveys a license under the Philips' I²C patent to use the components in the I²C system provided the system conforms to the I²C specification defined by Philips. This specification can be ordered using the code 9398 393 40011.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

NOTES

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

NOTES

Philips Semiconductors – a worldwide company

Contact information

For additional information please visit <http://www.semiconductors.philips.com>. Fax: +31 40 27 24825
For sales offices addresses send e-mail to: sales.addresses@www.semiconductors.philips.com.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2003

SCA75

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

40351206/pp28

Date of release: 2003 Jan 27

Document order number: 9397 750 10/64

Let's make things better.

**Philips
Semiconductors**



PHILIPS

```

CE          BIT    P1.0
CS          BIT    P1.1
DR1        BIT    P1.2
CLK1       BIT    P1.3
DATA       BIT    P1.4

```

```

.CODE
Org 00
Ajmp Start
Org 03
Reti
Org 0BH
Reti
Org 13H
Reti
Org 1BH
Reti
Org 23H
Reti

```

```

;Error di P0.2 Clr

```

```

Start:

```

```

    Lcall Init_Serial
    Mov  A,#00

```

```

Loop:

```

```

    Push A
    Lcall SetConfigPCF8591
    Lcall BacaPCF8591
    Lcall Serial_Out
    Lcall Delay_Idetik
    Pop  A
    Inc  A
    Cjne A,#04H,Loop

```

```

    Mov  A,#01000000b
    Lcall SetAddressPCF8591

```

```

Loop2:

```

```

    Mov  A,#0          ;Set DAC Zero
    Lcall KirimDataI2C ;
    Lcall Delay_Idetik ;
    Mov  A,#0FFH      ;Set DAC Full
    Lcall KirimDataI2C ;
    Lcall Delay_Idetik ;
    Ajmp Loop2

```

```

BacaPCF8591:

```

```

    Lcall Bsat_StartBit
    Mov  A,#91H
    Lcall KirimDataI2C
    Mov  B,#0
    Djnz B,$

```

DELTA ELECTRONIC
www.delta-electronic.com

HSM-20G HUMIDITY SENSOR MODULE

The module of HSM-20G is essential for those applications where the relative humidity can be converted to standard voltage output.

1. Applications

- ⌚ **Humidifiers & dehumidifiers**
- ⌚ **Air-conditioner**
- ⌚ **Humidity data loggers**
- ⌚ **Automotive climate control**
- ⌚ **Other applications**

2. Specifications

Characteristics		HSM-20G
Input voltage range		DC 5.0±0.2V
Output voltage range		DC 1.0—3.0 V
Measurement Accuracy		±5% RH
Operating Current (Maximum)		2mA
Storage RH Range		0 to 99% RH
Operating RH Range		20 to 95% (100% RH intermittent)
Transient Condensation		< 3%RH
Temperature Range	Storage	-20℃ to 70℃
	Operating	0℃ to 50℃
Hysteresis (RH @ 25℃)		MAX 2%RH
Long Term Stability(typical drift per year)		±1.5%
Linearity		Linearity
Time Response(63% step change)		1 min
Dimensions(L*W)		34mm*22mm

