

SKRIPSI

PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S52

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL



Disusun oleh:

DWI VENDI ISPRIANTA

NIM: 02.17.109

MALANG

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

**KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2009**

1974

THE NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH
AND THE NATIONAL CENTER FOR POLITICAL
AND ECONOMIC RESEARCH
OF THE NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH

THE NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH
AND THE NATIONAL CENTER FOR POLITICAL
AND ECONOMIC RESEARCH

THE NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH
AND THE NATIONAL CENTER FOR POLITICAL
AND ECONOMIC RESEARCH

1974

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS
MIKROKONTROLLER AT89S52**

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

DWI VENDI ISPRIANTA

NIM: 02.17.109

**Diperiksa dan Disetujui
Dosen Pembimbing**

**Mengetahui
Ketua Jurusan T. Elektro S-1**

(I Komang Somawirata,ST,MT)
NIP. 1030100361

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

**KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2009**



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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : DWI VENDI ISPRIANTA
NIM : 02.17.109
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : "PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC
BERBASIS MIKROKONTROLLER AT
89S52"

Dipertahankan Dihadapan Team Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1), pada:

Hari : Senin
Tanggal : 23 Maret 2009
Dengan nilai : 70 (B) *By*

Panitia Ujian Skripsi:



Ketua Majelis Penguji

(Ir.Sidik Noertjahjono, MT)
NIP.Y.1028700163

Sekretaris Majelis Penguji

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

Anggota Penguji:

Penguji I

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

Penguji II

(Irmalia Suryani Faradisa,ST,MT)
NIP. P.1030100365

ABSTRAKSI

PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S52

(Dwi Vendi Isprianta, 02.17.109, Teknik Elektro/Elektronika S-1)
(Dosen Pembimbing I.Komang Somawirata ST,MT)

Kata kunci : Mikrocontroller, LCD, Motor DC

Kemudahan dalam berbagai bidang pada saat ini sangat dibutuhkan oleh banyak kalangan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu dampak yang sangat diharapkan oleh mereka dengan adanya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi adalah dapat membantu, mempermudah, dan mempercepat proses pekerjaan manusia. Salah satunya dalam hal mengatur kecepatan putaran pada sebuah motor. Hadirnya kendali otomatis terutama yang berbasis elektronika dan komputerisasi dirasakan sebagai terobosan besar, yang mampu menghasilkan sistem yang minimal, murah, namun dengan hasil yang sangat berguna dan memuaskan.

Dalam Skripsi ini diciptakan sebuah alat yang dapat mempermudah untuk mengatur kecepatan putaran pada sebuah motor DC. Sistem ini bekerja menggunakan sensor optocoupler dan ditampilkan pada sebuah LCD.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas Berkat Rahmat Tuhan Yesus, berupa nikmat kesehatan dan kesempurnaannya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul:

“Pengatur Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler AT89S52”

Pembuatan Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata-1 di Institut Teknologi Nasional Malang. Laporan Skripsi ini merupakan tanggung jawab tertulis atas ilmu pengetahuan yang didapat selama penyusun mengikuti kuliah.

Atas terselesainya Skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- ❖ Bapak Dr.Ir.Abraham Lomi,MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- ❖ Bapak Ir.Sidik Noertjahjono,MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
- ❖ Bapak Ir.Yudi Limpraptono,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S1.
- ❖ Bapak I.Komang Somawirata, ST,MT selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan masukan, bimbingan, pengarahan, serta ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
- ❖ Bapak dan Ibu dosen Institut Teknologi Nasional Malang atas ilmu yang telah diberikan selama perkuliahan.
- ❖ Kedua Orang tua tercinta terima kasih atas Do'a, semua cinta, kasih sayang, yang telah banyak membantu dan selalu memberikan dorongan, semangat dan pengorbanan besar yang tulus sehingga penulis bisa mempersembahkan setitik keberhasilan ini. Semoga saya selalu menjadi anak yang shaleh dan berbakti.

- ❖ Adik-adikku tercinta, terima kasih atas doanya. Good luck.
- ❖ Vina Pramita Setya yang tanpa henti-hentinya selalu memberikan bantuan, semangat serta dukungan sehingga penulis tetap optimis untuk tegak melangkah dalam menggapai cita-cita.
- ❖ Teman-teman Kuliah Teknik Elektronika 2002 yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.
- ❖ Terima kasih untuk orang-orang yang telah mendukungku dan merasa direpotkan, yang tak dapat kusebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak yang perlu disempurnakan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata, penulis mohon maaf kepada semua pihak bila mana selama penyusunan Skripsi ini penyusun membuat kesalahan secara tidak sengaja dan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 2009

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Motor DC.....	5
2.2. Mikrokontroler AT89S51	6
2.2.1. Perlengkapan Dasar Mikrokontroler AT89S52.....	8
2.2.2. Spesifikasi Mikrokontroler AT89S52	9
2.2.3. Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S52	12
2.2.4. Timer - Counter	17
2.2.5. Interupsi	20
2.2.6. Flash Perom MCS-51	23
2.2.7. Port Serial	25
2.2.8. <i>Reset</i>	29
2.3. LCD	32
2.4. Matriks Keypad	34
2.5. Optocoupler	36
2.7. PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Perancangan Sistem.....	43
3.2. Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....	43
3.2.1. Minimum Sistem AT89S52	44
3.2.2. Sensor <i>Optocoupler</i>	45
3.2.3. Perancangan Rangkaian LCD M1632	48
3.2.4. Perancangan Rangkaian Keypad 4X4	49
3.2.5. Perancangan <i>Driver Motor</i>	50
3.3. Perancangan Perangkat Lunak.....	51
3.5. Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	52

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

4.1. Pengujian Alat	54
4.2. Tujuan Pengujian Alat	55
4.4. Pengujian LCD	56
4.5. Pengujian Rangkaian Driver Motor DC	58
4.6. Pengujian Rangkaian Sensor RPM (<i>Optocoupler</i>)	58
4.7 Pengujian Sinyal PWM	61
4.8. Pengujian Kondisi Motor.....	63
4.9. Pengujian Keseluruhan Sistem	65

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran	67

DAFTAR PUSTAKA	68
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	68
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Lilitan kawat berarus dalam medan magnet.....	5
Gambar 2-2	Resultan torsi (<i>Torque</i>).....	5
Gambar 2-3	Motor DC.....	7
Gambar 2-4	Konfigurasi Kaki IC AT89S52.....	13
Gambar 2-5	Rangkaian Osilator yang Umum	15
Gambar 2-6	Skema rangkaian <i>reset</i>	30
Gambar 2-7	Aliran arus dan perubahan tegangan pada <i>reset</i> otomatis.....	31
Gambar 2-8	Rangkaian ekuivalen saat saklar S1 ditekan.....	31
Gambar 2-9	Rangkaian LCD.....	32
Gambar 2-10	Proses scanning Keypad matriks 4X4	35
Gambar 2-11	Infra Red.....	36
Gambar 2-12	Photo Dioda	37
Gambar 2-13	Proses perbandingan antara sinyal.....	39
Gambar 3-1	Diagram Blok Keseluruhan Sistem Alat	42
Gambar 3-2	Minimum sistem AT89S52.	44
Gambar 3-4	Rangkaian LED) <i>Infra Red</i> Dan <i>Photo Dioda</i>	47
Gambar 3-5	Rangkaian LCD	49
Gambar 3-6	Rangkaian Keypad Matriks.....	50
Gambar 3-7	Rangkaian Motor DC.....	51
Gambar 3-8	Perancangan Rangkaian LCD.....	52
Gambar 4-1	Diagram Blok Pengujian Pengkode Keypad.....	55
Gambar 4-2	Diagram Blok Pengujian Rangkaian Tampilan.....	56
Gambar 4-3	Foto Pengujian LCD.....	57
Gambar 4-4	Rangkaian Pengujian Tegangan pada LCD.....	58
Gambar 4-5	Rangkaian Pengujian Sensor Rpm	59
Gambar 4-6	Foto Pengujian Sensor Rpm Kondisi Terhalang	60
Gambar 4-7	Foto Pengujian Sensor Rpm Kondisi Tidak Terhalang.....	60
Gambar 4-8	Foto Sinyal PWM Pada Oscilloscope Dengan Kecepatan 50 Rpm.....	61
Gambar 4-9	Grafik Sinyal PWM.....	62
Gambar 4-10	Pulsa Putaran Motor Pada Kecepatan 4000 Rpm.....	62

Gambar 4-11	Pulsa Putaran Motor Pada Kecepatan 5000 Rpm.....	52
Gambar 4-12	Pulsa Putaran Motor Pada Kecepatan 6000 Rpm.....	52
Gambar 4-13	Foto Pengujian Kondisi Motor Pada Waktu Ada Beban.....	64
Gambar 4-14	Pengujian Kondisi Motor Pada Waktu Tanpa Beban.....	64
Gambar 4-15	Blok Pengujian Keseluruhan Sistem	65
Gambar 4-16	Foto Tampilan Seting Kecepatan	65
Gambar 4-17	Foto Tampilan Pada Saat Motor Berjalan	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Tipe IC Mikrokontroler Keluarga Atmel.....	11
Tabel 2-2	Fungsi Alternatif Kaki <i>Port 3</i>	14
Tabel 2-3	Susunan Bit Dalam Register TCON.....	18
Tabel 2-4	Susunan Bit Dalam Register TMOD.....	19
Tabel 2-5	Mode Operasi <i>Timer/Counter</i>	20
Tabel 2-6	Susunan Bit Dalam Register IE.....	21
Tabel 2-7	Alamat ISR.....	22
Tabel 2-8	Susunan Bit Dalam Register IP.....	22
Tabel 2-9	Mode kerja <i>Flash PEROM MCS-51</i>	24
Tabel 2-10	Susunan Bit Dalam Register SCON.....	26
Tabel 2-11	Mode <i>Port Serial</i>	26
Tabel 2-12	Susunan Bit Dalam Register PCON.....	27
Tabel 4-13	Konfigurasi <i>baudrate</i> Yang Umum Digunakan.....	28
Tabel 4-14	Isi register setelah <i>Reset</i>	29
Tabel 4-15	Pin LCD.....	34
Tabel 3-1	Fungsi penyemat LCD.....	48
Tabel 4-1	Hasil Pengujian Pengkode <i>Keypad</i>	56
Tabel 4-2	Hasil Pengujian Pengukuran RPM.....	57
Tabel 4-3	Hasil Pengujian Sensor Rpm (<i>Infra Merah</i>).....	61
Tabel 4-4	Hasil Pengujian Sinyal PWM.....	62
Tabel 4-5	Hasil Pengujian Kondisi Sinyal.....	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam dunia Elektronik sekarang ini banyak mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini biasa terjadi karena semua aspek kegiatan dunia ini mempunyai hubungan dengan dunia elektronik, mulai peralatan rumah tangga sampai proses produksi pada sebuah industri berat. Semua kegiatan itu sulit dipisahkan dengan dunia elektronik, sehingga dituntut untuk melakukan riset-riset untuk menghasilkan inovasi baru guna mempermudah kehidupan manusia.

Penggunaan Mikrokontroler sebagai unit-unit pengendali sudah sangat luas, hal ini disebabkan peralatan-peralatan control elektronik lebih banyak memberikan kelebihan dan kemudahan dalam penggunaan seperti dapat melakukan pengontrolan secara otomatis.

Ide ini muncul ketika sedang mengamati seseorang yang sedang membutuhkan putaran motor dengan kecepatan tertentu yang berguna. Sebagai contohnya, untuk mengetahui RPM pada mesin pemotong kertas sangat berguna agar dapat mengetahui kecepatan maksimal pada mesin pemotong tersebut. Oleh karena itu semoga pembuatan alat ini nantinya dapat menjadi alat bantu yang memperingankan pekerjaan bagi kita dan digunakan bagi masyarakat umumnya.

Maka dibuatlah sebuah alat yang digunakan untuk mengetahui dan mengatur kecepatan pada sebuah motor. Dimana alat ini dikontrol dengan sebuah mikrokontroler MCS-51 yang dihubungkan dengan sebuah sensor kecepatan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan diatas maka permasalahan yang timbul sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan dan membuat alat pengontrol kecepatan putaran motor DC yang berbasis Mikrokontroler.
2. Bagaimana cara mengukur kecepatan putaran motor DC.

1.3. Tujuan Penulisan

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah merancang dan mengatur kecepatan dengan menggunakan sensor untuk mengontrolnya,serta mempermudah dalam pengukuran berbasis mikrokontroler,serta kecepatannya dalam RPM yang ditampilkan dalam LCD.

1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak terlalu luas,maka penulis membatasi hanya pada hal-hal berikut:

1. Alat yang dibuat berbasis pada mikrokontroler yang diimplementasikan dengan menggunakan IC AT89S52.
2. Perencanaan dan pembuatan alat ini untuk mempermudah didalam pengoperasian pada pengukuran dan pengaturan kecepatan motor.
3. Memakai kapasitas 12 Volt ,2 Ampere,24 Watt.

1.5. Metodologi Penulisan

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

1. Studi Literatur
2. Perancangan dan pembuatan alat
3. Pelaksanaan uji coba alat
4. Penyusunan Laporan Skripsi
5. Kesimpulan, saran dan kritikan

1.6. Sistematika Penulisan

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

BAB I. PENDAHULUAN,

Pada bab I ini berisi tentang hal-hal yang mendasari penulis mengangkat permasalahan yang antara lain:

- Latar belakang
- Tujuan penulisan
- Rumusan Masalah
- Batasan Masalah
- Metodologi
- Sistematika pembahasan.

BAB II. LANDASAN TEORI

Pada bab II ini penulis mencoba mengangkat teori-teori dasar komponen sebagai penunjang dari permasalahan yang diambil.

BAB III. PERENCANAAN SISTEM DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas tentang perancangan alat baik perangkat keras maupun perangkat lunak, serta cara kerja blok diagram

BAB IV. PENGUJIAN ALAT

Mencakup pembahasan tentang proses pengujian alat yang terdiri dari peralatan yang digunakan, langkah kerja dan analisa hasil pengujian

BAB V. PENUTUP

Bab ini akan membahas kesimpulan dan saran yang diperoleh dari kekurangan dan kesalahan yang muncul pada pembuatan alat.

BAB II

LANDASAN DASAR

2.1. Motor DC

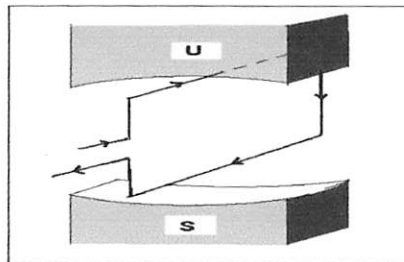
Motor arus searah (DC) ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah (listrik DC) menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik, dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran dari rotor.

Dalam kehidupan sehari-hari motor DC dapat kita lihat pada motor *starter* mobil, *Power window*, *whiper*, pada *tape recorder*, pada mainan anak-anak dan sebagainya. Sedangkan pada industri motor DC dapat dijumpai *elevator*, *komveyor*, dan sebagainya.

Dasar teori dari motor DC adalah, disekitar kawat berarus listrik terdapat medan magnet (teori *Oersted*). Bila mana arus listrik yang mengalir pada kawat arahnya menjauhi kita (maju), maka medan-medan magnet yang terbentuk di sekitar kawat arahnya searah dengan putaran jarum jam. Sebaliknya bila arus listrik yang mengalir pada kawat arahnya mendekati kita (mundur), maka medan-medan magnet yang terbentuk di sekitar kawat arahnya berlawanan dengan arah putaran jarum jam (teori *Maxwell*).

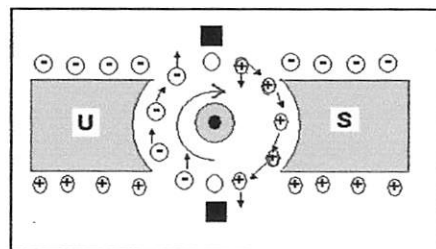
Prinsip dasar dari motor arus searah (DC) adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (Utara dan Selatan), maka pada kawat itu akan

bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



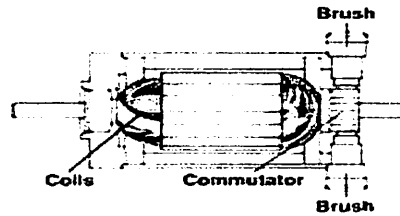
Gambar 2.1. Lilitan kawat berarus dalam medan magnet.

Seperti halnya pada generator arus searah, mempunyai kumparan tidak hanya satu. Rotornya terdiri dari kumparan dan komutator yang banyak untuk mendapatkan torsi yang terus menerus. Gambar 2.2 menunjukkan Resultan torsi (*Torque*).



Gambar 2.2. Resultan torsi (*Torque*).

Pada penggunaan motor DC yang sesungguhnya agar dapat menghasilkan torsi dan kecepatan putaran yang sesuai dengan yang dibutuhkan dapat digunakan transmisi *Gear Box*. Dengan transmisi *Gear Box* beban kerja dari motor DC akan menjadi lebih ringan dan motor tidak cepat rusak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3 .



Gambar 2.3. Motor DC.

2.1.1. Prinsip Kerja Motor DC

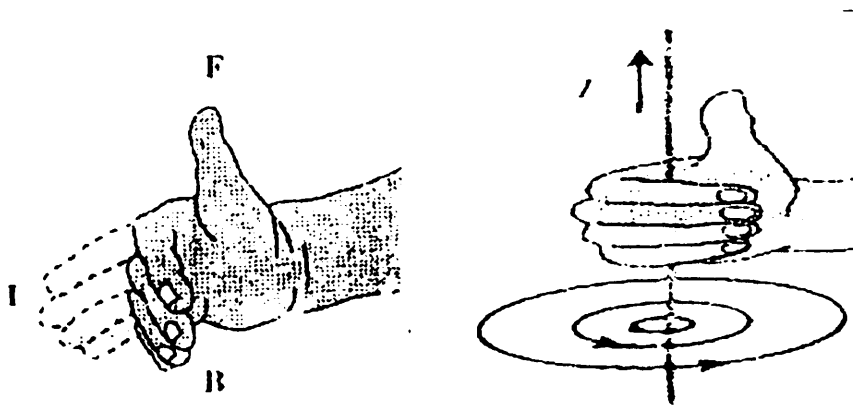
Prinsip kerja motor didasarkan pada peletakan suatu konduktor dalam suatu medan magnet. Pembahasan mengenai prinsip aliran medan magnet akan membantu kita memahami prinsip kerja dari sebuah motor. Jika suatu konduktor dililitkan dengan kawat berarus maka akan dibangkitkan medan magnet berputar. Kontribusi dari setiap putaran akan merubah intensitas medan magnet yang ada dalam bidang yang tertutup kumparan. Dengan cara inilah medan magnet yang kuat terbentuk. Tenaga yang digunakan untuk mendorong flux magnet.

Flux magnet digunakan untuk mengetahui seberapa banyak flux pada daerah disekitar koil atau magnet permanent. Medan magnet pada motor DC Servo dibangkitkan oleh magnet permanent, jadi tidak perlu tenaga untuk membuat medan magnet. Flux medan magnet pada stator tidak dipengaruhi oleh arus armature. Oleh karena itu, kurva perbandingan antara kecepatan dengan torsi adalah linier.

Pada prinsipnya jika sebuah penghantar dilalui arus listrik, akan menghasilkan medan magnet disekelilingnya. Kemudian bilamana penghantar ini ditempatkan dalam induksi magnetic B , akan memperoleh gaya FB. besarnya gaya yang

ditimbulkan sebanding dengan arus listrik dan panjang penghantar L yang memotong induksi magnetik B . atau biasa dinyatakan dengan persamaan, Induksi magnetic.

Apabila kumparan jangkar dari mesin arus searah dialiri arus dan kumparan medan diberi penguatan, maka akan timbul gaya *lorentz* pada setiap sisi kumparan jangkar. Arah medan magnet dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan dengan ibu jari menunjukkan arah gaya putar dari arus listrik yang mengalir dalam sebuah kumparan jangkar yang berada dalam medan magnet, jari tengah menunjukkan arah arus listrik yang mengalir pada konduktor, dan jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet.



Gambar 2.4. Kaidah Tangan kanan

Adapun besarnya gaya *lorentz* yang bekerja pada kumparan jangkar tersebut adalah :

$$F = B \cdot I \cdot L$$

Gaya *lorentz* tersebut menimbulkan kopel sehingga jangkar berputar.

