

**PERANCANGAN AVR (AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR)
PADA SIMULATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO
BERBASIS MIKROKONTROLLER AT 89S51**



TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Arma Sanjaya

Nim : 0852006

**JURUSAN TEKNIK ENERGI LISTRIK D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012**

LEMBAR JUDUL TUGAS AKHIR

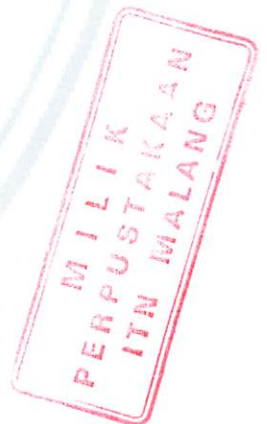
**PERANCANGAN AVR (AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR) PADA
SIMULATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO
BERBASIS MIKROKONTROLLER AT 89S51**



Disusun Oleh :

ARMA SANJAYA

Nim : 08.52.006



**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012**

LEMBAR PERSETUJUAN

**Perancangan AVR Pada Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
Berbasis Mikrokontroler AT 89S51**

TUGAS AKHIR

Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh


Gelar Diploma III Teknik Listrik

Disusun Oleh :


ARMA SANJAYA

Nim : 08.52.006

**Mengetahui
Ketua Program Studi
Teknik Elektro D-III**


Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y 1018700151

**Diperiksa dan Disetujui
Dosen Pembimbing**


Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP.Y 1028400082

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012**



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

N a m a : ARMA SANJAYA
N I M : 08.52.006
JURUSAN : TEKNIK LISTRIK D III
JUDUL TUGAS AKHIR : PERANCANGAN AVR PADA SIMULATOR PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO BERBASIS
MIKROKONTROLLER AT 89S51

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Jenjang Program Diploma Tiga (DIII), pada :

Hari/Tanggal : Selasa / 21 – 02 – 2012

Dengan nilai :

Panitia Ujian Tugas Akhir

Ketua

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y 1018700151

Sekretaris

Ir. Eko Nurcahyo
NIP.Y. 10128700172

Anggota Penguji I

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 1018800188

Anggota Penguji II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayah Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan baik.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu kewajiban dimaksudkan sebagai sarana dalam menyelesaikan program studi Diploma III Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Listrik.

Laporan ini dapat terselesaikan atas bantuan dari berbagai pihak, untuk itu perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Taufik Hidayat, selaku Kajor DIII Teknik Listrik
2. Bapak Bambang Prio H .ST, MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.
3. Bapak atau Ibu dosen Pengajar yang telah memberikan ilmu pelajaran kepada penulis di Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Rekan-rekan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Teman – teman satu klompok saya yang bekerja sama dengan saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Dalam penyusunan laporan ini penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan serta jauh dari kesempurnaan oleh karena itu penulis mengharap saran dan kritik demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini .

Akhir kata semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

PERANCANGAN AVR PADA SIMULATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) BERBASIS MIKROKONTROLLER AT 89S51

Oleh :

Arma Sanjaya (0852006),
Dosen Pembimbing : Bambang Prio Hartono, ST, MT
Jurusan Teknik Elektro.Prodi Teknik Listrik D-III
Fakultas Teknik Industri, ITN, Malang
E-mail : Sanjaya_arma@yahoo.co.id

ABSTRAK

Arma Sanjaya 2012” Tugas Akhir TekniK Listrik ITN MALANG.

Automatic Voltage Regulator (AVR) memegang peranan penting pada proses pembentukan profil tegangan terminal suatu generator mengatur arus penguatan (excitacy) pada exciter apabila tegangan output generator di bawah tegangan nominal tegangan generator, maka AVR akan memperbesar arus penguatan (excitacy) pada exciter. Dan juga sebaliknya apabila tegangan output Generator melebihi tegangan nominal generator maka AVR akan mengurangi arus penguatan (excitacy) pada exciter. Dengan demikian apabila terjadi perubahan tegangan output Generator akan dapat distabilkan oleh AVR secara otomatis.

Tugas akhir ini bertujuan untuk perancangan Pembangkit listrik Tenaga Mikrohidro ini saya mengkonsentrasikan pada perancangan AVR (automatic Voltage Regulator) secara otomatis peralatan yang dikontrol meliputi relay sebagai pengontrol arus resistor, LCD sebagai tampilan tegangan menunjukkan 220 V, ADC sebagai analog digital converter.

Alat ini menggunakan driver relay sebagai pengontrol arus pada resistor dengan tujuan agar pada saat tegangan melebihi 220 V maka driver relay ini bekerja dengan menambah nilai resistor hingga mencapai tegangan konstan yaitu 220 V, dan sebaiknya jika tegangannya menurun maka driver relay ini bekerja dengan mengurangi nilai resistornya dengan tujuan agar tegangan yang dikeluarkan tetap konstan yaitu 220 V, ADC disini digunakan sebagai Analag Digital Converter digunakan sebagai merubah analog pada pembagi tegangan menjadi digital yang dikontrol oleh mikrokontroller AT 89S51 dan LCD digunakan sebagai tampilan tegangan generator dengan menunjukkan 220 V.

Kata Kunci : AVR, EXCITACY,ADC,LCD, MK AT 89S51.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL TUGAS AKHIR

LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI TUGAS AKHIR

LEMBAR PENGUJI TUGAS AKHIR

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi	3
1.6. Tinjauan Pustaka	4
1.7. Sistem Penulisan	5

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Mikrokontroler AT89S51	7
----------------------------------	---

2.1.1. Fitur-fitur AT89S51	7
2.1.2. Konfigurasi Pin AT89S51.....	9
2.2 Display LCD Character 2x16	12
2.3 PCF 8591	14
2.4 Relay	15
2.5 Transformator	17
2.6 Dioda	21
2.6.1 Karakteristik Arus Pada Dioda	23
2.7 Lampu	25
2.8 Transistor.....	27
2.8.1 Transistor NPN	29
2.8.2 Transistor PNP	30
2.9 Resistor	32
2.10Kapasitor	34
2.11 Generator	36

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Diagram Blok Rangkaian	39
3.2. Perencanaan hardware.....	40
3.2.1 Rangkaian ADC	40
3.2.2 Rangkaian LCD	41
3.2.3 Hardware AT89S51	42
3.2.3.1 Perencanaan Rangkaian clock	42
3.2.3.2 Perencanaan Rangkaian Reset Mikrokontroler	43

3.2.4 Rangkaian Driver Relay Sebagai Pengontrol Resistor	46
3.2.5 Rangkaian Catu Daya	49
3.2.6 Rangkaian Pembagi Tegangan	51
3.2.7 Flow Chart Perancangan AVR Pada Simulator PLTMH.....	54

BAB IV PENGUJIAN ALAT

4.1 Pengujian Mikrokontroler AT 89S51.....	55
4.1.1 Tujuan	55
4.1.2 Prosedur Pengujian	56
4.1.3 Hasil Pengujian	56
4.1.4 Analisa Pengujian	57
4.2 Pengujian LCD	58
4.2.1 Tujuan	58
4.2.2 Peralatan	58
4.2.3 Prosedur Pengujian	58
4.2.4 Hasil Pengujian LCD.....	59
4.3 Pengujian Relay Sebagai Pengontrol Resistor	59
4.3.1 Tujuan	59
4.3.2 Peralatan	59
4.3.3 Prosedur Pengujian	59
4.3.4 Hasil Pengukuran	60
4.3.5 Analisa Pengujian	62
4.4 Pengujian Catu Daya	62
4.4.1 Tujuan	62
4.4.2 Peralatan	62

4.4.3	Prosedur Pengujian	62
4.4.4	Hasil Pengukuran.....	63
4.4.5	Analisa Pengujian	64
4.5	Pengujian Alat Keseluruhan	64
4.6	Spesifikasi Alat	65

BAB V PENUTUP

5.1	Simpulan	71
5.2	Saran dan Harapan	72

DAFTAR PUSTAKA	73
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2 – 1. Blok Diagram AT 89S51	10
GAMBAR 2 – 2. Konfigurasi Pin IC AT89S51	11
GAMBAR 2 – 3. LCD character 2x16	14
GAMBAR 2 – 4. Peta memory LCD character 2x1	14
GAMBAR 2 – 5. Rangkaian PCF 8591	16
GAMBAR 2 – 6. Simbol dan Bentuk Fisik Relay	18
GAMBAR 2 – 7. Transformator	22
GAMBAR 2 – 8. Kurva Karakteristik forward V-I dioda	24
GAMBAR 2 – 9. Dioda	25
GAMBAR 2 – 10. Lampu	27
GAMBAR 2 – 11. Struktur dan sinyal dari transistor NPN	29
GAMBAR 2 – 12. Rangkaian Commom Emmiter Input AC	30
GAMBAR 2 – 13. Karakteristik Common Transistor	30
GAMBAR 2 – 14. Struktur Dan Sinyal Dari Transistor PNP	30
GAMBAR 2 – 15. Rangkaian Common Base Transistor	31

GAMBAR 2 – 16. Karakteristik Kurva Common Base	31
GAMBAR 2 – 17. Simbol dan Bentuk Fisik Resistor	31
GAMBAR 2 – 18. Simbol dan Fisik Kapasitor	36
GAMBAR 2 – 19. Kontruksi sederhana generator dan Fisik Generator	37
GAMBAR 3 – 1. Diagram block alat	39
GAMBAR 3 – 2. Rangkaian ADC (Analog Digital Converter)	41
GAMBAR 3 – 3. Rangkaian LCD	41
GAMBAR 3 – 4. Rangkaian Clock	43
GAMBAR 3 – 5. Rangkaian reset untuk MCU AT 89S51	44
GAMBAR 3 – 6. Rangkaian minimum AT 89S51	46
GAMBAR 3 – 7. Driver Relay	49
GAMBAR 3 – 8. Rangkaian Catu Daya	51
GAMBAR 3 – 9. Rangkaian Pembagi Tegangan	51
GAMBAR 3 – 10. Rangkaian Keseluruhan	53
GAMBAR 3 – 11. Flow Chart	54
GAMBAR 4 – 1. Diagram blok Pengujian Mikrokontroller	56
GAMBAR 4 – 2. Pengujian LCD	59

GAMBAR 4 – 3. Arus (Ib) Tr. 9013	60
GAMBAR 4- 4. Arus (Ib) Tr. 9012	60
GAMBAR 4 – 5. Tegangan Relay	60
GAMBAR 4 – 6. Tegangan 12 V	62
GAMBAR 4 – 7. Rangkaian Keseluruhan	64
GAMBAR 4 – 8. Kondisi Alat Saat Menyala	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada dasarnya mikrohidro adalah pembangkit listrik dalam skala kecil yang dapat membangkitkan listrik kurang lebih Output yang dihasilkan berkisar dari 5kW sampai 100 kW; biasanya digunakan untuk penyediaan energi bagi komunitas kecil atau masyarakat pedesaan yang terpencil atau susah dijangkau dan juga mikrohidro ini dapat meringankan beban PLN yang mana dengan semakin banyaknya pembuatan mikrohidro maka semakin sedikit energi listrik yang dikeluarkan, dari sisi keuntungan bisa berbentuk :
(listrikmikrohidro.com/consultant).

- **Off-grid** : daya yang dihasilkan hanya digunakan oleh penduduk /komunitas sekitar baik karena daya yang dihasilkan terbatas maupun tidak terjangkau oleh jaringan PLN. Pengoperasian dan pengelolaannya dapat diserahkan langsung kepada pengurus desa setempat melalui badan usaha koperasi. Masyarakat pengguna energi listrik dari mikrohidro membayar iuran ke koperasi untuk menjaga kesinambungan operasi mikrohidro.
- **On grid** : daya yang dihasilkan digunakan untuk konsumsi penduduk sekitar pembangkit mikro hidro dan dijual ke PLN melalui saluran distribusi yang ada, jika terjadi kelebihan suplai energi listrik.

Berdasarkan beberapa penjelasan diatas, penyusunan memiliki inisiatif dalam menyelesaikan penelitian dengan membuat simulator Mikrohidro yang mana konsentrasi yang dibuat disini berupa Perancangan AVR dengan tujuan secara umum adalah mengatur arus penguatan (excitacy) pada exciter apabila tegangan output generator di bawah tegangan nominal tegangan generator, maka AVR akan memperbesar arus penguatan (excitacy) pada exciter. Dan juga sebaliknya apabila tegangan output Generator melebihi tegangan nominal generator maka AVR akan mengurangi arus penguatan (excitacy) pada exciter. Dengan demikian apabila terjadi perubahan tegangan output Generator akan dapat distabilkan oleh AVR secara otomatis.

Pada Perancangan AVR dalam pembuatan simulator ini digunakan untuk mengontrol output pada tegangan generator (V) akan turun sehingga diperlukan arus eksitasi yang lebih besar dari pada arus eksitasi yang diperlukan pada saat generator berbeban kosong agar tegangan nominal yang tetap pada saat menanggung beban, maka AVR harus dapat mengatur dan memberi arus eksitasi yang besarnya sebanding dengan arus beban dan besarnya penurunan tegangan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diambil perumusan masalah yaitu bagaimana merancang suatu AVR (Automatic Voltage Regulator) pada simulator Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro sehingga tegangan output generator di bawah tegangan nominal tegangan generator, maka AVR akan memperbesar arus penguatannya dan juga sebaliknya apabila tegangan output

Generator melebihi tegangan nominal generator maka AVR akan mengurangi arus penguatan.

1.3 TUJUAN

Tujuan dari perancangan AVR (Automatic Voltage Regulator) agar dapat menjaga agar tegangan generator tetap konstan dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu stabil tidak terpengaruh pada perubahan beban yang selalu berubah-ubah, dikarenakan beban sangat mempengaruhi tegangan output generator. Dan secara umum agar dapat memperkenalkan PLTM kepada masyarakat luas.

1.4 BATASAN MASALAH

Penulis menyadari ilmu pengetahuan yang dimiliki terbatas. Sehingga dalam pembuatan tugas akhir dibuat suatu batasan masalah. Adapun batasan masalah yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

- a. Cara kerja alat yang dibuat.
- b. Alat ini hanya mengontrol tegangan yang dikeluarkan oleh generator agar tetap konstan dan menghasilkan tegangan sebesar 30 Watt.
- c. Bagaiman merancang hardware dan membuat software untuk mengatur mikrokontroler yang digunakan dalam pengontrolan tegangan agar stabil.

1.5 METEDOLOGI

Untuk mencapai tujuan di atas maka ditempuh langkah – langkah sebagai berikut :

1. Penentuan dan Penentuan

Mengumpulkan dan mempelajari literatus sehubungan dengan permasalahan yang dihadapi, seperti mikrokontroller dan peralatan pendukung lainnya.

2. Studi Literatur Tentang Teori Penunjang Tugas Akhir

Mempelajari secara teoritis dan praktis tentang RTC, Pemograman mikrokontroller, serta alat penunjang lain.

3. Perancangan Sistem

Melakukan perancangan system Tugas Akhir secara umum, yaitu Mengontrol tegangan yang dikeluarkan oleh generator agar tetap konstan.

4. Pembuatan Alat

Membuat Tugas Akhir bagian per bagian dimulai dari rangkaian penunjang sampai rangkaian utama.

5. Pengujian Alat.

Melakukan pengujian dan analisa terhadap hasil program untuk menggerakkan Triac pada alat control yang sudah dibuat.

6. Penyempurnaan Alat

Perbaiki terhadap kerusakan dan penyempurnaan dari system yang dibuat agar sesuai dengan harapan.

7. Penyusunan Buku

Menyimpulkan hasil perencanaan dan pembuatan serta penyempurnaan alat agar dengan hasil pengujian, sehingga tersusunlah buku laporan Tugas Akhir.

1.6 TINJAUAN PUSTAKA

Dari masa kemasa seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi, manusia menghendaki kehidupan yang lebih nyaman. Bagi masyarakat modern, listrik merupakan kebutuhan primer. Dalam menjalani hal ini bisa kita lihat dalam kehidupan sehari-hari listrik bermanfaat untuk kebutuhan rumah tangga, antara lain sebagai penerangan rumah pada malam hari, sebagai lampu penerangan belajar, dan yang paling sering kita jumpai adalah sebagai penerangan jalan raya. Hampir setiap bangunan dan jalan raya membutuhkan listrik seperti sekolah / kampus, perkantoran, rumah sakit, hotel, rest, terutama pada wilayah perdesaan yang terkadang jauh dari jangkauan untuk mengakses pasokan listrik

Adanya kebutuhan yang mengharuskan suplay daya yang kontinyu pada suatu AVR sehingga sebuah control yang bersifat otomatis. Dalam mengendalikan dan mengontrol listrik yang di konsumsi oleh lampu, microcontroller maupun PC tidak dapat berhubungan langsung dengan peralatan-peralatan tersebut. Untuk proses pengendalian tersebut diperlukan bantuan relay atau triac yang berfungsi sebagai pelaksana dari perintah yang diberikan.

1.7 SISTEMATIK PENULISAN

Agar tercapainya sasaran dari pembahasan Tugas Akhir ini sesuai dengan yang diharapkan, maka susunan dari sistematika pembahasan Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab I ini menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II ini menguraikan tentang teori dasar / kajian pustaka yang mendasari dari gagasan – gagasan tentang Perancangan AVR (Automatic Voltage Regulatore) pada simulator Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

BAB III : METODOLOGI

Pada bab III ini menguraikan tentang seluruh tahapan – tahapan yang dilakukan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

BAB IV : ANALISA DATA

Pada bab IV menguraikan tentang hasil yang diperoleh dari rancangan alat yang telah dibuat.

BAB V : PENUTUP

Pada bab terakhir ini menguraikan tentang simpulan dan saran dari materi Tugas Akhir yang telah diuraikan dan dibahas diatas.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler, sesuai dengan namanya adalah suatu alat atau komponen pengontrol atau pengendali yang berukuran kecil (mikro). Mikrokontroler lebih unggul dibandingkan dengan mikroprosesor, hal ini disebabkan karena :

- Tersedia I/O

I/O dalam mikrokontroler sudah tersedia, bahkan untuk AT89S51 ada 32 jalur I/O, sementara pada mikroprosesor dibutuhkan IC tambahan untuk menangani I/O.

- Memori internal

Memori merupakan media untuk menyimpan program dan data sehingga mutlak harus ada. Mikroprosesor belum memiliki memori internal sehingga memerlukan IC memori internal.

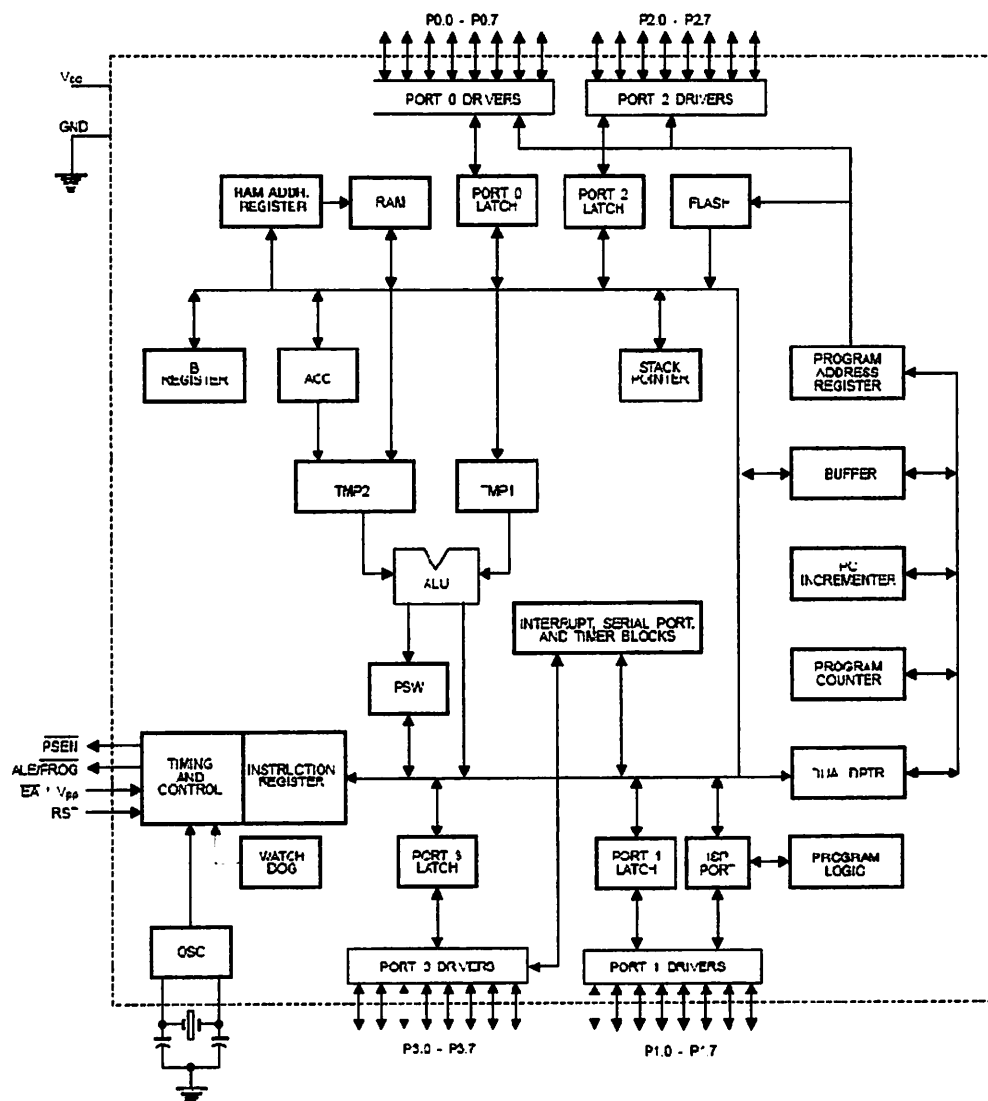
(Pemrograman Mikrokontroler AT89S51)

2.1.1 Fitur-fitur AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 merupakan produk ATMEL yang memiliki fitur-fitur sebagai berikut :

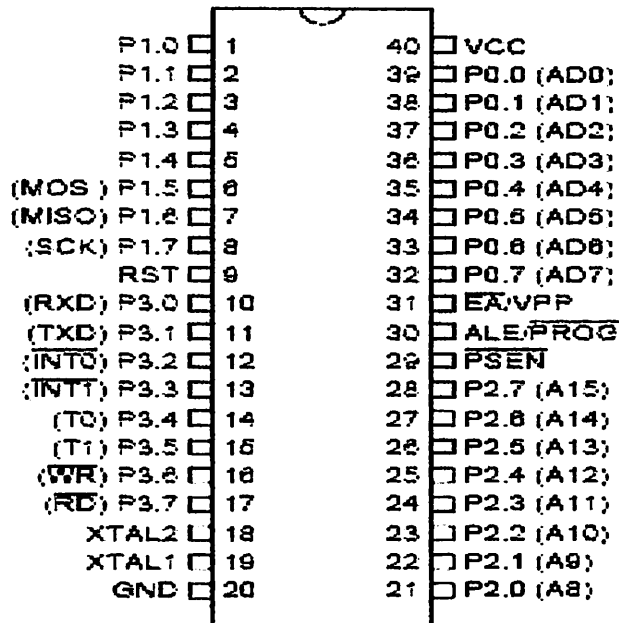
1. Kompatibel dengan MCS-51
2. 4 kbyte memori program yang dapat ditulis hingga 1000 kali
3. 0 kecepatan clock -33 MHz
4. 128 byte memori RAM internal

5. 32 jalur input – output (4 buah port parallel I/O)
6. 2 data pointer
7. ISP (In System Programmable) Flash memori
8. Port serial full-duplex



Gambar 2.1
Blok Diagram AT89S51
 (Sumber : www.atmel.com)

2.1.2 Konfigurasi Pin AT89S51



Gambar 2.2
Konfigurasi Pin IC AT89S51
 (Sumber : www.atmel.com)

Mikrokontroler AT89S51 memiliki pin berjumlah 40 dan umumnya dikemas dalam DIP (*Dual Line Package*). Masing-masing pin mikrokontroler AT89S51 mempunyai kegunaan sebagai berikut :

a. Port 1

Merupakan salah satu port yang berfungsi sebagai *general purpose I/O* dengan lebar 8 bit. Sedangkan untuk fungsi lainnya , port 1 tidak memiliki.

b. RST

Pin ini berfungsi sebagai input untuk melakukan reset terhadap mikro dan jika RST bernilai high selama minimal 2 *machine cycle*, maka nilai internal register akan kembali seperti awal mula bekerja.

c. Port 3

Merupakan port yang terdiri dari 8 bit masukan dan keluaran. Di samping berfungsi sebagai masukan dan keluaran, port 3 juga mempunyai fungsi khusus lainnya.

Port/Pin	Fungsi Alternatif
P3.0	RXD (port serial input)
P3.1	TXD (port serial output)
P3.2	INT0 (interupsi eksternal 0)
P3.3	INT1 (interupsi eksternal 1)
P3.4	T0 (input eksternal timer 0)
P3.5	T1 (input eksternal timer 1)
P3.6	WR (write strobe memori data eksternal)
P3.7	WR (read strobe memori program eksternal)

Tabel 2.1. Fungsi khusus Port 3
(Sumber : www.ATMEL.com)

d. XTAL 1 dan XTAL 2

Merupakan pin inputan untuk kristal osilator

e. GND

Pada kaki berfungsi sebagai pentanahan (ground)

f. Port 2

Merupakan salah satu port yang berfungsi sebagai *general purpose I/O* dengan lebar 8 bit. Fungsi lainnya adalah sebagai *high byte address bus* (pada penggunaan memori eksternal).

g. PSEN

PSEN (*program Store Enable*) adalah pulsa pengaktif untuk membaca program memori luar.

h. ALE

Berfungsi untuk *demultiplexer* pada saat port 0 bekerja sebagai *mulatiplexed address/data bus* (pengaksesan memori eksternal). Pada paruh pertama memory cycle, pin ALE mengeluarkan signal latch yang menahan alamat ke eksternal register. Pada paruh kedua memory cycle, port 0 akan digunakan sebagai data bus. Jadi fungsi utama dari ALE adalah memberikan signal ke IC latch (bisa 74HCT573) agar menahan/ menyimpan address dari port 0 yang menuju memori eksternal (address 0-7) dan selanjutnya memori eksternal akan mengeluarkan data yang melalui port 0 juga.

i. EA

EA (*External Access*) harus dihubungkan dengan ground jika menggunakan program memori luar. Jika menggunakan program memori internal maka EA dihubungkan dengan VCC. Dalam keadaan ini mikrokontroller bekerja secara *single chip*.

j. Port 0

Merupakan salah satu port yang berfungsi sebagai *general purpose I/O* (dapat digunakan sebagai masukan dan juga sebagai keluaran) dengan lebar 8 bit. Fungsi lainnya adalah sebagai *multiplexed address/data bus* (pada saat mengakses memori eksternal).

k. VCC

Pada kaki ini berfungsi sebagai tempat sumber tegangan sebesar +5 Volt.