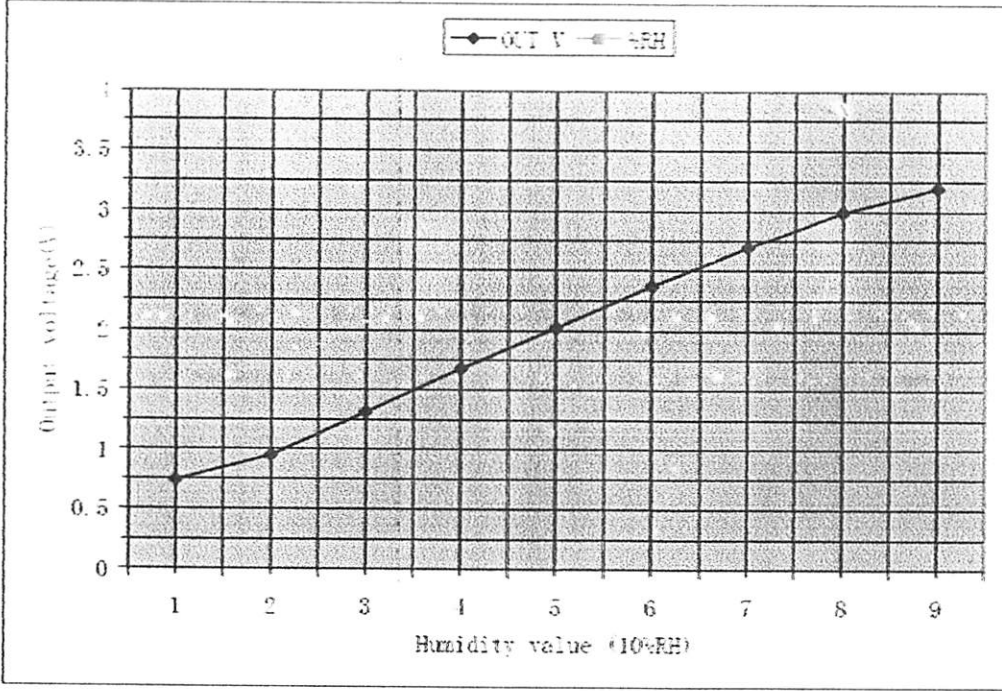
3. Reliability Test

No	Item	Method	Requirement
1	Impact test	To drop module 3times at random on to a hard wooden plate from 1meter above high	No breakge, nor racks Should be electrically normal
2	Vibration test	Vibration test in X-Y-Z axis for 30min .under 10 – 55Hz frequency,1.5mm (10-55-10Hz)	Within \pm 5%RH
3	Heat Resistance	To leave module in an ambient of 55 $^{\circ}$ C and 30%RH max. for 48hours.	Within \pm 5%RH
4	Cool Resistance	To leave module in an ambient of -10 $^{\circ}$ C and 30%RH max. for 48hours.	Within \pm 5%RH
5	Humidity Resistance	To leave in an ambient of 40 $^{\circ}$ C and 95%RH for 48hours.	Within \pm 5%RH
6	Temperature cycle test	5cycles.1cycle stands for leaving module under -10 $^{\circ}$ C for next 1hour. Then ,leave it another 1hours ,and lower temp. to-10 $^{\circ}$ C for next 1hour.	Within \pm 5%RH

Remark :

- All standard figures are based on humidity variation under 60%RH (at 25 $^{\circ}$ C)
- Upon completion of all test, module will be left over under nominal environment
- And humidity for 24hours.

4. Typical Response of HSM-20G at 25 °C



STANDARD CHARACTERISTICS

%RH	10	20	30	40	50	60	70	80	90
OutputV	0.74	0.95	1.31	1.68	2.02	2.37	2.69	2.99	3.19

5.0 Temperature Output Signal (HSM—20G)

$R(25^{\circ}\text{C}) = 47\text{k}\Omega \pm 1\%$, $B(25/85) = 4150 \pm 1\%$

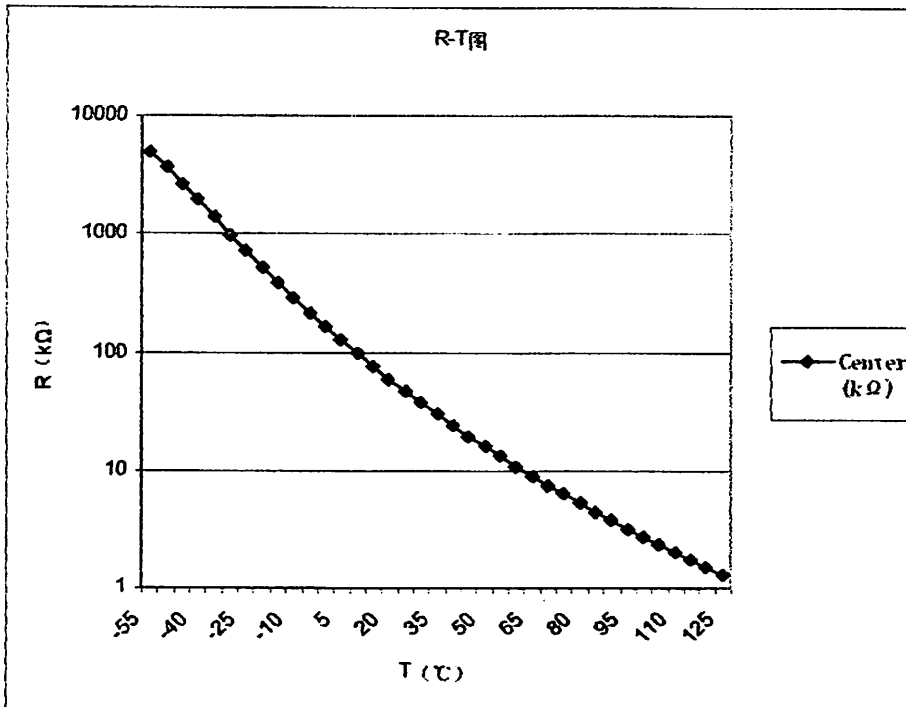
Temperature($^{\circ}\text{C}$)	0	10	20	25	30	40	50	60
Resistance($\text{k}\Omega$)	163.81	97.10	59.42	47.00	37.43	24.19	16.01	10.83