Besarnya kopel tersebut adalah :

$$M = F \cdot r \quad \text{dyne} \cdot \text{cm}$$

$$M = B \cdot L \cdot r \quad \text{dyne} \cdot \text{cm}$$

$$M = C \cdot \Phi \cdot I_a \quad \text{dyne} \cdot \text{cm}$$

Dimana :

F = Gaya *lorentz*

B = Kerapatan fluks magnet (weber)

L = Panjang konduktor (meter)

I = Arus listrik (ampere)

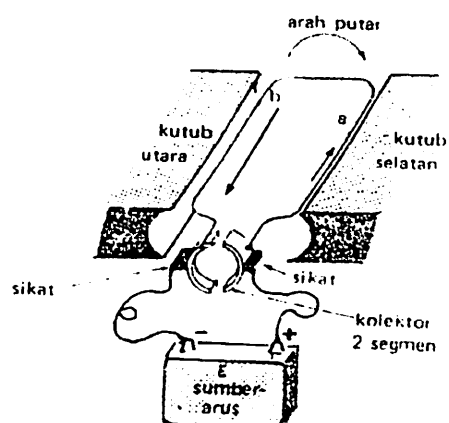
R = Jari-jari jangkar (cm)

Φ = Fluk tiap kutub (Maxwell)

C = Constanta

B = Kerapatan medan magnet (gauss)

I_a = Arus jangkar (ampere)



Gambar 2.5. Cara Kerja Motor DC

Perputaran kumparan jangkar dalam medan magnet dan konduktor jangkar yang dialiri arus menimbulkan kopel yang memotong medan magnet tersebut sehingga pada konduktor jangkar akan timbul tegangan induksi (ggl). Ggl ini arahnya berlawanan dengan tegangan jepit jangkar, sehingga disebut G.G.L lawan yang besarnya :

$$E_l ; C . n . \Phi . \quad \text{Volt}$$

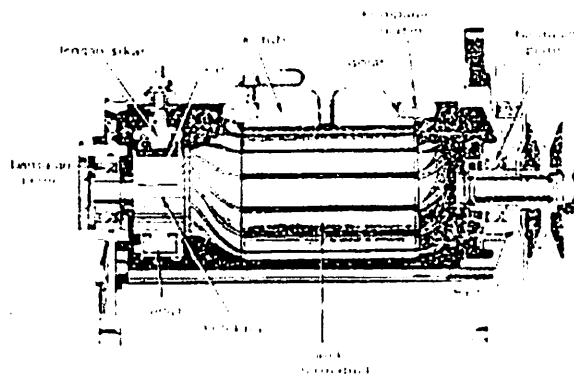
Rumus-rumus kerja motor arus searah adalah sebagai berikut :

$$V_t = E_l + i_a . R_a \quad \text{Volt}$$

$$V_t = C . n . \Phi + i_a . R_a$$

$$i_a = \frac{V_t - C . n . \Phi}{R_a} \quad \text{Ampere}$$

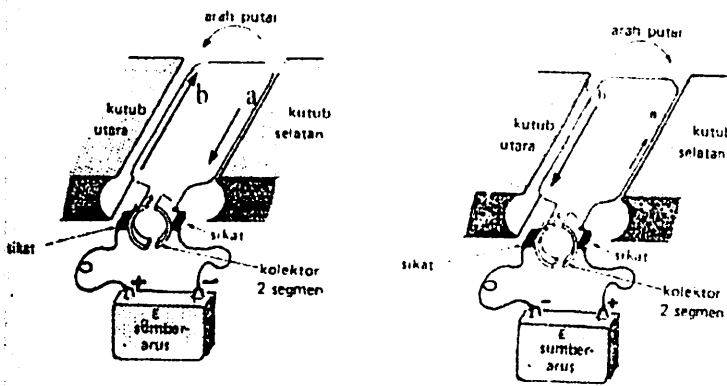
$$N = \frac{V_t - i_a . R_a}{\Phi . C} \quad \text{rpm}$$



Gambar 2.6. Sebuah Motor DC

2.1.2. Pengendali Arah Putaran Motor DC

Pada gambar berikut ini memperlihatkan cara kerja motor dc dalam mengendalikan dua arah putar yaitu dengan membalikan output catu daya pada input motor dc.



Gambar 2.7. Pengendali Arah Putaran Motor DC

Pada gambar 2.7 diatas, agar arah putar motor dc berubah, maka polaritas tegangan pada catu daya harus dibalik.

2.2. Mikrokontroler MCS-51

Perkembangan teknologi telah maju dengan pesat dalam perkembangan dunia elektronika, khususnya dunia mikroelektronika. Atmel adalah salah satu vendor yang mengembangkan dan memasarkan produk mikroelektronika yang telah menjadi suatu teknologi standar bagi para *desainer* sistem elektronika masa kini. Salah satu produk yang dikeluarkan oleh atmel adalah mikrokontroler keluarga MCS-51.

Atmel mengembangkan mikrokontroler MCS-51 sebanyak 2 macam, yaitu mikrokontroler yang berkaki 40 dan mikrokontroler yang berkaki 20, adapun beda yang dimiliki mikrokontroler MCS-51 yang berkaki 40 dengan 8051 hanya terdapat pada Flash *Programmable and Erasable Read Only Memory* (PEROM) yang dimiliki oleh mikrokontroler MCS-51. Tipe dari juga menentukan banyak dari Flash PEROM yang dimilikinya, misalnya. AT89C51/S51 mempunyai Flash PEROM dengan kapasitas 4 Kilo Byte, AT89C52; 4 Kilo Byte, AT89S52; 8 Kilo Byte AT89C53; 12 Kilo Byte, AT89C55; 20 Kilo Byte dan AT89C8252 berisi 8 Kilo Byte Flash PEROM dan 2 Kilo Byte *Electrical Eraseble and Programable Read Only Memory* (EEPROM). Untuk mikrokontroler yang berkaki 20 merupakan penyederhanaan dari MCS-51 dengan cara mengurangi jalur I/O paralel, untuk kemampuan yang lain sama sekali tidak mengalami pengurangan. Sehingga dengan teknik penyederhanaan tersebut Atmel memproduksi tiga mikrokontroler mini yang masing-masing adalah AT89C1051 dengan kapasitas Flash PEROM 1 Kilo Byte, AT89C2051; 2 Kilo Byte dan AT89C4051; 4 Kilo Byte. Ketiga mikrokontroler ini secara umum disebut sebagai AT89Cx51.

2.2.1 Perlengkapan Dasar Mikrokontroler

Dalam sebuah sistem komputer umumnya terdiri dari tiga komponen utama yaitu *Central Processing Unit* (CPU), memori data, dan memori program, serta sistem Input /Output (I/O).

Mikroprocessor adalah bagian CPU dari sebuah mikrokomputer tanpa memori, I/O, dan perlengkapan lain yang dibutuhkan dari suatu sistem yang lengkap. Agar dapat bekerja, mikroprocessor membutuhkan perangkat pendukung yang dapat berupa *Random Access Memory* (RAM), *Read Only Memory* (ROM), serta I/O.

Bila sebuah mikroprocessor dikombinasikan dengan I/O dan memori RAM/ROM akan menghasilkan sebuah sistem yang dinamakan mikrokomputer. Pada kenyataannya, mengkombinasikan CPU dengan memori dan I/O dapat juga dilakukan dalam level chip yang menghasilkan *Single Chip Microcomputer* (SCM) atau dikenal juga dengan sebutan mikrokontroler.

Perbedaan yang menonjol antara mikrokomputer dengan SCM yaitu pada penggunaan perangkat masukan dan keluaran serta pada media penyimpanan program. Mikrokomputer menggunakan *disket* atau *hard disk* sebagai media penyimpanan program, sedangkan mikrokontroler menggunakan *Erasable Programmable Read Only Memory* (EPROM) untuk menyimpan programnya.

A. CPU

CPU terdiri atas dua bagian yaitu *Control Unit (CU)* dan *Arithmetic Logic Unit (ALU)*. Kedua unit tersebut mempunyai fungsi yang berbeda. Adapun fungsi dari CU yaitu:

1. Mengambil, mengkode, dan melaksanakan urutan instruksi sebuah program yang tersimpan dalam memori.
2. Mengatur urutan operasi seluruh sistem.
3. Menghasilkan dan mengatur sinyal pengendali yang diperlukan untuk mensinergikan operasi, aliran, dan instruksi program.
4. Mengendalikan aliran informasi pada *bus* data dan *bus* alamat, dilanjutkan dengan menafsirkan dan mengatur sinyal yang terdapat pada *bus* pengendali.

Sedangkan fungsi dari unit aritmetika dan ALU yaitu untuk mengatur dan melakukan operasi perhitungan aritmetik dan operasi-operasi logika.

B. Memori

Suatu mikrokontroler memerlukan memori sebagai tempat menyimpan data/program. Tempat menyimpan data pada mikrokontroler adalah ROM/EPROM. Ada dua tingkatan memori yaitu *register internal* dan memori utama. Register internal adalah memori di dalam ALU. Waktu akses register sangat cepat, umumnya kurang dari 100 ns. Memori utama adalah memori suatu sistem dengan ukuran berkisar antara 4 kbyte sampai 64 kbyte, waktu aksesnya lebih lambat dibandingkan register internal yaitu antara 200 sampai 1000 ns.

C. I/O

I/O merupakan suatu alat yang diperlukan untuk melakukan hubungan dengan piranti di luar sistem. Alat ini berfungsi untuk menerima dan mengirim data dari dan kepada mikrokontroler.

Ada dua macam piranti I/O yang dipakai, yaitu piranti untuk hubungan serial *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART) dan piranti untuk hubungan *Parallel Input/Output* (PIO).

UART adalah I/O yang mampu untuk mengubah masukan serial menjadi keluaran paralel atau sebaliknya, sedangkan PIO adalah I/O yang dapat diprogram dan menyediakan perantara masukan dan keluaran dasar untuk data paralel 8 bit.

2.2.2 Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler AT89S52 merupakan salah satu jenis mikrokontroler 8 bit dan termasuk mikrokontroler keluarga 8051 (MCS-51). Atmel corporation mengembangkan mikrokontroler 8 bit dengan kompatibilitas tinggi baik dari segi set instruksi maupun arsitektur *hardware*. Untuk kebutuhan mikrokontroler 8 bit tersebut, Atmel mengeluarkan produk dengan kode AT89XX yang terdiri dari delapan jenis mikrokontroler dengan fitur yang berbeda. Kedelapan jenis berikut fiturnya ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Tipe IC Mikrokontroler Keluarga Atmel^[7]

Mikrokontroler	Jumlah kaki	Flash PEROM	Jumlah I/O
AT89C1051	20	1 kbyte	15 bit
AT89C2051	20	2 kbyte	15 bit
AT89C4051	20	3 kbyte	15 bit
AT89C/S51	40	4 kbyte	4x8 bit
AT89C52/S52	40	8 kbyte	4x8 bit
AT89S8252	40	8 kbyte + 2 kbyte EEPROM	4x8 bit
AT89S53	40	12 kbyte	4x8 bit
AT89S55	40	20 kbyte	4x8 bit

AT89S52 diproduksi menggunakan teknologi memori *non volatile* dengan densitas tinggi yang dapat ditulis atau dihapus berulang-ulang.

Memori ini biasa digunakan untuk menyimpan instruksi (perintah) berstandar MCS-51, sehingga memungkinkan Mikrokontroler ini bekerja tanpa memerlukan external memory untuk menyimpan kode program tersebut.

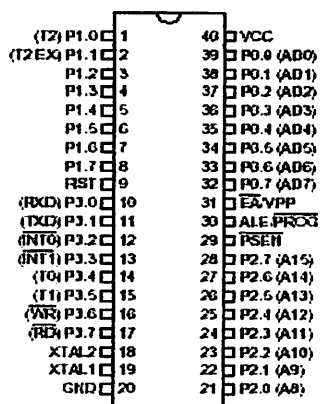
Mikrokontroler AT89S52 mempunyai ciri khas sebagai berikut:

1. 8 bit CPU yang termasuk keluarga MCS-51
2. 8 kbyte *Flash PEROM*
3. 256 byte RAM
4. 4x8 bit *programmable I/O*
5. *Osilator internal* dan rangkaian pewaktu
6. 3 buah *timer/counter* 16 bit
7. Sebuah *port* serial dengan kontrol serial *full duplex* UART
8. 5 buah jalur interupsi (2 buah *interrupt eksternal* dan tiga buah *interrupt internal*).

9. 2 buah mode untuk menghemat catu daya, yaitu *Idle Mode* yang memungkinkan CPU berhenti tetapi RAM, *timer/counter*, serial *port* dan interupsi tetap dapat berfungsi. *Power Down mode*, memungkinkan RAM tetap menyimpan isinya, mematikan osilator dan fungsi yang lain sampai kemudian ada *reset*.

2.2.3 Konfigurasi Kaki (Pin) Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler merupakan pengkombinasian antara CPU (*Central Processing Unit*) dengan memori dan I/O (*Input/Output*) dalam satu chip, yang sering disebut sebagai *Single Chip Microcomputer* (SCM). Berbeda dengan mikroprosesor yang membutuhkan *Read Only Memory* (ROM), *Random Access Memory* (RAM), dan I/O sebagai sarana pendukung operasinya. Pada umumnya mikrokontroler digunakan untuk aplikasi-aplikasi khusus yang sudah diprogram oleh pabrik pembuatnya. Untuk gambar mikrokontroler MCS 51 dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konfigurasi Kaki IC AT89S52^[1]

1. Pin 1 sampai 8

Pin 1-8 ialah *port 1* yang merupakan saluran atau *bus I/O* 8 bit dua arah dengan internal *pull-up* yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti mengendalikan empat masukan TTL. *Port* ini juga digunakan sebagai saluran alamat saat pemrograman dan verifikasi.

2. Pin 9

Merupakan masukan *reset* (aktif *high*). Pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan *me-reset* mikrokontroler ini.

3. Pin 10 sampai 17

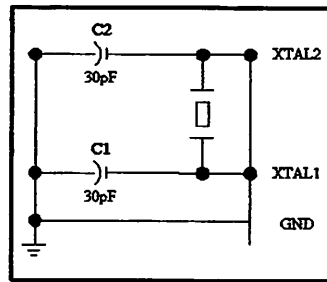
Port 3 merupakan saluran atau bus I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up* yang memiliki fungsi pengganti. Bila fungsi pengganti tidak dipakai maka dapat digunakan sebagai port parallel 8 bit serbaguna. Terlihat pada tabel 2.2. Selain itu, sebagian port 3 dapat berfungsi sebagai sinyal kontrol saat proses pemrograman dan verifikasi.

Tabel 2.2 Fungsi Alternatif Kaki *Port 3*^[2]

Kaki <i>port</i>	Fungsi alternative
P3 ₀	TxD (<i>port</i> masukan serial)
P3 ₁	RxD (<i>port</i> keluaran serial)
P3 ₂	$\overline{\text{INT0}}$ (interupsi eksternal 0)
P3 ₃	$\overline{\text{INT1}}$ (interupsi eksternal 1)
P3 ₄	T0 (masukan eksternal pewaktu 0)
P3 ₅	T1 (masukan eksternal pewaktu 1)
P3 ₆	$\overline{\text{WR}}$ (sinyal tanda baca memori data eksternal)
P3 ₇	$\overline{\text{RD}}$ (sinyal tanda tulis memori data eksternal)

4. Pin 18 dan 19

Jalur ini merupakan masukan ke penguat osilator berpenguat tinggi. Mikrokontroler ini memiliki seluruh rangkaian osilator yang diperlukan pada chip, kecuali rangkaian kristal seperti pada gambar 2.5, yang mengendalikan frekuensi osilator. Oleh karenanya, pin 18 dan 19 sangat diperlukan untuk dihubungkan dengan kristal. Selain itu XTAL 1 juga dapat digunakan sebagai masukan untuk *inverting oscillator amplifier* dan masukan kerangkaian *internal clock*, sedangkan XTAL 2 merupakan keluaran dari *inverting oscillator amplifier*.



Gambar 2.5 Rangkaian Osilator yang Umum^[3]

5. Pin 20

Merupakan *ground* sumber tegangan dan diberi simbol GND.

6. Pin 21 sampai 28

Pin ini adalah port 2 yang merupakan saluran atau bus I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up*. Port ini mengirimkan byte alamat bila dilakukan pengaksesan memori eksternal. Penyangga keluaran port 2 mampu memberikan/menyerap arus empat masukan TTL (sekitar 1,6 mA).

Port 2 akan memberikan byte alamat bagian tinggi (*high byte*) selama pengambilan instruksi dari memori program eksternal dan selama pengaksesan memori data eksternal yang menggunakan perintah dengan alamat 16-bit. Akan tetapi selama pengaksesan memori data eksternal yang menggunakan perintah dengan alamat 8-bit, Port 2 akan mengeluarkan isi P2 pada *Special Function Register* (SFR).

7. Pin 29

Program *Store Enable* (PSEN) merupakan sinyal pengontrol untuk mengakses program memori eksternal agar masuk ke dalam bus selama proses pemberian/pengambilan instruksi (*fetching*).

8. Pin 30

Address Latch Enable ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ merupakan penahan alamat memori eksternal (pada port 1) selama mengakses ke memori eksternal. Pin ini juga berfungsi sebagai pulsa/sinyal masukan pemrograman (PROG) selama proses pemrograman.

9. Pin 31

External Access Enable (EA) merupakan sinyal kontrol untuk pembacaan memori program. Apabila diset rendah (*Low*) maka mikrokontroler akan melaksanakan seluruh instruksi dari memori eksternal, sedangkan jika diset tinggi (*High*) maka mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari memori program internal ketika isi program counter kurang dari 4096.

10. Pin 32 sampai 39

Port 0 yang merupakan saluran/bus I/O 8 bit *open collector* dapat juga digunakan sebagai multipleks bus alamat rendah dan bus data selama adanya akses ke memori program eksternal. Saat proses pemrograman dan verifikasi, port 0 digunakan sebagai saluran/bus data. *Pull-up eksternal* diperlukan selama proses verifikasi.

11. Pin 40

Merupakan sumber tegangan positif yang diberi simbol Vcc.

2.2.4 Timer/Counter

Keluarga mikrokontroler MCS-51 khususnya MCS-51 type AT89S52 memiliki tiga perangkat *timer/counter*, masing-masing dinamakan sebagai *timer/counter 0*, *timer/counter 1*, dan timer 2.

Untuk mengakses *timer/counter* tersebut digunakan register khusus yang tersimpan dalam *Special Function Register* (SFR). Pencacah biner timer 0 diakses melalui *register Timer 0 Low Byte* (TL0) dengan memori internal alamat 6Ah dan *register timer 0 High Byte* (TH0) dengan memori internal alamat 6Ch. Pencacah biner timer 1 diakses melalui *register Timer 1 Low Byte* (TL1) dengan memori internal alamat 6Bh dan *register Timer 1 High Byte* (TH1) dengan memori internal alamat 6Dh.

Pencacah biner timer/counter pada MCS-51 merupakan pencacah biner 16 bit naik (*count up binary counter*) yang mencacah 0000h sampai FFFFh, saat kondisi

pencacah berubah dari FFFFh kembali ke 0000h akan muncul sinyal berlebihan (*overflow*).

Untuk mengatur kerja *timer/counter* tersebut digunakan 2 register tambahan, yaitu register *Timer Control Register* (TCON) dengan memori data internal alamat 88h yang bisa diberi alamat per bit dan register *Timer Mode Register* (TMOD) dengan memori data internal alamat 89h tetapi tidak bisa diberi alamat per bit.

Register TCON dibagi menjadi 2 bagian, 4 bit pertama (bit 0 sampai dengan bit 3) dipakai untuk keperluan mengatur kaki INT0 dan INT1. Sisa 4 bit dari register TCON (bit 4 sampai dengan bit 7) dibagi menjadi 2 bagian secara simetris yang dipakai untuk mengatur Timer 0 /Timer 1. Susunan Bit Dalam Register TCON dapat dibaca pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Susunan Bit Dalam Register TCON^[1]

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



Keterangan tabel 2.3

1. TF1 : *overflow flag Timer 1/Counter 1* (1 = overflow)
2. TR1 : *Enable Timer 1/Counter 1*
3. TF0 : *overflow flag Timer 0/Counter 0* (1 = overflow)
4. TR0 : *Enable Timer 0/Counter 0*
5. IE1 : *External Interrupt 1 edge flag*

6. IT1 : *Interrupt 1 type control bit. Set/clear* oleh program untuk menspesifikasi sisi turun/*level* rendah *trigger* dari interupsi eksternal.

7. IE0 : *External Interrupt 0 edge flag*

8. IT0 : *Interrupt 0 type control bit. Set/clear* oleh program untuk menspesifikasi sisi turun/*level* rendah *trigger* dari interupsi eksternal.

Register TMOD dibagi menjadi 2 bagian simetris, bit 0 sampai dengan bit 3 dipakai untuk mengatur timer 0, sedangkan bit 4 sampai dengan bit 7 dipakai untuk mengatur timer 1. Susunan Bit Dalam Register TMOD dapat dibaca pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Susunan Bit Dalam Register TMOD^[1]

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

Keterangan tabel 2.4

1. GATE : Merupakan bit pengatur sinyal detak. Jika GATE = 0, *timer/counter* akan berjalan saat TR0 atau TR1 pada register TCON (TRx) = 1. Jika GATE = 1, *timer/counter* akan berjalan saat TRx = 1 atau INT1 untuk *timer* 1 dan INT0 untuk *timer* 0 (INTx) = 1.
2. C/T : Dipakai untuk mengatur sumber sinyal detak yang diberikan kepada pencacah biner. Jika C/T = 0, maka *timer* akan aktif dengan sinyal detak diperoleh dari osilator kristal yang frekuensinya sudah dibagi 12. Jika C/T = 1, maka *counter* akan

aktif dengan sinyal detak diperoleh dari kaki T0 (untuk *timer* 0) dan kaki T1 (untuk *timer* 1).

3. M0 dan M1 :Dipakai untuk menentukan Mode *timer/counter*,

Tabel 2.5 Mode Operasi *Timer/Counter*^[1]

M1	M0	Mode	Operasi
0	0	0	<i>timer/counter</i> 13 bit
0	1	1	<i>timer/counter</i> 16 bit
1	0	2	<i>timer</i> auto reload 8 bit
1	1	3	TL0 adalah <i>timer/counter</i> 8 bit yang dikontrol oleh kontrol bit <i>timer</i> 0 (TF0). TH0 adalah <i>timer/counter</i> 8 bit yang dikontrol oleh kontrol bit <i>timer</i> 1 (TF1).

Untuk menghitung clock frequency adalah menggunakan perhitungan berikut:

$$T = \frac{1}{\frac{1}{12} \times \text{frekuensi osilator}} \quad (2.1)$$

Sehingga, dengan menggunakan Mode 1 dapat dihitung waktu tunda yang diperlukan dengan perhitungan berikut :

$$\text{Delay} = (65536 - n) \times T \quad (2.2)$$

Dengan n adalah nilai desimal dari nilai heksadesimal THxTLx

2.2.5 Interupsi

Interupsi adalah suatu kejadian atau peristiwa yang menyebabkan mikrokontroler berhenti sejenak untuk melayani interupsi tersebut. Mikrokontroler MCS-51 menyediakan enam sumber interupsi, yaitu dua interupsi eksternal, tiga

interupsi timer, dan satu interupsi serial. Susunan Bit Dalam Register IE (Interrupt Enable) dapat dilihat pada tabel 2.6. Masing-masing sumber interupsi tersebut dapat diaktifkan dan dinonaktifkan sendiri-sendiri dengan mengatur bit-bit yang terkait dalam register IE di alamat memori internal A8h.