2.2 Display LCD Character 2x16

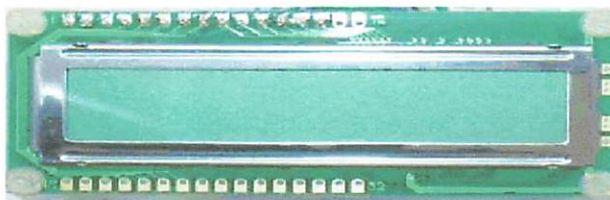
Display LCD 2x16 berfungsi sebagai penampil nilai kuat induksi medan elektromagnetik yang terukur oleh alat. LCD yang digunakan pada alat ini mempunyai lebar display 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD Character 2x16, dengan 16 pin konektor, yang didefinisikan sebagai berikut:

Tabel 2.2
fungsi pin LCD character 2x16
 Sumber : www.delta-elektronik.com

PIN	Nama	fungsi
1	VSS	Ground voltage
2	VCC	+5V
3	VEE	Contrast voltage
4	RS	Register Select0 = Instruction Register1 = Data Register

5	R/W	Read/ Write, to choose write or read mode 0=write mode 1 = read mode
6	E	Enable 0 = start to lacht data to LCD character 1= disable
7	DB0	LSB
8	DB1	-
9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB5	-
13	DB6	-
14	DB7	MSB
15	BPL	Back Plane Light
16	GND	Ground voltage

Gambar 2.3
LCD character 2x16
Sumber : www.delta-elektronik.com



Display	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
Line 1	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	...
Line 2	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	...

Gambar 2.4
Peta memory LCD character 2x16
Sumber : www.delta-elektronik.com

Pada peta memori diatas, daerah yang berwarna biru (00 s/d 0F dan 40 s/d 4F) adalah display yang tampak. jumlahnya sebanyak 16 karakter per baris dengan dua baris. Angka pada setiap kotak adalah alamat memori yang bersesuaian dengan posisi dari layar. Dengan demikian dapat dilihat karakter pertama yang berada pada posisi baris pertama menempati alamat 00h. dan karakter kedua yang berada pada posisi baris kedua menempati alamat 40h.

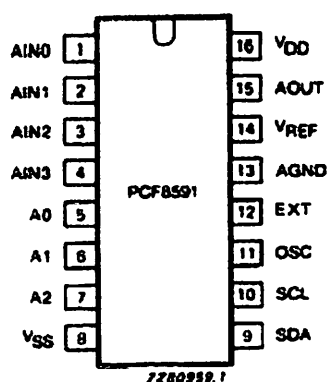
Agar dapat menampilkan karakter pada display maka posisi kursor harus terlebih dahulu diset. Instruksi Set Posisi Kursor adalah 80h. dengan demikian untuk menampilkan karakter, nilai yang terdapat pada memory harus ditambahkan dengan 80h.

Sebagai contoh, jika kita ingin menampilkan huruf “B” pada baris kedua pada posisi kolom kesepuluh.maka sesuai dengan peta memory, posisi karakter pada kolom 10 dari baris kedua mempunyai alamat 4Ah, sehingga sebelum kita menampilkan huruf “B” pada LCD, kita harus mengirim instruksi set posisi kursor, dan perintah untuk instruksi ini adalah 80h ditambah dengan alamat 80h + 4Ah =0Cah. Sehingga dengan mengirim perintah 0Cah ke LCD, akan menempatkan kursor pada baris kedua dan kolom ke 11.

2.3 PCF 8591

PCF8591 ialah AD/DA Converter 8 bit dengan 4 input analog menggunakan interface I2C. dan sebuah keluaran analog. Dari empat buah masukan analog yang ada, hanya satu masukan yang digunakan yaitu masukan analog AIN0 yang dihubungkan dengan variabel resistor 10 K Ω yang telah terhubung dengan tegangan catu.

Untuk dapat menggunakan pembangkit detak (oscillator) internal yang telah terdapat pada PCF8591, maka pin EXT dihubungkan dengan ground dan pin OSC, diambangkan (no connect). Pada pin AOUT dapat diketahui besarnya tegangan hasil konversi digital ke analog yang dilakukan PCF8591. Pin-pin SDA dan SCL dihubungkan dengan sistem bus I2C yang ada. Pengaturan alamat PCF8591 dipilih dengan menghubungkan A0 – A1 dengan GND dan A2 dengan tegangan VCC, sehingga diperoleh alamat 1001 100X untuk PCF859



Gambar 2.5
rangkaian PCF 8591
(Rodwell International Corporation, 1999)

2.4 Relay

Relay adalah saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain. Sebuah relay tersusun atas kumparan, pegas, saklar (terhubung pada pegas) dan 2 kontak elektronik (normally close dan normally open).

2.4.1.1.1.1.1 Normally close (NC) : saklar terhubung dengan kontak ini saat relay tidak aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi terbuka.

2.4.1.1.1.1.2 Normally open (NO) : saklar terhubung dengan kontak ini saat relay aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi tertutup.

Berdasarkan pada prinsip dasar cara kerjanya, relay dapat bekerja karena adanya medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Saat kumparan diberikan tegangan sebesar tegangan kerja relay maka akan timbul medan magnet pada kumparan karena adanya arus yang mengalir pada lilitan kawat. Kumparan yang bersifat sebagai elektromagnet ini kemudian akan menarik saklar dari kontak NC ke kontak NO. Jika tegangan pada kumparan dimatikan maka medan magnet pada kumparan akan hilang sehingga pegas akan menarik saklar ke kontak NC.

Relay mempunyai beberapa tipe, antara lain :

SPST (Single Pole Single Throw)

SPDT (Single Pole Double Throw)

DPST (Double Pole Single Throw)

DPDT (Double Pole Double Throw)

Relay dibedakan menjadi dua jenis menurut tegangan sumber yang digunakan untuk mengaktifkan koilnya, yaitu :

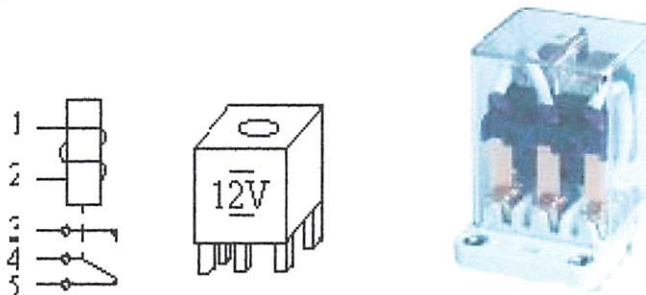
Relay dengan koil AC (*Alternating Current*)

Relay dengan koil DC (*Direct Current*)

Pada umumnya relay banyak digunakan untuk :

- Mengontrol rangkaian tegangan tinggi dengan sinyal tegangan input yang kecil
- Mengontrol rangkaian yang mempunyai arus besar dengan sinyal arus input yang kecil
- Mendeteksi dan mengisolasi jaringan pengiriman dan pendistribusian dengan cara mematikan dan menghidupkan circuit breaker

Adapun gambar fisik dan symbol relay seperti di tunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.6
Simbol dan Bentuk Fisik Relay
 (Sumber : <http://www.germes-online.com>)

2.5 Transformator

Trasformator adalah alat yang merupakan fungsi menaikkan atau menurunkan tegangan input atau menurunkan tegangan output.

- Trafo yang berfungsi menaikkan tegangan input adalah trafo step up.
- Trafo yang berfungsi menurunkan tegangan adalah trafo step down.

Bagian-bagian dari trafo terdiri dari :

- ✓ Kumparan primer.
- ✓ Kumparan diode.
- ✓ Inti trafo.

Cara kerja traseformer : Arus bolak - balik (AC) melewati koil utama (kumparan primer) yang menginduksi arus bolak - balik di koli kedua (kuparansekunder)

Type-type Trasformator :

- Trasformator tetap dimana trafo tersebut hanya mempunyai voltase keluaran yang tetap.
- Trasformator variable ialah trafo yang mempunyai lebih dari satu voltasi keluarannya, type trafo ini mempunyai “brush” geser yang dapat digerakkan untuk menyetel keluaran voltase trafo ini.

Klasifikasi

Transformator tenaga dapat di klasifikasikan menurut:

- Pasangan dalam
- Pasangan luar

Cara Kerja dan Fungsi Tiap-tiap Bagian

Suatu transformator terdiri atas beberapa bagian yang mempunyai fungsi masing-masing:

- **Bagian utama**

- **Inti besi**

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh “Eddy Current”.

- **Kumparan trafo**

Beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain.

Umumnya pada trafo terdapat kumparan primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluksi yang menginduksikan tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaiian beban) maka akan mengalir arus pada kumparan ini. Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

- Kumparan tertier

Kumparan tertier diperlukan untuk memperoleh tegangan tertier atau untuk kebutuhan lain. Untuk kedua keperluan tersebut, kumparan tertier selalu dihubungkan delta. Kumparan tertier sering dipergunakan juga untuk penyambungan peralatan bantu seperti kondensator synchrone, kapasitor shunt dan reactor shunt, namun demikian tidak semua trafo daya mempunyai kumparan tertier.

- Minyak trafo

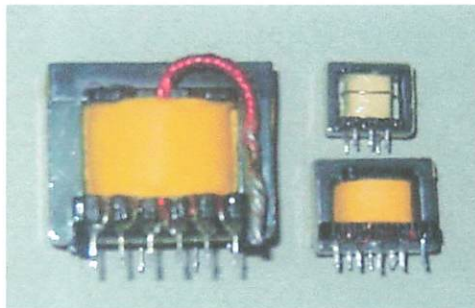
- Sebagian besar trafo tenaga kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak-trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (disirkulasi) dan bersifat pula sebagai isolasi (daya tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
kekuatan isolasi tinggi
- penyalur panas yang baikberat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat
- viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik
- titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan
- tidak merusak bahan isolasi padat

- sifat kimia yang stabil.
- Peralatan Bantu

- Pendingin

Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi di dalam trafo, maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut trafo perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar trafo. Media yang digunakan pada sistem pendingin dapat berupa: Udara/gas, minyak dan air. Pengalirannya (sirkulasi) dapat dengan cara:

- Alamiah (natural)
- Tekanan/paksaan (forced).



Gambar 2.7

Trasformator

(Rodwell International Corporation, 1999)

2.6 Dioda

Dioda adalah komponen elektronika yang hanya memperbolehkan arus listrik mengalir dalam satu arah sehingga dioda biasa disebut juga

sebagai “Penyearah”. Dioda terbuat dari bahan semikonduktor jenis *silicon* dan *germanium*.

Dioda terbuat dari penggabungan dua tipe semikonduktor yaitu tipe P (*Positive*) dan tipe N (*Negative*), kaki dioda yang terhubung pada semikonduktor tipe P dinamakan “*Anode*” sedangkan yang terhubung pada semikonduktor tipe N disebut “*Katode*”.

Pada bentuk aslinya pada dioda terdapat tanda cincin yang melingkar pada salah satu sisinya, ini digunakan untuk menandakan bahwa pada sisi yang terdapat cincin tersebut merupakan kaki Katode.

Arus listrik akan sangat mudah mengalir dari anoda ke katoda hal ini disebut sebagai “*Forward-Bias*” tetapi jika sebaliknya yakni dari katoda ke anoda, arus listrik akan tertahan atau tersumbat hal ini dinamakan sebagai “*Reverse-Bias*”.

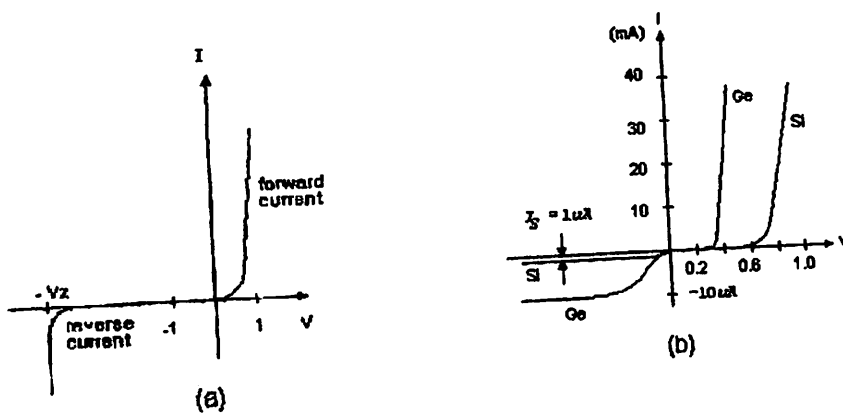
Aplikasi Bentuk

Dioda banyak diaplikasikan pada rangkaian penyearah arus (*rectifier*) power suplai atau konverter AC ke DC. Dipasar banyak ditemukan dioda seperti 1N4001, 1N4007 dan lain-lain. Masing-masing tipe berbeda tergantung dari arus maksimum dan juga tegangan *breakdwon*-nya. Zener banyak digunakan untuk aplikasi regulator tegangan (*voltage regulator*). Zener yang ada dipasaran tentu saja banyak jenisnya tergantung dari tegangan *breakdwon*-nya. Di dalam datasheet biasanya spesifikasi ini disebut V_z (*zener voltage*) lengkap dengan toleransinya, dan juga kemampuan disipasi daya.

Adapun macam-macam dioda adalah sebagai berikut:

- a) Dioda pemancar cahaya atau LED adalah dioda yang memancarkan cahaya bila dipanjar maju. LED dibuat dari semikonduktor campuran seperti galium arsenida fosfida (GaAsP) dsb.
- b) Dioda foto (fotovotaic) digunakan untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik searah.
- c) Dioda laser digunakan untuk membangkitkan sinar laser taraf rendah, cara kerjanya mirip LED
- d) Dioda zener digunakan untuk regulasi tegangan.

2.6.1 Karakteristik Arus Pada Dioda



Gambar 2.8
Kurva Karakteristik forward V-I dioda

Arus yang mengalir pada diode ideal dinyatakan dalam :

$$I_D = I_S (e^{qV_D / \eta V_T} - 1)$$

Dimana :

I_D = arus yang mengalir pada dioda

I_S = arus saturasi

e = konstanta eulers ($\sim 2,718281828$)

q = electron charge ($1,6 \times 10^{-19}$ C)

V_D = tegangan pada dioda

η = konstanta empiric, 1 untuk Ge, dan 2 untuk Si

k = konstanta boltzmann's ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K)

T = temperature junction ($^{\circ}\text{K}$)

V_T = k/Tq (26 mV pada suhu normal)

$V_T = k/Tq$ adalah tegangan yang dihasilkan P-N junction akibat pengaruh temperature, disebut juga thermal voltage(V_t). Pada suhu kamar bernilai 26 mV. Sehingga rumus diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$I_D = I_S (e^{V_D/0,026} - 1)$$

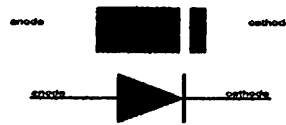
Dimana :

I_D = arus yang mengalir pada dioda

I_S = arus saturasi

e = konstanta eulers ($\sim 2,718281828$)

V_D = tegangan pada dioda



Gambar 2.9 Dioda
(Rodwell International Corporation, 1999)

2.7 Lampu

Lampu pijar adalah jenis lampu dengan penyalan kawat halus dalam bola gelas vakum. Misalnya lampu Edison, yang menggunakan kawat halus berupa kawat arang (karbon). Kini kawat pijar dalam lampu pada umumnya menggunakan bahan dari wolfram. Lampu pijar merupakan sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanas dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi filamen panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga filamen tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi.

Komponen utama dari lampu pijar adalah bola lampu yang terbuat dari kaca, filamen yang terbuat dari wolfram, dasar lampu yang terdiri dari filamen, bola lampu, gas pengisi, dan kaki lampu. Suhu warna cahaya tampak yang dipancarkan oleh lampu pijar adalah di antara 2700K sampai dengan 3300K.

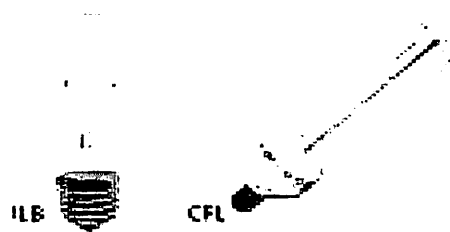
Salah satu kelebihan lampu pijar adalah dapat dihasilkannya lampu pijar dalam berbagai besar voltase, dari puluhan hingga ratusan volt, namun karena energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya.

Lampu Fluoresen dan lampu pelepasan gas lainnya yang mempunyai efikasi lebih tinggi, harus lebih banyak digunakan. Lampu pijar memiliki efikasi yang rendah, sehingga penggunaannya dibatasi.

Lampu Fluoresen efikasinya cukup, sangat dianjurkan penggunaannya di dalam bangunan gedung karena hemat energi dan tahan lama. Durasi pemakaian lampunya mencapai 8000 jam, serta mempunyai temperatur warna dan renderasi yang bermacam-macam. Lampu fluoresen menurut jenis temperatur warnanya serta cara pemakaiannya dijelaskan sebagai berikut :

- *Warm White* (warna putih kekuning-kuningan) dengan temperatur warna 3300 K.
- *Cool White* (warna putih netral) dengan temperatur warna antara 3300 K sampai dengan 5300 K.
- *Daylight* (warna putih) dengan temperatur warna 5300 K.

Jenis temperature warna dari Lampu Fluoresen yang dianjurkan untuk digunakan pada berbagai fungsi ruang dalam bangunan gedung.



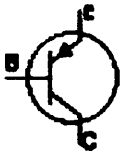

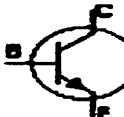

.Gambar 2.10
Bentuk Lampu
(Rodwell International Corporation, 1999)

2.8 Transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.

Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal. Tegangan atau arus yang dipasang di satu terminalnya mengatur arus yang lebih besar yang melalui 2 terminal lainnya. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi pengeras suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai **logic gate**, memori, dan komponen-komponen lainnya.

Jenis-jenis transistor

	PNP		P-channel
	NPN		N-channel

BJT	JFET		
------------	-------------	--	--

Gambar 2.11 Simbol Transistor dari Berbagai Tipe

(Richard Blocher, Dasar Elektronika, Yogyakarta, Andi, 2004)

Secara umum, transistor dapat dibeda-bedakan berdasarkan banyak kategori:

Materi semikonduktor: Germanium, Silikon, Gallium Arsenide

Kemasan fisik: Through Hole Metal, Through Hole Plastic, Surface Mount, IC, dan lain-lain

Tipe: UJT, BJT, JFET, IGFET (MOSFET), IGBT, HBT, MISFET, VMOSFET, MESFET, HEMT, SCR serta pengembangan dari transistor yaitu IC (Integrated Circuit) dan lain-lain.

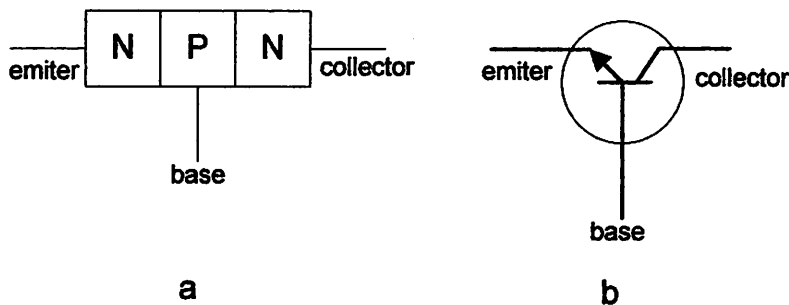
Polaritas: NPN atau N-channel, PNP atau P-channel

Maximum kapasitas daya: Low Power, Medium Power, High Power

Maximum frekwensi kerja: Low, Medium, atau High Frequency, RF transistor, Microwave, dan lain-lain

Aplikasi: Amplifier, Saklar, General Purpose, Audio, Tegangan Tinggi, dan lain-lain

2. 8.1 Transistor NPN



Gambar 2.11

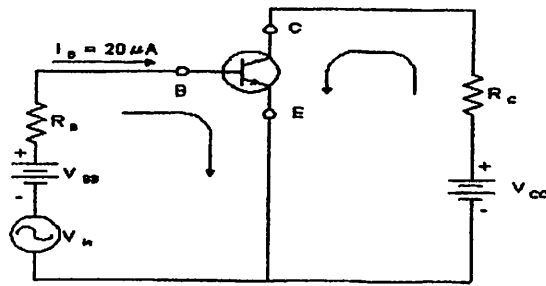
Struktur dan sinyal dari transistor NPN

(Richard Blocher, Dasar Elektronika, Yogyakarta, Andi, 2004)

Transistor dibuat dengan mendekatkan dua junction semi konduktor satu sama lain. Transistor NPN dibuat dari dua material type N dan type P seperti gambar 2.17. Satu bagian material N lainnya Emitter dan bagian tengah yaitu type P adalah Base. Arah panah terminal Emitter dalam gambar 2.18 (b) ditentukan oleh type Transistor (NPN atau PNP). Arah panah menunjukkan arah arus antara Emitter dan Base seperti halnya diode.

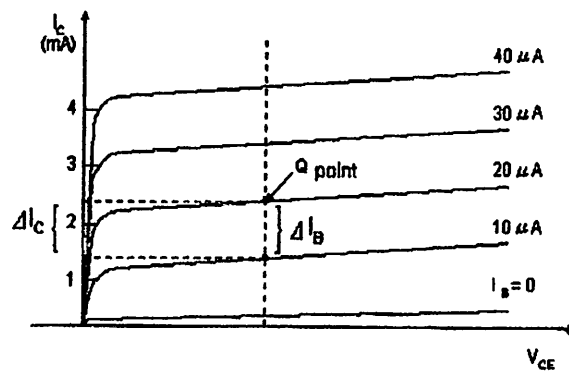
Ketika Emitter transistor menjadi terminal common antar input dan output, maka disebut Kommon Emitter (CE) dan Collector akan menjadi output terminal dan Base menjadi input terminal. Penguat (gain) arus CE adalah karakteristik utama Transistor dan ditunjukkan dengan β atau h_{FE} . Penguatan arus CE ditunjukkan dengan rumus berikut :

$$h_{FE} = \beta = \frac{I_C}{I_B}$$



Gambar 2.12 Rangkaian Common Emmitter Input AC

(Richard Blocher, *Dasar Elektronika, Yogyakarta, Andi, 2004*)

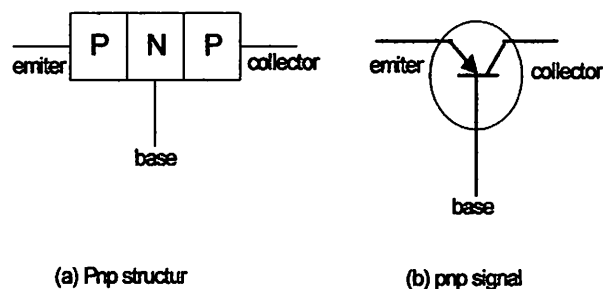


Gambar 2.13

Kurva Karakteristik Common Transistor

(Richard Blocher, *Dasar Elektronika, Yogyakarta, Andi, 2004*)

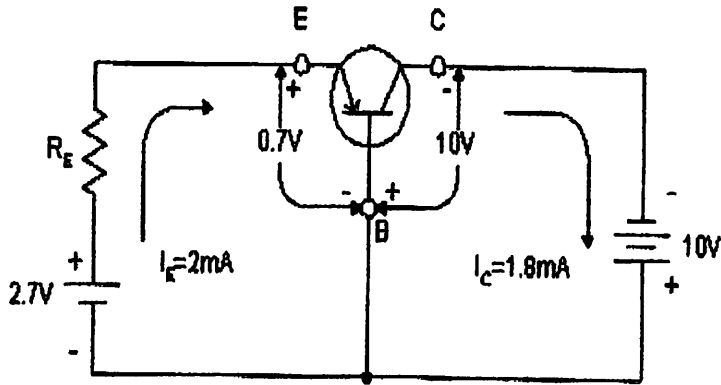
2.8.2 Transistor PNP



Gambar 2.14 Struktur Dan Sinyal Dari Transistor PNP

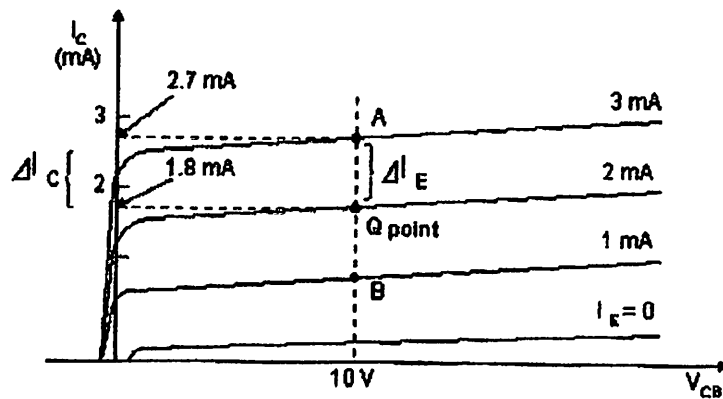
(Richard Blocher, *Dasar Elektronika, Yogyakarta, Andi, 2004*)

Transistor PNP dibuat dari dua material type P dan type N . Bagian material type P adalah Emitor dan collector bagian type N di tengah adalah Base.