•Temperature Dependence (Reference)

$\pm 5\%$ RH($V_{\text{in}}=5\text{V DC}$, 40~80%RH, Temp Range 10~40 $^{\circ}\text{C}$ (based on 25 $^{\circ}\text{C}$))

•Voltage Dependence (Reference)

$\pm 5\%$ RH($V_{\text{in}}=5\text{V DC}$, 40~80%RH, Voltage Range 4.75~5.25V (based on 5V DC))



5.1 Temperature Output Signal (HSM—20G)

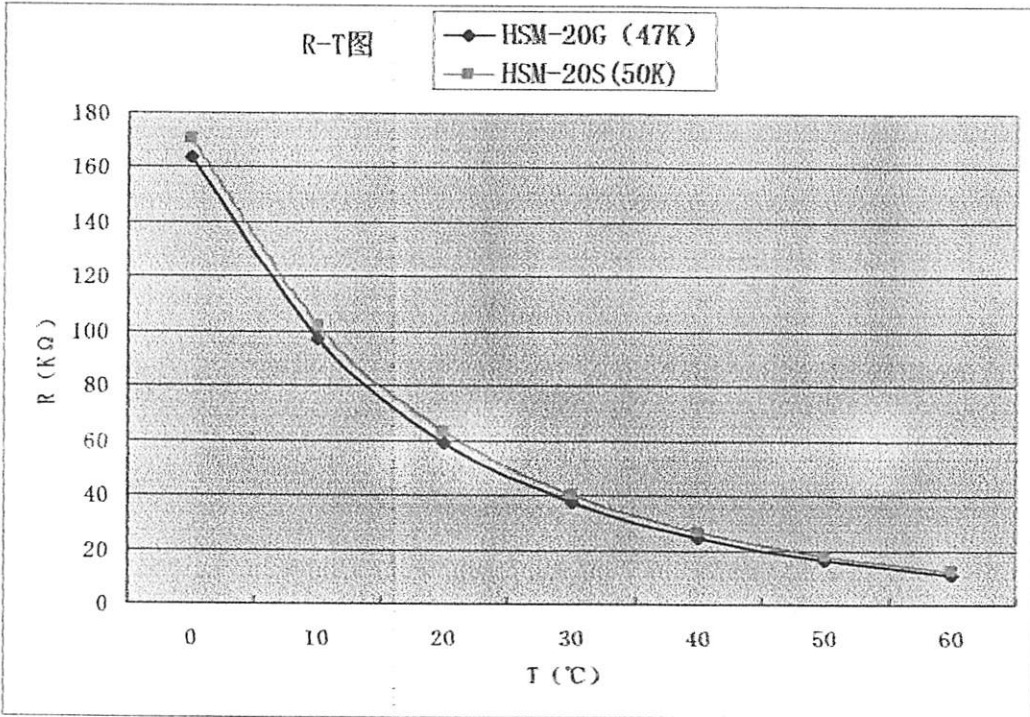
$R(25^{\circ}\text{C}) = 47\text{k}\Omega \pm 1\%$, $B(25/85) = 4150 \pm 1\%$