Tabel 2.6 Susunan Bit Dalam Register IE^[1]

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Keterangan tabel 2.7

1. EA : Menonaktifkan semua interupsi jika bit ini *clear*. Jika bit ini *clear*, maka apapun kondisi bit lain dalam register ini, semua interupsi tidak akan dilayani, oleh karena itu untuk mengaktifkan salah satu interupsi, bit ini harus *set* (0 = non aktif, 1 = aktif).
2. ET2 : *Enable Timer 2 overflow* atau menangkap interupsi (0 = non aktif, 1 = aktif).
3. ES : *Enable* interupsi serial, mengaktifkan/menonaktifkan interupsi *port* serial (0 = non aktif, 1 = aktif). Jika interupsi *port* serial aktif, interupsi akan terjadi setiap data yang masuk ataupun keluar melalui serial *port* yang memuat Flag RI (*Receive Interrupt Flag*) ataupun TI (*Transmit Interrupt Flag*).
4. ET1 : *Enable Timer 1 overflow* (0 = non aktif, 1 = aktif). Jika interupsi ini aktif, interupsi akan terjadi pada saat *Timer 1 overflow*
5. EX1 : *Enable* eksternal interupsi 1 (0 = non aktif, 1 = aktif). Jika interupsi ini aktif, maka interupsi akan terjadi pada saat terjadi logika 0 pada INT1

6. ET0: *Enable Timer 0 overflow* (0 = non aktif, 1 = aktif). Jika interupsi ini aktif, maka interupsi akan terjadi pada saat *timer 0 overflow*

7. EX0: *Enable eksternal interupsi 0* (0 = non aktif, 1 = aktif). Jika interupsi ini aktif, maka interupsi akan terjadi pada saat terjadi logika 0 pada INT1.

Program yang tergabung dalam sistem interupsi disebut *Interrupt Service Routine* (ISR) atau *interrupt handler*. Jika terjadi interupsi, mikrokontroler akan mengeksekusi ISR. Setiap program interupsi berada pada lokasi memori internal tertentu dan tidak berpindah-pindah. Pada Tabel 2.7 menunjukkan alamat ISR pada memori internal.

Tabel 2.7 Alamat ISR^[5]

No.	Nama	ROM Address	Alat Interupsi
1.	<i>Reset</i>	0000h	<i>Power on Reset</i> (pin 9)
2.	INT0	0003h	Interupsi 0 <i>hardware</i> eksternal (pin 12)
3.	<i>Timer 0</i>	000Bh	<i>Overflow Timer 0</i> (TF0)
4.	INT1	0013h	Interupsi 1 <i>hardware</i> eksternal (pin 13)
5.	<i>Timer 1</i>	001Bh	<i>Overflow Timer 1</i> (TF1)
6.	Serial COM	0023h	<i>Port I/O Serial</i>

Secara *default*, apabila dalam suatu proses yang sedang berjalan terdapat beberapa interupsi yang datang bersamaan, maka urutan prioritas interupsi yang dikerjakan sesuai dengan urutan pada Tabel 2.8. Jika ingin mengatur prioritas dari suatu interupsi, dapat diatur dalam register *Interrupt Priority* (IP).

Tabel 2.8 Susunan Bit Dalam Register IP^[5]

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

Keterangan tabel 2.9 (0 = prioritas rendah, 1 = prioritas tinggi)

1. Bit 6 : Tidak Digunakan.
2. Bit 7 : Tidak Digunakan.
3. PT2 : prioritas interupsi *Timer 2*.
4. PS : prioritas interupsi Serial.
5. PT1 : prioritas interupsi *Timer 1*.
6. PX1 : prioritas interupsi INT1.
7. PT0 : prioritas interupsi *Timer 0*.
8. PX0 : prioritas interupsi INT0.

2.2.6 Flash PEROM MCS-51

Flash PEROM, merupakan teknologi terbaru ROM yang dikenalkan oleh berbagai perusahaan semi konduktor. IC MCS-51 40 kaki buatan Atmel, khususnya AT89S52 bisa dianggap sebagai IC Flash PEROM dimana untuk AT89S52 mempunyai 8 KByte Flash PEROM, ROM yang dapat ditulis dan dihapus secara berulang-ulang hingga 1000 kali.

Sebagai Flash PEROM ada 5 hal yang bisa dilakukan, yaitu:

- a. Menghapus isi *Flash PEROM* semuanya sekaligus
- b. Mengisi *Flash PEROM* byte per byte

- c. Mengambil isi *Flash PEROM* byte per byte
- d. Selain itu untuk mencegah pembajakan, *Flash PEROM* bisa dikunci, sehingga program yang disimpan di dalam *Flash PEROM* tidak bisa diambil keluar dari chip.

produksi Atmel masing-masing mempunyai kode produksi, ini memudahkan program di komputer mengenali chip jenis apa yang dipasangkan pada Flash PEROM programmer. Hal-hal tersebut di atas diatur melalui kombinasi sinyal yang diberikan pada P3.6 dan P3.7 (kaki nomor 16 dan 17) serta P2.6 dan P2.7 (kaki nomor 27 dan 28). Selain sinyal-sinyal di atas, perlu pula diatur tegangan yang diumpankan ke Vpp (kaki nomor 31), untuk keperluan pengisian informasi ke dalam Flash PEROM diperlukan tegangan 12 Volt yang disertai dengan pulsa pada PROG (kaki nomor 30),

Tabel 2.9 Mode kerja *Flash PEROM* MCS-51^[5]

Mode Kerja	P3 ₇	P3 ₆	P2 ₇	P2 ₆	VPPi	PROG
Menghapus Isi PEROM	L	L	L	H	12V	L
Mengisi PEROM	H	H	H	L	12V	L
Membaca PEROM	H	H	L	L	5V	H
Proteksi bit 1	H	H	H	H	12V	L
Proteksi bit 2	L	L	H	H	12V	L
Proteksi bit 3	L	H	L	H	12V	L
Membaca tanda ATMEL	L	L	L	L	5V	H

2.2.7 Port Serial

Port serial pada MCS-51 memiliki 4 mode komunikasi serial. Mode 0 berupa *synchronous serial (shift register)*, sedangkan tiga mode yang lain berupa *asynchronous serial (UART)*. Pada semua mode, pengiriman dilakukan jika ada instruksi yang mengisi nilai SBUF. Sedangkan pada saat penerimaan, data yang diterima akan disimpan pada register SBUF.

A. Mode 0

Mode ini bekerja secara sinkron, data serial dikirim dan diterima melalui kaki P3.0 (Rx), sedangkan kaki P3.1 (Tx) digunakan untuk menyalurkan detak pendorong data serial yang dibangkitkan. Data dikirim atau diterima 8 bit sekaligus, dimulai dari bit ke-0 sampai dengan bit ke-7. Kecepatan pengiriman data (*baudrate*) adalah frekuensi kristal $\frac{1}{12}$ yang digunakan.

B. Mode 1

Mode ini tetap, yaitu data dikirim melalui kaki P3.1 (Tx) dan diterima melalui kaki P3.0 (Rx), secara asinkron (juga seperti Mode 2 dan Mode 3). Data dikirim/diterima 10 bit sekaligus, diawali dengan 1 bit start, 8 bit data mulai dari bit ke-0 sampai dengan bit ke-7, dan 1 bit stop. Pada MCS-51 yang berfungsi sebagai penerima bit stop adalah RB8 pada register SCON. Baudrate dapat diatur sesuai keperluan. Mode 1, Mode 2, dan Mode 3 dikenal dengan *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART)*.

C. Mode 2

Data dikirim/diterima 11 bit sekaligus, diawali dengan 1 bit start, 8 bit data mulai $\frac{1}{32}$ dari bit ke-0 sampai $\frac{1}{64}$ dengan bit ke-7, bit ke-9 dan 1 bit stop. Pada MCS-51 yang berfungsi sebagai pengirim, bit ke-9 berasal data bit TB8 dalam register SCON. Pada MCS-51 yang berfungsi sebagai penerima, bit ke-9 ditampung di data bit RB8 dalam register SCON, sedangkan bit stop tidak ditampung. Baudrate bisa dipilih atau frekuensi kristal yang digunakan.

D. Mode 3

Mode ini sama dengan mode 2, tetapi baudrate dapat diatur sesuai dengan keperluan. Susunan Bit Dalam Register SCON seperti pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Susunan Bit Dalam Register SCON^[5]

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

Keterangan tabel 2.10 yaitu SM0 dan SM1 untuk menentukan mode kerja port serial Dijelaskan pada tabel 2.11.

Tabel 2.11 Mode *Port Serial*^[9]

SM0	SM1	Mode	Keterangan	Baudrate
0	0	0	Register geser	Tetap ($\frac{1}{12}$ x frek. Osilator)
0	1	1	UART 8 bit	Dapat diubah-ubah (dengan <i>Timer</i>)
1	0	2	UART 9 bit	Tetap ($\frac{1}{32}$ atau $\frac{1}{64}$ x frek. Osilator)
1	1	3	UART 9 bit	Dapat diubah-ubah (dengan <i>Timer</i>)

Keterangan tabel 2.11 :

1. SM2 : untuk komunikasi multiprosesor.
2. REN : untuk mengaktifkan kemampuan port serial menerima data.
3. TB8 : bit ke-8 dari data yang akan dikirim (Mode 2 dan Mode 3).
4. RB8 : bit ke-8 dari data yang telah diterima (Mode 2 dan Mode 3).
5. TI : bernilai 1 jika data telah dikirim.
6. RI : bernilai 1 jika data telah diterima.

E. Baudrate

Baudrate adalah *frekuensi clock* yang digunakan dalam pengiriman dan penerimaan data. Satuan *baudrate* pada umumnya adalah bps (bit per second), yaitu jumlah bit yang dapat ditransmisikan per detik. *Baudrate* untuk mode 0 bernilai tetap dengan rumus yang terdapat pada persamaan 2.4.

$$Baudrate = \frac{frekuensi\ osilasi}{12} \quad (2.4)$$

Baudrate yang digunakan pada Mode 2 tergantung dari isi bit SMOD yang ada pada register PCON. Susunan Bit Dalam Register PCON terdapat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Susunan Bit Dalam Register PCON^[9]

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

Jika SMOD = 0 nilai K yang digunakan pada perhitungan *baudrate* adalah $K = \frac{1}{64}$

dan jika SMOD = 1 nilai K yang digunakan pada perhitungan *baudrate* adalah

$$K = \frac{1}{32}$$

$$\text{Baudrate} = K \times \text{frekuensi osilasi} \quad (2.5)$$

Baudrate yang digunakan untuk Mode 1 dan 3 dapat ditentukan melalui register Timer 1 dan juga bit SMOD pada register PCON. Jika SMOD = 0, nilai K yang digunakan pada perhitungan *baudrate* adalah K=1. Jika SMOD = 1, nilai K yang digunakan pada perhitungan *baudrate* yang digunakan adalah K=2.

$$\text{Baudrate} = \frac{K}{32} \times \frac{\text{frekuensi osilasi}}{12 \times [256 - (TH1)]} \quad (2.5)$$

Beberapa konfigurasi *baudrate* yang umum digunakan yaitu seperti tampak pada tabel 2.13.

Tabel 2.13 Konfigurasi *baudrate* Yang Umum Digunakan^[3]

Serial				Timer		
Mode	<i>Baudrate</i>	Frekuensi Osilator	SMOD	C/T	Mode	Reload
0	1,6667 Mbps (max)	20 Mhz	X	X	X	X
2	625 Kbps (max)	20 Mhz	1	X	X	X
1,3	104,1667 Kbps (max)	20 Mhz	1	0	2	FFh
1,3	19,2 Kbps	11,0592 Mhz	1	0	2	FDh
1,3	9,6 Kbps	11,0592 Mhz	0	0	2	FDh

1,3	4,8 Kbps	11,0592 Mhz	0	0	2	Fah
1,3	2,4 Kbps	11,0592 Mhz	0	0	2	F4h
1,3	1,2 Kbps	11,0592 Mhz	0	0	2	E8h
1,3	137,5 bps	11,9856 Mhz	0	0	2	1Dh
1,3	110 bps	6 Mhz	0	0	2	72h
1,3	110 bps	12 Mhz	0	0	1	FEEBh

2.2.8 Reset

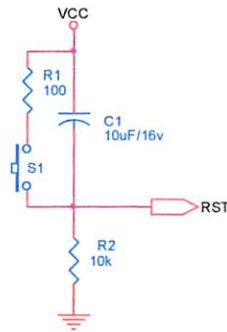
Reset dapat dilakukan secara manual maupun otomatis saat *power* diaktifkan (*Power On Reset*). Saat terjadi reset isi dari register akan berubah sesuai yang ada pada tabel 2.14.

Tabel 2.14 Isi register setelah *Reset*^[4]

Register	Isi Register
Program Counter	0000H
Akumulator	00H
Register B	00H
PSW	00H
Stack Pointer (A)	07H
DPTR	0000H
Port 0 – 3	FFH
Interrupt Priority (IP)	XXX00000B
Interrupt Enable (IE)	0XX00000B
Register Timer	00H
SCON	00H
SBUF	00H
PCON (HMOS)	0XXXXXXXB
PCON (CMOS)	0XXX0000B

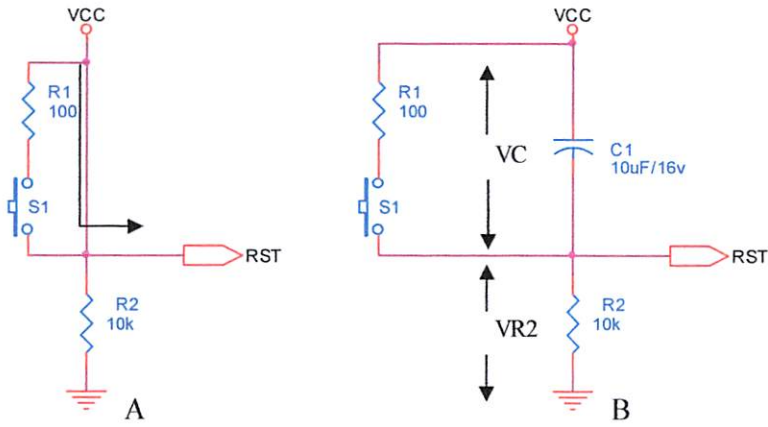
Reset terjadi dengan adanya logika 1 selama minimal 2 cycle pada kaki RST. Setelah kondisi pin RST kembali *low*, akan mulai menjalankan program dari alamat

0000H. Kondisi pada internal RAM tidak terjadi perubahan selama reset. Gambar 2.6 adalah gambar rangkaian reset secara umum.



Gambar 2.6 Skema rangkaian *reset*^[3]

Gambar 2.7 merupakan gambar rangkaian reset yang bekerja secara manual atau otomatis saat sumber daya diaktifkan. Saat sumber daya diaktifkan, maka kapasitor C1 sesuai dengan sifat kapasitor akan terhubung singkat pada saat itu sehingga rangkaian ekuivalennya tampak pada gambar 2.11A. Arus mengalir dari VCC langsung ke kaki RST sehingga kaki tersebut berlogika 1. Kemudian kapasitor terisi hingga tegangan pada kapasitor (VC) yaitu tegangan antara VCC dan titik antara kapasitor C1 dan resistor R2 mencapai VCC, otomatis tegangan pada R2 atau tegangan RST akan turun menjadi 0 sehingga kaki RST akan berlogika 0 (Gambar 2.11B) dan proses reset selesai.

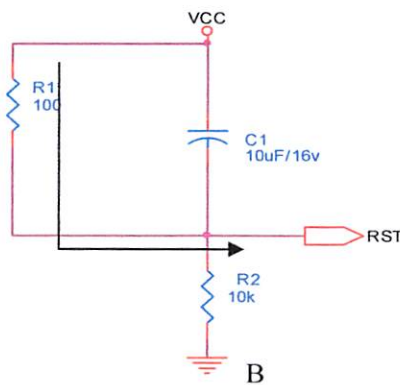


Gambar 2.7 Aliran arus dan perubahan tegangan pada reset otomatis^[3]

Jika saklar S1 ditekan, reset kembali bekerja secara manual, aliran arus akan mengalir dari VCC melalui R1 menuju kaki RST (Gambar 2.8). Tegangan pada kaki RST atau VR2 akan berubah menjadi :

$$VR2 = \frac{R2 \times VCC}{R1 + R2} \quad (2.6)$$

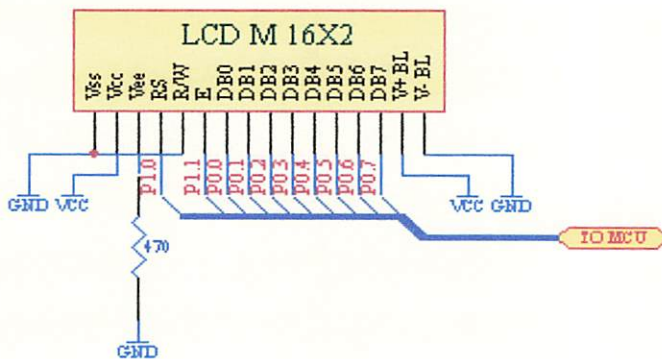
Yaitu 4,95 volt dengan nilai VCC = 5 volt.



Gambar 2.8 Rangkaian ekuivaren saat saklar S1 ditekan^[3]

Tegangan 4,94 volt pada kaki RST menyebabkan kaki ini berlogika 1 pada saat saklar tersebut ditekan. Saat saklar dilepas, aliran arus dari VCC melalui R1 akan terhenti dan tegangan pada kaki RST akan menurun menuju nol sehingga logika pada kaki ini menjadi 0 dan proses reset selesai (Nalwan, 2003).

2.3. LCD 16x2 (M1632)



Gambar 2.9 Rangkaian LCD^[9]

LCD (Liquid Crystal Display) adalah komponen display yang tidak memancar (nonemissive), sehingga tidak menghasilkan sumber cahaya seperti CRT (Cathode Ray Tube), dan berdaya sangat rendah (lebih rendah dari LED) yaitu dalam hitungan mikrowatt (LED dalam hitungan miliwatt). LCD menahan atau membiarkan cahaya yang dipantulkan dari sumber cahaya luar dan cahaya yang berasal dari belakang atau samping yang melewatinya. LCD dikontrol oleh ROM/RAM generator karakter dan RAM data display. Semua fungsi display dikontrol dengan instruksi dan LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan MPU (Mikroprosesor Unit).

Karakteristik dari LCD dot-matriks adalah sebagai berikut:

- 16X2 karakter dengan 5X7 dot matriks+kursor
- ROM generator karakter dengan 8 tipe karakter (untuk program write)
- 80X8 bit RAM data display
- Dapat diinterfacekan dengan 4 atau 8 bit MPU
- RAM data dan RAM generator karakter dapat dibaca dari MPU
- +5V single power supply
- Power-on reset
- Range temperature operasi 0-60°C
- Beberapa fungsi instruksi:

Display clear, Cursor home, Display ON/OFF, Cursor ON/OFF, Display character blink, Cursor Shift dan Display shift.

LCD disini dapat menampilkan karakter yang ada pada ROM generator karakter, yang sudah berisi 192 jenis karakter, dengan cara memberikan kode karakter untuk tiap-tiap karakter yang diinginkan pada bus data dengan menggunakan sinyal kontrol.

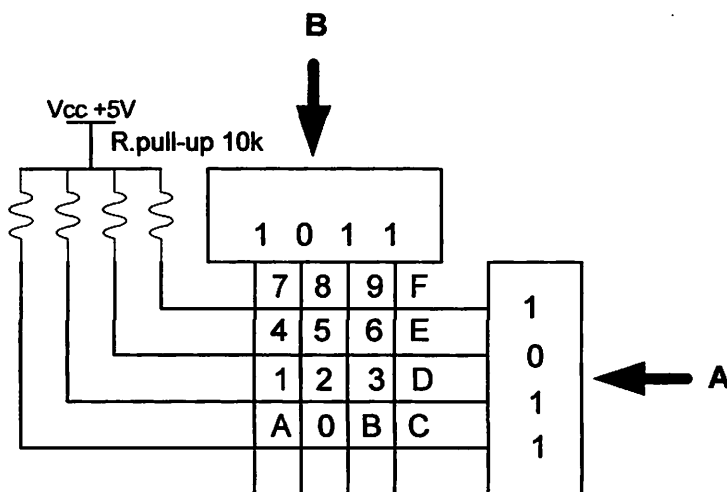
Tabel: 2.15 Pin LCD^[5]

NO	Simbol	Level	Function
1	Vss	-	0V (GND)
2	Vcc	-	5V
3	Vee	-	LCD Drive
4	RS	H/L	H: Data Input L: Instruksion In
5	R/W	H/L	H: Read L: Write
6	E	1/0	Enable Signal
7	DB0	H/L	Data Bus
8	DB1	H/L	Data Bus
9	DB2	H/L	Data Bus
10	DB3	H/L	Data Bus
11	DB4	H/L	Data Bus
12	DB5	H/L	Data Bus
13	DB6	H/L	Data Bus
14	DB7	H/L	Data Bus
15	V+ BL	-	Vcc
16	V- BL	-	GND

2.4. Matriks Keypad

Key Pad disini digunakan untuk memasukkan data acuan, proses scanning matrik keypad pada dasarnya mendecoder penekanan suatu tombol dengan konfigurasi matrik. Diumpamakan Port B dioperasikan sebagai Output scanning

bagian kolom. Scanning dilakukan secara berurutan dari kolom paling kiri sampai kolom paling kanan, Kolom yang aktif akan berada pada kondisi low. Untuk mengetahui ada tidaknya tombol ditekan, Maka harus dilakukan pembacaan terhadap port (Diumpamakan port A) yang dioperasikan sebagai input dari setiap baris pada kolom yang sedang aktif. Jika tidak ada tombol ditekan semua kondisi baris akan high karena karena dipull-up oleh resistor pull-up ke Vcc. Jika salah satu baris tombol ditekan maka tombol tersebut terletak pada kolom yang sedang aktif, Kondisi baris yang terbaca pada port A adalah low. Hal ini dapat dijelaskan pada gambar berikut :



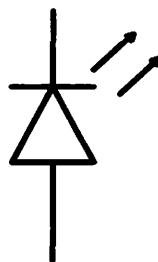
Gambar 2.10. Proses scanning Keypad matriks 4X4^[9]

Diumpamakan pin Y1-Y4 sebagai row dan pin X1-X4 sebagai colom. yaitu apabila salah satu pin misalnya Y1 terhubung dengan X1 maka data outnya akan 0 sedangkan untuk Y1 dengan X2 data outnya akan 1. Diumpamakan tombol 5 ditekan, Maka pada proses kerjanya port B dikirim data 0111. Dalam keadaan ini dilakukan pembacaan pada port A dan hasil yang diperoleh adalah 1111. ini berarti tidak ada

tombol yang ditekan pada kolom paling kiri. Selanjutnya pada port B dikirim data 1011 dan dilakukan pembacaan dari port A. Hasil diperoleh dari pembacaan tersebut yaitu 1011. Ini berarti ada tombol yang ditekan pada kolom kedua baris kedua. Melalui software yang dibuat dapat diketahui kode dari tombol yang ditekan. Untuk menghindari pembacaan yang salah karena adanya dua tombol atau lebih yang ditekan bersamaan, maka proses scanning dilakukan terhadap seluruh tombol keypad dan penghitungan jumlah tombol yang ditekan.