Gambar 2.15 Rangkaian Common Base Transistor

(Richard Blocher, *Dasar Elektronika, Yogyakarta, Andi, 2004*)



Gambar 2.16 Karakteristik Kurva Common Base

(Richard Blocher, *Dasar Elektronika, Yogyakarta, Andi, 2004*)

Gambar 2.21 menunjukkan rangkaian Transistor PNP dimana junction Emitor-Base di forward bias dan junction Base-Collector di backward bias. Resistansi digunakan untuk membatasi aliran arus dalam rangkaian. Arus

emitor DC (IE) menjadi $2V/1K\Omega = 1mA$ dengan mengurangi $0,7 V_{eb}$ dari $2,7 V$ (dalam hal ini silicon). Transistor yang dirangkai seperti gambar 2.22 sebagai type common Base (CB) dan dikarenakan Common Base-nya pada kedua sisi rangkaian. Gambar 2.23 menunjukkan kurva karakteristik dari rangkaian CB. Kurva menunjukkan hubungan antara V_{cb} dan arus collector dari beberapa nilai arus Emitor Input. Arus Emitor $2 mA$ ditentukan oleh kurva ini dan arus collector $1,8mA$ ditentukan oleh tegangan backward bias junction Base-Collector $10V$.

2.9 Resistor

Resistor adalah komponen elektronik dua saluran yang didesain untuk menahan arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya.

Resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol Ω (Omega).

berdasarkan hukum Ohm:

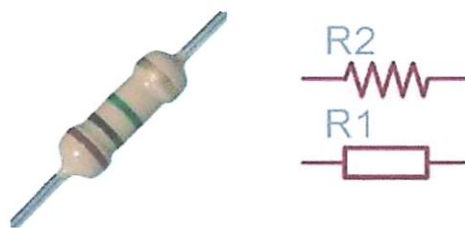
$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R}$$

Di dalam rangkaian elektronika, resistor dilambangkan dengan huruf "R".Dilihat dari bahannya, ada beberapa jenis resistor yang ada dipasaran antarlain : Resistor Carbon, Wirewound, dan Metalfilm. Ada juga Resistor yang dapat diubah-ubah nilai resistansinya

antara lain : Potensiometer, Rheostat dan Trimmer (Trimpot). Selain itu ada juga Resistor yang nilai resistansinya berubah bila terkena cahaya namanya LDR (Light Dependent Resistor) dan resistor yang nilai resistansinya akan bertambah besar bila terkena suhu panas yang namanya PTC (Positive Thermal Coefficient) serta resistor yang nilai resistansinya akan bertambah kecil bila terkena suhu panas yang namanya NTC (Negative Thermal Coefficient).

Ciri yang umum dari suatu resistor adalah gelang gelang warna yang tertera pada bodinya seperti pada gambar di bawah dan masing – masing dari warna tersebut mengandung suatu nilai ukuran sesuai tabel warna yang sudah ditentukan dan satuannya adalah “ohm” Berikut ini merupakan uraian & tabel warna – warna dari resistor



Gambar - 17
Simbol dan Bentuk Fisik Resistor
 (www.scribd.com)

Fungsi resistor dapat diumpamakan dengan sekeping papan yang dipergunakan untuk menahan aliran air yang deras di selokan/parit kecil. Makin besar nilai tahanan, makin kecil arus dan tegangan listrik yang melaluinya. Adapun fungsi lain resistor dalam rangkaian elektronika, yaitu :

- a. Menahan arus listrik agar sesuai dengan kebutuhan suatu rangkaian elektronika.
- b. Menurunkan tegangan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh rangkaian elektronika.
- c. Membagi tegangan.

Warna	Pita pertama	Pita kedua	Pita ketiga (pengali)	Pita keempat (toleransi)	Pita kelima (koefisien suhu)
Hitam	0	0	$\times 10^0$		
Cokelat	1	1	$\times 10^1$	+1% (F)	100 ppm
Merah	2	2	$\times 10^2$	+2% (G)	50 ppm
Oranye	3	3	$\times 10^3$		15 ppm
Kuning	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
Hijau	5	5	$\times 10^5$	+0.5% (D)	
Biru	6	6	$\times 10^6$	+0.25% (C)	
Ungu	7	7	$\times 10^7$	+0.1% (B)	
Abu-abu	8	8	$\times 10^8$	+0.05% (A)	
Putih	9	9	$\times 10^9$		
Emas			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$ (J)	
Perak			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$ (K)	
Kosong				$\pm 20\%$ (M)	

Tabel - 2.3
Nilai kode warna pada resistor
(www.Sentra-edukasi.com 2009)

2.10 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 lembar plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas, dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutup negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutup positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini "tersimpan" selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung

kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb = 6.25×10^{18} elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulombs. Dengan rumus dapat ditulis :

$$Q = C.V$$

Dengan asumsi :

$$Q = \text{muatan elektron } C \text{ (Coulomb)}$$

$$C = \text{nilai kapasitans dalam F (Farad)}$$

$$V = \text{tinggi tegangan dalam V (Volt)}$$

Dalam praktek pembuatan kapasitor, kapasitansi dihitung dengan mengetahui luas area plat metal (A), jarak (t) antara kedua plat metal (tebal dielektrik) dan konstanta (k) bahan dielektrik. Dengan rumusan dapat ditulis sebagai berikut :

$$C = (8.85 \times 10^{-12}) (k A/t)$$



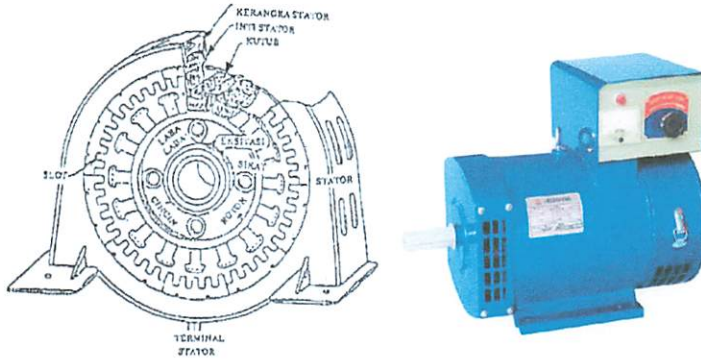
Gambar - 18
Simbol dan Fisik Kapasitor
(www.Slideshare.net)

2.11 Generator

Generator adalah suatu sistem yang menghasilkan tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik. Jadi disini generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik yang mempunyai prinsip kerja sebagai berikut : bilamana rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan, dengan dasar inilah timbul arus listrik, arus melalui kabel/kawat yang ke dua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser. Pada cincin-cincin tersebut menggeser sikat – sikat, sebagai terminal penghubung keluar.

Bagian – bagian generator :

1. Rotor, adalah bagian yang berputar yang mempunyai bagian terdiri dari poros, inti, kumparan, cincin geser dan sikat – sikat.
2. Stator, adalah bagian yang tak berputar (diam) yang mempunyai bagian terdiri dari rangka stator yang merupakan salah bagian utama dari generator yang terbuat dari besi tuang dan ini merupakan rumah dari semua bagian – bagian generator, kutub utama beserta balitannya, kutub – kutub pembantu beserta belitannya, bantalan – bantalan poros.



Gambar – 2.19
Konstruksi sederhana generator dan Fisik Generator
 (www.Elektronik Instrumen.com)

Macam Generator

Berdasarkan tegangan yang dibangkitkan generator dibagian menjadi 2 yaitu :

1. Generator Arus Bolak – Balik (AC)

Generator arus bolak – balik yaitu generator dimana tegangan yang dihasilkan (tegangan out put) berupa tegangan bolak – balik.

2. Generator Arus Searah (DC)

Generator arus searah yaitu generator dimana tegangan yang dihasilkan (tegangan out put) berupa tegangan searah, karena didalamnya terdapat sistem penyearah yang dilakukan bisa berupa oleh komutator atau menggunakan dioda.

Berdasarkan sistem pembangkitannya generator AC dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Generator 1 Fasa

Generator yang dimana dalam sistem melilitnya hanya terdiri dari satu kumpulan kumparan yang hanya dilukiskan dengan satu garis dan dalam hal ini tidak diperhatikan banyaknya lilitan. Ujung kumparan atau fasa

yang satu dijelaskan dengan huruf besar X dan ujung yang satu lagi dengan huruf U.

2. Generator 3 Fasa

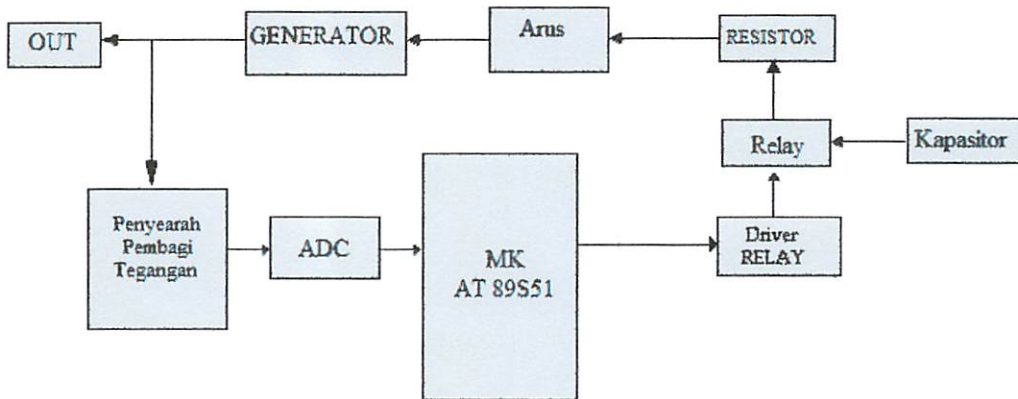
Generator yang dimana dalam sistem melilitnya terdiri dari tiga kumpulan kumparan yang mana kumparan tersebut masing – masing dinamakan lilitan fasa. Jadi pada statornya ada lilitan fasa yang ke satu ujungnya diberi tanda U – X, lilitan fasa yang ke dua ujungnya diberi tanda dengan huruf V – Y dan akhirnya ujung lilitan fasa yang ke tiga diberi tanda dengan huruf W – Z. Lilitan stator terdiri atas beberapa kumparan, yang dipasang dalam alur – alur inti stator. Pada kumparan stator terdapat sisi kumparan yang terletak dalam alur – alur, dan kepala – kepala kumparan terdiri atas satu lebih lilitan menurut besar tegangan.

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Diagram Blok Rangkaian

Pada bab ini akan dibahas tentang perencanaan sebuah alat yang meliputi diagram blok rangkaian dan realisasi rangkaian dengan prinsip kerja dari masing-masing blok rangkaian yang digunakan pada *Perancangan AVR (Automatic Regular Voltage) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*.



Gambar 3.1
Blok Diagram Alat

Dari cara sistem secara keseluruhan, maka dapat diurikan fungsi umum tiap-tiap blok rangkaian sebagai berikut:

- a. *Mikrokontroler* berfungsi untuk mengendalikan driver relay resistor dan kapasitor yang fungsinya untuk memperbesar dan memperkecil nilai dari kapasitor

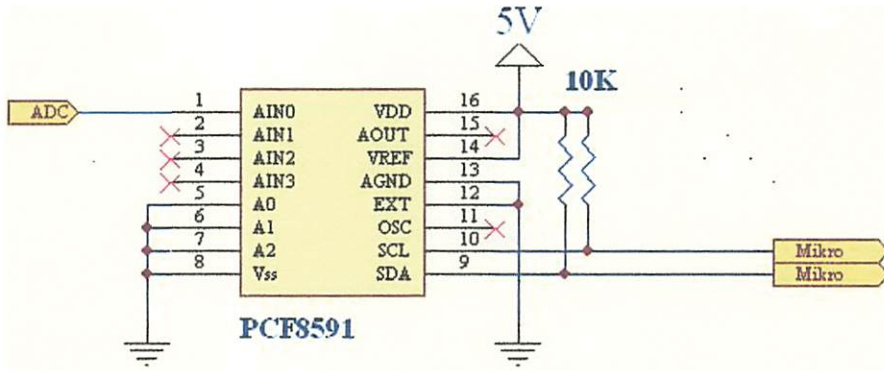
- b. *Relay* berfungsi untuk membesarkan dan mengecilkan nilai pada resistor, jumlah relay sebanyak 10 buah dengan masing – masing relay terdapat resistor 100 ohm.
- c. *ADC* berfungsi untuk mengubah atau sebagai konverter sinyal masukan yang semula sinyal Analog menjadi Sinyal Digital
- d. *Power Supply* berfungsi untuk mengalirkan tegangan yang akan digunakan pada alat tersebut.
- e. *LCD* berfungsi untuk menampilkan data seperti tegangan frekuensi dan arus.
- f. *Pembagi Tegangan* berfungsi Untuk mendeteksi tegangan pada generator

3.2 Perencanaan Hardware

Perencanaan perangkat keras meliputi perencanaan mikrokontroller AT89S51, Rangkaian LCD, Driver relay , Power Supply dan Rangkaian Pembagi Tegangan.

3.2.1. Rangkaian ADC

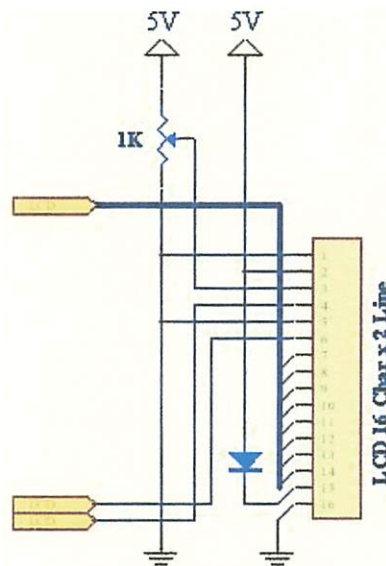
ADC merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan menjadi data digital, tegangan yang masih halus diantara 0-5V yang akan dikonversi menjadi data 0-255 (8 bit). Dari sensor tegangan mengeluarkan tegangan 4,31 V dari sumber 220 V, tegangan 4,13 diterjemahkan menjadi data 220 V dan diberikan ke mikrocontroller untuk ditampilkan pada LCD menjadi data tegangan 220V dengan ketetapan 0 = 0 – 2,4 V dan 1 = 2,5 - 5 V.



Gambar 3.2
Gambar Rangkaian Analog Digital Converter (ADC)

3.2.2 Rangkaian LCD

LCD berfungsi untuk menampilkan data seperti tegangan frekuensi dan arus maka digunakan teknologi LCD karena tampilan dengan LCD lebih lengkap dan lebih bagus dibandingkan dengan seven segment, selain itu juga jumlah karakter LCD lebih banyak dari pada seven segment.



Gambar 3.3
Gambar Rangkaian LCD

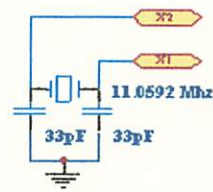
input data untuk LCD berasal dari *port 0.0 – port 0.7*. mikrokontroler dan masukan menuju pin LCD pin 7 – 14, untuk setting karakter dan setting line 1 atau line 2 input berasal dari *port 2.7* dan *port 2.6* dari mikrokontroler dan masukan LCD melalui pin 4 dan 6. Untuk input VCC LCD terletak di pin 2 dan 15. Sedangkan untuk mengatur terang gelapnya cahaya LCD dapat diatur melalui resistor variabel 1 K yang terpasang dari tegangan 5 V menuju pin 3 dari LCD.

3.2.3. Hardware AT89S51

3.2.2.1 Perancangan Rangkaian Clock

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber clock yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem yang dirancang ini menggunakan osilator internal yang telah tersedia dalam *chip* AT89S51. Untuk menentukan frekuensi osilatornya cukup dengan menghubungkan kristal dalam *Pin 19 (X1)* dan *Pin 18 (X2)* serta dua buah kapasitor ke *group*.

Besarnya kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi dalam lembar data AT89S51 yaitu 33pF. Kristal yang digunakan adalah 12 MHz. gambar 3-2 memperlihatkan rangkaian *clock* yang dirancang.



Gambar 3-4 Rangkaian untuk MCU AT89S51

Dalam sistem ini, rangkaian terdiri dari dua buah kapasitor sebesar 33 pF dan sebuah kristal sebesar 12 MHz.

3.2.3.1. Perancangan Rangkaian Reset

Pin reset pada mikrokontroller merupakan masukan aktif high (1). Pulsa transisi dari low (0) dan *high* (1) akan mereset mikrokontroller menuju alamat 0000H. pin reset dihubungkan dengan rangkaian power on reset yang diperlihatkan pada gambar 3-4.

1. Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi 11,0592 MHz maka satu periode membutuhkan waktu sebesar: Anonymous *Sumber*: www.delta-elektronik.com/

$$T = \frac{1}{f_{XTAL}}$$

$$= \frac{1}{11,0592 \text{ MHz}} S$$

$$= 9,04^2 \times 10^{-8} \times 24$$

Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk me-reset mikrokontroller adalah : Anonymous Sumber: www.delta-elektronik.com/

Reset (min) = T x periode yang dibutuhkan

$$= 9,042 \times 10^{-8} \times 24$$

$$= 2,17 \mu\text{S}$$

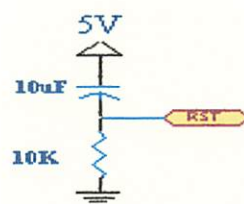
Mikrokontroller membutuhkan waktu *minimal* 2,17 μS untuk me-reset. Waktu minimal inilah yang dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C. dari persamaan diatas dengan menentukan nilai R=10 k μ ,maka:

$$T = 0,357 \times R \times C$$

$$= 0,357 \times 10 \times 10^{-6} \Omega \times 10 \times 10^{-6}$$

$$= 35,7 \text{ mS}$$

Jadi dengan nilai komponen $R = 10 \text{ K}\Omega$ dan $c = 10 \mu\text{F}$ dapat memenuhi syarat minimal untuk waktu yang dibutuhkan oleh mikrokontroller.



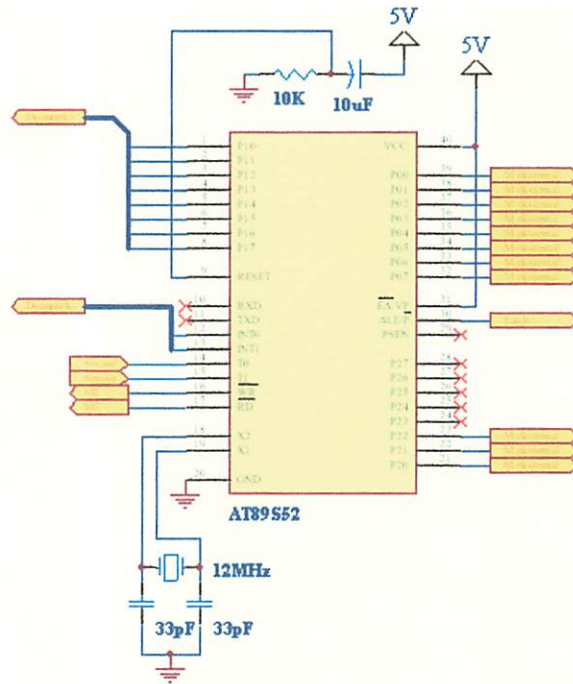
Gambar 3-5

Rangkaian Reset untuk MCU AT89S51

Tabel 3 – 1 berikut ini merupakan tabel dari pemasangan pin – pin mikrokontroller yang dipakai pada *Perancangan AVR pada simulator PLTMH Berbasis mikrokontroler AT89S51*.

Tabel 3 – 1 Pemasangan Pin-Pin Pada Mikrokontroller

Pin	In / Out	Fungsi
1 – 8	Input	Driver Relay & Relay
9	Input	Reset
10-11	Input	Driver Relay & Relay
12-15	-	Tidak dipakai
16-17	Input	ADC
18-19	-	Oscilator Kristal 12 Mhz
20	0 V	Ground
21-26	-	Tidak dipakai
23	-	Tidak dipakai
27-28	-	
29	-	Tidak terpakai (program strong enable)
30	-	<i>Address Latch Enable</i>
31	5 V	<i>External Access Enable</i>
32-39	Out put	Keluaran Ke tampilan LCD
40	5 V	Vcc



Gambar 3 – 6
Rangkaian Minimum System AT89S51

3.2.4. Rangkaian Driver Relay Sebagai Pengontrol Resistor

Rangkaian driver relay memberikan responsive berupa arus penyulut pada relay, yang digunakan untuk “Menperbesar” dan “Memperkecil” tegangan. Bahwa rangkaian driver relay bekerja berdasarka perintah dari *Port 1.0 s/d Port 1.7* dan *Port 3.0 (RXD)* dan *Port 3.1(TXD)*.

Anonymous Sumber: www.delta-elektronik.com/

Diketahui dari data sheet transistor 9012 besarnya $I_c = 50 \text{ mA}$, $h_{fe} = 120$,

$V_{BE} = 0,7 \text{ Volt}$, sehingga :

$$I_C = I_B \times h_{fe}$$

$$I_B = \frac{I_C}{h_{fe}}$$

$$I_B = \frac{50 \times 10^{-3}}{120}$$

Maka R_B adalah :

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} \\
 R_B &= \frac{5 - 0,7}{0,416A} \\
 &= \frac{5 - 0,7}{0,416A} \\
 &= \frac{4,3}{0,416A} \\
 &= 10,33\Omega \times 10^3\Omega
 \end{aligned}$$

Jadi dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai sebesar 10,33 Ω atau disederhanakan menjadi 10 K Ω .

Sedangkan dari data sheet transisti 9013 besarnya $I_C = 500$ mA, $h_{fe} = 125$, $\beta = 0,7$,

sehingga:

$$\begin{aligned}
 I_B &= \frac{I_C}{h_{fe}} \\
 I_B &= \frac{I_C}{h_{fe}} \\
 I_B &= \frac{50A}{125} = 4A
 \end{aligned}$$

Maka R_B adalah :

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} \\
 &= \frac{5 - 0,7}{4A}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{5 - 0,7}{4A}$$

$$= \frac{4,3}{4}$$

$$= 1,075$$

$$= 1k\Omega$$

Jadi dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai sebesar 1,075 Ω atau disederhanakan menjadi 1 K Ω .

Relay yang digunakan adalah relay DC 5 ampere yang berguna untuk menghidupkan atau mengontakan pada beban .

Diketahui :

Sesuai data sheet tahanan dimiliki relay sebesar ,XL : 165 Ω

$$= 12 \text{ Volt}$$

$$= 165 \Omega$$

$$I_C = \frac{V_{cc} - V_{REon}}{R_c}$$

$$= \frac{12 - 0,2}{R_{165c}}$$

$$= 71,5 \text{ A}$$

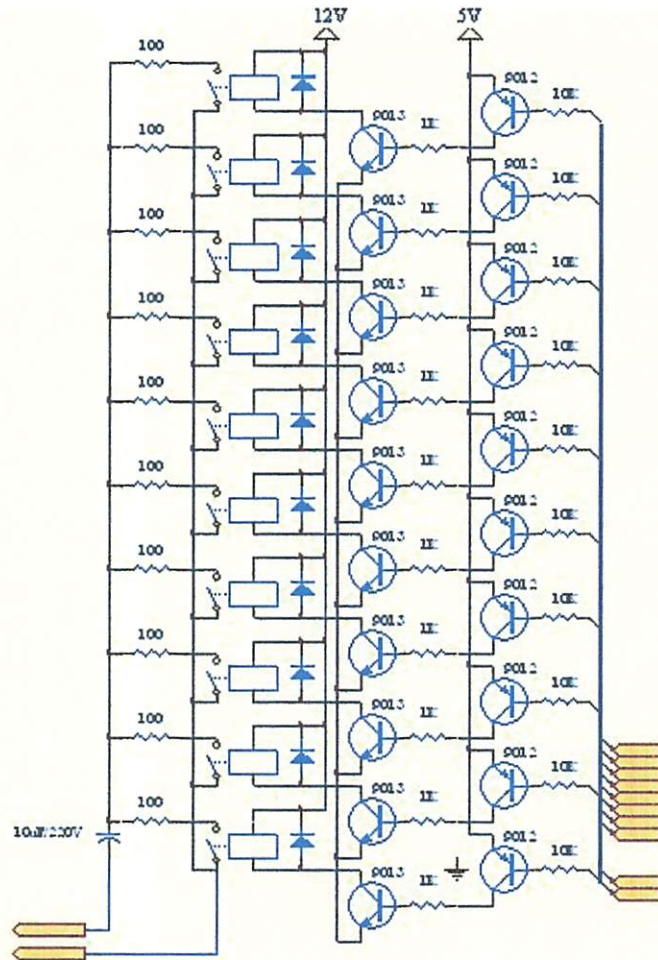
Jadi arus beban terdapat pada relay sebesar 71,5 A

Penggunaan dioda IN4001 dipasang secara pararel dengan relay berfungsi untuk menghubungkan singkat tegangan GGL(gaya gerak listrik) yang timbul pada

kumparan Relay. Karena Relay mempunyai polaritas yang berlawanan dengan catu tegangan menghindari kemungkinan arus yang tidak diinginkan ke transistor

(*feedback*)

Driver relay ini menggunakan Transistor 9012 dan transistor 9013.