Temperature($^{\circ}\text{C}$)	0	10	20	25	30	40	50	60
Resistance($\text{k}\Omega$)	163.81	97.10	59.42	47.00	37.43	24.19	16.01	10.83

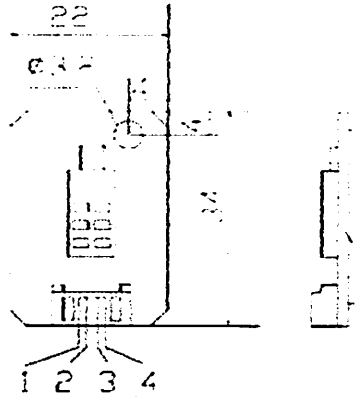
5.2 Temperature Output Signal (HSM-20S)

$R(25^{\circ}\text{C}) = 50\text{k}\Omega \pm 1\%$, $B(25/85) = 4000 \pm 1\%$

Temperature($^{\circ}\text{C}$)	0	10	20	25	30	40	50	60
Resistance($\text{k}\Omega$)	170.70	101.78	62.86	50.00	40.08	26.30	17.71	12.21

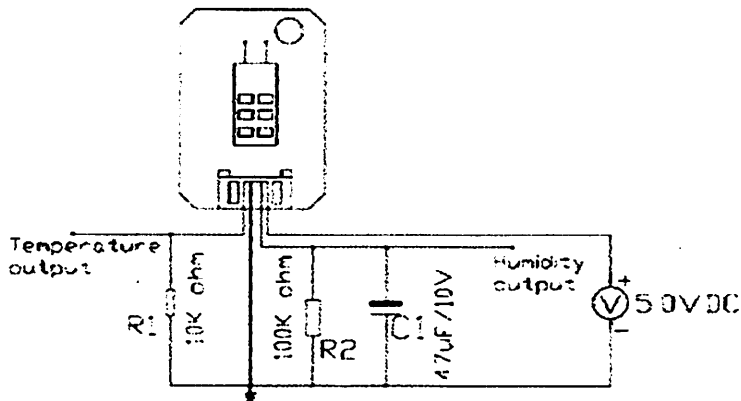


6. Dimensions (For Reference only)



Pin	Function
1	Temperature Output
2	GND
3	Humidity Output
4	Vcc (+5.0V)

7. Recommended Circuit



SS9012

SS9012

1W Output Amplifier of Potable Radios in Class B Push-pull Operation.

- High total power dissipation. ($P_T=625mW$)
- High Collector Current. ($I_C=-500mA$)
- Complementary to SS9013
- Excellent h_{FE} linearity.



1 TO-92
1. Emitter 2. Base 3. Collector

PNP Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Ratings	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	-40	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	-20	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	-5	V
I_C	Collector Current	-500	A
P_C	Collector Power Dissipation	625	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ C$
T_{STG}	Storage Temperature	-55 ~ 150	$^\circ C$

Electrical Characteristics $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
BV_{CBO}	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = -100\mu A, I_E = 0$	-40			V
BV_{CEO}	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = -1mA, I_B = 0$	-20			V
BV_{EBO}	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = -100\mu A, I_C = 0$	-5			V
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = -25V, I_E = 0$			-100	nA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = -3V, I_C = 0$			-100	nA
h_{FE1} h_{FE2}	DC Current Gain	$V_{CE} = -1V, I_C = -50mA$ $V_{CE} = -1V, I_C = -500mA$	64 40	120 90	202	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -500mA, I_B = -50mA$		-0.18	-0.6	V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -500mA, I_B = -50mA$		-0.95	-1.2	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = -1V, I_C = -10mA$	-0.6	-0.67	-0.7	V