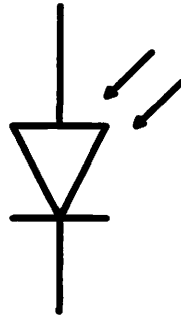
2.6. Optocoupler

Pada Perancangan Dan Pembuatan Alat Untuk Pengaturan Kecepatan Motor 1 Phase Berbasis Mikorokontroller ATmega 8535, menggunakan Sensor yang terdiri dari Infra Red sebagai Transmitter dan Foto Dioda sebagai Receiver. Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi kecepatan motor.



Gambar 2.11. Gambar Infra Red^[6]

Prinsip kerja dari sensor ini adalah apabila ada aliran arus yang melewati led, maka led tersebut akan menyala. Cahaya yang dipancarkan led tersebut dipakai sebagai tegangan catu. Pengoperasian sensor ini ada dua macam, yaitu aktif tinggi dan aktif rendah.



Gambar 2.12. Gambar Photo Dioda^[6]

Pada operasi aktif tinggi, output diambil dari kaki emitor sedangkan operasi aktif rendah, output diambil dari kaki kolektor. Keunggulan dari sensor ini adalah:

- Kecepatan operasi yang tinggi.
- Ukuran dimensi yang kecil.
- Tahan benturan/goncangan dan getaran.
- Tidak mempunyai bagian yang bergerak sehingga tidak saling melekat.
- Kompatibel dengan banyak rangkaian logika dan mikroprosesor.
- Respon frekwensi sampai dengan 100 Khz.

2.7. PWM (*Pulse Width Modulation*)

Inverter adalah konverter DC ke AC dengan tegangan dan frekuensi keluaran dapat diatur sehingga motor AC dapat dikendalikan dengan fleksibel. Ada beberapa jenis inverter diantaranya adalah inverter PWM (*Pulse Width Modulation*). Keuntungan operasi inverter PWM sebagai teknik konversi dibanding dengan jenis-jenis inverter lainnya adalah rendahnya distorsi harmonik pada tegangan keluaran dibanding dengan jenis inverter lainnya. Selain itu teknik PWM sangat

praktis dan ekonomis untuk diterapkan berkat semakin pesatnya perkembangan komponen semikonduktor (terutama komponen daya yang mempunyai waktu penyaklaran sangat cepat) Pada pengendalian kecepatan motor AC, inverter PWM mempunyai kelebihan yaitu mampu menggerakkan motor induksi dengan putaran halus dan rentang yang lebar. Selain itu apabila pembangkitan sinyal PWM dilakukan secara digital akan dapat diperoleh unjuk kerja system yang bagus karena lebih kebal terhadap derau.

Inverter PWM Sinusoida satu fase menghasilkan pulsa PWM bolak balik satu fase dengan nilai tegangan bolak balik efektifnya dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2 dt} \dots\dots\dots (1)$$

dengan V_{rms} = tegangan efektif

v = fungsi tegangan

T = perioda

Oleh karena pada inverter SPWM nilai tegangan masukan DC adalah konstan maka tegangan rms dapat juga dirumuskan :

$$V_{rms} = V_{dc} \sqrt{\frac{\sum t_p}{T}} \dots\dots\dots (2)$$

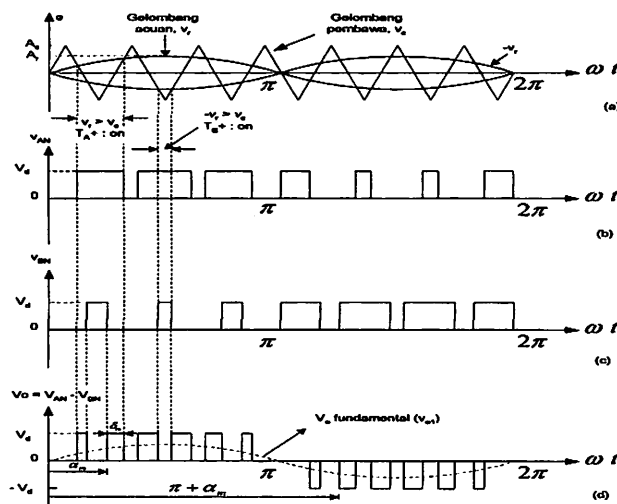
dengan V_{rms} = tegangan efektif

V_{DC} = tegangan searah inverter

t_p = lebar pulsa tinggi dalam 1 periode

T = perioda

Untuk menghasilkan sinyal PWM tersebut dapat menggunakan 2 buah sinyal sinus dan 1 sinyal segitiga atau dengan menggunakan 1 buah sinyal sinus dan 2 buah sinyal segitiga. Pada proses pembangkitan SPWM dengan menggunakan 2 buah sinyal sinus dan sebuah sinyal segitiga, dilakukan perbandingan amplitudo antara sinyal segitiga dengan sinyal sinus. Sinyal penggerak akan dibangkitkan apabila amplitudo sinyal sinus lebih besar daripada amplitudo sinyal segitiga. Masing-masing sinyal penggerak digunakan untuk penyaklaran sehingga diperoleh sinyal PWM. Proses pembangkitan SPWM tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah .



Gambar 2.13. Proses perbandingan antara sinyal^[9]

- (a) Proses perbandingan antara sinyal pembawa dengan sinyal
- (b) Sinyal penggerak V_{AN} ,
- (c) Sinyal penggerak V_{BN} ,
- (d) Sinyal SPWM

Proses pembangkitan SPWM secara digital dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

1. Dengan membangkitkan gelombang segitiga dan gelombang sinus secara diskret dengan metode *look up table*. Kemudian dilakukan perbandingan untuk masing-masing nilai amplitudo gelombang sinus dan segitiga seperti pada gambar 1. Cara ini sama halnya dengan membangkitkan gelombang sinus analog dan gelombang segitiga analog secara digital.
2. Dengan mencari terlebih dahulu waktu untuk setiap pulsa masing-masing sinyal penggerak, untuk dijadikan data dalam proses pembangkitan sinyal penggerak secara *look up table*. Cara inilah yang dipakai dalam perancangan tugas akhir ini.

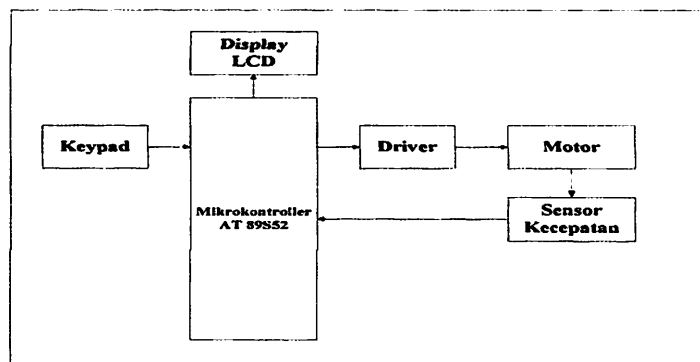
BAB III

PERACANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini akan membahas tentang perancangan alat pengaturan kecepatan pada motor DC. Pembuatan alat terdiri atas blokdiagram system perancangan alat yang mempunyai fungsi sendiri-sendiri. Pembuatan alat meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak (*Software*).

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Diagram blok alat pada pengaturan kecepatan motor DC menggunakan sistem pengontrol AT89S52 dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.1 Blok Diagram.

Fungsi blok diagram alat sebagai berikut :

1. Keypad sebagai masukan utama
2. Mikrokontroler AT89S52 berfungsi sebagai pengendali driver TIP/31
3. Driver untuk mengedalikan motor
4. Sensor kecepatan *optocoupler* digunakan untuk membaca kecepatan dari motor
5. LCD sebagai tampilan kecepatan

Prinsip Kerja Alat sebagai berikut:

Sistem kerja alat dengan inputan set point kecepatan melalui keypad, data set point diproses oleh mikrokontroller selanjutnya data hasil pengolahan oleh mikro dijalankan ke driver sebagai mengedali motor DC, kecepatan motor dibaca oleh sensor *optocoupler* yang selanjutnya data setingan kecepatan motor ditampilkan ke LCD.

3.1 Perancangan Sistem

Mikrokontroller yang digunakan pada sistem ini adalah mikrokontroler AT89S52. Sebagai komponen utama pengontrol I/O yang terdiri dari, *keypad* sebagai inputan data, LCD sebagai tampilan data yang dihasilkan, *driver motor* yang merupakan komponen penggerak motor, serta sensor digunakan untuk membaca kecepatan dari motor DC.

Berdasarkan fungsinya perangkat keras pada sistem ini dapat dikelompokkan menjadi empat bagian. Keempat bagian tersebut yaitu modul utama, minimum sistem mikrokontroler, modul *Driver*, modul LCD dan Sensor.

Selain itu juga ditunjang dengan perangkat lunak bahasa C dengan bantuan *software* Franklin sebagai protokol komunikasi antara mikrokontroler dan komputer.

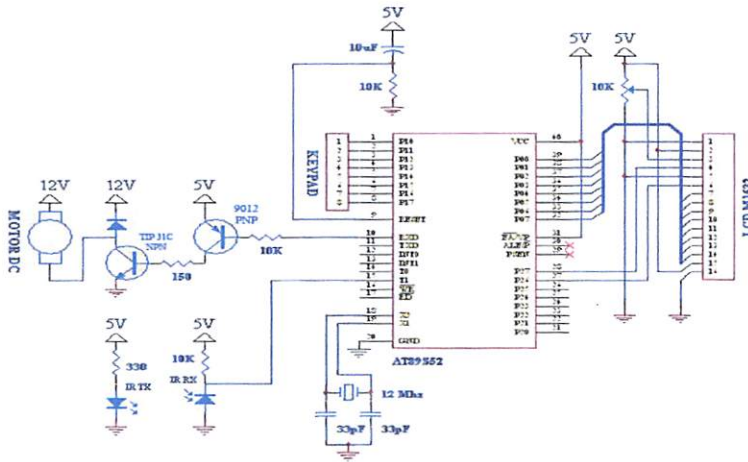
3.2 Perancangan Perangkat Keras

Telah dijelaskan diatas perangkat keras yang akan digunakan nantinya akan dibagi menjadi 4 bagian/modul, dan modul-modul yang dilengkapi dengan

mikrokontroler AT89S52, modul *Driver*, modul LCD dan Sensor akan dijelaskan didalam perancangan perangkat keras.

3.2.1 Minimum Sistem AT89S52

Minimum sistem disini nantinya digunakan untuk mengontrol dari gerak dari mekanik, mulai dari membaca sensor-sensor, mengatur arah gerak motor dan membaca data dari komputer.



Gambar 3.2. Minimum sistem AT89S52.

Pada *port* 1.0 – *port* 1.7, nantinya akan disambungkan ke *keypad*, yang digunakan sebagai inputan data. Sedangkan *port* 0.0 – *port* 0.7, digunakan untuk mengisi data pada *LCD*, yang digunakan sebagai tampilan data akhir. *Port* 2.7 dihubungkan ke kaki reset pada *LCD*. *Port* 2.6 dihubungkan pada kaki *enable* pada *LCD*. *Port* 3.0 digunakan untuk menjalankan motor DC. *Port* 3.5 digunakan untuk menerima data pada sensor.

Pin *VCC* diberi masukan tegangan operasi berkisar antara 4,5 volt sampai dengan 5,5 volt. Pin *RST* berfungsi untuk masukan reset program secara otomatis atau manual. pin *RxD* dan *TxD* dihubungkan ke *MAX232*. Sehingga mikrokontroler dapat melakukan komunikasi serial komputer secara dua arah.

Pin *XTAL1* dan *XTAL2* dihubungkan dengan komponen *XTAL* sebesar 11,0592 MHz. Pemilihan frekuensi osilasi dari *XTAL* tersebut berdasarkan penggunaan mikrokontroler untuk komunikasi serial. Pin *EA/VPP* dihubungkan ke *VCC*. Pin *PSEN* tidak dihubungkan (*not connected*), karena tidak menggunakan memori program eksternal.

3.2.2 Sensor Optocoupler

Pada sub bab ini dijelaskan bahwa untuk mengetahui kecepatan dari motor diperlukan *sensor RPM*. Dalam perancangan alat ini digunakan *LED Infra Merah* sebagai pemancar dan *photo dioda* sebagai penerima. Keduanya dipasang berhadapan dan *horizontal* terhadap piringan dari motor tersebut.

Untuk mendapatkan kuat *cahaya infra red*, maka diperlukan pula perhitungan yang tepat. Pada saat *LED* menyala sempurna diperlukan sumber tegangan 2,5 Volt, dengan kuat arus 20 mA. Dengan adanya *Vcc* sebesar 5 Volt maka diperlukan pembatas tegangan dengan nilai resistor 'R'. sedangkan photo dioda yang berhadapan dengan *LED infra red* dan dengan jarak terdekat terhadap tabung beras saat full akan mengalirkan arus sebesar 0,5 mA maka dapat dicari resistor photo dioda dan resistor pembagi (*RI*) sebagai berikut :

$$R_{LED} = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

$$R_{LED} = \frac{5 - 1,5V}{20 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_{LED} = \frac{3,5}{20 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_{LED} = 175 \Omega$$

$$V_{LED} = \frac{R_{LED}}{R_{LED} + R_1} \times V_{CC}$$

$$2,5V = \frac{175}{175 + R_1} \times 5V$$

$$R_1 = 175 \Omega$$

Jadi nilai resistor pembagi sebesar 125 Ohm, sedangkan untuk photo dioda saat terkena cahaya diinginkan $V_{out} = 2,5$ Volt sehingga R_2 atau 'R_{seri}' (Pull – Up) nya adalah :

$$R_{Photo} = \frac{V_{Photo}}{I_{Photo}}$$

$$R_{Photo} = \frac{5V}{0,5mA}$$

$$R_{Photo} = 10 K\Omega$$

Jika V_{out} yang diinginkan pada saat terkena cahaya yaitu 2,5V, maka (R2) adalah :

$$V_{out} = \frac{R_2}{(R_2 + R_{photo})} \times V_{CC}$$

$$2,5V = \frac{R_2}{(R_2 + 10K\Omega)} \times 5V$$

$$(2,5V \cdot R_2 + 2,5V \cdot 10K\Omega) = 5V \cdot R_2$$

$$2,5V \cdot 10K = 5V \cdot R_2 - 2,5V \cdot R_2$$

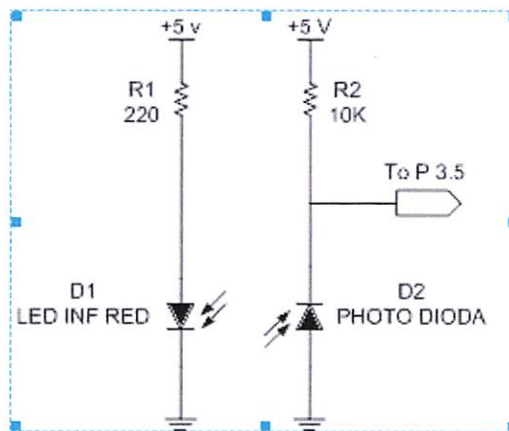
$$2,5V \cdot 10K = 2,5V \cdot R_2$$

$$R_2 = \frac{2,5V \cdot 10K}{2,5V}$$

$$R_2 = 10K\Omega$$

Jadi nilai R_s yang mendekati untuk dipasang sebesar $10K\Omega$.

Rangkaian dari *LED infra red* dan *photo dioda* seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3. Rangkaian LED (Light Emitting Dioda) *Infra Red* Dan *Photo Dioda*

Penggunaan sensor *opto coupler* nantinya digunakan untuk *counter*, jumlah nilai HIGH dan LOW nantinya digunakan sebagai penghitung jumlah putaran pada tiap menitnya.

3.2.3. Perancangan Rangkaian LCD M1632

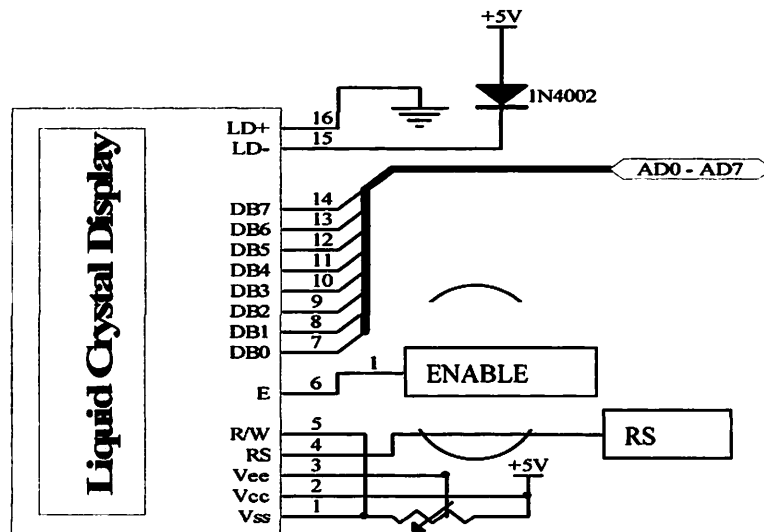
Dalam aplikasi ini menggunakan sebuah layar LCD (*Liquid Crystal Display*) yaitu jenis TM162A yang merupakan LCD dua baris dengan setiap barisnya terdiri atas 16 karakter. Penyemat LCD dan fungsinya ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Fungsi penyemat LCD

Penyemat	Fungsi
DB4-DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan di LCD
Enable	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca
R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0 : tulis 1 : baca
RS	Sinyal pemilih register 0 : instruksi register (tulis) 1 : data register (baca dan tulis)

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

Rangkaian display ditunjukkan dalam Gambar 3-12 Saluran data DB₄-DB₇ dihubungkan pada *port* 1 Mikrokontroler Atmega8535. Sedangkan penyemat R/W dan RS dihubungkan pada *port* 1.4 dan *port* 1.5 mikrokontroler ATmega8535. Penyemat V_{ee} dihubungkan pada potensiometer 1 k Ω , untuk mengatur kecerahan LCD.

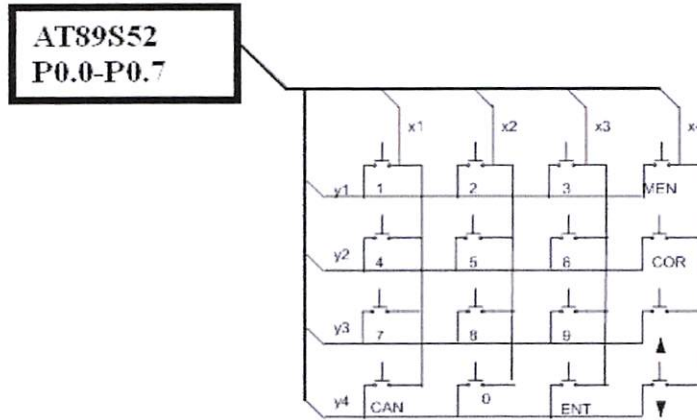


Gambar 3.4. Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*)

3.2.4 Perancangan Rangkaian Keypad 4X4

Perancangan *keypad* dirancang memiliki konfigurasi matrik 3X4, sehingga akan diperoleh tombol sebanyak 12 buah. Masing-masing tombol tersebut digunakan sebagai masukkan beban beras yang kita inginkan.

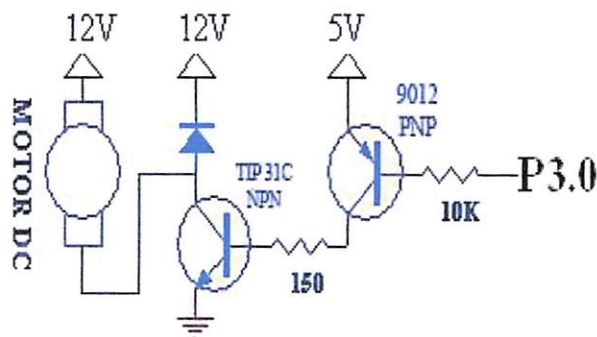
Adapun cara kerja keypad yang direncanakan dapat dijelaskan sebagai berikut : Setiap kali penekanan tombol akan terjadi suatu persilangan antara baris X dengan kolom Y. kondisi logic hasil penekanan tombol *keypad* tersebut dihubungkan pada Port Input (P2.0 – P2.7) melalui kaki X1-X4 dan Y1-Y4. Keadaan penekanan tombol persilangan antara baris X dan kolom Y akan dibaca dan untuk sementara disimpan dimemory internal mikrokontroller sehingga persilangan antara baris dan kolom dapat dikirimkan ke MCU pada proses penampilan dan pengolahan karakteristik data yang diminta.