Gambar 3 - 7
Rangkaian Driver Relay

3.2.5. Rangkaian Catu Daya

2. Untuk tegangan 12 volt, outputan dari trafo yang masih berupa AC di searahkan memakai dioda silikon IN4001 dan difilter dengan kapasitor 100 μ A/16V. Untuk menghitung besar tegangan dipakai rumusan : Anonymous Sumber: www.delta-elektronik.com//

$$V_{DC} = V_{max} - \frac{I_{dc}}{4 \cdot f \cdot C}$$

Diketahui :

$$V_{max} = 12 \text{ volt}$$

$$F = 50 \text{ Hz}$$

$$C = 100 \mu\text{A}/16 \text{ Volt}$$

$$I_{dc} = 5 \mu\text{A}; \text{ sesuai data sheet IN4001}$$

Maka nilai dari Vdc adalah

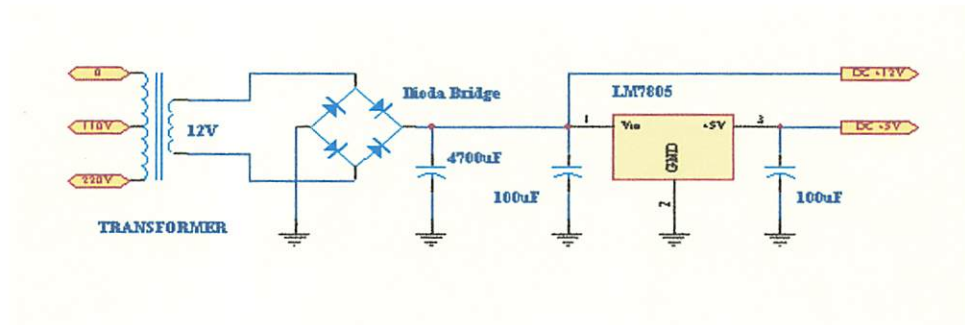
$$V_{dc} = 12 - \frac{5 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 12 - 0,0025$$

$$= 11,9975 \text{ Volt}$$

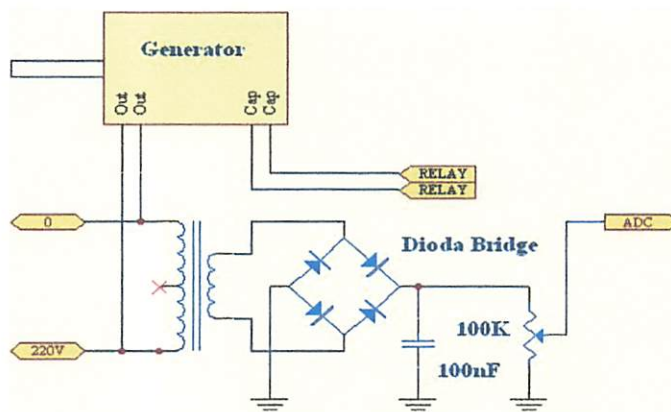
Pada tegangan 5 volt dipakai IC *Regulator LM 7805* untuk menurunkan tegangan dari supply 12 volt DC karena karakteristik dari IC *Regulator LM7805* outputan selalu tetap atau linier. Outputan dari IC regulator difilte lagi sama kapasitor 100 μ A/16V agar tegangan makin linier.

Rangkaian catu daya digunakan trafo step down sebagai penyuplay kebutuhan tegangan dari tiap rangkaian yaitu 12 V dan 5 Volt.



Gambar 3 – 8 Skema Rangkaian catu Daya

3.2.6 Rangkaian Pembagi Tegangan

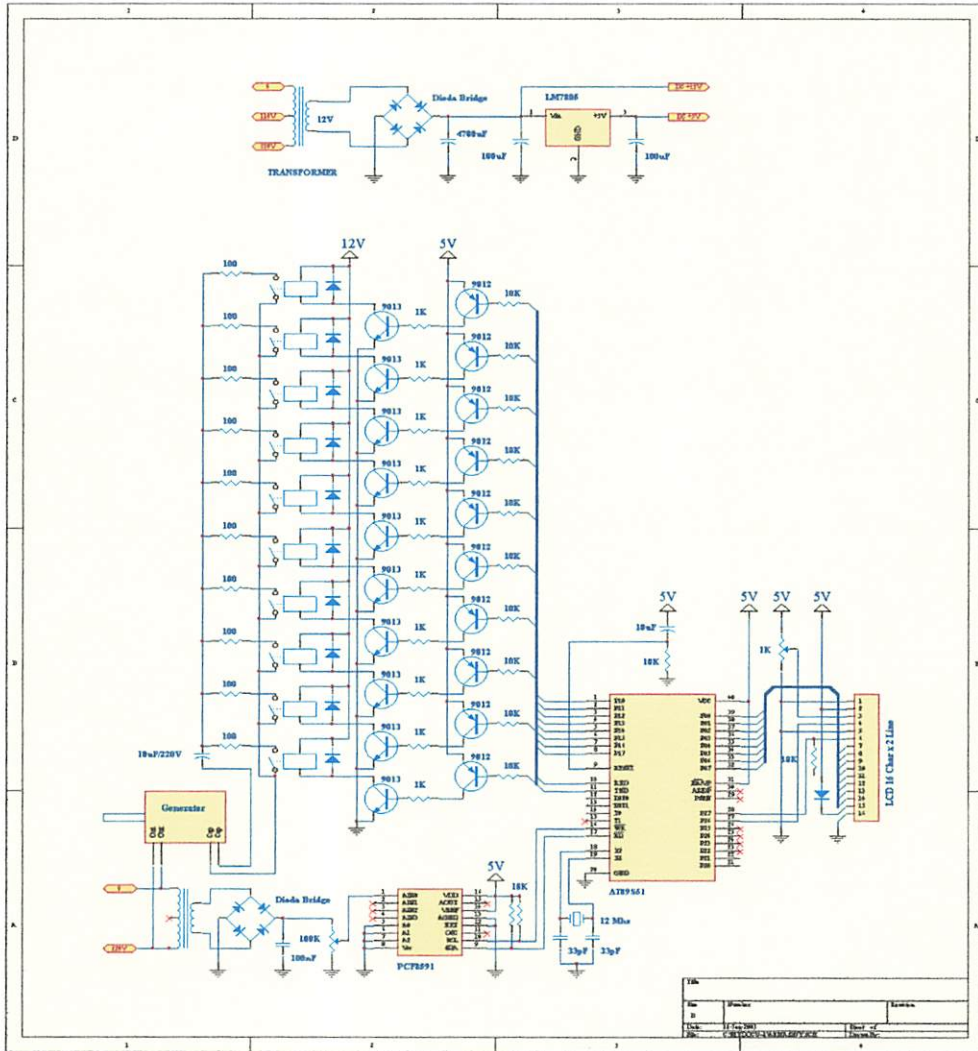


Gambar 3 – 9 Skema Pembagi Tegangan

Untuk mendeteksi tegangan pada generator digunakan rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan dapat membuat skala perbandingan antara tegangan 220 V dari generator dengan tegangan 5 V keluaran dari rangkaian

pembagi tegangan. Tegangan 220 V dibagi 5 V menghasilkan 55 V untuk selisih setiap 1 V dari kenaikan tegangan keluaran.

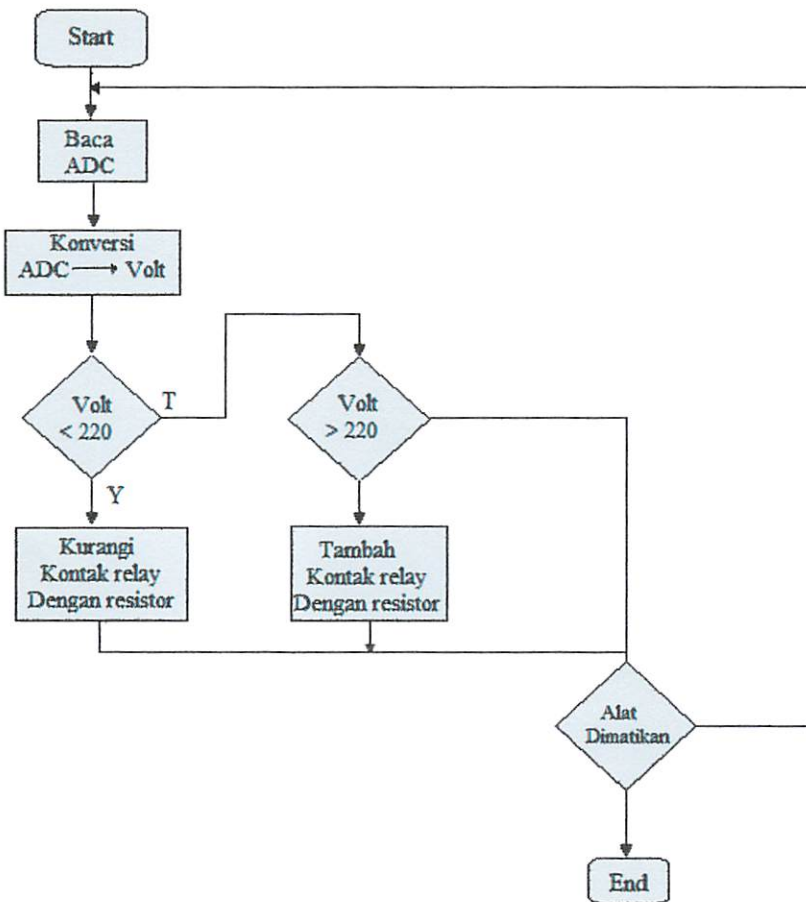
Tegangan yang berasal dari generator masuk ke dioda bridge untuk menghasilkan tegangan DC, untuk condensator 100 nF yang terpasang digunakan untuk memfilter tegangan DC tersebut. Tegangan DC akan dialirkan ke resistor variabel 100K, resistor inilah yang digunakan sebagai pembagi tegangan 220 V dari generator dengan 5 V yang akan digunakan sebagai inputan ADC PCF 8591.



Gambar 3 – 10
Rangkaian Keseluruhan

3.2.7 Flow Chart Perancangan AVR Pada Simulator PLTMH

Untuk memudahkan dalam perencanaan program mikrokontroler AT89S51 dapat dilihat dalam flow chart perencanaan dan pembuatan pengontrol AVR Pada Simulator PLTMH.



Gambar 3 – 11
Gambar Flow Chart

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

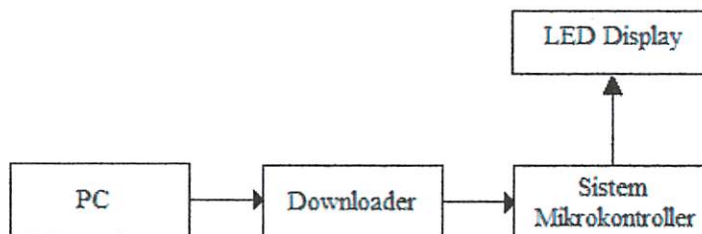
Dalam implementasi alat '*Perancangan AVR Pada Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*' akan menguji setiap sinyal masukan dan sinyal keluaran dari tiap-tiap blok rangkaian diuji satu – persatu. Pengujian dilakukan tiap blok rangkaian meliputi :

1. Mikrokontroller AT 89S51
 2. Tampilan LCD
 3. Relay
 4. Catu daya
- 4.1 Pengujian Mikrokontroller AT 89S51**

4.1.1 Tujuan

Untuk mengetahui kondisi awal dari Mikrokontroller apakah sudah sesuai yang direncanakan

4.1.2 Prosedur Pengujian



Gambar 4 – 1. Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler

1. Rangkaian dibuat seperti gambar
2. Memberikan catu daya 5 volt.
3. Membuat program yang akan digunakan dalam pengujian mikrokontroler.

Program yang akan digunakan dalam pengujian mikrokontroler ini merupakan program yang sederhana yang meletakkan $0F_H$ dan $F0_H$ pada Accumulator secara bergantian kemudian membandingkannya pada Port 1 AT8951. Program yang dibuat adalah sebagai berikut :

4. Download Program diatas
5. Mengamati keluaran pada LED Display

4.1.3 Hasil Pengujian

Tabel 4 – 1. Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler

Kondisi	Keluaran pada LED Display							
	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0
$0F_h$	1	1	1	1	0	0	0	0
$F0_h$	0	0	0	0	1	1	1	1

4.1.4 Analisa Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian dalam tabel 4-2 dapat dilihat bahwa mikro memberikan outputan logika 0F_H dan F0_H secara bergantian sesuai dengan isi program.

ORG 00H

JMP START

START : MOV A, #0FH

 MOV P0,A

 CALL TUNDA

 MOV A, #0F0H

 MOV P0, A

 JMP START

TUNDA : MOV R1,#0FFH

TUNDA1 : MOV R2, #0FFH

 DJNZ R2,\$

 DJNZ R1, TUNDA 1

 RET

 END

4.2 Pengujian LCD

Untuk mengetahui LCD dapat berfungsi dengan baik maka diperlukan pengujian .Pada pengujian ini MCU ini di program untuk mengontrol LCD agar dapat menampilkan volt.

4.2.1 Tujuan

Untuk memperoleh tabel kebenaran pada rangkaian tampilan LCD

4.2.2 Peralatan

1. Rangkaian LCD
2. Catu Daya 5 Volt.
3. Digital Multimeter.

4.2.3 Prosedur Pengujian

1. Menghubungkan Rangkaian LCD dengan Catu Daya 5 Volt.
2. Berikan logic data pada Port 0.0 – 0.7 secara bergantian.
3. Mengukur nilai tegangan saat kondisi high dan low
4. Mencatat hasil tegangan dan data outputan dari LCD

No	Beban (W)	Tegangan (V)
1	0 Watt	226
2	5 Watt	224
3	10 Watt	198
4	15 Watt	176
5	20 Watt	159

Tabel 4 – 2. Tabel pengujian LCD

4.2.4 Hasil Pengukuran



Gambar 4 - 3
Pengujian LCD

4.3 Pengujian Relay Sebagai Pengontrol Resistor

4.3.1 Tujuan

Untuk mengetahui berapa tegangan dan arus kerja untuk mendriver relay sebagai pengontrol resistor

4.3.2 Peralatan

1. Rangkaian Driver Relay.
2. Catu Daya 5 Volt dan 12 Volt
3. Digital Multimeter

4.3.3 Prosedur Pengujian

1. Menghubungkan Rangkaian driver relay dengan Catu Daya 5 Volt
2. Dan catu daya 12 volt ke kontak relay
3. Mengukur nilai tegangan pada port 2.0, bagian driver (Transistor) dan Relay

Mencatat hasil pengukuran.



Gambar 4 - 4
Arus (I_b) Tr.9013



Gambar 4 - 5.
Arus (I_b) Tr. 9012



Gambar 4 - 6
Tegangan Relay

4.3.4 Hasil Pengukuran

Tabel 4-3. Perbandingan Nilai Arus Dan Tegangan Pada Transistor Relay

Keterangan	Arus(Ib) Tr.9012 (mA)	Arus(Ib) Tr.9013 (mA)	Tegangan Relay (V)	Penjelasan
Perhitungan	0,416	1,67	12	Relay Aktif
Pengukuran	0,45	1,46	11,83	
Error (%)	7,5	14,3	1,4	

$$Selisih = \frac{|V_{outSensorPerhitungan} - V_{outSensorPengukuran}|}{V_{outSensorPengukuran}}$$

$$Error \% = \frac{Selisih}{V_{outSensorPengukuran}}$$

4.3.5 Analisa Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan sinyal 'low' atau 0 volt pada Port 2.0, tujuannya adalah untuk menguji apakah transistor sebagai saklar untuk mengaktifkan relay dan sebaliknya apabila diberikan sinyal 'high' atau + 5 Volt., transistor tidak bekerja maka relay non aktif, pengujian tersebut dilakukan pada IC AT89S51 belum terpasang.

4.4 Pengujian Catu Daya

4.4.1 Tujuan

Untuk mengetahui berapa tegangan outputan pada supplay regulator.

4.4.2 Peralatan

- Rangkaian catu daya
- Digital Multimeter
- Tegangan AC 220 Volt

4.4.3 Prosedur pengujian

Untuk tegangan 12 Volt ukur nilai tegangan outputan setelah melalui kapasitor.

-Pada tegangan 5 volt maka ukur nilai tegangannya setelah melalui IC LM7805 dan kapasitor.

Sesuai dengan rangkaian dibawah ini, pengukuran tegangan regulator:



Gambar 4 - 7
Tegangan 12 V

4.4.5 Hasil Pengukuran

Tabel 4 – 4. Perbandingan hasil perhitungan dan hasil pengukuran pada catu daya

Keterangan	Tegangan (12V)	Tegangan (5V)	daya (mW)	Penjelasan
Perhitungan	12	5	833,65	Alat aktif
Pengukuran	12	5		
Error (%)	0	0		

$$\text{Selisih} = \frac{|V_{outSensorPerhitungan} - V_{outSensorPengukuran}|}{V_{outSensorPengukuran}}$$

$$\text{Error \%} = \frac{\text{Selisih}}{V_{outSensorPengukuran}}$$

4.4.6 Analisa Hasil Pengujian

Pengujian pada tegangan 12 volt hasilnya adalah 12 volt jadi outputan tegangan sesuai dengan apa yang diinginkan. Untuk tegangan 5 volt mengukur keluaran tegangan pada kaki output IC LM7805 (Voltage Regulator) dengan menggunakan multimeter digital hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa keluaran tegangan adalah 5 Volt DC dari hasil pengukuran tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa rangkaian catu daya sudah memiliki keluaran tegangan sesuai yang dibutuhkan dan diharapkan.

4.5 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Untuk pengujian Rangkaian secara keseluruhan, pertama IC AT89S51 dipasang pada rangkaian, terus kesemua sistem diberi supply tegangan. Kondisi keadaan belum ada tegangan yang keluar dikarenakan PLMH belum di start/belum menyala, Ketika alat keseluruhan dinyalakan maka otomatis arus yang masuk pada generator akan membangkitkan tegangan yang ada pada generator sehingga akan mengeluarkan tegangan lebih dari 220 V, ketika tegangan mengeluarkan lebih dari 220 V maka relay akan aktif untuk mengurangi nilai resistor hingga output yang dikeluarkan bisa konstan pada tegangan 220 V dan jika tegangan terhalang adanya orang masuk maka relay aktif menyalakan lampu Hasil pengujian alat secara keseluruhan diperlihatkan pada



Gambar 4 – 8 Rangkaian keseluruhan



Gambar 4 - 9
Konisi alat saat menyala

4.6 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat perancangan AVR pada simulator PLTMH yaitu :

- Dimensi Alat : - panjang = 24 cm
- Lebar = 20 cm
- Tinggi = 8,5 cm
- Tegangan Mikrokontroller = 5 volt dan Tegangan Relay = 12 volt
- Minimum sistem menggunakan AT89S51
- Driver relay dan Resistor digunakan transistor 9012 jenis PNP dan transistor 9013 jenis NPN.
- Daya 0 Watt, 5 Watt, 10 Watt, 15 Watt, 20 Watt,
- LCD 5V
- Catu daya menggunakan IC LM 7805.

Tabel 4 – 4. Tabel percobaan

Valve pada 1 putaran

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	0	0	0	0	0	0
2	5 Watt	0	0	0	0	0	0
3	10 Watt	0	0	0	0	0	0
4	15 Watt	0	0	0	0	0	0
5	20 Watt	0	0	0	0	0	0

Valve pada 2 putaran

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	0	0	0	0	0	0
2	5 Watt	0	0	0	0	0	0
3	10 Watt	0	0	0	0	0	0
4	15 Watt	0	0	0	0	0	0
5	20 Watt	0	0	0	0	0	0

Ket : dari data percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan valve pada putaran ke 2 menggunakan AVR dan tanpa AVR ini yang mengasilkan tegangan yang berbeda, dengan menggunakan AVR maupun tanpa AVR ini tidak dapat menunjukkan tegangan yang mendekati 220 V.

Valve pada putaran ke 3

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	237	207	2760	2640	46,8	44,8
2	5 Watt	215	182	2734	2640	45,2	43,8
3	10 Watt	195	158	2689	2580	44,4	43,2
4	15 Watt	167	140	2580	2520	41,9	42,5
5	20 Watt	150	126	2520	2460	41	41,4

Ket : dari data percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan valve pada putaran ke 3 menggunakan AVR dan tanpa AVR ini yang mengasilkan tegangan yang berbeda, dengan menggunakan AVR tegangan yang mendekati 220 tidak dapat menunjukkan dikarenakan dipengaruhi oleh putaran sedangkan tanpa AVR tegangan yang mendekati 220 adalah pada saat dibebani 5 watt.

Valve pada 4 putaran

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	223	211	2766	2640	46,8	45,8
2	5 Watt	172	185	2680	2640	43,8	44
3	10 Watt	168	162	2580	2580	41,9	43,3
4	15 Watt	147	143	2528	2520	40,7	42,9
5	20 Watt	132	128	2498	2460	40	41,6

Ket : dari data percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan valve pada putaran ke 4 menggunakan AVR dan tanpa AVR ini yang mengasilkan tegangan yang berbeda, dengan menggunakan AVR tegangan yang mendekati 220 yaitu dengan pembebanan pada 0 watt sedangkan tanpa AVR tegangan yang mendekati 220 pada pembebanan 0 watt.

Valve pada 5 putaran

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	241	216	2956	2780	47,9	45,2
2	5 Watt	220	192	2876	2660	46,8	45,4

3	10 Watt	197	167	2756	2580	44,4	43,6
4	15 Watt	175	147	26764	2520	43,8	42,7
5	20 Watt	155	137	2540	2460	42,6	41,8

Ket : dari data percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan valve pada putaran ke 9 menggunakan AVR dan tanpa AVR ini yang mengasilkan tegangan yang berbeda, dengan menggunakan AVR tegangan yang mendekati 220 yaitu dengan pembebanan pada 0 watt dan 5 watt sedangkan tanpa AVR tegangan yang mendekati 220 pada pembebanan 10 watt

Valve pada 6 putaran

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	244	223	2956	2760	47,9	46,8
2	5 Watt	224	213	2827	2640	46,8	44,8
3	10 Watt	203	177	2722	2580	44,8	43,8
4	15 Watt	180	158	2676	2520	43,7	42,9
5	20 Watt	160	140	2580	2520	42,5	42,1

Ket : dari data percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan valve pada putaran ke 6 menggunakan AVR dan tanpa AVR ini yang mengasilkan tegangan yang berbeda, dengan menggunakan AVR tegangan yang mendekati 220 yaitu

dengan pembebanan pada 0 watt dan 5 watt sedangkan tanpa AVR tegangan yang mendekati 220 pada pembebanan 5 watt

Valve pada 7 putaran

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	247	224	2979	2820	47,9	47,3
2	5 Watt	232	219	2867	2760	46,6	45,2
3	10 Watt	212	194	2789	2760	45,5	44,4
4	15 Watt	187	171	2655	2580	44,3	43,6
5	20 Watt	165	151	2555	2520	43,4	42,5

Ket : dari data percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan valve pada putaran ke 7 menggunakan AVR dan tanpa AVR ini yang mengasilkan tegangan yang berbeda, dengan menggunakan AVR tegangan yang mendekati 220 yaitu dengan pembebanan pada 0 watt dan 5 watt sedangkan tanpa AVR tegangan yang mendekati 220 pada pembebanan 10 watt dan 5 watt.

Valve pada 8 putaran

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	250	224	2979	2880	48,9	47,6
2	5 Watt	238	217	2867	2700	47,5	45,4
3	10 Watt	220	199	2876	2646	46,7	44,6
4	15 Watt	197	179	2788	2580	45,3	43,6
5	20 Watt	176	152	2656	2520	44,3	42,7

Ket : dari data percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan valve pada putaran ke 8 menggunakan AVR dan tanpa AVR ini yang mengasilkan tegangan yang berbeda, dengan menggunakan AVR tegangan yang mendekati 220 yaitu dengan pembebanan pada 0 watt dan 5 watt sedangkan tanpa AVR tegangan yang mendekati 220 pada pembebanan 10 watt

Valve pada 9 putaran

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	251	226	2979	2917	48,9	47,2
2	5 Watt	240	219	2899	2751	47,6	45,8
3	10 Watt	222	194	2876	2677	46,9	44,4
4	15 Watt	200	175	2767	2622	45,5	43,6
5	20 Watt	182	159	2608	2565	44,7	42,6

Ket : dari data percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan valve pada putaran ke 9 menggunakan AVR dan tanpa AVR ini yang mengasilkan tegangan yang berbeda, dengan menggunakan AVR tegangan yang mendekati 220 yaitu dengan pembebanan pada 0 watt dan 5 watt sedangkan tanpa AVR tegangan yang mendekati 220 pada pembebanan 10 watt

Valve pada putaran ke 10

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	251	226	2979	2901	48,9	47,1
2	5 Watt	242	224	2899	2730	47,9	45,4
3	10 Watt	224	198	2879	2669	47	44,6
4	15 Watt	204	176	2789	2600	45,5	43,3
5	20 Watt	184	159	2627	2556	44,7	43

Ket : dari data percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan valve pada putaran ke 10 kemenggunakan AVR dan tanpa AVR ini yang mengasilkan tegangan yang berbeda, dengan menggunakan AVR tegangan yang mendekati 220 yaitu dengan pembebanan pada 0 watt dan 5 watt sedangkan tanpa AVR tegangan yang mendekati 220 pada pembebanan 10 watt

Rata – rata yang diambil pada pengujian.