h_{FE} Classification

Classification	D	E	F	G	H
h_{FE1}	64 ~ 91	78 ~ 112	96 ~ 135	112 ~ 166	144 ~ 202

Typical Characteristics

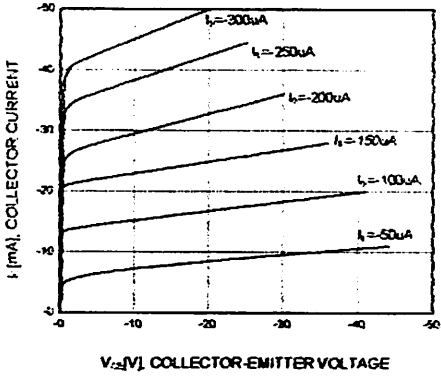


Figure 1. Static Characteristic

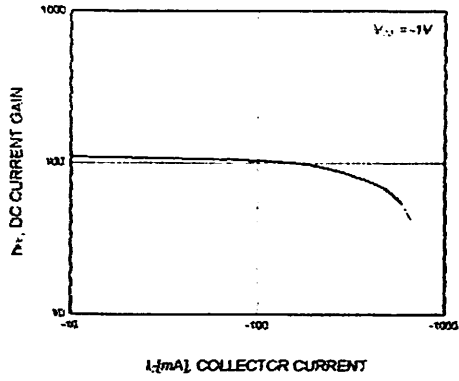


Figure 2. DC current Gain

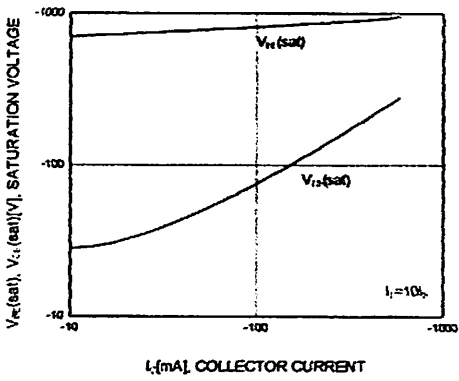


Figure 3. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

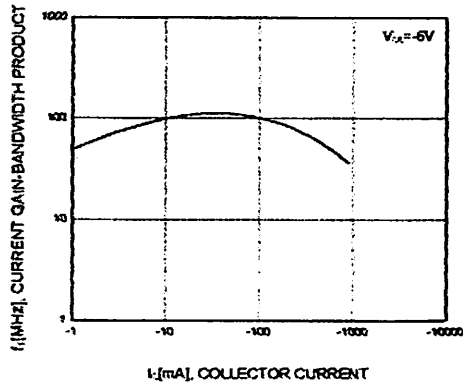
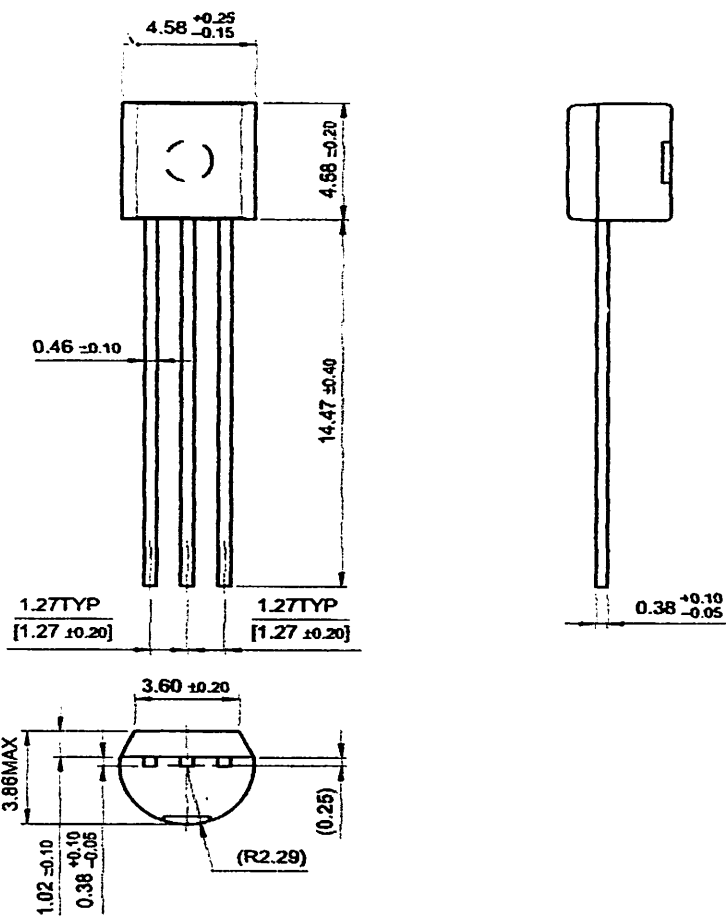


Figure 4. Current Gain Bandwidth Product

Package Demensions

SS9012

TO-92



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.