Gambar 3.5. Rangkaian Keypad 4X4

3.2.5 Perancangan *Driver Motor*

Untuk menggerakkan motor DC diperlukan sebuah *driver* yang berfungsi untuk menghubungkan antara mikrokontroler (*port 3.0*) dengan motor. Untuk mempermudah penulis menggunakan driver motor model Transistor. Cara kerja dari rangkaian ini adalah ketika input motor basis dari Transistor diberi tegangan *HIGH* maka akan transistor bekerja seperti saklar dan akan mengaktifkan motor. Lihat rangkaian pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian Motor DC

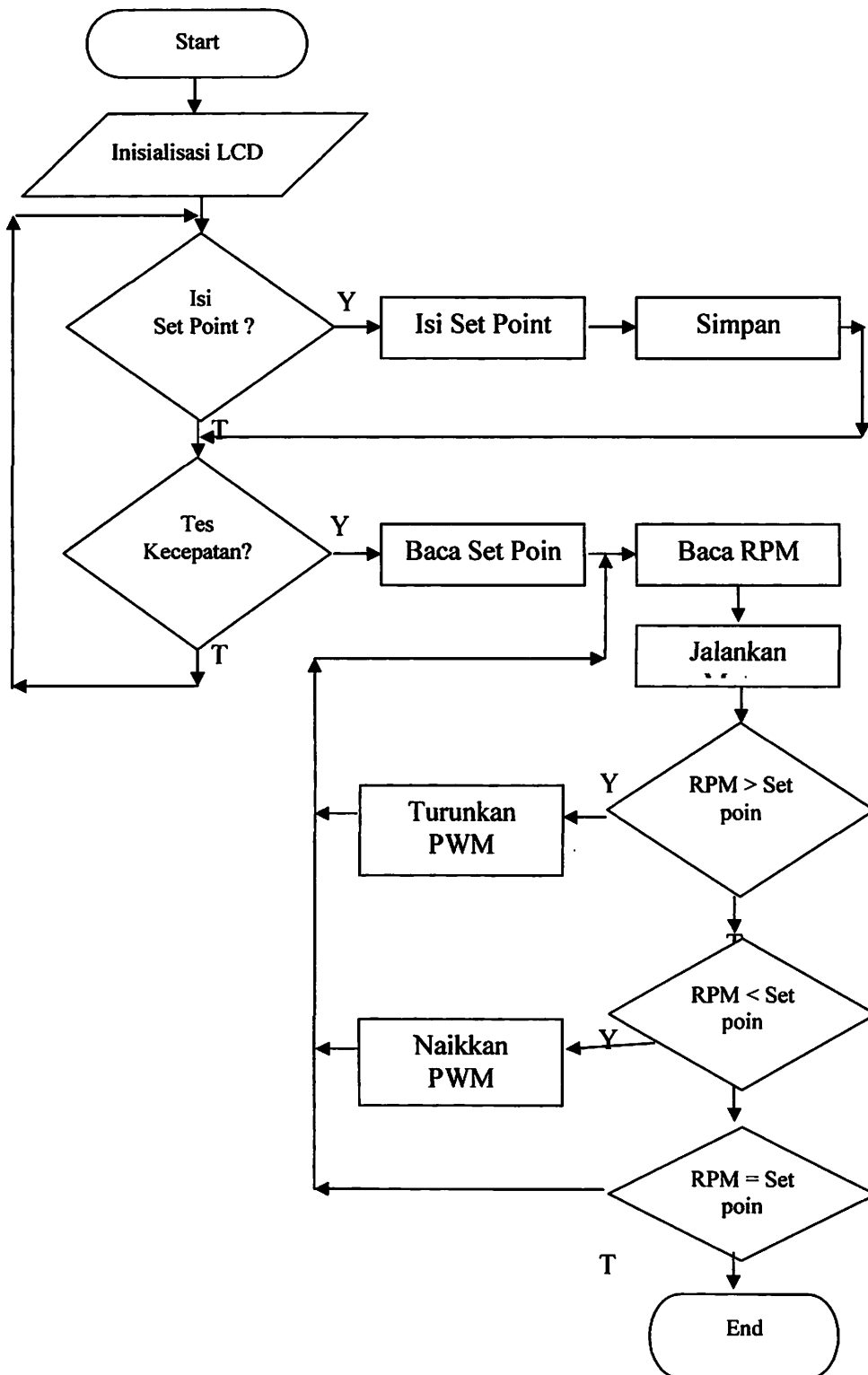
3.3 *Perancangan Perangkat Lunak*

Tahap awal pembuatan program kerja dari penelitian ini perlu diidentifikasi dengan bentuk algoritma dan rancangan diagram alirnya. Diagram alir merupakan panduan dalam hal penyusunan instruksi serta untuk mengefektifkan program agar tidak tumpang tindih. Sehingga hal tersebut mempengaruhi pemakaian memori program pada mikrokontroler.

Berdasarkan pada diagram alir tersebut lalu dilakukan penulisan program pada *text editor (proView32)*. Kemudian program tersebut diterjemahkan menjadi bahasa mesin (kode objek) menggunakan *compiler* yang telah disediakan oleh program. Setelah diperoleh kode mesinnya (dalam bentuk *.hex*), kode mesin tersebut di *download* ke mikrokontroler AT89S52 menggunakan *software ISP Flash Programmer v.3.0a*. Langkah awal dalam membuat suatu program adalah membuat *design* program dalam sebuah *flowchart*.

3.3.1 *Diagram Alir (Flowchart)*

Penjelasan dari *flowchart* ini adalah pertama-tama program akan menginisialisasi variabel yang dibutuhkan dalam program, kemudian pilih karakter yang akan dicetak lalu menyesuaikan dengan data yang ada. Setelah itu akan diperiksa apakah ada data atau tidak. Jika ada, data tersebut akan dikirim ke mikrokontroler. Jika ada ada balasan dari mikrokontroler maka akan diperiksa kembali apakah ada data lagi, jika ya akan dikirim kembali ke mikrokontroler sampai data habis.



BAB IV

PENGUJIAN DAN PENGUKURAN ALAT

4.1. Pengujian Alat

Untuk mengetahui keberhasilan dari Pengatur Kecepatan Motor DC Berbasis Mikorokontroller AT89S52, maka diperlukan suatu pengujian tersebut. Pada bab ini akan diuraikan sejumlah pengukuran dan percobaan yang dilakukan untuk mengetahui sistem kerja alat secara keseluruhan.

Pengujian sistem tersebut adalah pengujian perangkat keras (*hardware*) per blok dan alat secara keseluruhan. Berikut ini akan diberikan prosedur pengujian dan hasil pengamatan terhadap pengujian.

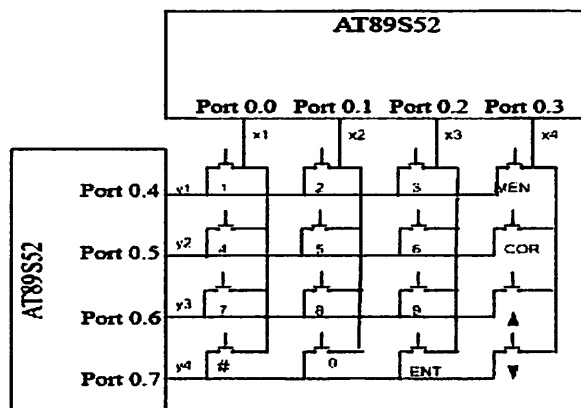
4.2. Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui keadaan masukan atau keadaan keluaran dari tiap blok rangkaian yang direncanakan, sehingga dengan pengujian ini dapat diketahui apakah alat yang direncanakan dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Untuk tujuan ini, pengujian dilakukan dengan urutan rangkaian sebagai berikut :

1. Pengujian Rangkaian *Keypad 3X4*.
2. Pengujian Rangkaian *LCD*.
3. Pengujian Rangkaian Driver Motor DC.
4. Pengujian Rangkaian Sensor RPM.
5. Pengujian Sinyal PWM.
6. Pengujian Kondisi Motor.
7. Pengujian Keseluruhan Sistem.

4.3. Pengujian Rangkaian Keypad 4X4

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui konfigurasi logika keluaran dari unit papan tombol saat tombol ditekan. . Dalam pengujian ini keluaran yang diamati adalah proses *scanning* yang terjadi pada lajur baris dan kolom. Lajur baris merupakan bagian output sedangkan lajur kolom merupakan bagian input. Untuk mengetahui kebenaran rangkaian keypad yang telah dibuat maka keluaran dari rangkaian keypad ini akan ditampilkan ke port 0 Mikrokontroler AT89S52.



Gambar 4.1. Diagram Blok Pengujian Pengkode Keypad

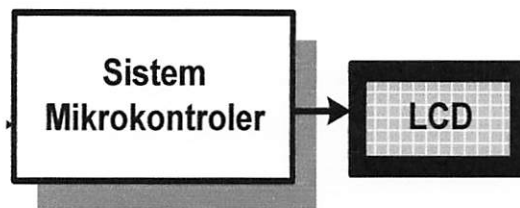
Dari hasil pengujian, didapatkan data seperti dalam Tabel 4.1 maka dapat diketahui bahwa saat tombol ditekan maka keluaran port 0 mikrokontroler akan berlogika sesuai dengan tombol yang ditekan. Hasil pengujian dalam Tabel 4.1 terlihat bahwa rangkaian papan tombol yang telah direalisasikan sesuai dengan unjuk kerja perencanaan.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Pengkode *Keypad*

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

4.4. Pengujian Rangkaian LCD

Adapun tujuan pengujian adalah untuk mengetahui kemampuan rangkaian tampilan yang sudah dibuat apakah dapat mendukung sistem yang direncanakan untuk menampilkan data pada LCD.



Gambar 4.2. Diagram Blok Pengujian Rangkaian Tampilan



Gambar 4.3. Foto Pengujian LCD

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Pengukuran RPM

No	Input (RPM)	Keluarn Data (pl/10ms)	Hasil Pengukuran Pada Tachometer	Persentasi error (%)
1	1500	4	1482	1,2
2	3000	8	2995	0,16
3	4500	12	4483	0,37
4	6000	16	5941	0,99
5	7500	20	7483	0,22
6	9000	24	8997	0,03

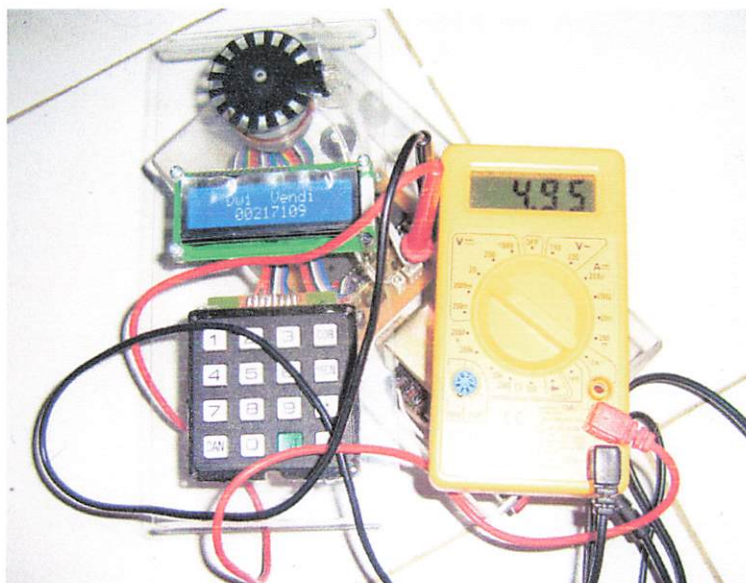
Pengaturan perhitungan adalah $1\text{pl}/10\text{ms} = 375 \text{ RPM}$.

Jadi misalnya jika data out menunjukkan angka 12 maka hasil perhitungan data out yang didapat adalah :

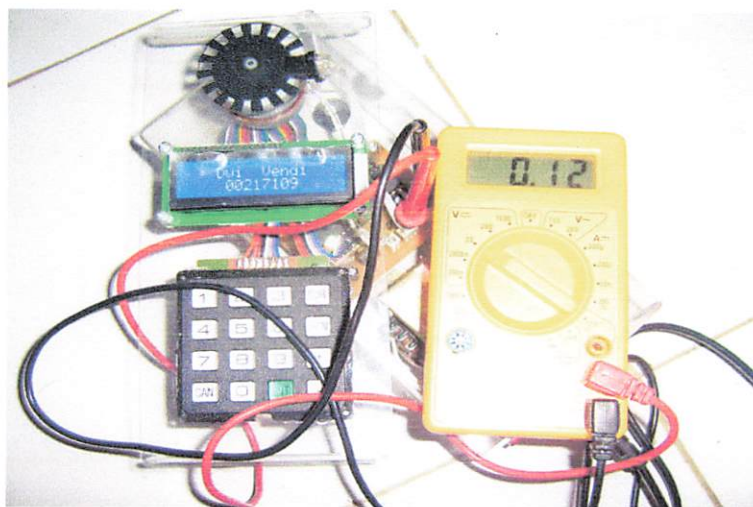
$$12 \times 375 = 4500 \text{ RPM}$$

Sedangkan persentasi error yang didapat dari pengukuran menggunakan tachometer menggunakan rumus :

$$\text{Persentasi error (\%)} = \frac{\text{selisih pengukuran}}{\text{Hasil pengukuran}} \times 100\%$$



Gambar 4.6. Foto Pengujian Sensor Rpm Kondisi Terhalang



Gambar 4.7. Foto Pengujian Sensor Rpm Kondisi Tidak Terhalang

Pada pengujian sensor Rpm ini, rangkaian sensor Rpm akan menanggapi benda yang melewati infra merah ini, dan akan menghasilkan data pulsa high atau low, karena infra merah sebagai pemancar akan terhalang oleh benda yang melewati.

Sedangkan photo dioda yang terimpit dengan LED infra merah, dengan jarak tertentu terhadap benda akan mengalirkan arus sebagai keluaran sensor penghalang (Infra Merah). Untuk lebih jelasnya berikut ini adalah tabel hasil pengujian dari sensor penghalang (Infra Merah).

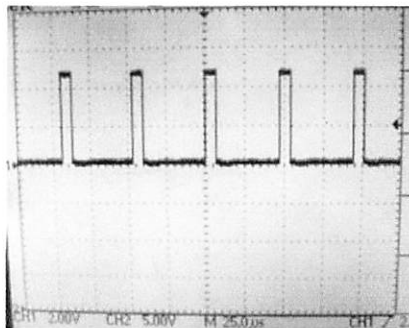
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Sensor Rpm (Infra Merah)

Kondisi	Vout (Volt) Pengujian	Vout (Volt) Perhitungan
Terhalang	4,95	5,0
Tidak Terhalang	0,12	0

$$\text{Sedangkan \% Error} = \frac{5,0 - 4,95}{5,0} \times 100\% = 1\%$$

4.7. Pengujian Sinyal PWM.

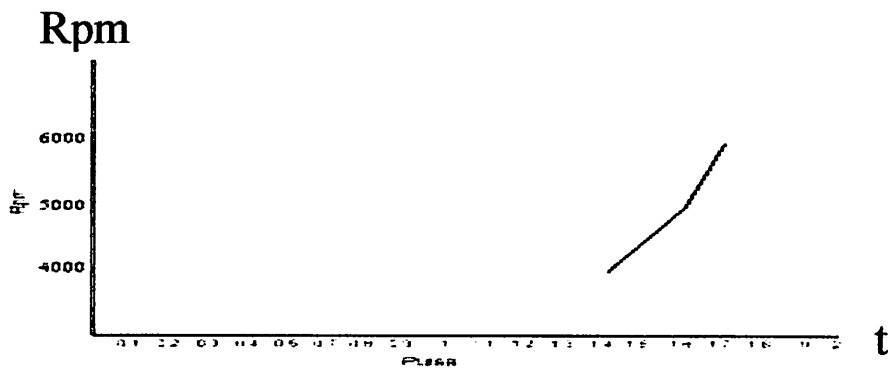
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah kecepatan motor sesuai dengan data pwm yang dikeluarkan oleh mikrokontroler.



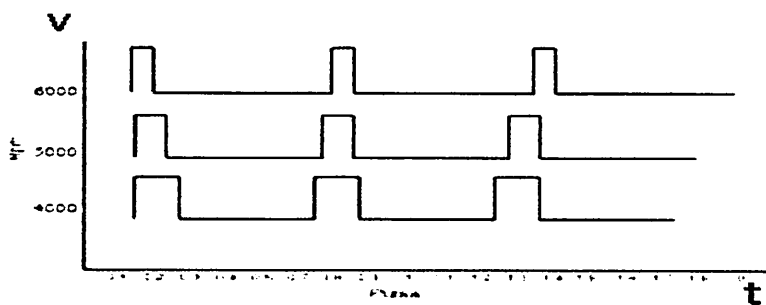
Gambar 4.8. Foto Sinyal PWM Pada Oscilloscope Dengan Kecepatan 50 Rpm

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Sinyal PWM

Rpm	Data High	Data Low
4000	0,4 mili detik	1,4 mili detik
5000	0,25 mili detik	1,5 mili detik
6000	0,1 mili detik	1,7 mili detik



Gambar 4.9. Grafik Sinyal PWM



Keterangan Grafik

- Pulsa Putaran Motor Pada Kecepatan 4000 Rpm
- Pulsa Putaran Motor Pada Kecepatan 5000 Rpm
- Pulsa Putaran Motor Pada Kecepatan 6000 Rpm

Dari hasil pengujian diatas diketahui bahwa sinyal pulsa pwm terbentuk dari *program asslemer* yang ada pada mikrokontroler. Untuk pembentukan pulsa pwm, mikrokontroler mengintruksikan program pwm melalui port 3 dan diteruskan ke driver motor. Cepat atau tidaknya putaran motor dipengaruhi oleh durasi pulsa pwm yang dihasilkan oeh mikrokontroler. Pada putaran motor 50 rpm durasi data *high* yang dikeluarkan sebesar 0,25s dan data low 1,5s. Jadi semakin besar durasi data high yang dikeluarkan maka putaran motor semakin pelan dan apabila semakin besar durasi data low yang dikeluarkan maka putaran motor akan semakin cepat.

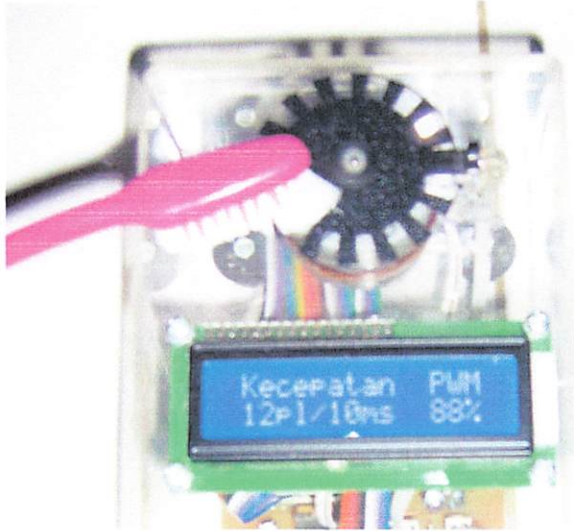
4.8. Pengujian Kondisi Motor

Pengujian disini bertujuan untuk mengetahui kecepatan motor pada saat diberi beban maupun tanpa beban.

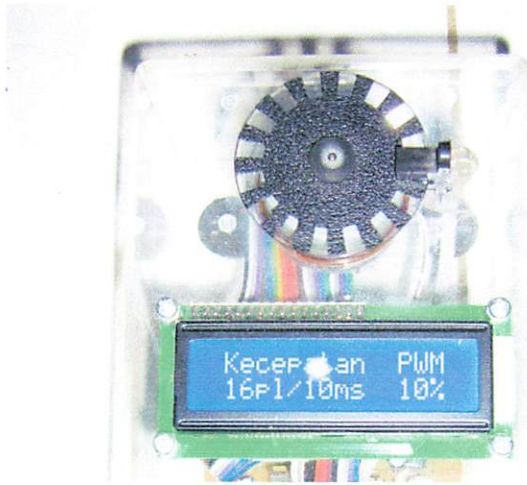
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kondisi Motor

Set Rpm	Kondisi Kecepatan Motor	
	Tanpa Beban (pl/10ms)	Berbebani (pl/10ms)
4000	10	5
5000	13	9
6000	16	12

Dari hasil pengujian diatas dapat dilihat apabila motor diberi beban maka kecepatan motor akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena pada waktu motor berputar ada gejala sistem pengereman terhadap motor secara mekanik.