No	Beban (W)	Tegangan (V)		Rpm		Frek	
		Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR	Tanpa AVR	Dengan AVR
1	0 Watt	199	223	2700	2760	45,3	46,8
2	5 Watt	178	213	2633	2640	43	44,8
3	10 Watt	160	177	2566	2580	42,6	43,8
4	15 Watt	145	158	2509	2520	41,7	42,9
5	20 Watt	134	140	2451	2520	41	42,1

Kesimpulan dari percobaan diatas :

Dari hasil percobaan dengan menggunakan AVR dan tanpa AVR dengan menggunakan beban mulai dari 0 watt sampai 20 watt. dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan AVR pada putaran mulai dari ke-2 sampai putaran ke-10 menghasilkan tegangan yang berbeda, Rpm dan frekuensi yang berbeda – beda. sehingga pada putaran ke – 6 sampai ke 10 dapat mengasilkan tegangan stabil pada beban 0 watt dan 5 watt tetapi dengan menggunakan beban 10 watt sampai 20 watt menurun dikarenakan Rpm juga ikut turun, sebaliknya dengan tanpa AVR ini tegangan yang dihasilkan kurang dari batas standar 220.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Selama dalam perencanaan dan pengujian dari keseluruhan sistem yang telah di buat maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Untuk driver relay sebagai pengontrol arus prinsip kerja rangkaiannya, inputan dari mikro berlogic low mendriver transistor 9012 dengan arus basis sebesar ($I_B = 4 \text{ mA}$), arus basis 9013 ($I_B = 1,67 \text{ mA}$) jadi tegangan supply 12 volt bisa mengalir kebagian relay yang menghasilkan elektromagnetik lalu mengaktifkan saklar dan resistor ON.
2. LCD akan menampilkan data seperti tegangan frekuensi dan arus yang terdeteksi, dengan menerima data mikro sebanyak 7 bit ke LCD karena common anoda untuk menghidupkan harus didrive tegangan 5 volt yang diolah atau diatur keluarannya oleh transistor 9012 bertipe PNP.
3. Sesuai dengan program bahwa alat ini pada sistem ini driver relay terdiri dari relay – relay yang berfungsi untuk mengontrol resistor, rangkaian driver relay ini bekerja apabila arus yang ditimbulkan lebih besar atau lebih kecil maka driver relay ini akan menambah nilai resistor atau mengurangi nilai resistor agar tegangan yang ditimbulkan pada generator tetap konstan pada 220 Volt.
4. Dari hasil percobaan dengan menggunakan AVR dan tanpa AVR dengan menggunakan beban mulai dari 0 watt sampai 20 watt. dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan AVR pada putaran mulai dari ke-2 sampai

putaran ke-10 menghasilkan tegangan yang berbeda, Rpm dan frekuensi yang berbeda – beda. sehingga pada putaran ke – 6 sampai ke 10 dapat menghasilkan tegangan stabil pada beban 0 watt dan 5 watt tetapi dengan menggunakan beban 10 watt sampai 20 watt menurun dikarenakan Rpm juga ikut menurun, sebaliknya dengan tanpa AVR ini tegangan yang dihasilkan kurang dari batas standar 220.

5.2 Saran – saran

Alat ini merupakan rangkaian sederhana yang berdasarkan hasil karya ilmiah dan dikembangkan berdasarkan pengetahuan yang diajarkan waktu perkuliahan , karya ini memberikan saran supaya nantinya bisa dibuat lebih inovatif, kreatif dan meningkat lagi. Sehingga perkembangan teknologi listrik dan elektronika saling berpadu dengan baik dan pesat di Indonesia, khususnya di Institut Teknologi Nasional Malang.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Richard Blocher, Dasar Elektronika, Yogyakarta, Andi, 2004*
2. A.E Putra, “Memori program untuk AT89S51”, 2002
3. Malik, “MCS – 51 Family “ , (1997).
4. *Rodwell International Corporation, 1999*
5. Datasheet AT89S51(Anonymous, 1997).
6. Anonymous Sumber : www.atmel.com
7. Anonymous Sumber: www.delta-elektronik.com//
8. listrikmikrohidro.com/consultant//
9. Sumber : <http://www.germes-online.com>
10. www.scribd.com
11. www.Sentra-edukasi.com, 2009
12. www.Slideshare.net
13. www.Elektronik Instrumen.com

LAMPIRAN



PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Dari hasil ujian Tugas Akhir Teknik Listrik Diploma Tiga (D-III) yang diselenggarakan pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 21 Februari 2012

Telah dilakukan perbaikan tugas akhir oleh :

1. Nama : Arma Sanjaya
2. NIM : 08.52.006
3. Program Studi : Teknik Listrik D-III
4. Judul Tugas : Perancangan AVR Pada Simulator PLMH Berbasis Mikrokontroler AT 89S51

Perbaikan meliputi :

NO	Materi Perbaikan	Paraf
1	Spesifikasi Alat ditambahkan daya & diperbaiki sesuai petunjuk.	
2	Tabel 4 – 4. Diperbaiki.	
3	Hasil pengujian LCD berupa gambar seharusnya berupa tabel hasil pengujian.	
4	Gambar 3 – 1 diperbaiki & keterangan bagian (b).	
5	Lengkapi pengujian alat dengan sebelum dan sesudah ada pembebanan dan ditabelkan.	
6	Acc Jilid.	

Dosen Pembimbing

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP.Y 1028400082

Dosen Penguji I

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 1018800188

Dosen Penguji II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190



LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Arma Sanjaya

Nim : 0852006

Program Studi : Teknik Listrik D-III

Waktu Bimbingan : 2 November – 24 Februari

Judul Tugas Akhir : Perancangan AVR Pada Simulator Pembangkit Listrik Tenaga
Mikrohidro Berbasis Mikrokontroler AT 89S51

NO	TANGGAL	MATERI	PARAF
		BAB I	<i>A</i>
		BAB II	<i>b</i>
		BAB III Kelembutan daftar pustaka	<i>b</i>
		BAB IV Keakuratan hasil Pengukuran	<i>b</i>
		BAB V saran diuraikan	<i>b</i>

Acc. raju

Malang, 2 November 2011

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Bambang Priyo H, ST

NIP.Y : 1028400082

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO DIPLOMA TIGA (D-III)
MALANG**

UT - 1

Lampiran : 1(satu) berkas Proposal
Perihal : Permohonan Kesediaan Dosen Pembimbing

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Bambang Prio H .ST, MT
Institut Teknologi Nasional Malang
di
M a l a n g

Dengan hormat,

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Arma Sanjaya
No. Mahasiswa : 0852006
Program Studi : Teknik Listrik D-III

Dengan ini mengajukan permohonan, sekiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama/Pendamping*), untuk penyusunan Tugas Akhir .

Judul Tugas Akhir : Perancangan AVR Pada Simulator Pembangkit listrik
Tenaga Mikrohidro

Adapun tugas tersebut adalah salah satu syarat untuk menempuh Ujian Tugas Akhir Program D-III.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Malang, 15 November 2011

Mengetahui
Ketua Prodi
Teknik Elektro D-III

H. H. Faufik Hidayat, MT
NIP. Y. 1018700151



Arma Sanjaya

KESEDIAAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

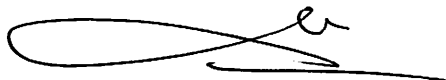
N a m a : Arma Sanjaya.....
No. Mahasiswa : 0852006.....
Program Studi : Teknik Energi Listrik D-III.....
Judul Tugas Akhir : Perancangan AVR Pada Simulator Pembangkit Listrik.....
Tenaga Mikrohidro.....
.....
.....

Bahwa kami bersedia membimbing Tugas Akhir dari mahasiswa tersebut.

Jangka waktu penyelesaian Tugas Akhir selama 5 (lima) bulan mulai tanggal
15/11/2011 s/d 10/03/2012 dan apabila dalam jangka waktu tersebut belum selesai
maka tugas akhir tersebut dinyatakan **GUGUR**

Malang, 15 November 2011

Dosen Pembimbing;



Bambang Prio. H. ST, MT
NIP. Y. 1028400082

Nb :
Setelah disetujui agar formulir ini diserahkan Mahasiswa
yang bersangkutan kepada sekretaris Program Studi
Teknik Elektro D-III

```

;
org      00h

Rly6    Bit P2.0
Rly7    Bit P2.1
Rly8    Bit P2.2
Rly9    Bit P2.3

Rest    Bit P2.6
Enbl    Bit P2.7

Rly0    Bit P3.0
Rly1    Bit P3.1
Rly2    Bit P3.2
Rly3    Bit P3.3
Rly4    Bit P3.4
Rly5    Bit P3.5

ISCL    Bit P3.6      ; I2C clock
ISDA    Bit P3.7      ; I2C data

Dteg    Equ 30h
Drly    Equ 31h

Char    Equ 70h
Dly0    Equ 71h
Dly1    Equ 72h
Dly2    Equ 73h
Dly3    Equ 74h
Dly4    Equ 75h

;
init:   acall    lcd_in
;
mulai:  mov      DPTR,#tpnama
        lcall   line1
        mov     Char,#16
        lcall   tulis
        mov     DPTR,#tpnims
        lcall   line2
        mov     Char,#16
        lcall   tulis
        lcall   delay2
        mov     DPTR,#tpjurs
        lcall   line1
        mov     Char,#16
        lcall   tulis
        mov     DPTR,#tpuniv
        lcall   line2
        mov     Char,#16
        lcall   tulis
        lcall   delay2
;

clr     Rly0
clr     Rly1
clr     Rly2
clr     Rly3
clr     Rly4
clr     Rly5

```

```

        clr     Rly6
        clr     Rly7
        clr     Rly8
        clr     Rly9
        mov     Drly,#0
;
        lcall   lcdclr
        mov     DPTR,#tptgnl
        lcall   line1
        mov     Char,#16
        lcall   tulis
        mov     DPTR,#angka
loop00: lcall   bc_sns
        mov     P0,#08Bh
        lcall   w_ins
        mov     A,Dteg
        lcall   nilai
        mov     P0,#0D0h
        lcall   w_ins
;
loop01: mov     A,Dteg
        mov     B,#220
        div     AB
        jnz     loop02
        lcall   incrly
        ljmp    loop04
loop02: mov     A,Dteg
        mov     B,#220
        clr     C
        subb   A,B
        jnz     loop03
        ljmp    loop04
loop03: lcall   decrly
loop04:
        mov     Dly3,#5
        lcall   delay3
        sjmp   loop00
;
incrly: inc     Drly
        mov     A,Drly
        cjne   A,#010,incr1
        mov     Drly,#9
incr1:  lcall   rly_on
        ret
;
decrly: dec     Drly
        mov     A,Drly
        cjne   A,#255,decr1
        mov     Drly,#0
decr1:  lcall   rly_on
        ret
;
rly_on: mov     A,Drly
        cjne   A,#0,rlyon0
        clr     Rly0
        setb   Rly1
        setb   Rly2

```

```

        setb    Rly3
        setb    Rly4
        setb    Rly5
        setb    Rly6
        setb    Rly7
        setb    Rly8
        setb    Rly9
rlyon0:  cjne   A,#1,rlyon1
        clr     Rly0
        clr     Rly1
        setb    Rly2
        setb    Rly3
        setb    Rly4
        setb    Rly5
        setb    Rly6
        setb    Rly7
        setb    Rly8
        setb    Rly9
rlyon1:  cjne   A,#2,rlyon2
        clr     Rly0
        clr     Rly1
        clr     Rly2
        setb    Rly3
        setb    Rly4
        setb    Rly5
        setb    Rly6
        setb    Rly7
        setb    Rly8
        setb    Rly9
rlyon2:  cjne   A,#3,rlyon3
        clr     Rly0
        clr     Rly1
        clr     Rly2
        clr     Rly3
        setb    Rly4
        setb    Rly5
        setb    Rly6
        setb    Rly7
        setb    Rly8
        setb    Rly9
rlyon3:  cjne   A,#4,rlyon4
        clr     Rly0
        clr     Rly1
        clr     Rly2
        clr     Rly3
        clr     Rly4
        setb    Rly5
        setb    Rly6
        setb    Rly7
        setb    Rly8
        setb    Rly9
rlyon4:  cjne   A,#5,rlyon5
        clr     Rly0
        clr     Rly1
        clr     Rly2
        clr     Rly3
        clr     Rly4

```

```

        clr      Rly5
        setb    Rly6
        setb    Rly7
        setb    Rly8
        setb    Rly9
rlyon5: cjne    A,#6,rlyon6
        clr      Rly0
        clr      Rly1
        clr      Rly2
        clr      Rly3
        clr      Rly4
        clr      Rly5
        clr      Rly6
        setb    Rly7
        setb    Rly8
        setb    Rly9
rlyon6: cjne    A,#7,rlyon7
        clr      Rly0
        clr      Rly1
        clr      Rly2
        clr      Rly3
        clr      Rly4
        clr      Rly5
        clr      Rly6
        clr      Rly7
        setb    Rly8
        setb    Rly9
rlyon7: cjne    A,#8,rlyon8
        clr      Rly0
        clr      Rly1
        clr      Rly2
        clr      Rly3
        clr      Rly4
        clr      Rly5
        clr      Rly6
        clr      Rly7
        clr      Rly8
        setb    Rly9
rlyon8: cjne    A,#9,rlyon9
        clr      Rly0
        clr      Rly1
        clr      Rly2
        clr      Rly3
        clr      Rly4
        clr      Rly5
        clr      Rly6
        clr      Rly7
        clr      Rly8
        clr      Rly9
rlyon9: ret
;
bc_sns: 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     Dteg,A       ; simpan data sensor 0
    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

;
putbit:  mov     R7,#8          ; \
putbt:   RLC     A              ; |
        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        ; | tunggu ack
        jc     ackbit         ; | D=1, C=1D=0, C=0
        clr     ISCL         ; |
        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
        div                AB
        lcall              wr_chr
        mov                A,B
        mov                B,#10
        div                AB
        lcall              wr_chr
        mov                A,B
        lcall              wr_chr
        ret
;
line1:  mov                P0,#080h
        acall              w_ins
        ret
;
line2:  mov                P0,#0C0h
        acall              w_ins
        ret
;
tulis:  clr                A
        acall              wr_chr
        inc                DPTR
        djnz               Char,tulis
        ret
;
wr_chr: movc               A,@A+DPTR
        mov                P0,A
        acall              w_chr
        ret
;
w_ins:  clr                Enbl
        clr                Rest
        setb               Enbl
        clr                Enbl
        acall              delay0
        ret
;
w_chr:  clr                Enbl
        setb               Rest
        setb               Enbl
        clr                Enbl
        acall              delay0
        ret
;
lcd_in: mov                Dly3,#1
        acall              delay3
        mov                P0,#01h                ; Display Clear
        acall              w_ins

```

```

        mov     P0,#38h                ; Function Set
        acall  w_ins
        mov     P0,#0Dh              ; Display On, Cursor,
Blink   acall  w_ins
        mov     P0,#06h              ; Entry Mode
        acall  w_ins
        mov     P0,#02h              ; Cursor Home
        acall  w_ins
        ret
;
lcdclr: mov     P0,#01h                ; Display Clear
        acall  w_ins
        acall  delay0
        acall  delay0
        acall  delay0
        ret
;
delay0: djnz   Dly0,delay0
        ret
;
delay1: acall  delay0
        djnz   Dly1,delay1
        ret
;
delay2: mov     Dly2,#20
dely2:  acall  delay1
        djnz   Dly2,dely2
        ret
;
delay3: acall  delay0
        djnz   Dly1,delay3
        djnz   Dly3,delay3
        ret
;
delay4: acall  delay0
        djnz   Dly4,delay4
        ret
;
tpnama: DB     ' Arma Sanjaya '
tpnims: DB     ' Nim : 0852005 '
tpjurs: DB     ' T. Listrik '
tpuniv: DB     ' ITN MALang '
tptgnl: DB     'Tegangan : 000 V'
angka:  DB     '0123456789 '
;
        end

```


Features

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

Description

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

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



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

AT89S51

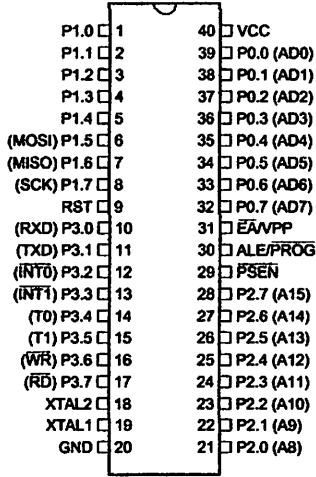
Rev. 2487A-10/01



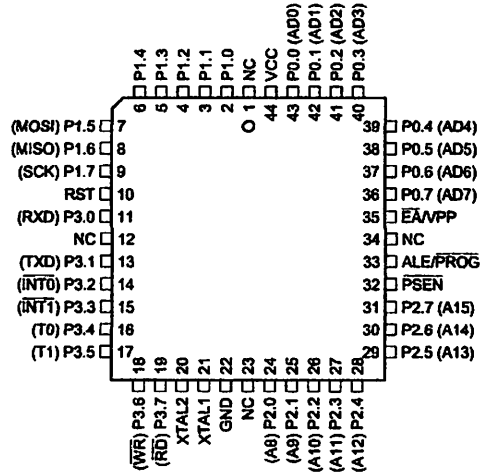


Pin Configurations

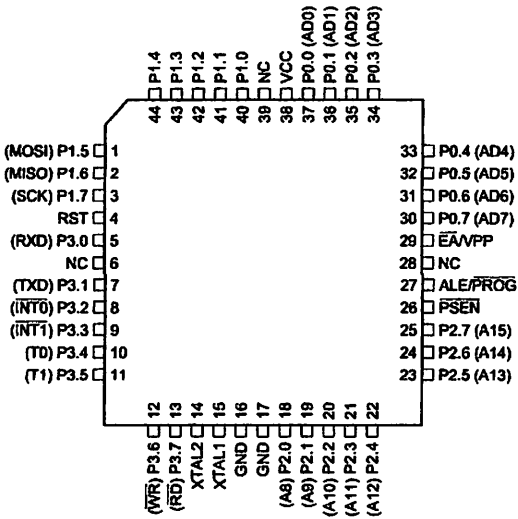
PDIP



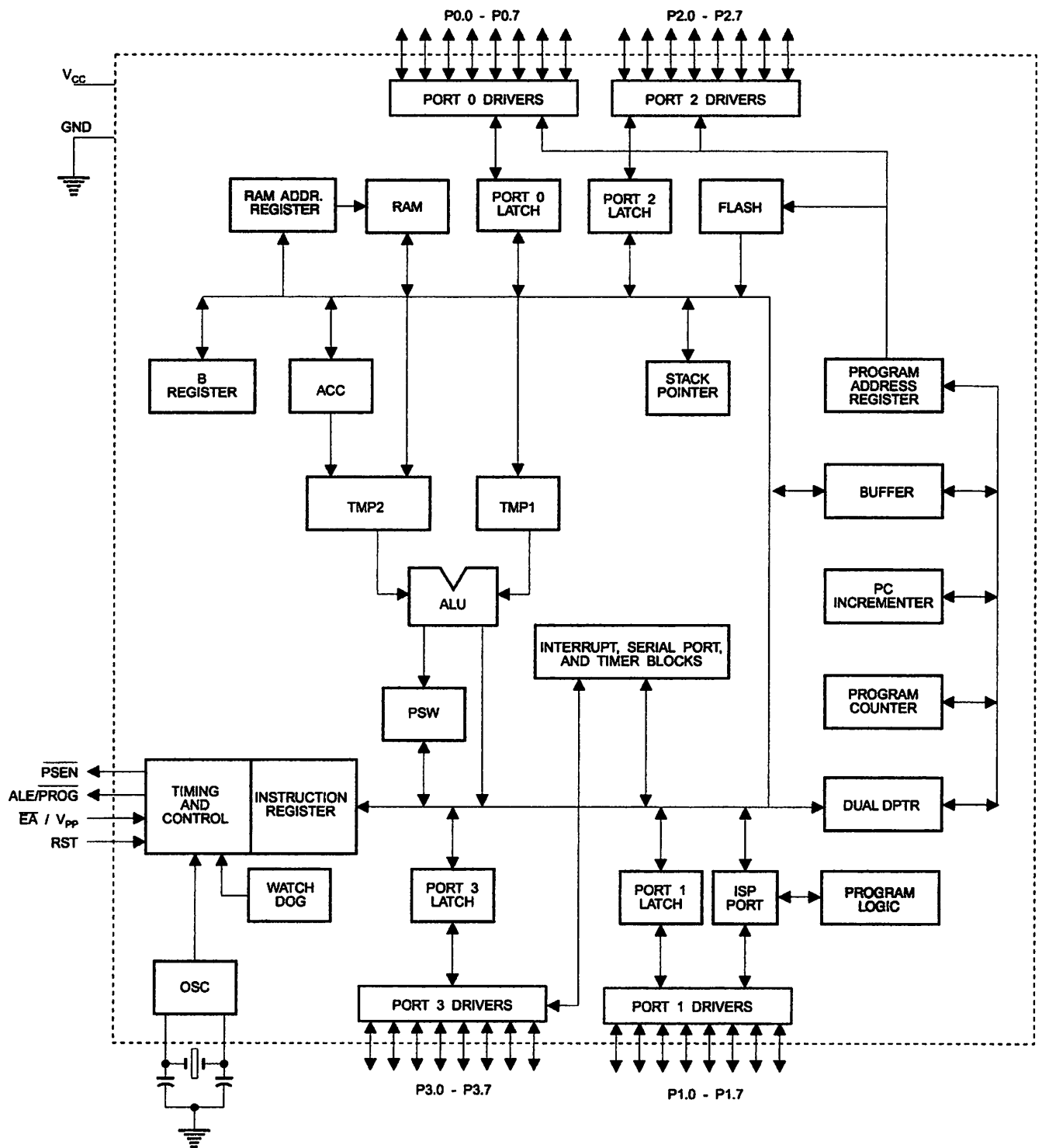
PLCC



TQFP



Block Diagram





Pin Description

VCC Supply voltage.

GND Ground.

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

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

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

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

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

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

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

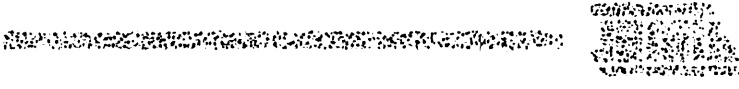
Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit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

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

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

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

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



1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

1945

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

RST

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

ALE/PROG

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

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

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

PSEN

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

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

EA/VPP

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

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

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

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier





Special Function Registers

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

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

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXX	0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XX0000	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							
	-	-	-	-	-	-	DPS
Bit	7	6	5	4	3	2	1
-	Reserved for future expansion						
DPS	Data Pointer Register Select						
	DPS						
	0	Selects DPTR Registers DP0L, DP0H					
	1	Selects DPTR Registers DP1L, DP1H					

Memory Organization

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

Program Memory

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

Data Memory

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

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

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

Using the WDT

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

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

WDT During Power-down and Idle

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

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

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

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

UART

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

Timer 0 and 1

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

Interrupts

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

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

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

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



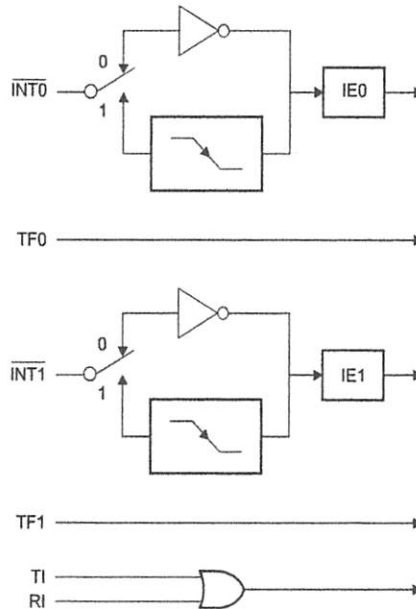
Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

(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.

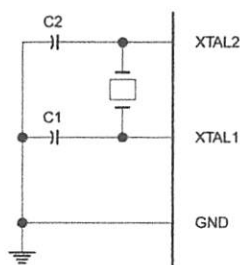
Figure 1. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

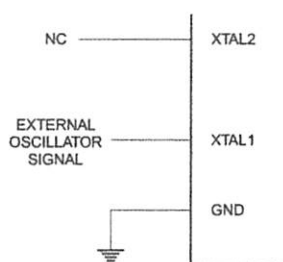
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected 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 \pm 10 pF for Crystals = 40 pF \pm 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 $\overline{\text{INT0}}$ or $\overline{\text{INT1}}$. 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

Program Memory Lock Bits

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

Table 6. Lock Bit Protection Modes

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

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

Programming the Flash – Parallel Mode

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

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

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

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise \overline{EA}/V_{pp} to 12V.
5. Pulse ALE/\overline{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 μ s. 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.

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.

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.

Programming the Flash – Serial Mode

Serial Programming Algorithm





Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to "L".

Turn V_{CC} power off.

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

Serial Programming Instruction Set

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

Programming Interface – Parallel Mode

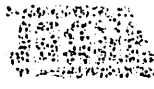
Every code byte in the Flash array can be programmed by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

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

Table 7. Flash Programming Modes

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

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



.....

.....
.....
.....
.....

.....

.....
.....
.....

.....