ACEx™	FAST®	OPTOPLANAR™	STAR*POWER™
Bottomless™	FASTr™	PACMAN™	Sleath™
CoolFET™	FRFET™	POP™	SuperSOT™-3
CROSSVOLT™	GlobalOptoisolator™	Power247™	SuperSOT™-6
DenseTrench™	GTO™	PowerTrench®	SuperSOT™-8
DOME™	HiSeC™	QFET™	SyncFET™
EcoSPARK™	ISOPLANAR™	QS™	TruTranslation™
E ² CMOS™	LittleFET™	QT Optoelectronics™	TinyLogic™
EnSigna™	MicroFET™	Quiet Series™	UHC™
FACT™	MICROWIRE™	SLIENT SWITCHER®	UltraFET®
FACT Quiet Series™	OPTOLOGIC™	SMART START™	VCX™

STAR*POWER is used under license

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 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, 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

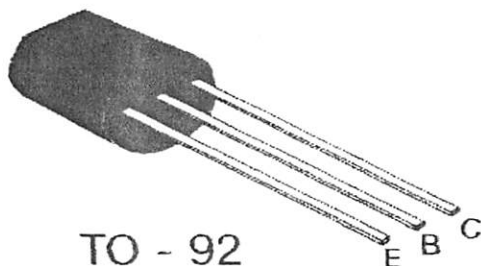
Definition of Terms

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.



W OUTPUT AMPLIFIER
F PORTABLE RADIOS IN CLASS
PUSH-PULL OPERATION

High total power dissipation ($P_T=625\text{mW}$)
 High Collector Current ($I_C=500\text{mA}$)
 Excellent h_{FE} linearity.



TO - 92

CLASSIFICATION h_{FE} (1)

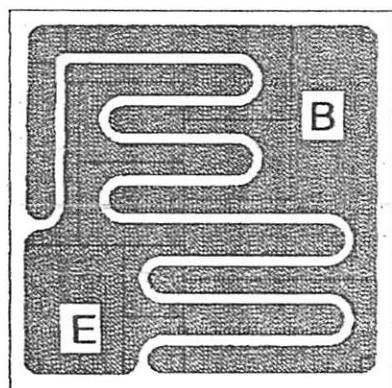
Classification	D	E	F	G	H
h_{FE} (1)	64-91	78-112	96-135	112-166	144-202

Absolute Maximum Ratings ($T_a=25^\circ\text{C}$)

Symbol	Parameter	Rating	Units
V_{CB0}	Collector-Base Voltage	40	V
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage	20	V
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current	500	mA
P_T	Collector Dissipation	625	mW
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{stg}	Storage Temperature	-55 ÷ 150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
V_{CB0}	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C=100\mu\text{A}, I_E=0$	40			V
V_{CE0}	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C=1\text{mA}, I_B=0$	20			V
V_{EB0}	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E=100\mu\text{A}, I_C=0$	5			V
I_{C0}	Collector Cutoff Current	$V_{CB}=25\text{V}, I_E=0$			100	nA
I_{E0}	Emitter Cutoff Current	$V_{EB}=3\text{V}, I_C=0$			100	nA
h_{FE1}	DC Current Gain	$V_{CE}=1\text{V}, I_C=50\text{mA}$	64	120	202	
h_{FE2}	DC Current Gain	$V_{CE}=1\text{V}, I_C=500\text{mA}$	40	120		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C=500\text{mA}, I_B=50\text{mA}$		0.16	0.6	V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C=500\text{mA}, I_B=50\text{mA}$		0.91	1.2	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE}=1\text{V}, I_C=10\text{mA}$	0.6	0.67	0.7	V

Lead Location

- DIE SIZE 495 X 495 μm
- DIE THICKNESS Typ. 470 μm
- BONDING PAD SIZE
 - Emitter 85 x 114 μm
 - Base 85 x 154 μm