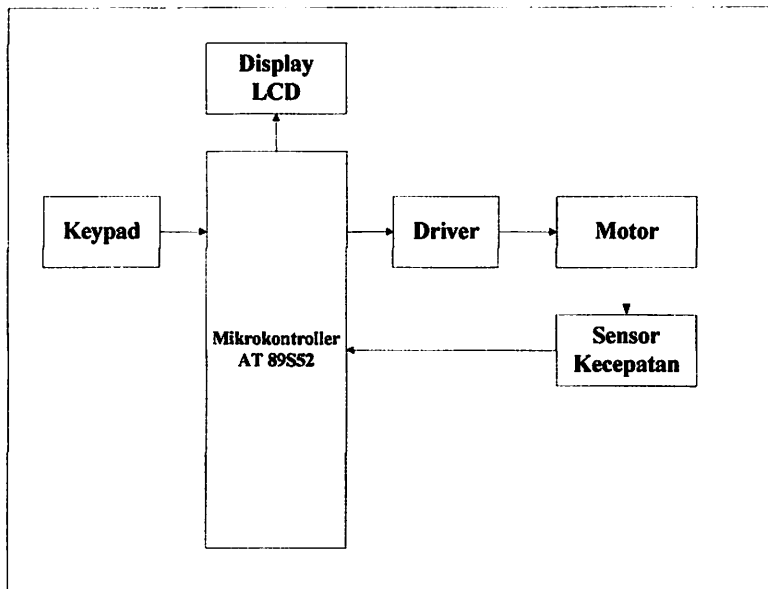


Gambar 4.8. Foto Pengujian Kondisi Motor Pada Waktu Ada Beban



Gambar 4.9. Foto Pengujian Kondisi Motor Pada Waktu Tanpa Beban

7. Pengujian Keseluruhan Sistem

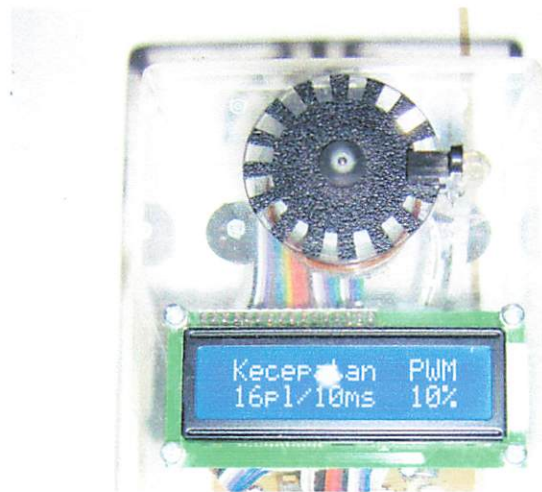


Gambar 4.10. Blok Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah motor dapat berjalan sesuai perintah dari mikrokontroller dan alat dapat berjalan dengan benar. Untuk menguji keseluruhan system alat maka kita harus menjalankan seluruh sistem yang ada pada alat ini. Untuk menjalankan alat ini kita harus mengeset inputan melalui keypad. Adapun gambar tampilan dari program tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 4.11. Foto Tampilan Seting Kecepatan



Gambar 4.12. Foto Tampilan Pada Saat Motor Berjalan

Setelah motor berjalan maka kecepatan motor tersebut akan direspon oleh sensor Rpm dan ditampilkan di LCD.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari Perancangan Dan Pembuatan Alat Untuk Pengaturan Kecepatan Motor 1 Phase Berbasis Mikorokontroller AT89S52 ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan putar motor dipengaruhi oleh duty cycle dari pulsa.
2. Error dihasilkan dari perbandingan alat ukur *tachometer*
3. Kisi-kisi kurang (*encoder*) banyak, kecepatan motor bertambah sedikit nilai; ai kisi bertambah satu menyebabkan nilai RPM bertambah 375 RPM

5.2. Saran

Aplikasi alat ini masih memiliki keterbatasan, nantinya diharapkan dapat dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan itu. Adapun kekuangan dan langkah-langkah pengembanganya sebagai berikut :

1. Sensor Rpm untuk pengembangan selanjutnya mungkin bisa menggunakan rangkaian encoder atau tachometer.
2. Pada sistem penampilan kecepatan bisa menggunakan PC dengan sistem DCS (Distribution Control System).



LAMPIRAN



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : DWI VENDI ISPRIANTA
NIM : 02.17.109
Masa Bimbingan : 20 Januari 2009 s/d 20 Juni 2009
Judul : "PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC
BERBASIS MIKROKONTRLLER AT89S52

NO	MATERI PERBAIKAN	PARAF
1	Metodologi dijelaskan	
2	Blok diagram dijelaskan perblok	
3	Prinsip kerja alat	
4	Sumbu x,y	
5	Kesimpulan	
6	Perbaikan rumus	
7	Tambahkan teori pengatur kecepatan motor DC	

Disetujui:

Penguji I

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

Penguji II

(Irmalia Suryani Faradisa,ST,MT)
NIP.P.1030100365

Mengetahui:

Dosen Pembimbing

(I Komang Somawirata,ST,MT)
NIP.P.1030100361



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : DWI VENDI I
NIM : 0217109
Perbaikan meliputi :

① *Umbalkan Teori mengenai pengaruh
kecepatan motor DC, parameter apa
yang di ulas ?*

Malang,

200

(Signature)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

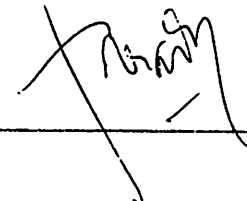
Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : DWI VENDI I
NIM : 0217109
Perbaikan meliputi :

1. Metodologi dijelaskan.
2. Blok Diagramnya dijelaskan perblok.
3. Prinsip kerja alat
4. Jalur bus pengujian digambarkan dengan baik
sumbu x, y
5. Kesimpulan diganti
6. Rumus 3 diperbaiki
- 7.

Malang, 23 - 03 2009

()



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Dwi Vendi Isprianta
Nim : 02.17.109
Masa Bimbingan : 20-Januari-2009 s/d 20-Juni-2009
Judul Skripsi : Pengatur Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler AT89S52

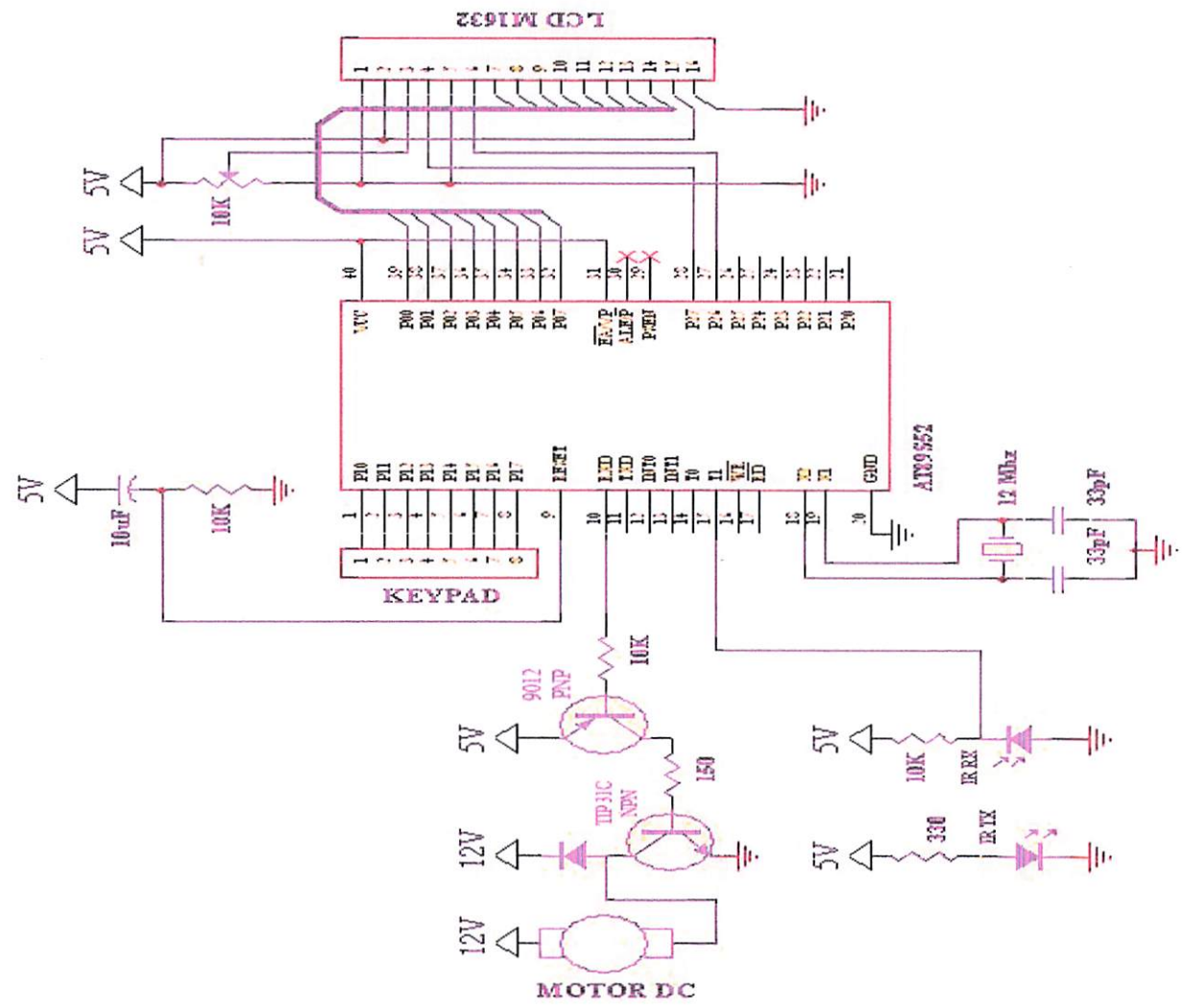
No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	21-02-09	Tentang makalah hasil.	
2	24-02-09	Revisi tentang bab ii	
3	25-02-09	Tentang pengukuran tachometer	
4	26-02-09	Revisi Bab iii	
5	28-02-09	Penjelasan bab iii	
6	02-03-09	Bimbingan DA makalah kekinian	
7	17-3-09	Revisi bab iv	
8	13-3-09	Penjelasan bab iv	
9			
10			

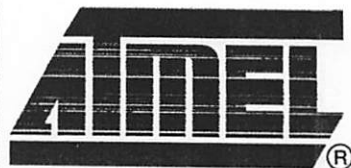
Malang, Januari 2009

Dosen pembimbing

L. Komang Somawirata, ST. MT

NIP. 1030100361





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

AT89S52

Features

- Compatible with MCS-51® Products
- 8K 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
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight 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

Description

The AT89S52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K 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 AT89S52 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

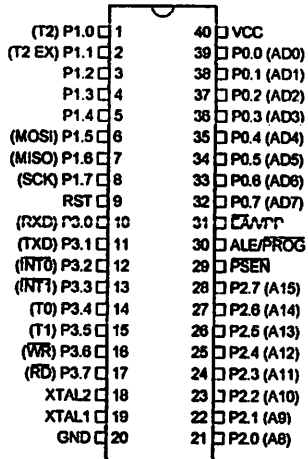
The AT89S52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, three 16 bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S52 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 interrupt or hardware reset.



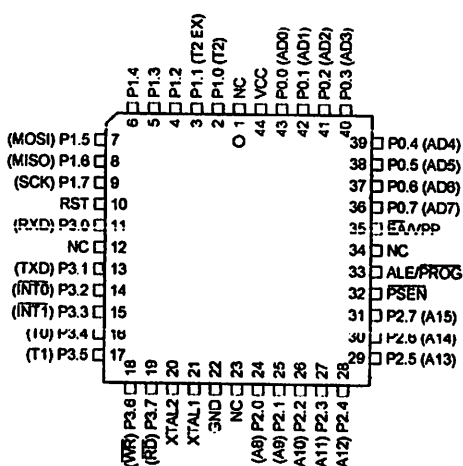


Pin Configurations

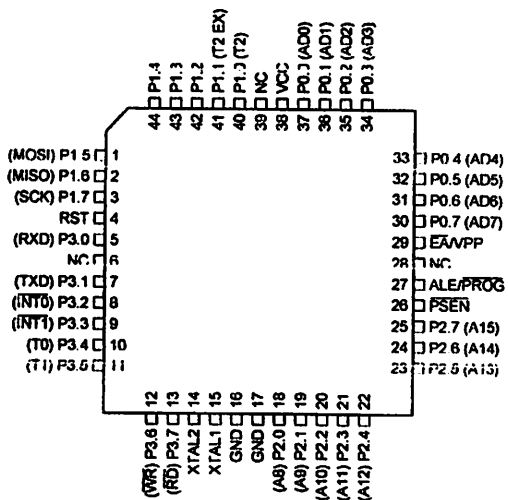
PDIP



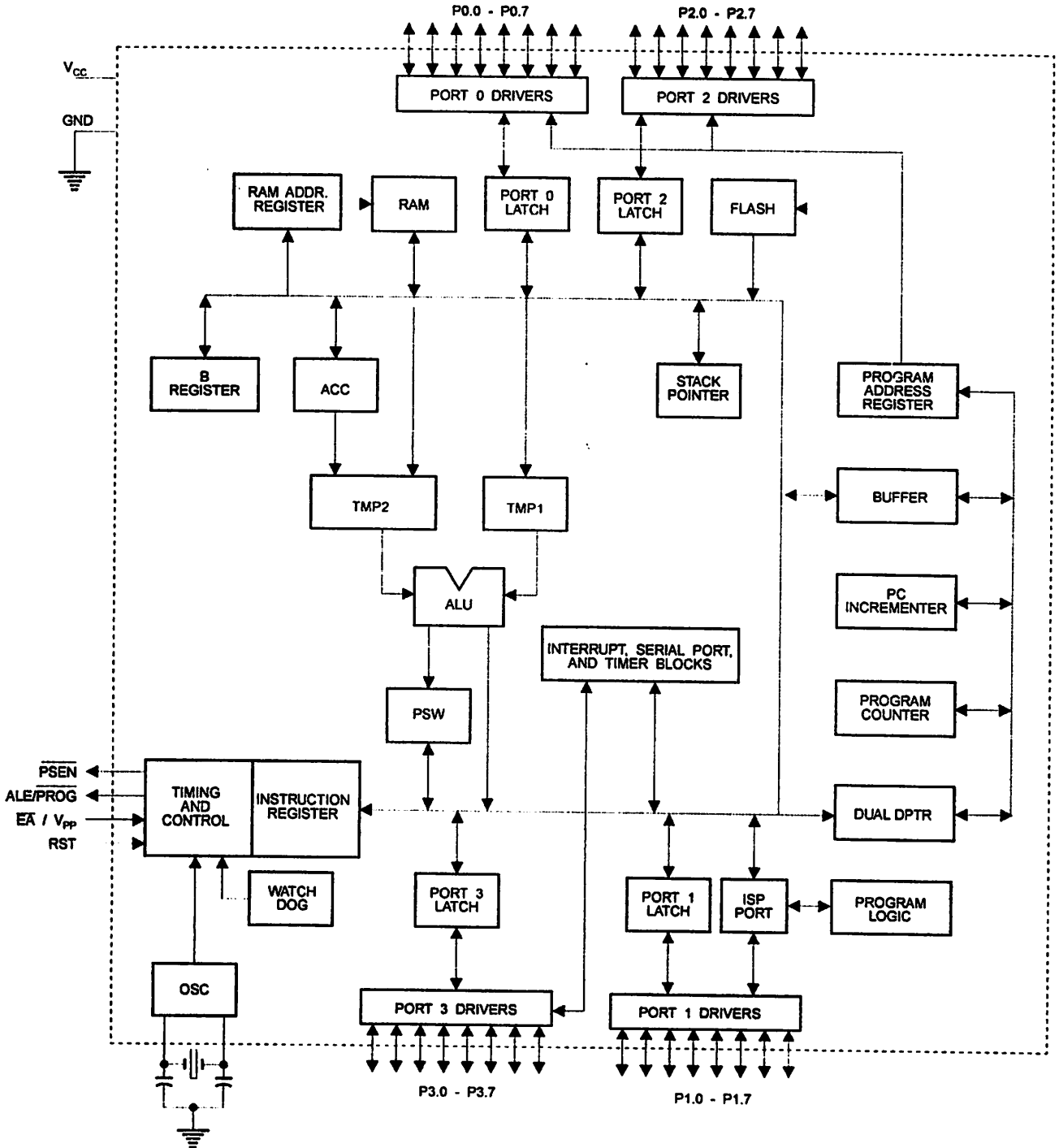
PLCC



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 pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. 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 pullups 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 pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

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

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
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 pullups. 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 pullups 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 pullups.

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 pullups 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 pullups. 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 pullups 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 pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S52, as shown in the following table.

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

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

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives high for 96 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

ALE/PROG

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

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

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is

AT89S52

weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{\text{PSEN}}$

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

When the AT89S52 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{\text{EA/VPP}}$

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.

Table 1. AT89S52 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000		0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXX0				WDRST XXXXXXX	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 XX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	87H



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.

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.

Timer 2 Registers: Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 3) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

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

Table 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H				Reset Value = 0000 0000B				
Bit Addressable								
Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T $\bar{2}$	CP/RL $\bar{2}$
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/T $\bar{2}$	Timer or counter select for Timer 2. C/T $\bar{2}$ = 0 for timer function. C/T $\bar{2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/RL $\bar{2}$	Capture/Reload select. CP/RL $\bar{2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL $\bar{2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.



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 AT89S52, if \overline{EA} is connected to V_{CC} , program fetches to addresses 0000H through 1FFFH are directed to internal memory and fetches to addresses 2000H through FFFFH are to external memory.

Data Memory

The AT89S52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. This means that the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions which use direct addressing access of the SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 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 13-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 13-bit counter overflows when it reaches 8191 (1FFFH), 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 8191 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 $96 \times TOSC$, 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 AT89S52 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 AT89S52 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 AT89S52 operates the same way as the UART in the AT89C51 and AT89C52. 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 AT89S52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51 and AT89C52. 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'.

Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit $C/\overline{T2}$ in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 3. Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 3. Timer 2 Operating Modes

RCLK +TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON.

Figure 5. Timer in Capture Mode

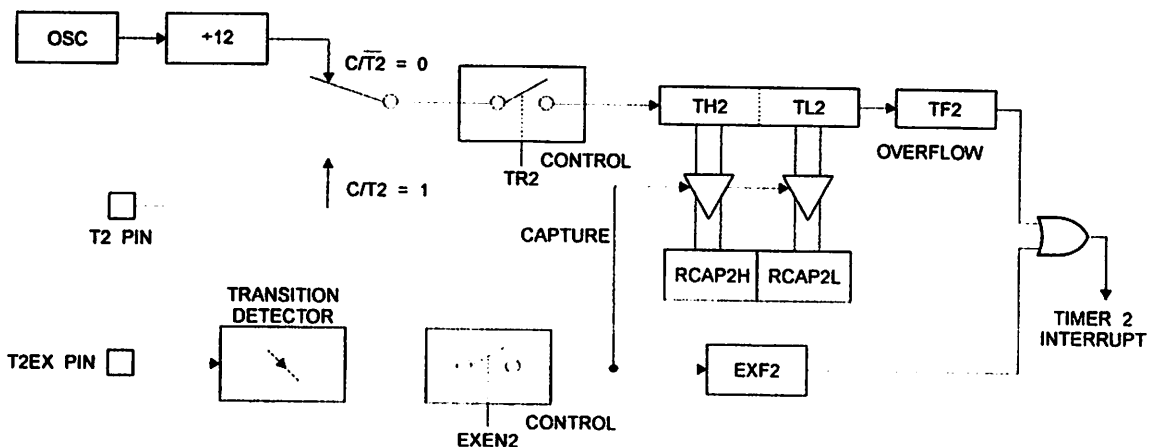


Figure 6 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN=0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture Mode RCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 6. In this mode, the T2EX pin controls

This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 5.

Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

Figure 6. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)

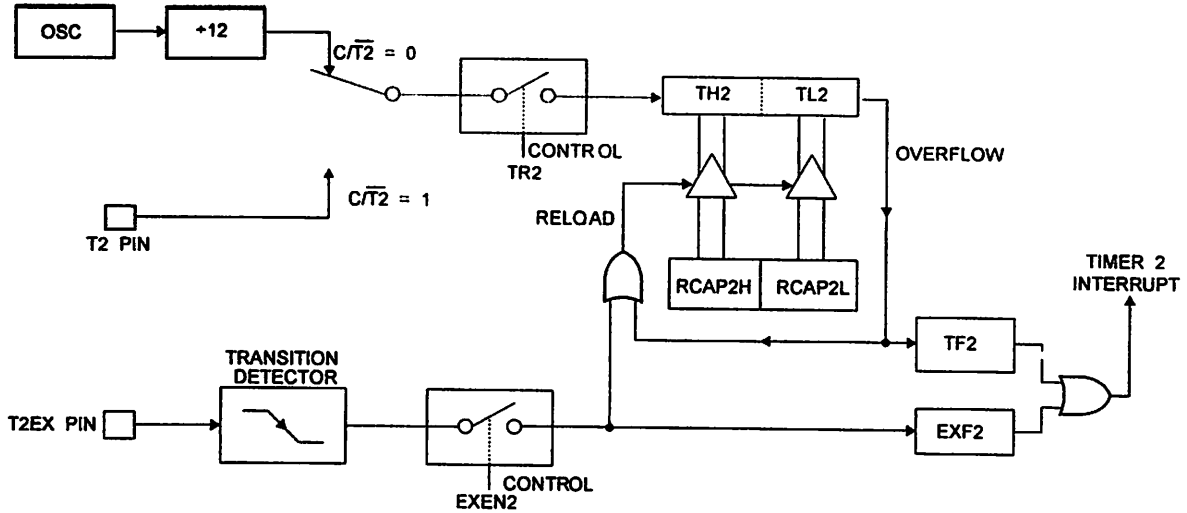


Table 4. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H							Reset Value = XXXX XX00B	
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	4	3	2	T2OE	DCEN
	-	-	-	-	-	-	1	0
Symbol	Function							
-	Not implemented, reserved for future							
T2OE	Timer 2 Output Enable bit							
DCEN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter							