.....
.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

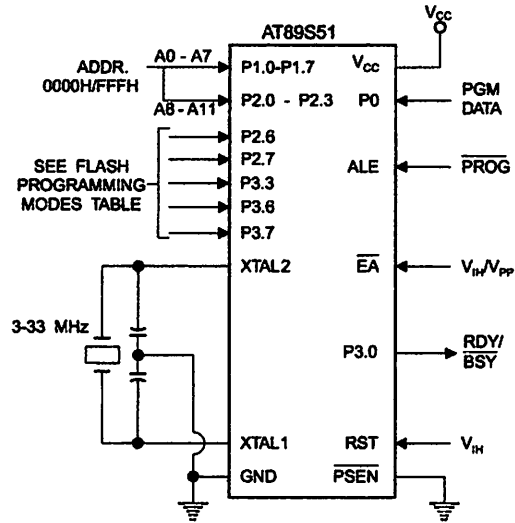
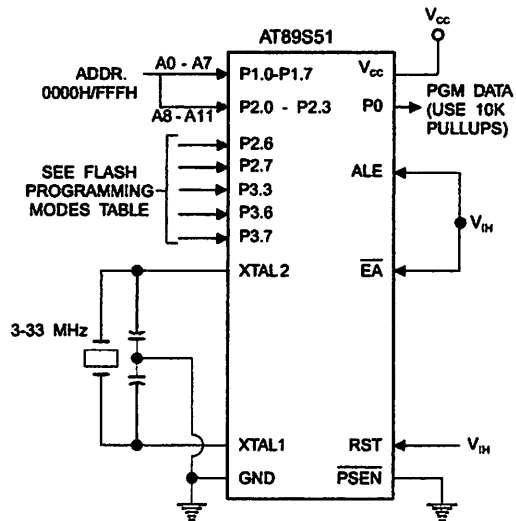


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

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

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

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

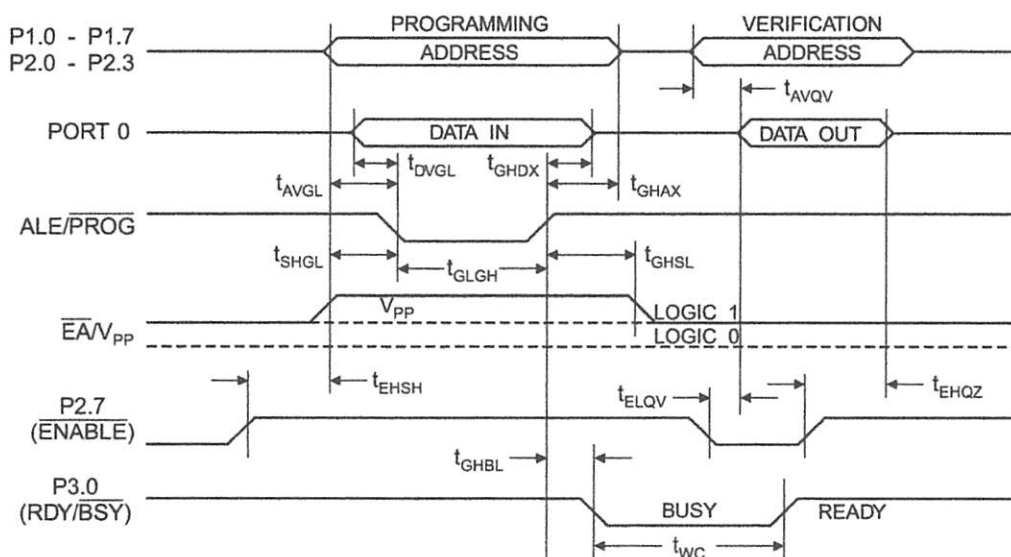
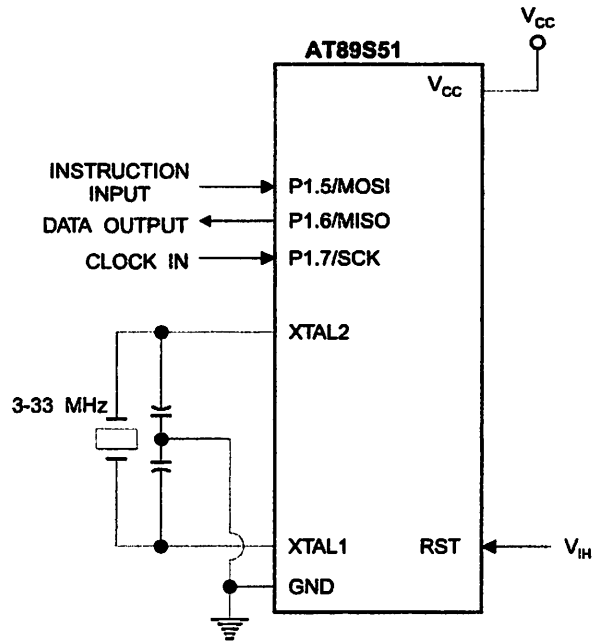
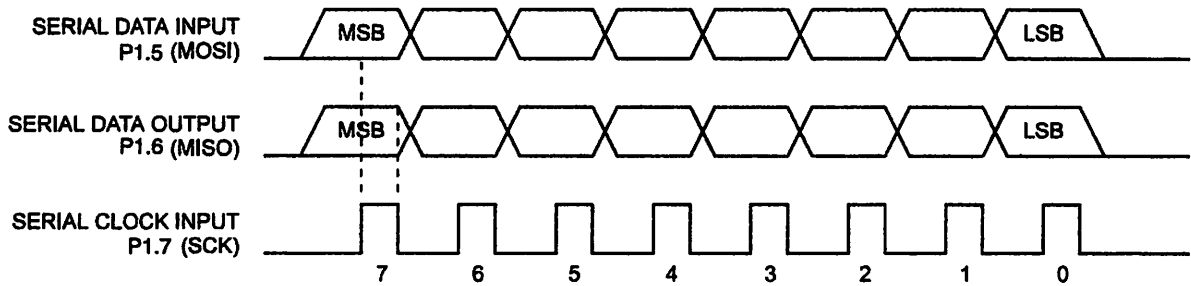


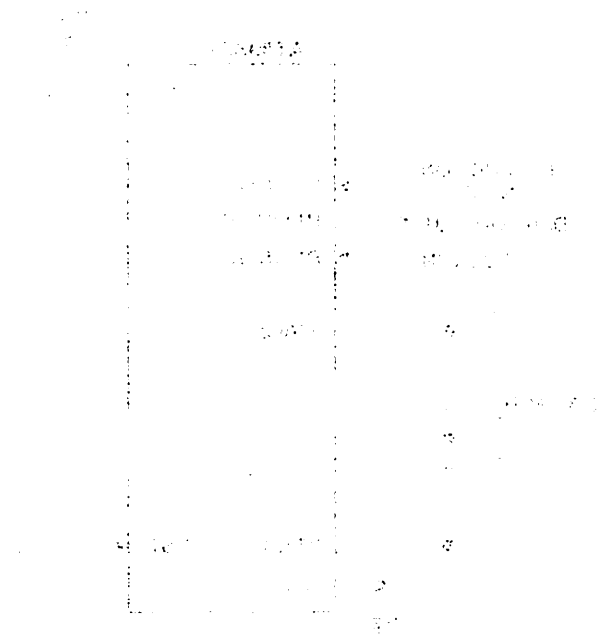
Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



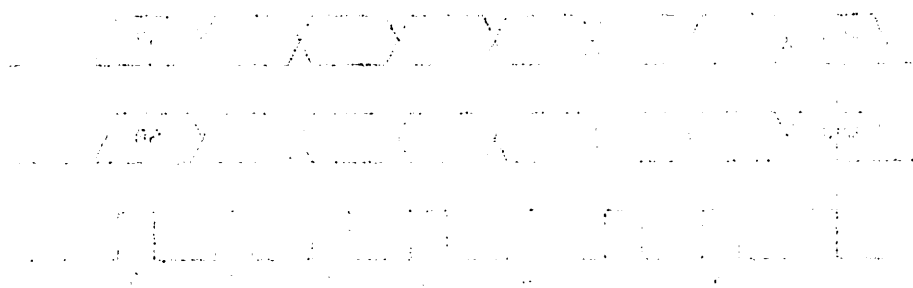
Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms





SECRET



SECRET

SECRET

SECRET





Table 8. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	7 6 5 4 3 2 1 0	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	7 6 5 4 3 2 1 0	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx LB3 LB2 LB1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1	A0 xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

- Notes: 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

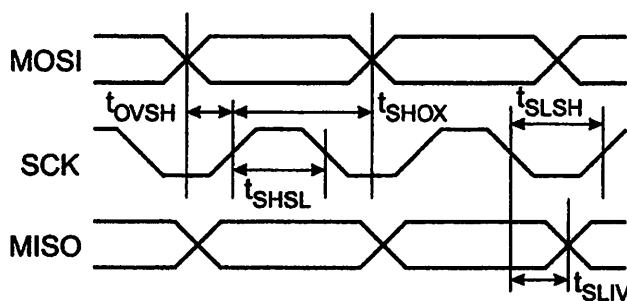
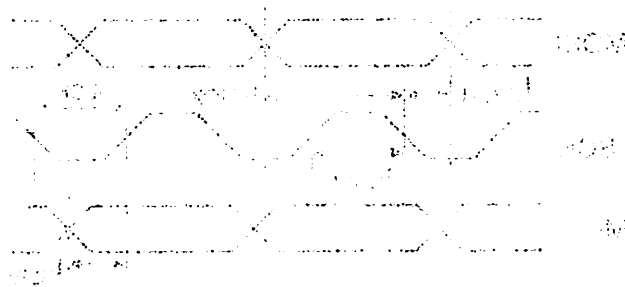


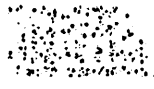
Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

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





1. The present invention relates to a method and apparatus for...
 2. The method of the present invention includes the steps of...
 3. The apparatus of the present invention includes...
 4. The method of the present invention is...
 5. The apparatus of the present invention is...
 6. The method of the present invention is...
 7. The apparatus of the present invention is...
 8. The method of the present invention is...
 9. The apparatus of the present invention is...
 10. The method of the present invention is...
 11. The apparatus of the present invention is...
 12. The method of the present invention is...
 13. The apparatus of the present invention is...
 14. The method of the present invention is...
 15. The apparatus of the present invention is...





Absolute Maximum Ratings*

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

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

DC Characteristics

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

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

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

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port:

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

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

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

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

AC Characteristics

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

External Program and Data Memory Characteristics

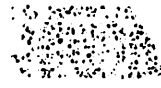
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	33	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{LLIV}	ALE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



Administrative

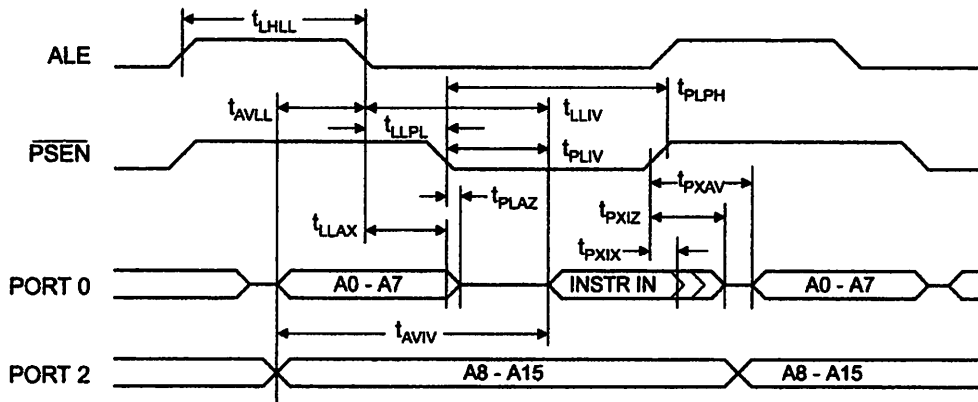
Administrative

Item	Quantity	Unit	Price	Total	Description
1	1	EA	100.00	100.00	Item 1
2	1	EA	100.00	100.00	Item 2
3	1	EA	100.00	100.00	Item 3
4	1	EA	100.00	100.00	Item 4
5	1	EA	100.00	100.00	Item 5
6	1	EA	100.00	100.00	Item 6
7	1	EA	100.00	100.00	Item 7
8	1	EA	100.00	100.00	Item 8
9	1	EA	100.00	100.00	Item 9
10	1	EA	100.00	100.00	Item 10
11	1	EA	100.00	100.00	Item 11
12	1	EA	100.00	100.00	Item 12
13	1	EA	100.00	100.00	Item 13
14	1	EA	100.00	100.00	Item 14
15	1	EA	100.00	100.00	Item 15
16	1	EA	100.00	100.00	Item 16
17	1	EA	100.00	100.00	Item 17
18	1	EA	100.00	100.00	Item 18
19	1	EA	100.00	100.00	Item 19
20	1	EA	100.00	100.00	Item 20
21	1	EA	100.00	100.00	Item 21
22	1	EA	100.00	100.00	Item 22
23	1	EA	100.00	100.00	Item 23
24	1	EA	100.00	100.00	Item 24
25	1	EA	100.00	100.00	Item 25
26	1	EA	100.00	100.00	Item 26
27	1	EA	100.00	100.00	Item 27
28	1	EA	100.00	100.00	Item 28
29	1	EA	100.00	100.00	Item 29
30	1	EA	100.00	100.00	Item 30
31	1	EA	100.00	100.00	Item 31
32	1	EA	100.00	100.00	Item 32
33	1	EA	100.00	100.00	Item 33
34	1	EA	100.00	100.00	Item 34
35	1	EA	100.00	100.00	Item 35
36	1	EA	100.00	100.00	Item 36
37	1	EA	100.00	100.00	Item 37
38	1	EA	100.00	100.00	Item 38
39	1	EA	100.00	100.00	Item 39
40	1	EA	100.00	100.00	Item 40
41	1	EA	100.00	100.00	Item 41
42	1	EA	100.00	100.00	Item 42
43	1	EA	100.00	100.00	Item 43
44	1	EA	100.00	100.00	Item 44
45	1	EA	100.00	100.00	Item 45
46	1	EA	100.00	100.00	Item 46
47	1	EA	100.00	100.00	Item 47
48	1	EA	100.00	100.00	Item 48
49	1	EA	100.00	100.00	Item 49
50	1	EA	100.00	100.00	Item 50

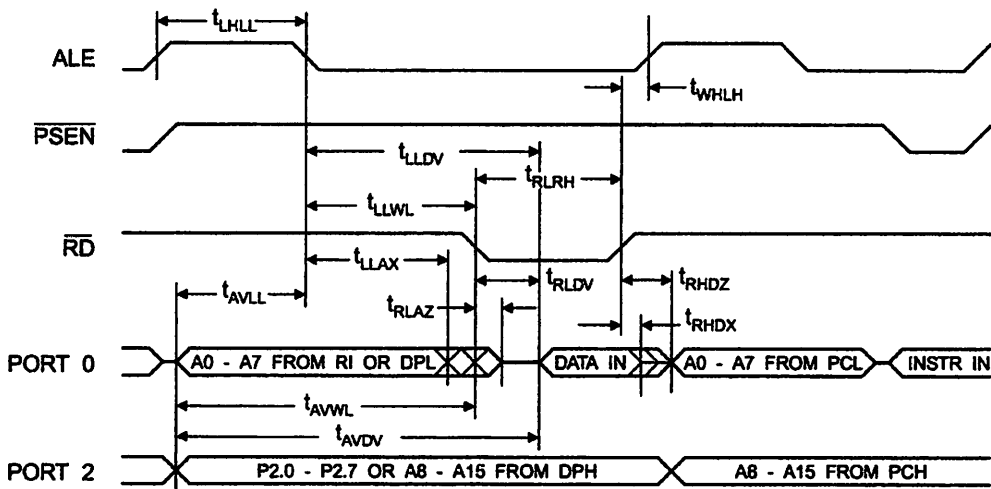


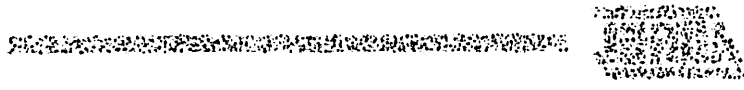


External Program Memory Read Cycle



External Data Memory Read Cycle





Expenditure Program Review Report

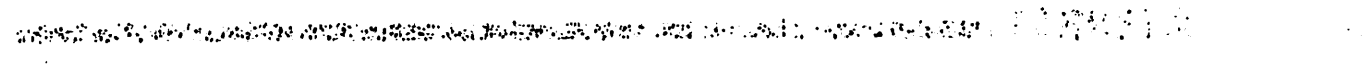
The following table shows the estimated total expenditures for the fiscal year 2000-01. The total estimated expenditures are \$1,234,567,890. The total actual expenditures for the fiscal year 2000-01 are \$1,123,456,789. The difference between the estimated and actual expenditures is \$111,111,101.

Category	Estimated Total Expenditures	Actual Total Expenditures
Category 1	\$100,000,000	\$95,000,000
Category 2	\$200,000,000	\$190,000,000
Category 3	\$300,000,000	\$280,000,000
Category 4	\$400,000,000	\$380,000,000
Category 5	\$500,000,000	\$470,000,000
Total	\$1,234,567,890	\$1,123,456,789

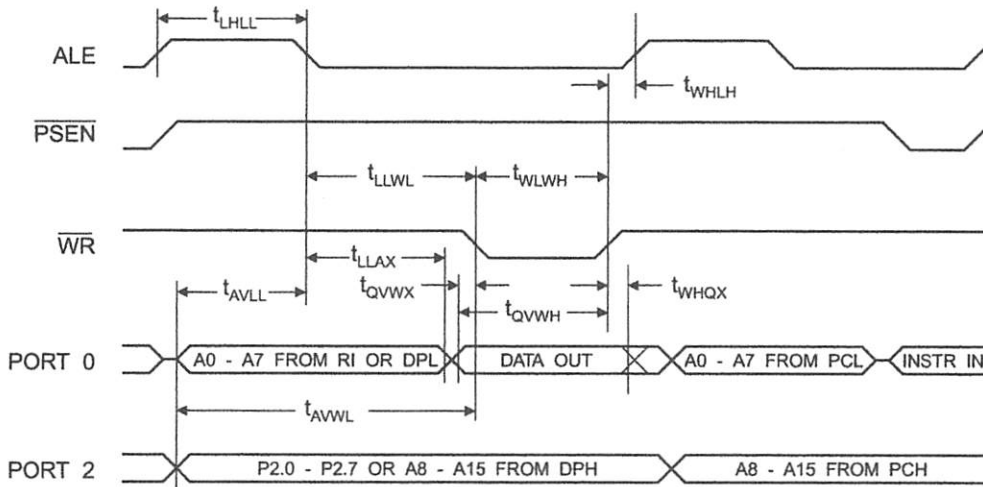
Expenditure Program Review Report

The following table shows the estimated total expenditures for the fiscal year 2001-02. The total estimated expenditures are \$1,345,678,901. The total actual expenditures for the fiscal year 2001-02 are \$1,234,567,890. The difference between the estimated and actual expenditures is \$111,111,011.

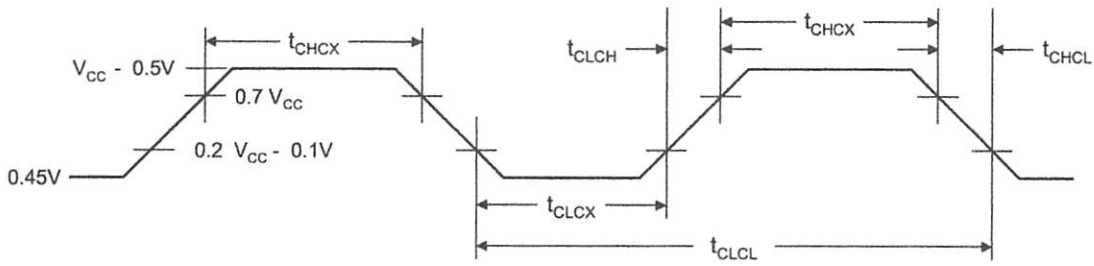
Category	Estimated Total Expenditures	Actual Total Expenditures
Category 1	\$110,000,000	\$105,000,000
Category 2	\$210,000,000	\$200,000,000
Category 3	\$310,000,000	\$290,000,000
Category 4	\$410,000,000	\$390,000,000
Category 5	\$510,000,000	\$480,000,000
Total	\$1,345,678,901	\$1,234,567,890



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

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

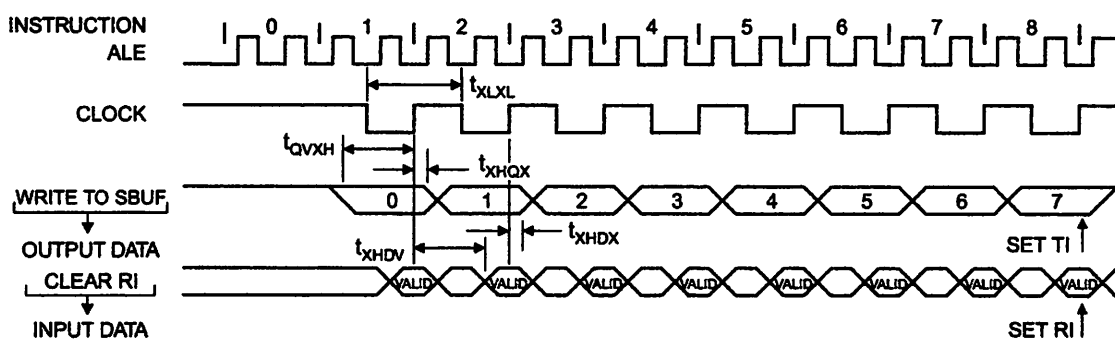


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

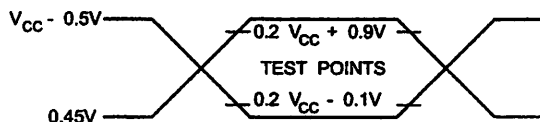
The values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

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

Shift Register Mode Timing Waveforms

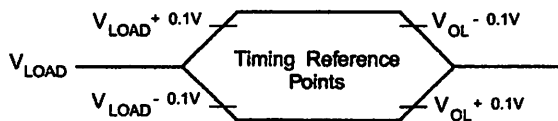


AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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

Float Waveforms⁽¹⁾



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

Ordering Information

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

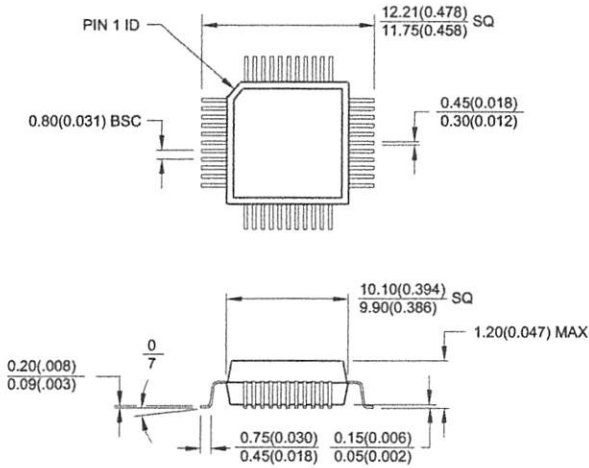
= Preliminary Availability

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



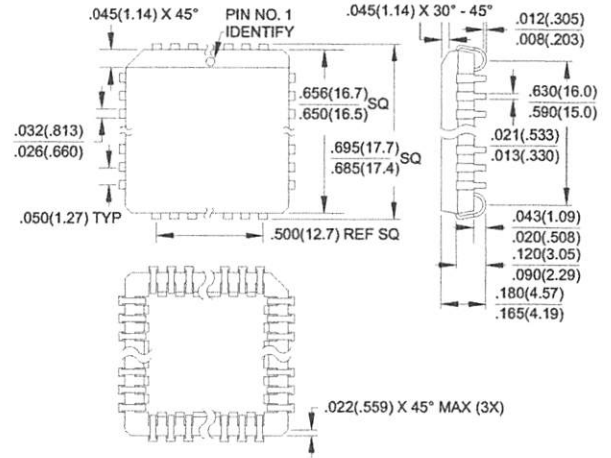
Packaging Information

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

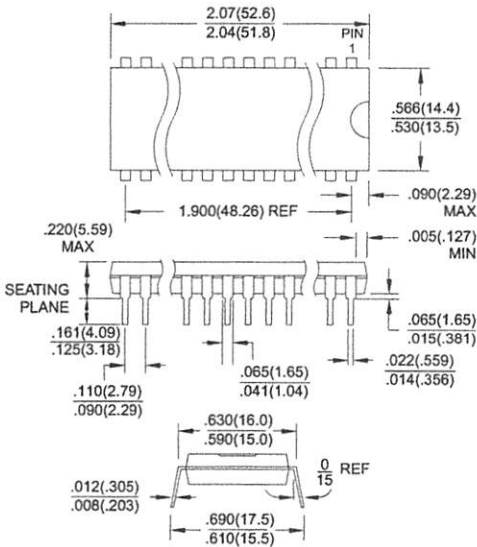


*Controlling dimension: millimeters

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



40P6, 40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-011 AC





Atmel Headquarters

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

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

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

Japan
Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Product Operations

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

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

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

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

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

Atmel Smart Card ICs
Scottish Enterprise Technology Park
East Kilbride, Scotland G75 0QR
TEL (44) 1355-357-000
FAX (44) 1355-242-743

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
<http://www.atmel.com>

© Atmel Corporation 2001.

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

ATMEL® is the registered trademark of Atmel.

MCS-51® is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

2487A-10/01/xM

DATA SHEET

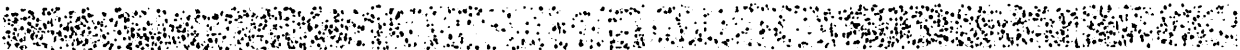


PCF8591

8-bit A/D and D/A converter

Product specification
Supersedes data of 2001 Dec 13

2003 Jan 27



SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

PHILIPS

SECRET

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

1	FEATURES
2	APPLICATIONS
3	GENERAL DESCRIPTION
4	ORDERING INFORMATION
5	BLOCK DIAGRAM
6	PINNING
7	FUNCTIONAL DESCRIPTION
7.1	Addressing
7.2	Control byte
7.3	D/A conversion
7.4	A/D conversion
7.5	Reference voltage
7.6	Oscillator
8	CHARACTERISTICS OF THE I ² C-BUS
8.1	Bit transfer
8.2	Start and stop conditions
8.3	System configuration
8.4	Acknowledge
8.5	I ² C-bus protocol
9	LIMITING VALUES
10	HANDLING
11	DC CHARACTERISTICS
12	D/A CHARACTERISTICS
13	A/D CHARACTERISTICS
14	AC CHARACTERISTICS
15	APPLICATION INFORMATION
16	PACKAGE OUTLINES
17	SOLDERING
17.1	Introduction to soldering through-hole mount packages
17.2	Soldering by dipping or by solder wave
17.3	Manual soldering
17.4	Suitability of through-hole mount IC packages for dipping and wave soldering methods
18	DATA SHEET STATUS
19	DEFINITIONS
20	DISCLAIMERS
21	PURCHASE OF PHILIPS I ² C COMPONENTS

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

1 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.

2 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.

4 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



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.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

5 BLOCK DIAGRAM

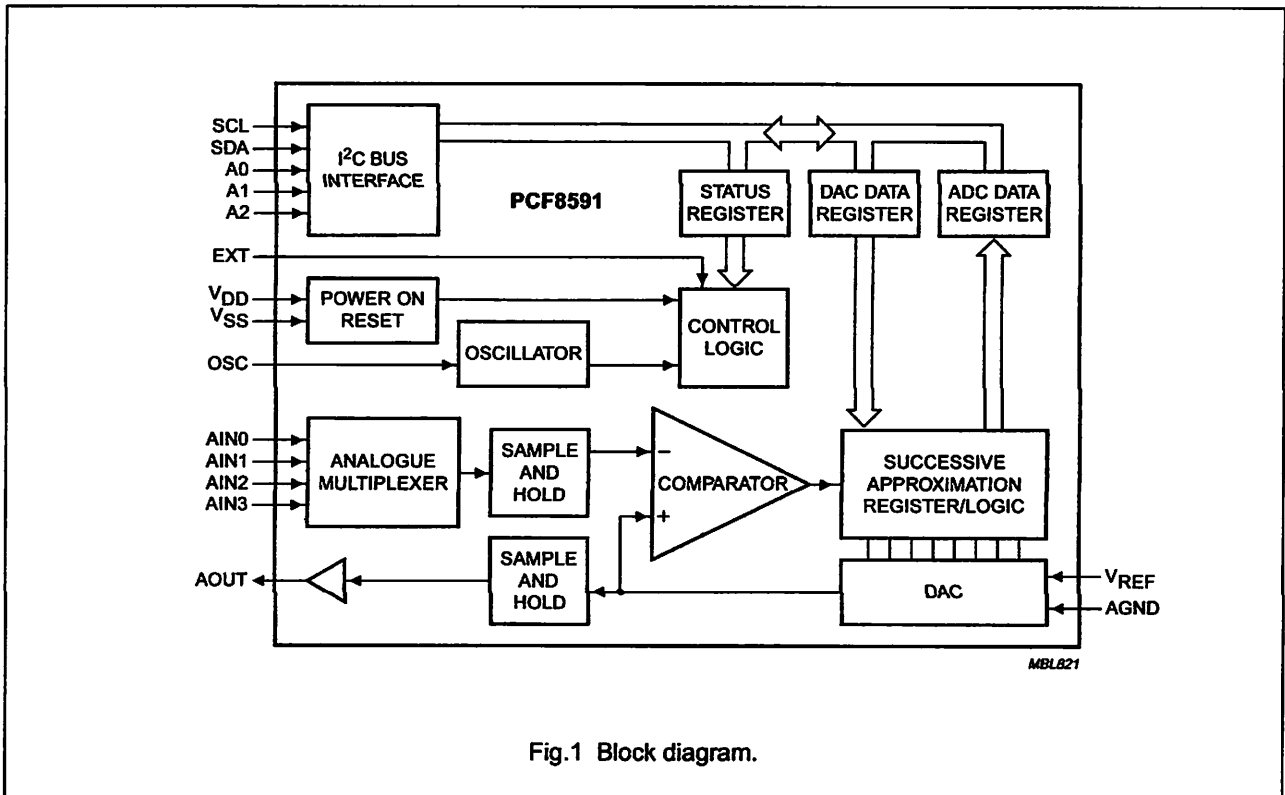


Fig.1 Block diagram.

6 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

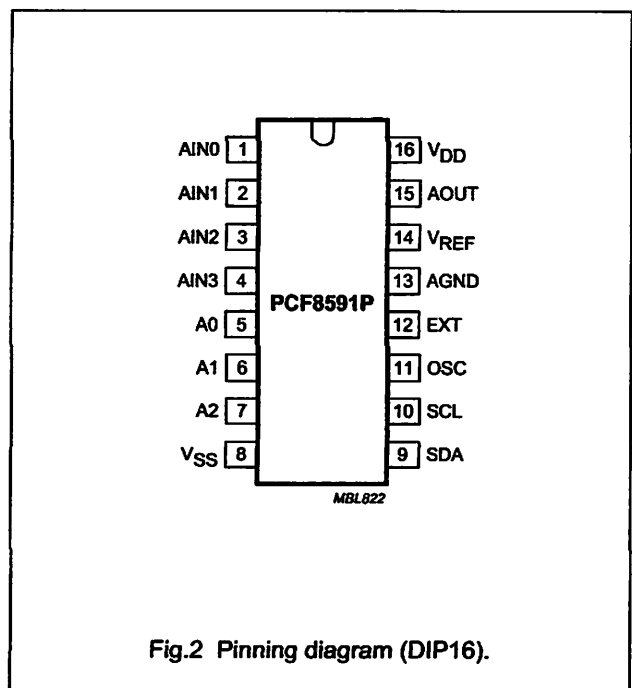


Fig.2 Pinning diagram (DIP16).

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

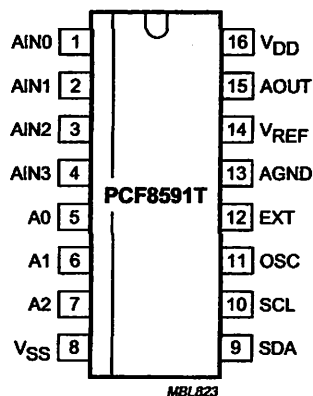


Fig.3 Pinning diagram (SO16).

7 FUNCTIONAL DESCRIPTION

7.1 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 address pins 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).

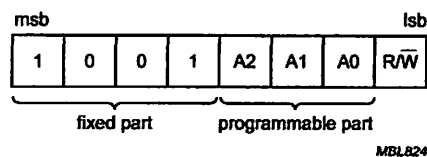


Fig.4 Address byte.

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

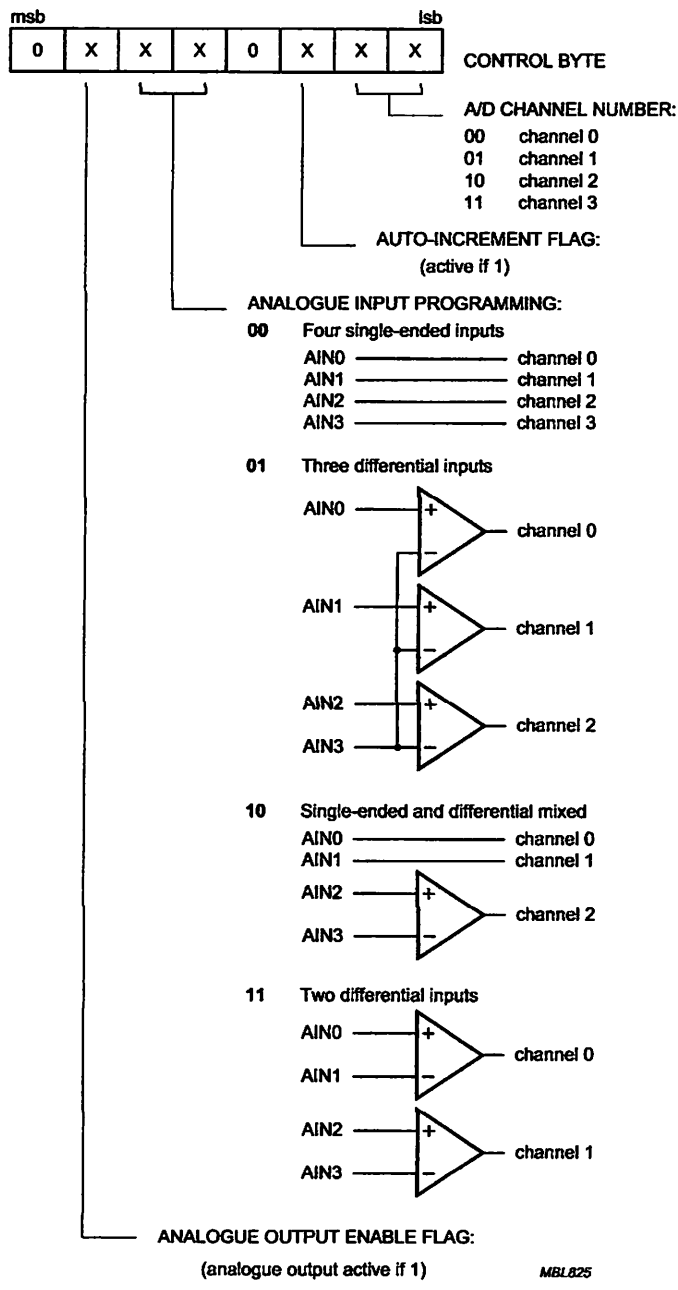


Fig.5 Control byte.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

7.3 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.

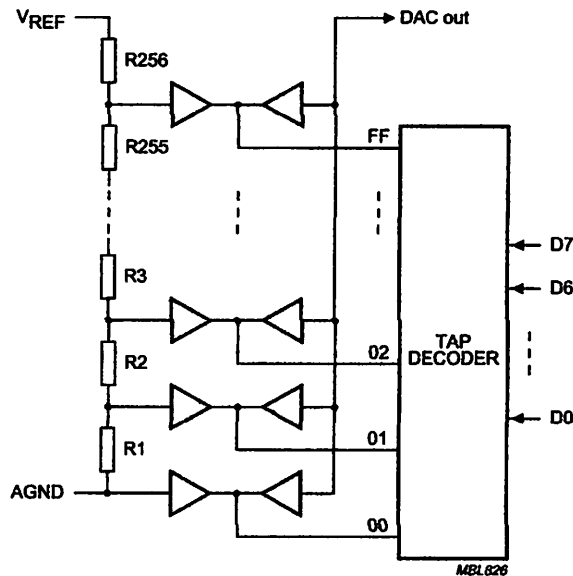
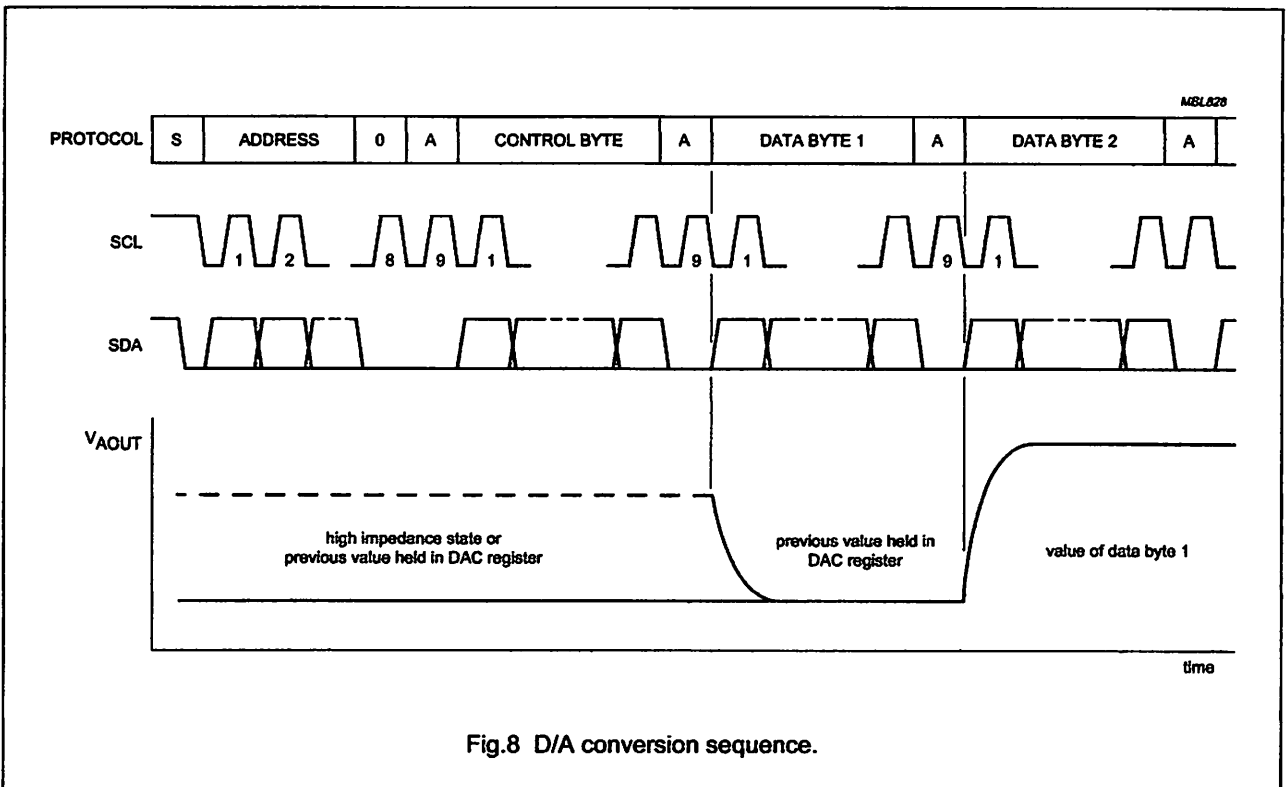
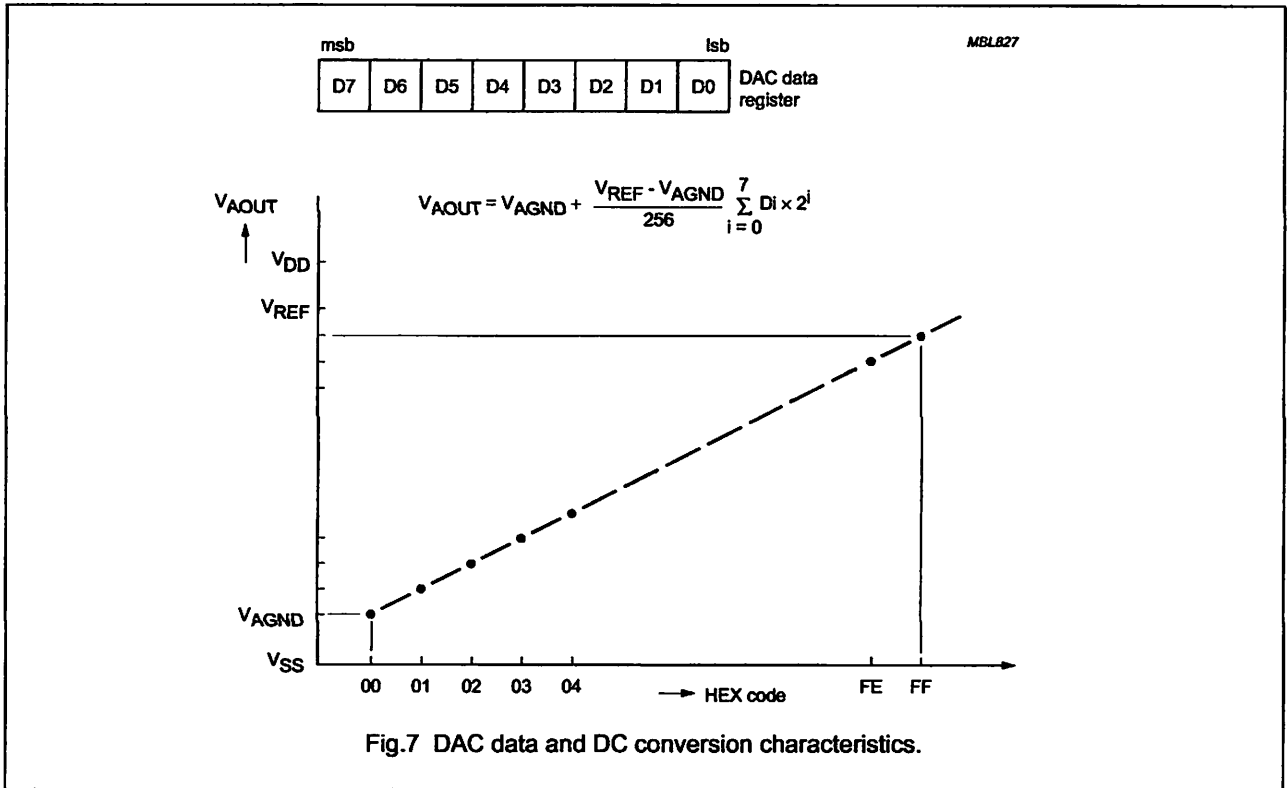


Fig.6 DAC resistor divider chain.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591



8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

7.4 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 twos 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.

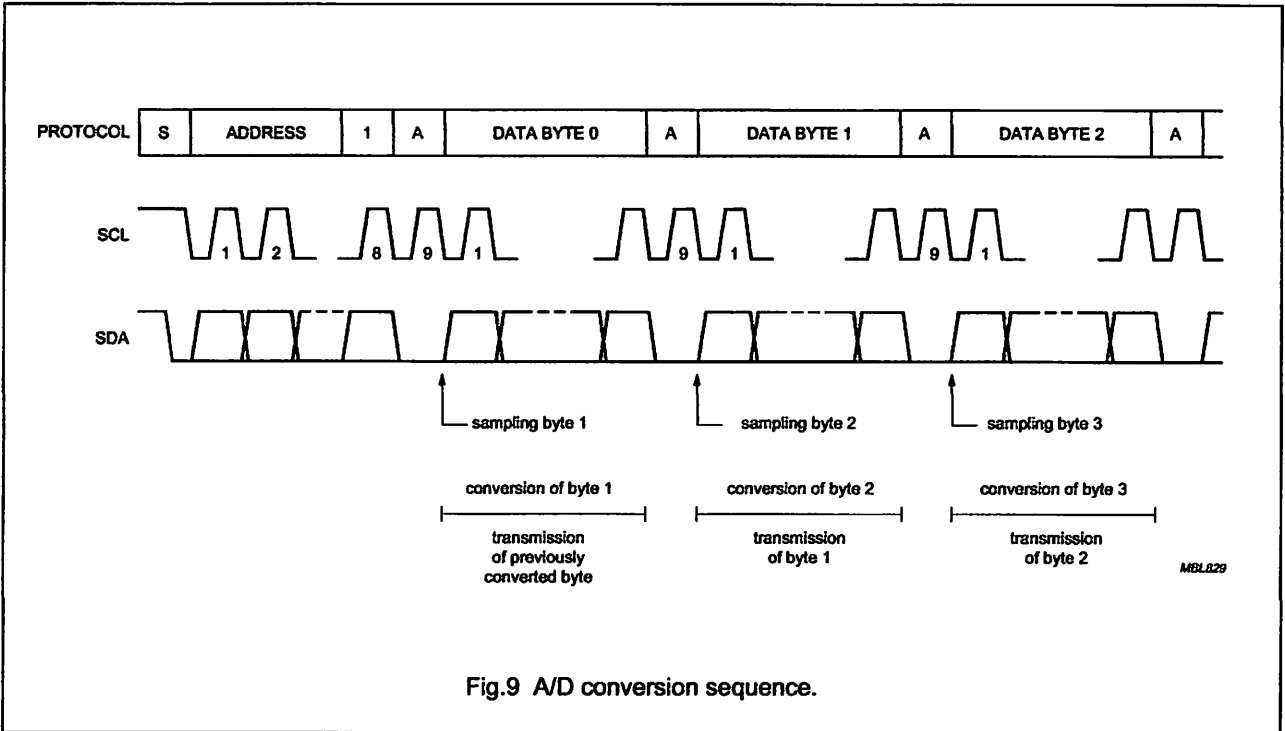
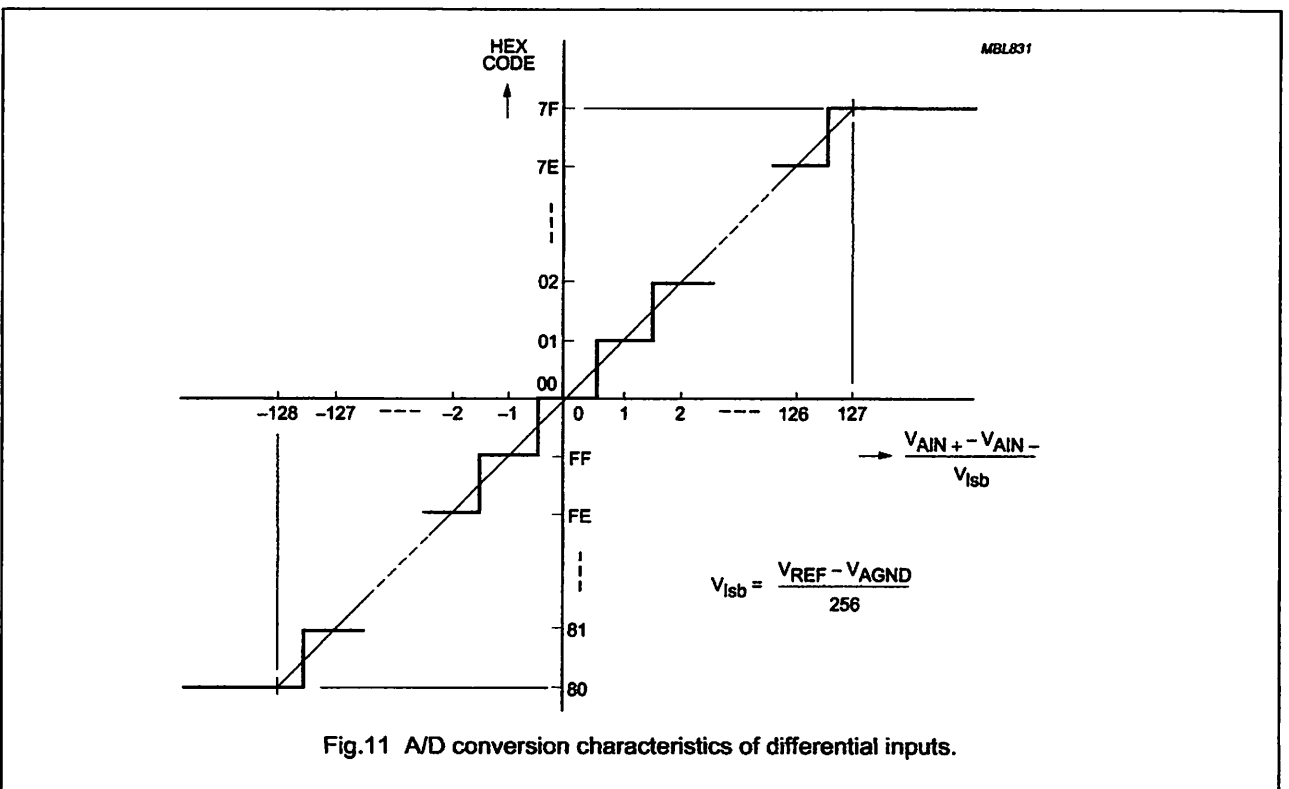
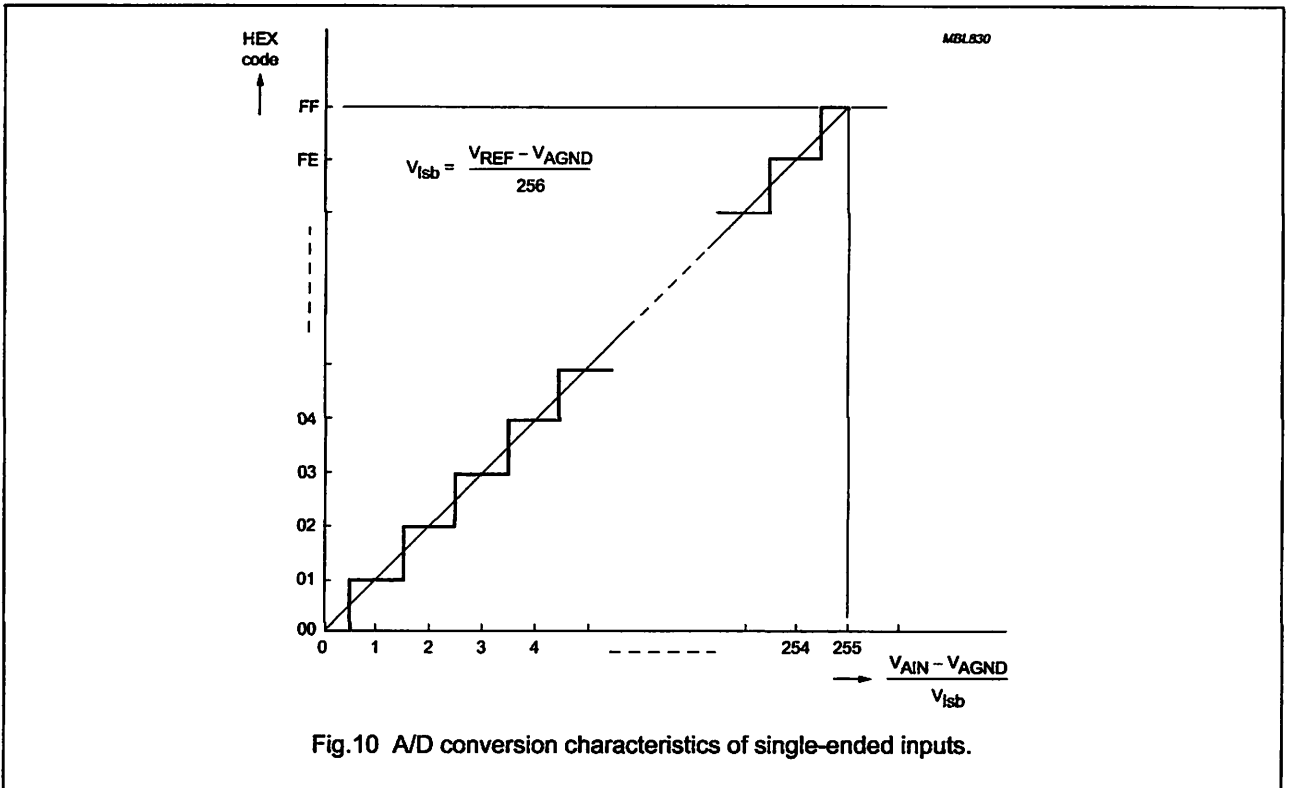


Fig.9 A/D conversion sequence.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591



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 a 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

8 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.

8.1 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.

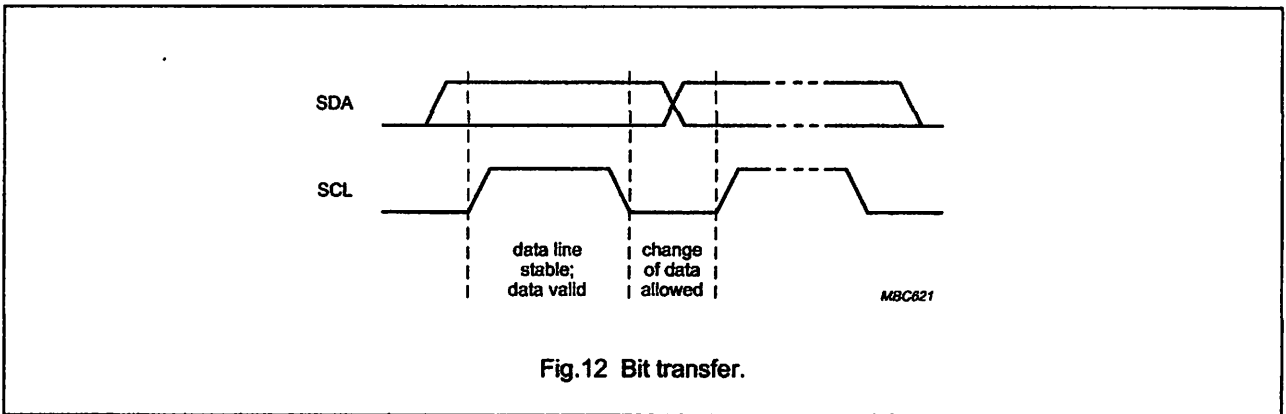


Fig.12 Bit transfer.