Figure 7. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

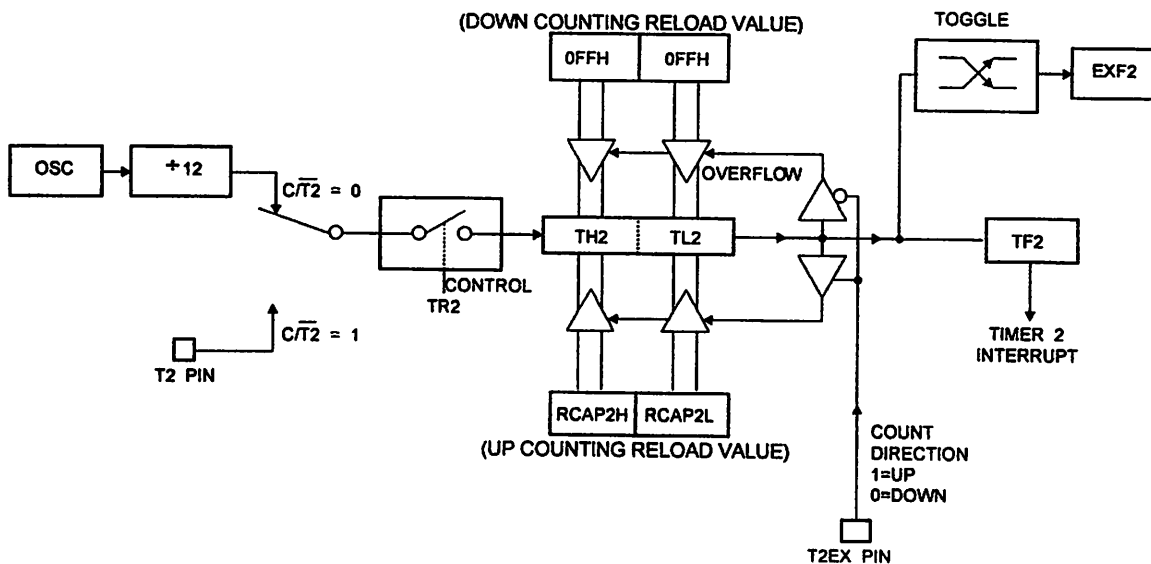
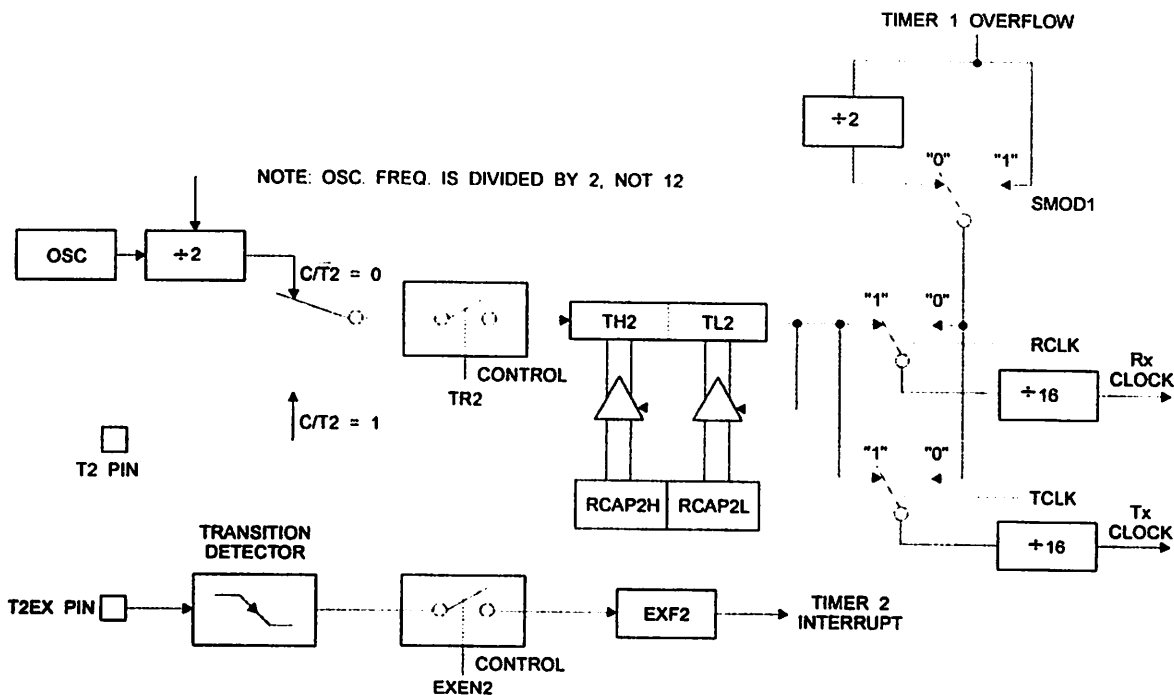


Figure 8. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 8.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($CP/\overline{T2} = 0$). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it

increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

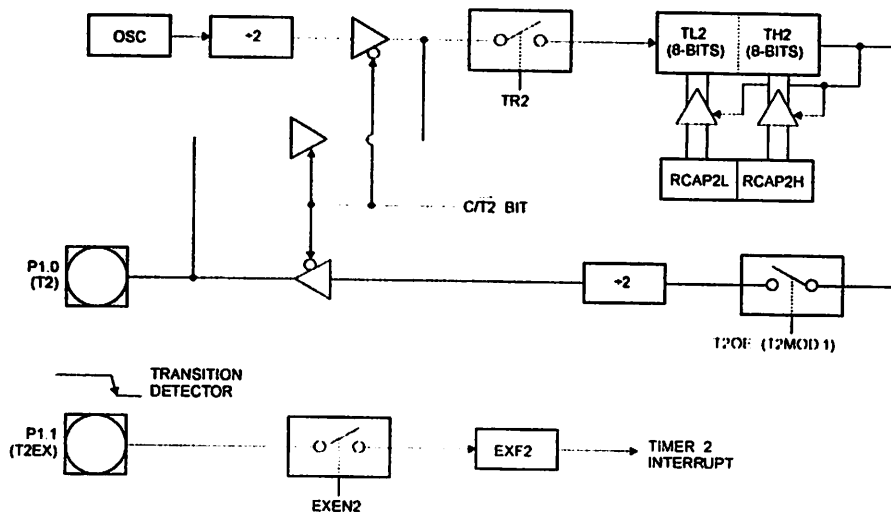
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - \text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 8. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus, when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running ($TR2 = 1$) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

Figure 9. Timer 2 in Clock-Out Mode





Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 9. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit $C/\overline{T}2$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

Interrupts

The AT89S52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts (INT0 and INT1), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 10.

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 5 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89S52, 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.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

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. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

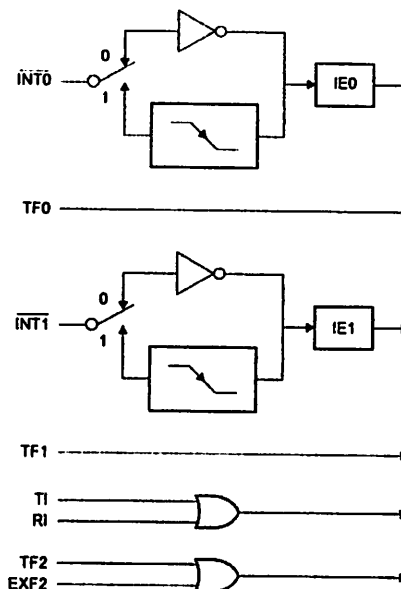
Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)							(LSB)
EA	-	ET2	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.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
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 unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.

Figure 10. 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 11. 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 12. 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.

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 functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

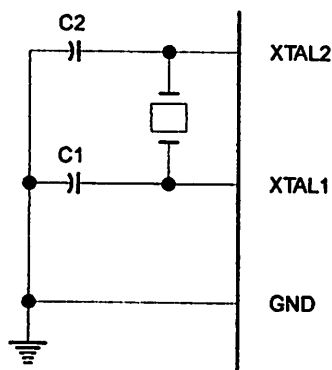
Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is 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 an enabled external interrupt. 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.

Figure 11. Oscillator Connections



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

Figure 12. External Clock Drive Configuration

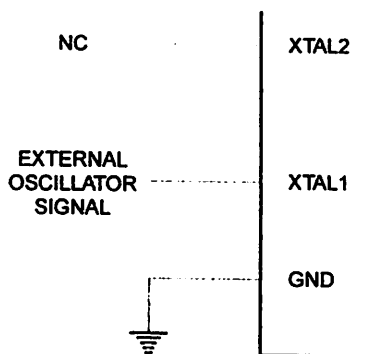


Table 6. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

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 AT89S52 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 7. Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
LB1	LB2	LB3		
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOV _C instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, \overline{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 AT89S52 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 AT89S52 code memory array is programmed byte-by-byte.

Programming Algorithm: Before programming the AT89S52, 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 AT89S52, 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 AT89S52 features \overline{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. \overline{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) = 52H indicates 89S52

(200H) = 06H

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

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

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

Programming the Flash – Serial Mode

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

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

Either an external system clock can be supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK)

frequency should be less than 1/16 of the crystal frequency. With a 33 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 2 MHz.

Serial Programming Algorithm

To program and verify the AT89S52 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 by supplying the address and data together with the**

appropriate Write instruction. The write cycle is self-timed and typically takes less than 1 ms at 5V.

4. Any memory location can be verified by using the Read instruction which returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.

Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to "L".

Turn V_{CC} power off.

Data Polling: The $\overline{\text{Data}}$ 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 10.



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 8. Flash Programming Modes

Mode	V _{CC}	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V _{PP}	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	Address	
												P2.4-0	P1.7-0
Write Code Data	5V	H	L		12V	L	H	H	H	H	D _{IN}	A12-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D _{OUT}	A12-8	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	X 0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	52H	X 0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	X 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 13. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

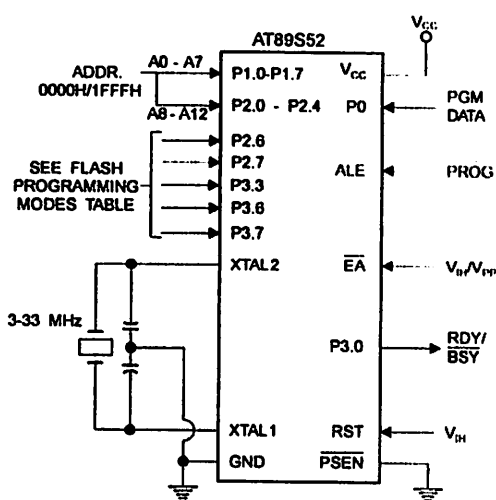
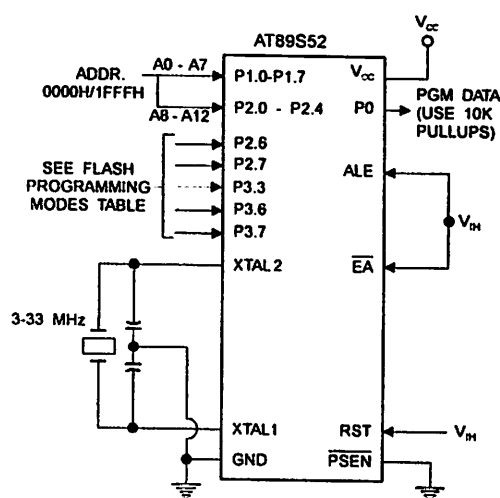


Figure 14. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



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 15. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

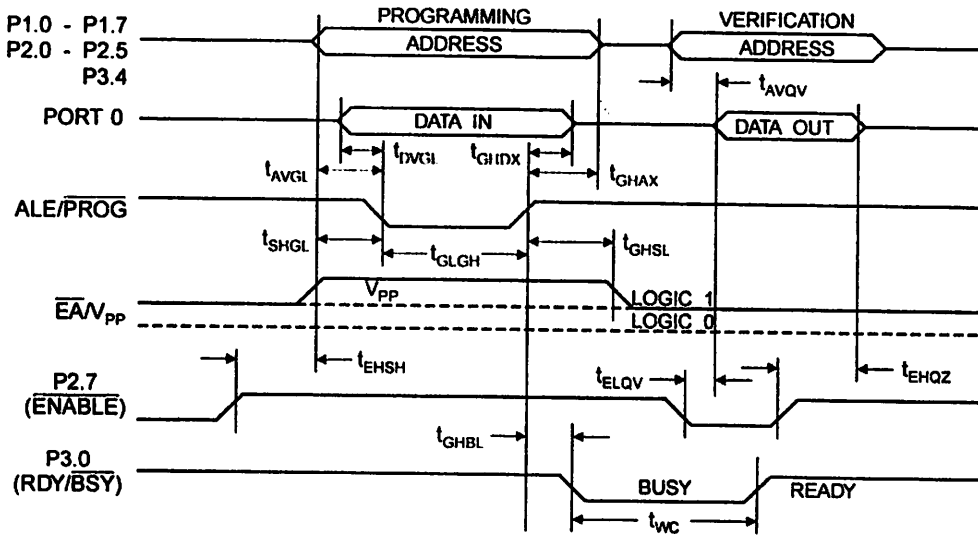
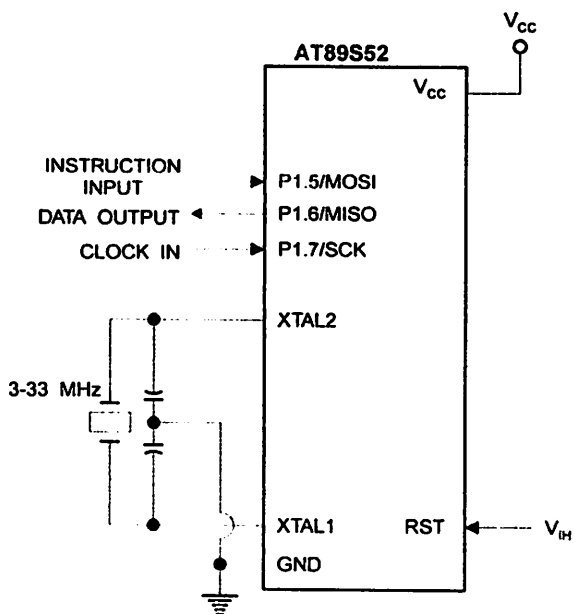


Figure 16. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 17. Serial Programming Waveforms

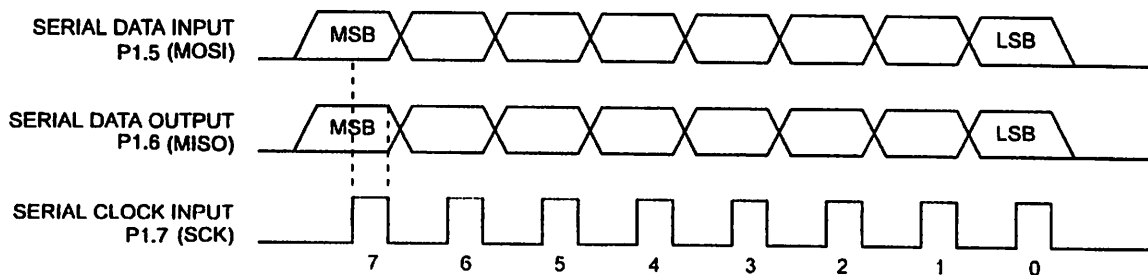


Table 9. Serial Programming Instruction Set

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	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 LB3 LB2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx LB3 LB2 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	xxx A12 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	xxx A12 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 18. Serial Programming Timing

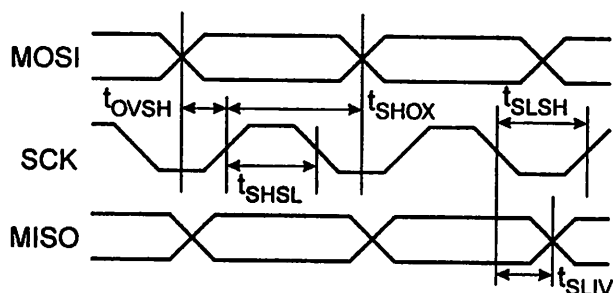


Table 10. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless otherwise noted)

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	$2 t_{CLCL}$			ns
t_{SLSH}	SCK Pulse Width Low	$2 t_{CLCL}$			ns
t_{OVSH}	MOSI Setup to SCK High	t_{CLCL}			ns
t_{SHOX}	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
t_{SLIV}	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
t_{ERASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t_{SWC}	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	μs

Absolute Maximum Ratings*

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

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

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_{LU}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		10	30	K Ω
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
		Power-down Mode ⁽¹⁾ $V_{CC} = 5.5\text{V}$		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.





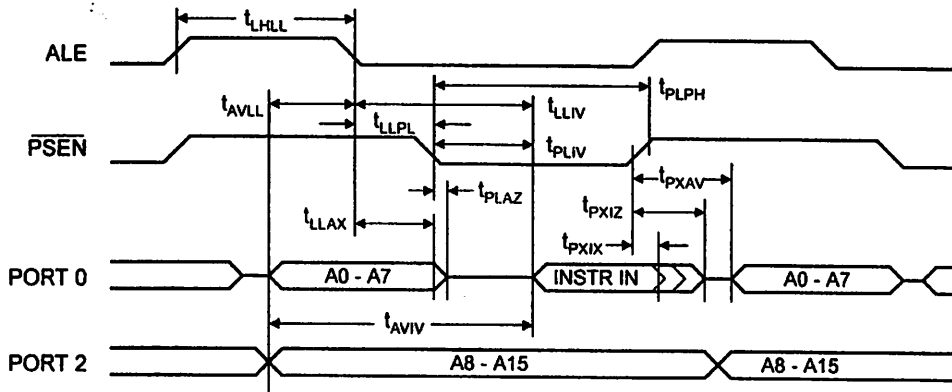
AC Characteristics

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

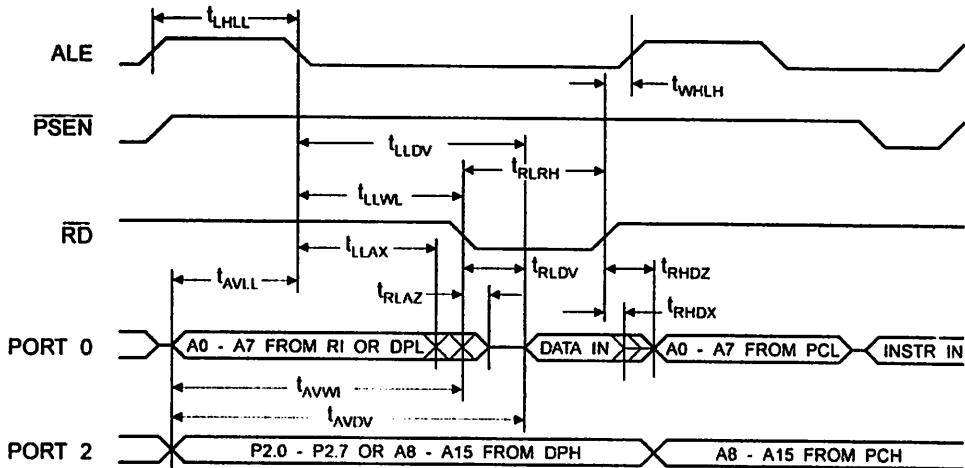
External Program and Data Memory Characteristics

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

External Program Memory Read Cycle

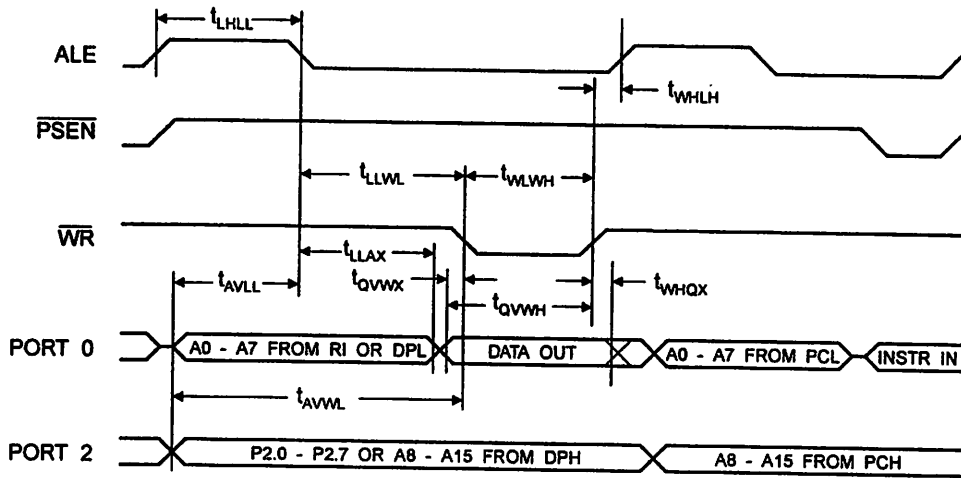


External Data Memory Read Cycle

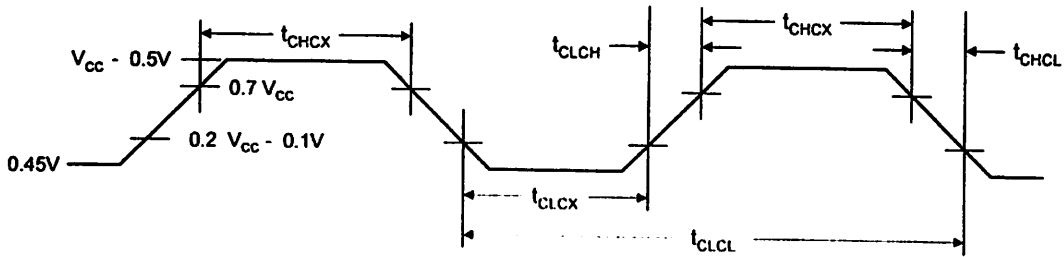




External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

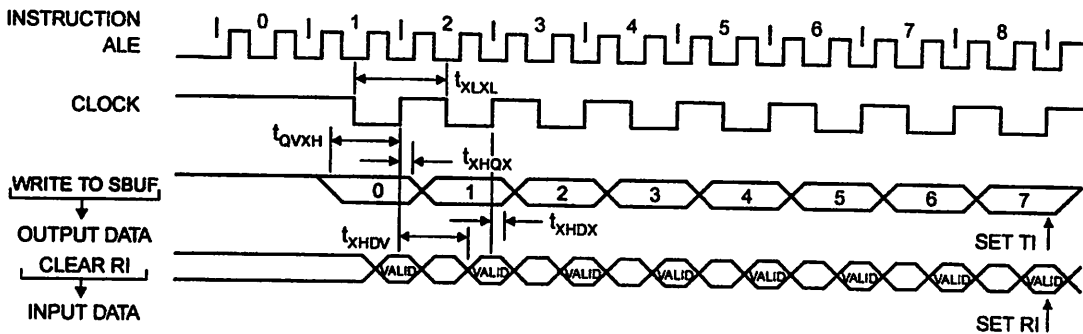
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	33	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	30		ns
t_{CHCX}	High Time	12		ns
t_{CLCX}	Low Time	12		ns
t_{CLCH}	Rise Time		5	ns
t_{CHCL}	Fall Time		5	ns

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

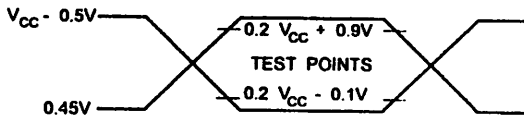
The values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