8.2 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).

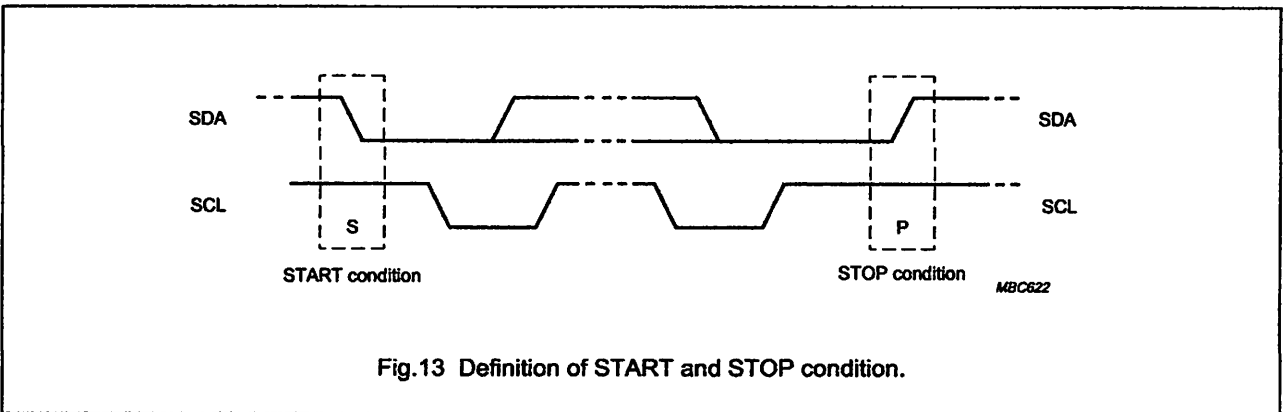


Fig.13 Definition of START and STOP condition.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

8.3 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'.

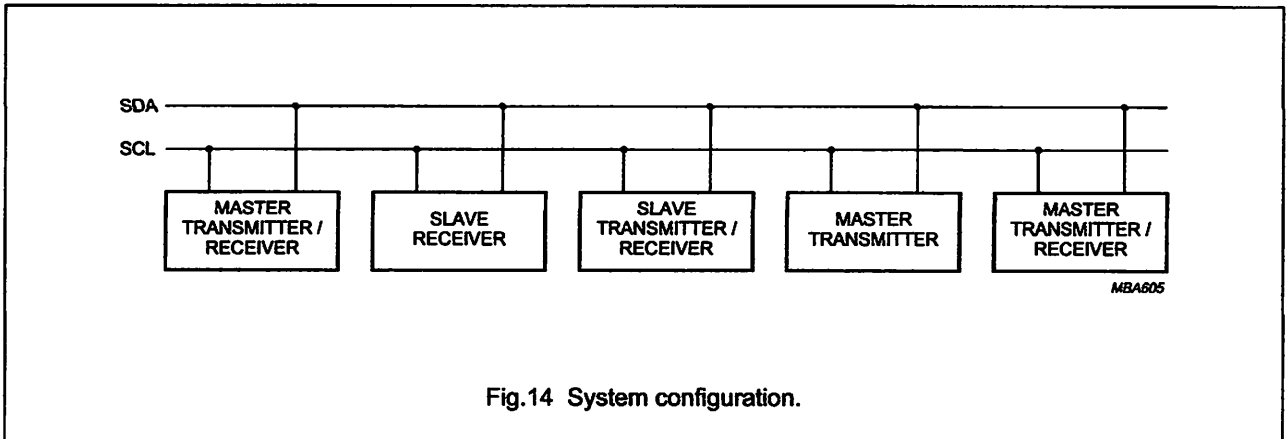


Fig.14 System configuration.

8.4 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.

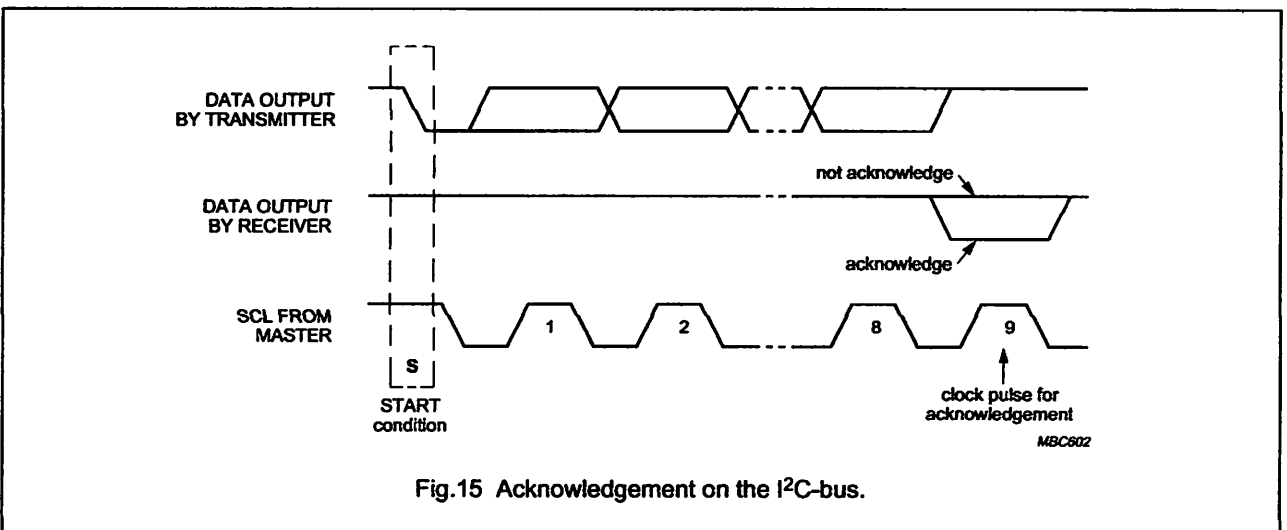


Fig.15 Acknowledgement on the I²C-bus.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

8.5 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.

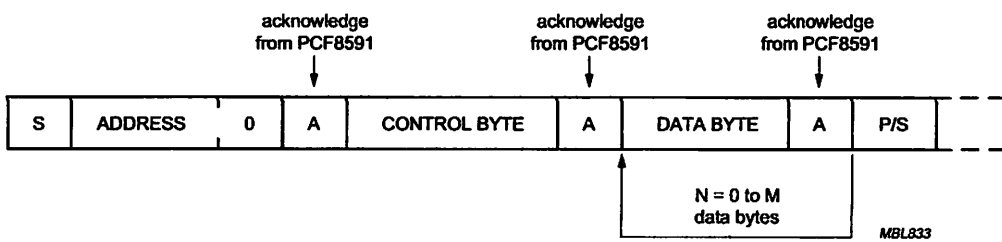


Fig.16 Bus protocol for write mode, D/A conversion.

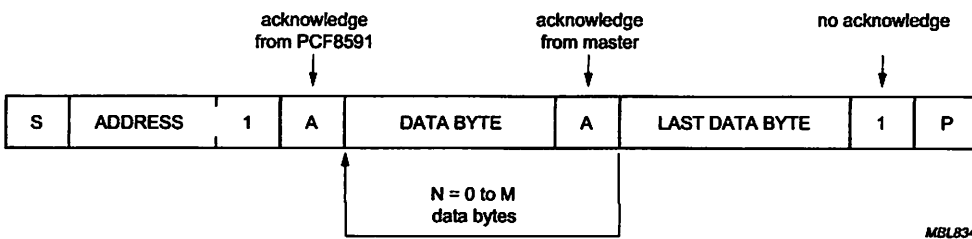


Fig.17 Bus protocol for read mode, A/D conversion.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

9 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

10 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

11 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_{LI}	input leakage current		–250	–	+250	nA
R_{REF}	input resistance	pins V_{REF} and AGND	–	100	–	k Ω
Oscillator: OSC, EXT						
I_{LI}	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

12 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
L_e	linearity error		–	–	± 1.5	LSB
G_e	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

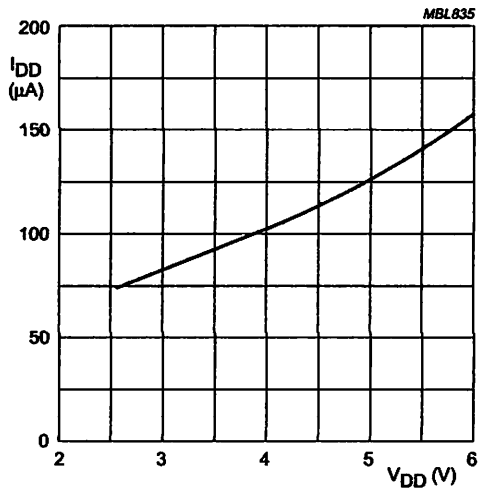
13 A/D CHARACTERISTICS

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

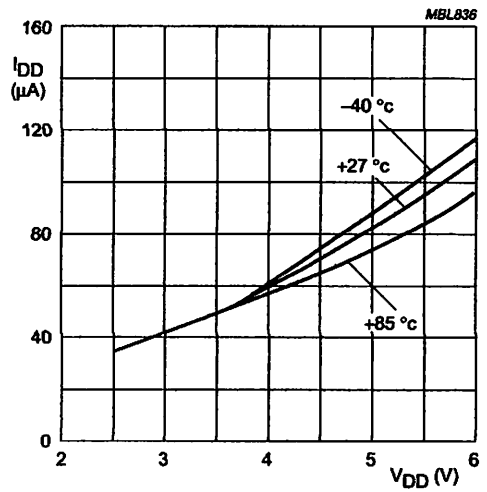
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Analog inputs						
V_{IA}	analog input voltage		V_{SS}	–	V_{DD}	V
I_{LIA}	analog input leakage current		–	–	100	nA
C_{IA}	analog input capacitance		–	10	–	pF
C_{ID}	differential input capacitance		–	10	–	pF
V_{IS}	single-ended voltage	measuring range	V_{AGND}	–	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
L_e	linearity error		–	–	± 1.5	LSB
G_e	gain error		–	–	1	%
GS_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

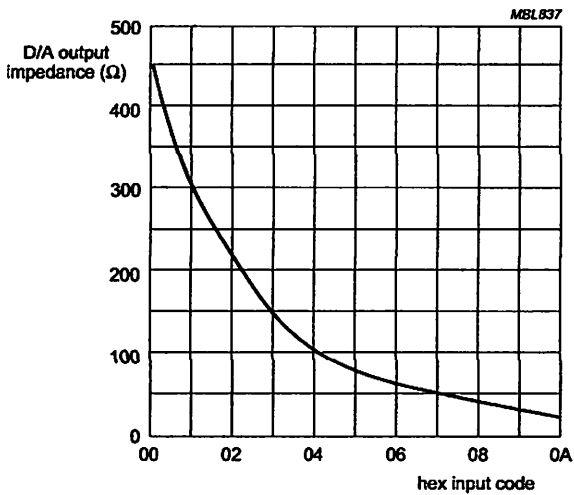


a. Internal oscillator; T_{amb} = +27° C.

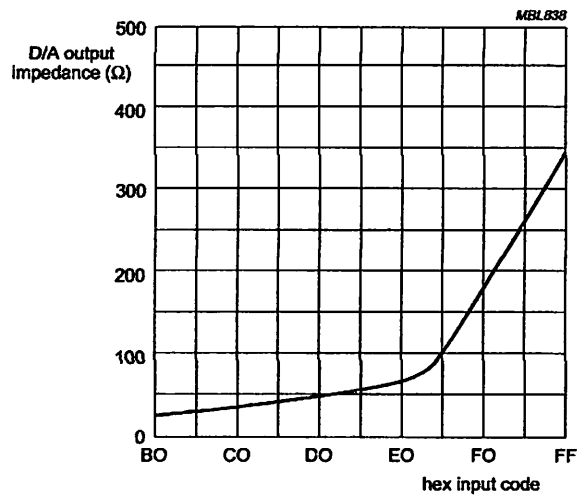


b. External oscillator.

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

14 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

1. 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.

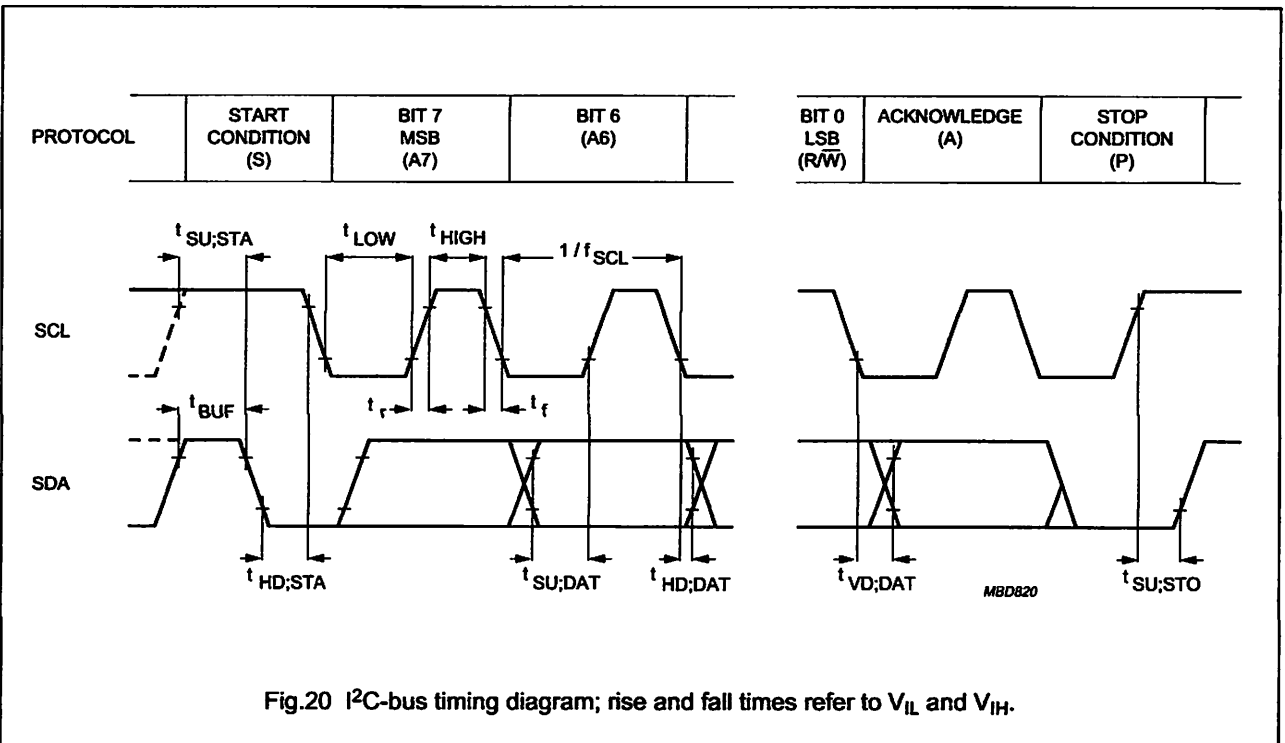


Fig.20 I²C-bus timing diagram; rise and fall times refer to V_{IL} and V_{IH} .

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

15 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.

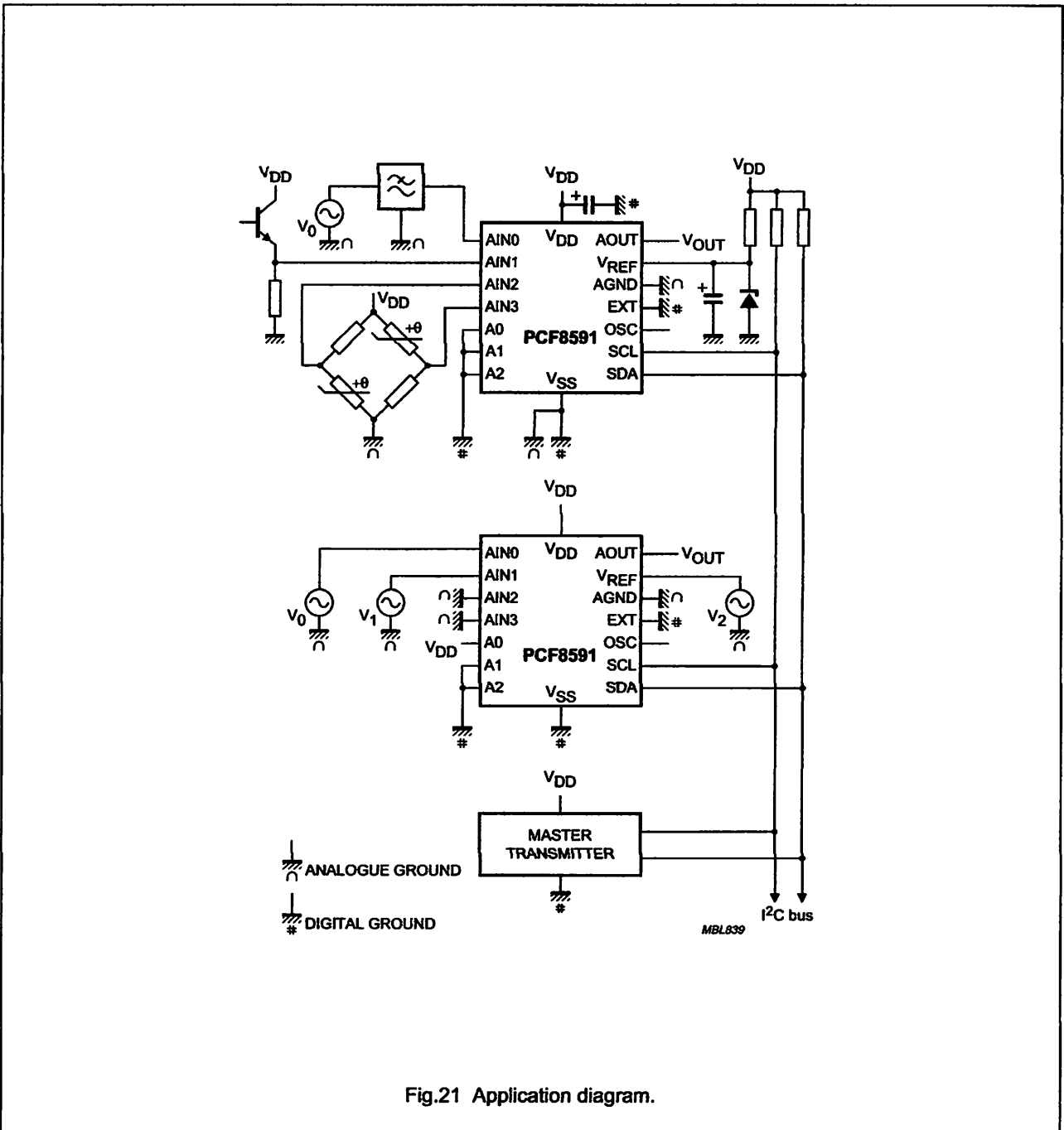


Fig.21 Application diagram.

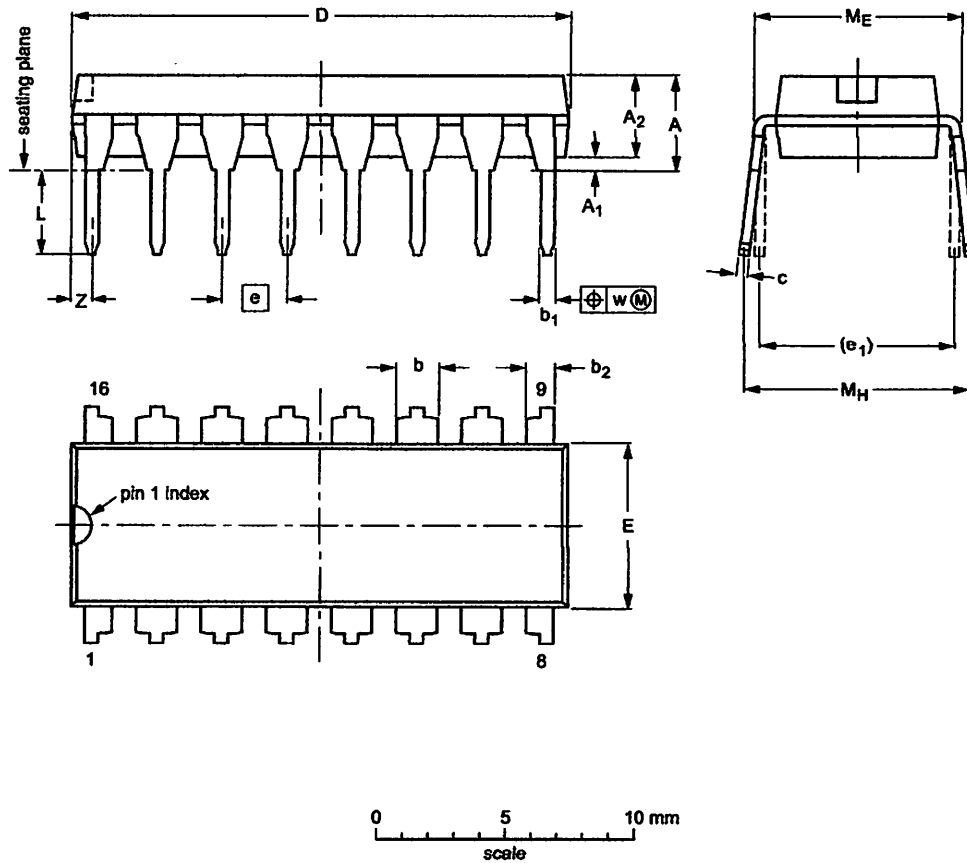
8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

16 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 7.80	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.

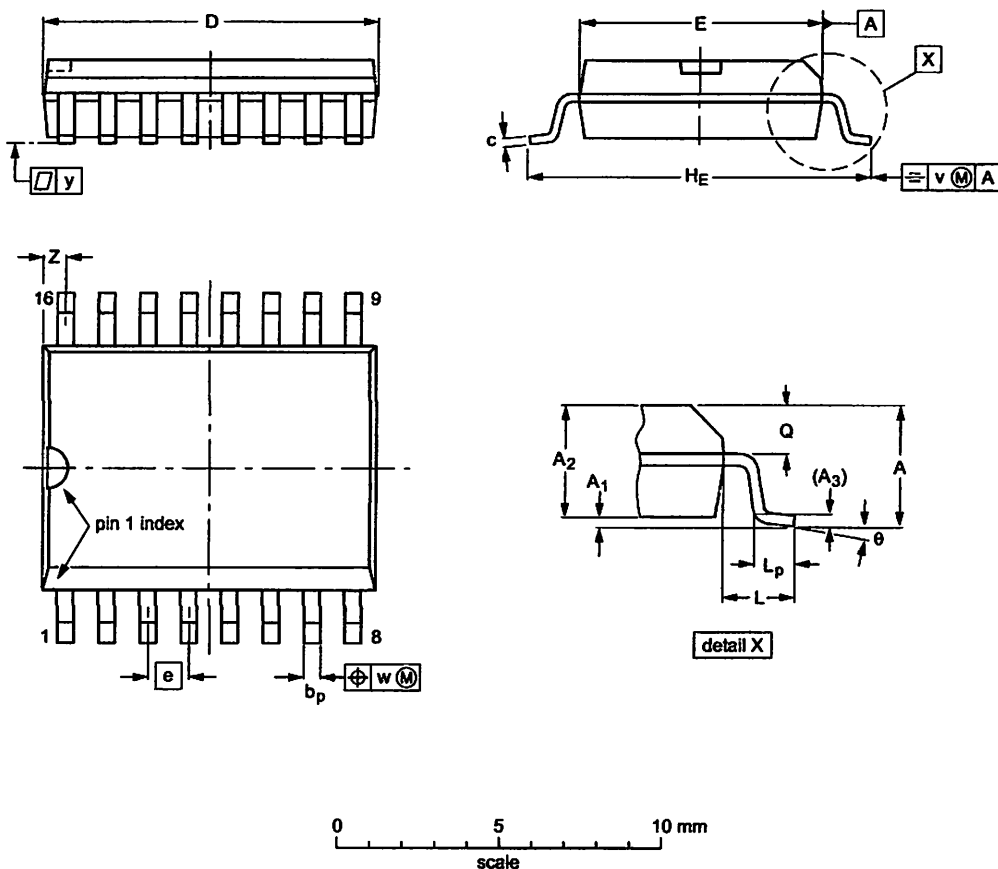
OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT38-4						92-11-17 95-01-14

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

SO16: 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

17 SOLDERING**17.1 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.

17.2 Soldering by dipping or by solder wave

The maximum permissible temperature of the solder is 260 °C; solder at this temperature must not be in contact with the joints for more than 5 seconds.

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

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

Note

1. 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 ($T_{stg(max)}$). 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

18 DATA SHEET STATUS

LEVEL	DATA SHEET STATUS ⁽¹⁾	PRODUCT STATUS ⁽²⁾⁽³⁾	DEFINITION
I	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.
II	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.
III	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

1. Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.
2. 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>.
3. For data sheets describing multiple type numbers, the highest-level product status determines the data sheet status.

19 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 make 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**

21 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

403512/06/pp28

Date of release: 2003 Jan 27

Document order number: 9397 750 10464

Let's make things better.

**Philips
Semiconductors**



PHILIPS

BIODATA



Nama : Arma Sanjaya
Tempat & Tanggal Lahir : Surabaya & 10 September 1989
Nim : 0852006
Jurusan : Teknik Listrik D – III
Agama : Islam
Hobby : Olah Raga Sepak Bola
Email : Sanjaya_arma@yahoo.co.id
**Alamat ** : Jl. Tawangsari No 101 RT 05/RW 08 Desa Turirejo, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang
Motto Hidup : Kejujuran adalah kunci keberhasilan