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_{XHDTV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

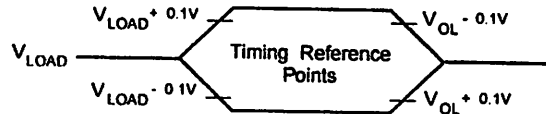


AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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	AT89S52-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S52-24JC	44J	
		AT89S52-24PC	40P6	
		AT89S52-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89S52-24JI	44J	
		AT89S52-24PI	40P6	
33	4.5V to 5.5V	AT89S52-33AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S52-33JC	44J	
		AT89S52-33PC	40P6	

= Preliminary Availability

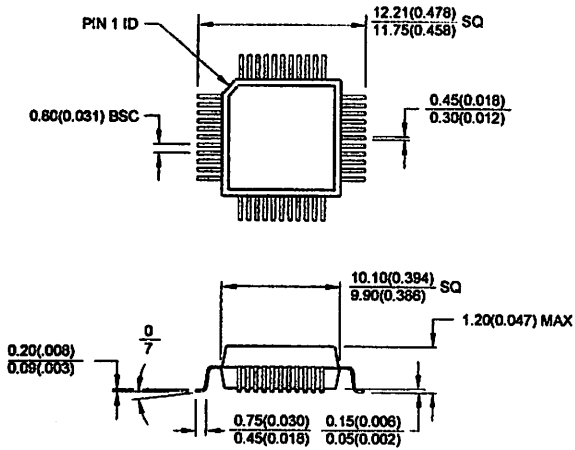
Package Type

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)



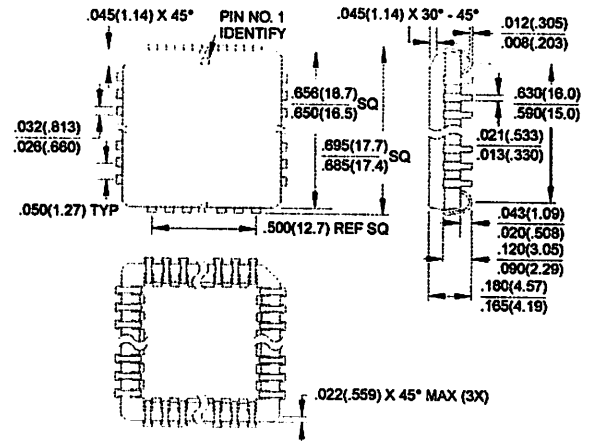
Packaging Information

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

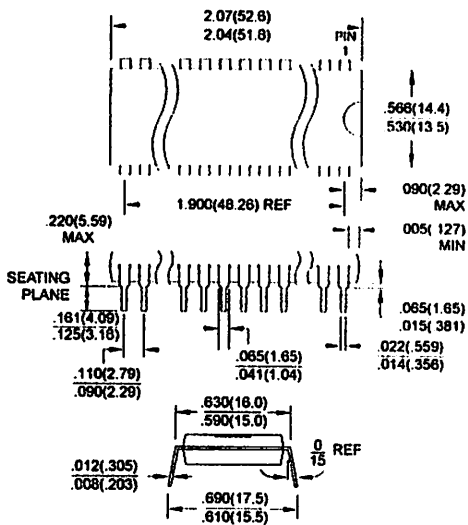


*Controlling dimension: millimeters

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

Fax-on-Demand

North America:
1-(800) 292-8635

International:
1-(408) 441-0732

e-mail

literature@atmel.com

Web Site

<http://www.atmel.com>

BBS

1-(408) 436-4309

© 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.



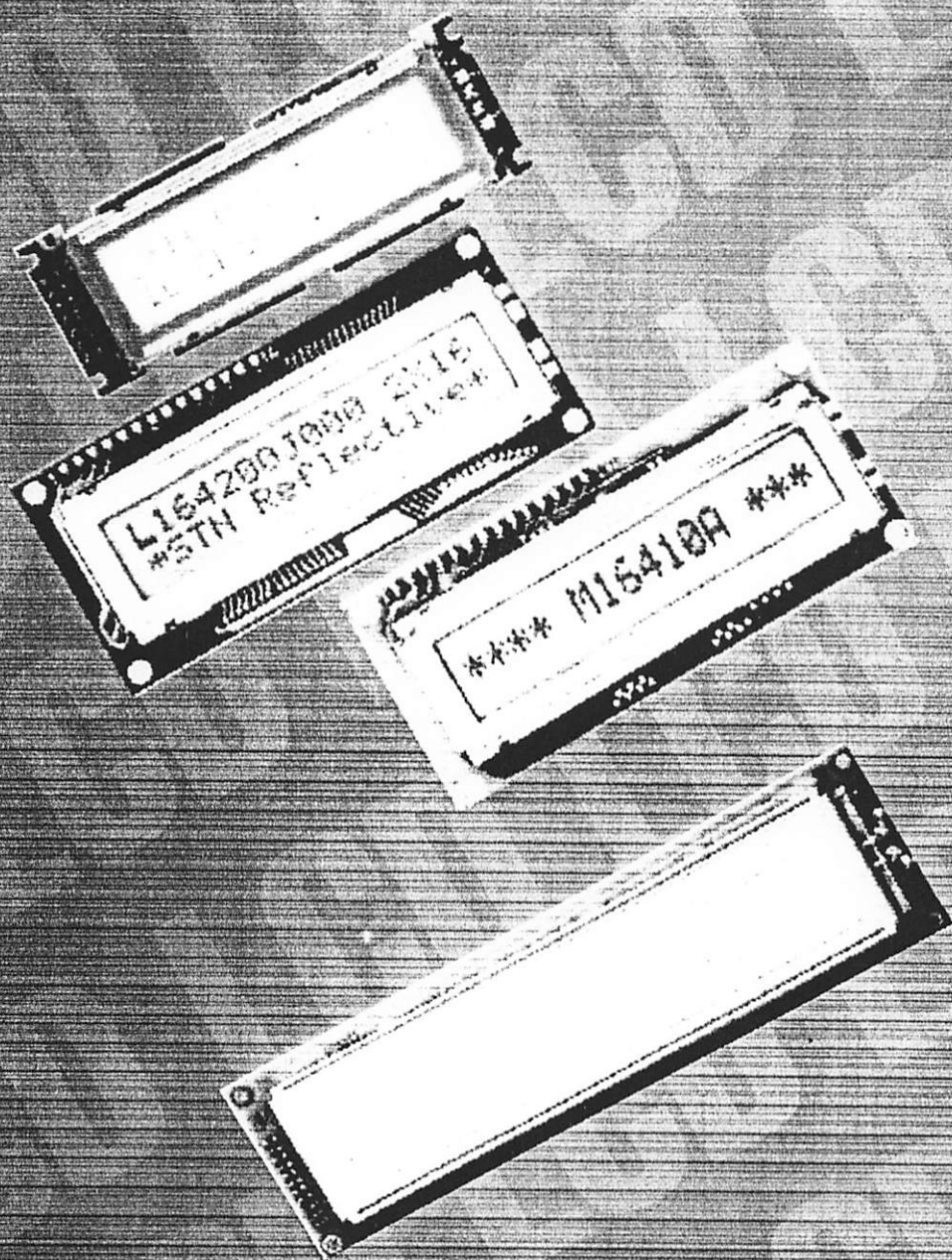
Printed on recycled paper.

Rev.1918A-07/01/xM

LCM

Liquid Crystal Display Modules

Seiko Instruments GmbH



Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

CHARACTER TYPE

• FEATURES :

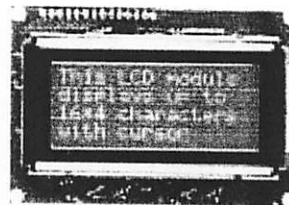
- Slim, light weight and low power consumption
- High contrast and wide viewing angle
- Built-in controller for easy interfacing
- LCD modules with built-in EL or LED backlight



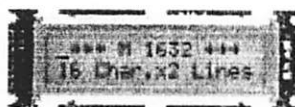
M1641



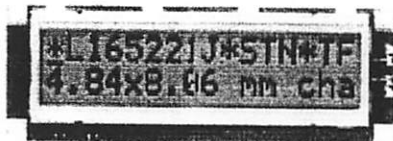
L1642



L1614



M1632



L1652



L2012

• SPECIFICATIONS :

□ : Standard products

□ : Products of optional specification

Character Format (character x line)	16 x 1	16 x 2	16 x 2	16 x 2	16 x 4	20 x 2	
Model	M1641	M1632	L1642	L1652	L1614	L2012	
Reflective	M16410AS	M16320AS	L164200J000S	L165200J200S	L161400J000S	L201200J000S	
EL backlight	M16419DWS	M16329DWS	L164221J000S	L165221J200S	L161421J000S	L201221J000S	
LED backlight	M16417DYS	M16327DYS	L1642B1J000S	L1652B1J200S	L1614B1J000S	L2012B1J000S	
Reflective (wide temp)	M16410CS	M16320CS	L164200L000S	L165200L200S	L161400L000S	L201200L000S	
LED backlight (wide temp)	M16417JYS	M16327JYS	L1642B1L000S	L1652B1L200S	L1614B1L000S	L2012B1L000S	
Character font	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	
Module size (HxVxT) mm	Reflective	80,0 x 36,0 x 11,3	85,0 x 30,0 x 10,1	80,0 x 36,0 x 11,3	122,0 x 44,0 x 11,3	87,0 x 60,0 x 11,6	116,0 x 37,0 x 11,3
	EL backlight	80,0 x 36,0 x 11,3	85,0 x 30,0 x 10,1	80,0 x 36,0 x 11,3	122,0 x 44,0 x 11,3	87,0 x 60,0 x 11,6	116,0 x 37,0 x 11,3
	LED backlight	80,0 x 36,0 x 15,8	80,0 x 30,0 x 15,8	80,0 x 36,0 x 15,8	122,0 x 44,0 x 15,8	87,0 x 60,0 x 15,8	116,0 x 37,0 x 15,8
Viewing area (HxV) mm	64,5 x 13,8	62,0 x 16,0	64,5 x 13,8	99,0 x 24,0	61,8 x 25,2	83,0 x 18,6	
Character size (HxV) mm *1	3,07 x 5,73	2,78 x 4,27	2,95 x 3,80	4,84 x 8,06	2,95 x 4,15	3,20 x 4,85	
Dot size (HxV) mm	0,55 x 0,75	0,50 x 0,55	0,50 x 0,55	0,92 x 1,10	0,55 x 0,55	0,60 x 0,65	
Power supply voltage (VDD-VSS) V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	
Current consumption (mA, typ)	IDD	1,5	2,0	1,6	2,0	2,7	2,0
	ILC *4	0,2	0,2	0,3	0,4	1,1	0,4
Driving method (duty)	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	
Built-in LSI	KS0066 or equivalent	KS0066 or equivalent	MSM5839 or equivalent	MSM5839 or equivalent	MSM5839 or equivalent	KS0066 or equivalent	KS0066 or equivalent
	KS0066 or equivalent	MSM5839 or equivalent	MSM5839 or equivalent	MSM5839 or equivalent	MSM5839 or equivalent	KS0066 or equivalent	KS0066 or equivalent
Operating temperature (°C)	normal temp.	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50
	wide temp. *2	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70
Storage temperature (°C)	normal temp.	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60
	wide temp.	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80
Weight (g, typ.)	Reflective	25	25	25	50	50	40
	EL backlight	30	30	30	55	55	45
	LED backlight	35	40	35	65	65	60
Inverters for EL	Model	5S	5S	5S	5C	5A	5A
	Power supply (V)	+ 5,0	+ 5,0	+ 5,0	+ 5,0	+ 5,0	+ 5,0
	current consumption (mA) *3	10	10	10	35	45	45
LED backlight	Forward current consumption (mA)	100	112	100	240	200	154
	Forward input voltage (V, typ.)	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1

*1 : Excluding cursor

*2 : With external temperature compensation

*3 : Including EL backlight

*4 : Based on normal temperature range

Since our policy is one of continuous improvements we reserve the right to change the specifications for the products in the catalogue without notice.

H : Horizontal

V : Vertical

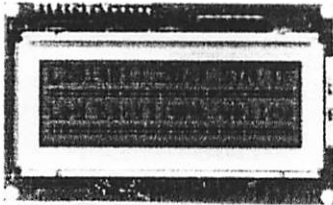
T : Thickness (max)



L2022



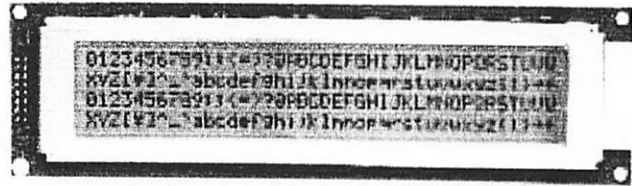
L2432



L2014



L4042



M4024

• SPECIFICATIONS :

Character Format (character x line)		20 x 2		20 x 4		24 x 2		40 x 2		40 x 4	
Model		L2022		L2014		L2432		L4042		M4024	
Reflective		-		L201400J000S		L243200J000S		L404200J000S		M40240AS	
EL backlight		-		L201421J000S		L243221J000S		L404221J000S		M40249DWS	
LED backlight		-		L2014B1J000S		L2432B1J000S		L4042B1J000S		M40247DYS	
Reflective (wide temp)		L202200P000S		L201400L000S		L243200L000S		L404200L000S		M40240CS	
LED backlight (wide temp)		L2022B1P000S		L2014B1L000S		L2432B1L000S		L4042B1L000S		M40247JYS	
Character font		5x7 dots + cursor		5x7 dots + cursor		5x7 dots + cursor		5x7 dots + cursor		5x7 dots + cursor	
Module size (HxVxT) mm	Reflective	180,0 x 40,0 x 10,5		98,0 x 60,0 x 11,6		118,0 x 36,0 x 11,3		182,0 x 33,5 x 11,3		190,0 x 54,0 x 10,1	
	EL backlight	180,0 x 40,0 x 10,5		98,0 x 60,0 x 11,6		118,0 x 36,0 x 11,3		182,0 x 33,5 x 11,3		190,0 x 54,0 x 10,1	
	LED backlight	180,0 x 40,0 x 14,0		98,0 x 60,0 x 15,8		118,0 x 36,0 x 15,8		182,0 x 33,5 x 16,3		190,0 x 54,0 x 16,3	
Viewing area (HxV) mm		149,0 x 23,0		76,0 x 25,2		94,5 x 17,8		154,4 x 15,8		147,0 x 29,5	
Character size (HxV) mm *1		6,00 x 9,66		2,95 x 4,15		3,20 x 4,85		3,20 x 4,85		2,78 x 4,27	
Dot size (HxV) mm		1,12 x 1,12		0,55 x 0,55		0,60 x 0,65		0,60 x 0,65		0,50 x 0,55	
Power supply voltage (VDD-VSS) V		+5 V		+5 V		+5 V		+5 V		+5 V	
Current consumption (mA, typ)	IDD	4,2		2,9		2,5		3,0		8,0	
	IIC *4	2,6		1,2		0,5		1,0		3,0	
Driving method (duty)		1/16		1/16		1/16		1/16		1/16	
Built-in LSI		KS0066 KS0063 or equivalent		KS0066 MSM5839 or equivalent		KS0066 KS0063 or equivalent		KS0066 KS0063 or equivalent		KS0066 MSM5839 or equivalent	
Operating temperature (°C)	normal temp.	-		0 to +50		0 to +50		0 to +50		0 to +50	
	wide temp. *2	-20 to +70		-20 to +70		-20 to +70		-20 to +70		-20 to +70	
Storage temperature (°C)	normal temp.	-		-20 to +60		-20 to +60		-20 to +60		-20 to +60	
	wide temp.	-30 to +80		-30 to +80		-30 to +80		-30 to +80		-30 to +80	
Weight (g, typ.)	Reflective	80		55		40		70		90	
	EL backlight	-		60		45		75		105	
	LED backlight	110		70		60		95		140	
Inverters for EL	Model	-		5A		5A		5C		5D	
	Power supply (V)	+5.0		+5.0		+5.0		+5.0		+5.0	
	current consumption (mA) *3	-		45		45		25		80	
LED backlight	Forward current consumption (mA)	320		240		150		260		480	
	Forward input voltage (V, typ.)	+4,1		+4,1		+4,1		+4,1		+4,1	

*1 : Excluding cursor

H : Horizontal

V : Vertical

T : Thickness (max)

*2 : With external temperature compensation

*3 : Including EL backlight

*4 : Based on normal temperature range

Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

GRAPHIC TYPE

• FEATURES :

- Wide viewing angle and high contrast
- Full dot configuration fits any application
- Slim, light weight and low power consumption
- Available in STN and FSTN

• SPECIFICATIONS :

Dot format (HxV, dot)		97 x 32	128 x 32	128 x 64	128 x 64
Model		Y97031	G1213	G1216	G1226
STN type (Gray mode)	Reflective	built-in RAM	-	-	-
	Reflective wide temp.	built-in RAM	-	G121300N000S	G121600N000S
	LED backlight	built-in RAM	-	-	G1226B1J000S
	LED backlight wide temp.	built-in RAM	-	G1213B1N000S	G1216B1N000S
FSTN type (B&W mode)	Transmissive	-	-	-	-
	with CFL backlight	built-in controller	-	-	-
	Transmissive	built-in RAM	Y97031LF60W	-	-
Module size (H x V x T) mm	Reflective (no backlight)	47,5 x 65,4 x 2,1	75,0 x 41,5 x 6,8	75,0 x 52,7 x 6,8	-
	LED backlight	-	75,0 x 41,5 x 8,9	75,0 x 52,7 x 8,9	93,0 x 70,0 x 11,4
	CFL backlight	-	-	-	-
Viewing area (HxV) mm		43,5 x 23,9	60,0 x 21,3	60,0 x 32,5	70,7 x 38,8
Dot size (H x V) mm		0,35 x 0,48	0,40 x 0,48	0,40 x 0,40	0,44 x 0,44
Dot pitch (H x V) mm		0,39 x 0,52	0,43 x 0,51	0,43 x 0,43	0,48 x 0,48
Power supply voltage (V)	(VDD - VSS)	+5,0	+5,0	+5,0	+5,0
	(VLC - VSS)	-	8,0	8,1	8,2
Current consumption (mA, typ.)	IDD	0,10	2,0	2,0	3,0
	IDD (built-in controller)	-	-	-	-
Driving method (duty)		1/33	1/64	1/64	1/64
Built-in LSI	Driver	SED1530	HD61202 HD61203	HD61202 HD61203	KS0107 KS0108
	Controller	or equivalent	or equivalent	or equivalent	or equivalent
Operating temperature range (°C)		-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	0 to +50
Storage temperature range (°C)		-30 to +60	-30 to +80	-30 to +60	-20 to +60
Weight (g, typ.)	Reflective (Transmissive no backlight)	10	23	35	-
	LED backlight	-	35	45	72
	CFL backlight	-	-	-	-
LED backlight	Forward current consumption (mA)	-	40	90	125
	Forward input voltage (V, typ.)	-	3,8	4,1	4,1
Inverter for CFL	Mode	-	-	-	-
	Power supply voltage (V)	-	-	-	-
Current consumption (mA, typ.)		-	-	-	-

*1 : built-in DC/DC converter (single power source)

*2 : Use with external temperature compensation circuit

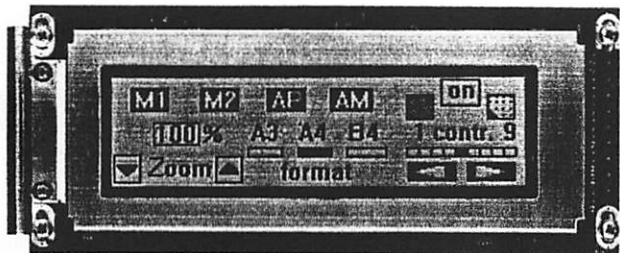
Since our policy is one of continuous improvements we reserve the right to change the specifications of the products in the catalogue without notice.

Dot format (HxV,dot)			240 x 64	240 x 128	320 x 200	320 x 240	640 x 200
Model			G2448	G242C	G321D	G324E	G649D
STN type (Gray mode)	Reflective	built-in RAM	-	-	-	-	-
	Reflective wide temp.	built-in RAM	-	-	-	-	-
	LED backlight	built-in RAM	-	-	-	-	-
	LED backlight wide temp.	built-in RAM	-	-	-	-	-
FSTN type (B&W mode)	Transmissive	-	G2448X5R1A0S	G242CX5R1ACS	G321DX5R1A0S	G324EX5R1A0S	G649DX5R010S
	with CFL backlight	built-in controller	G2446X5R1ACS	G242CX5R1A0S	G321DX5R1ACS	G324EX5R1ACS	-
	Transmissive	built-in RAM	-	-	-	-	-
Module size (H x V x T) mm	Reflective (no backlight)	-	-	-	-	-	-
	LED backlight CFL backlight	-	191,0 x 79,0 x 15,1	180,0 x 110,0 x 15,1	166,0 x 134,0 x 15,1	166,0 x 134,0 x 15,1	260,0 x 122,0 x 15,7
Viewing area (HxV) mm			134,0 x 41,0	134,0 x 76,0	128,0 x 110,0	128,0 x 110,0	216,0 x 83,0
Dot size (H x V) mm			0,49 x 0,49	0,47 x 0,47	0,34 x 0,48	0,32 x 0,39	0,30 x 0,38
Dot pitch (H x V) mm			0,53 x 0,53	0,51 x 0,51	0,38 x 0,52	0,38 x 0,43	0,33 x 0,39
Power supply voltage (V)	(VDD - VSS)	-	+5,0	+5,0	+5,0	+5,0	+5,0
	(VLC - VSS)	-	*1	*1	-24,0	-24,0	-24,0
Current consumption (mA, typ.)	IDD	-	12	30	8	7,5	11
	IDD (built-in controller)	-	15	40	23	23	-
	ILC	-	-	-	6	6,5	9
Driving method (duty)			1/64	1/128	1/200	1/240	1/200
Built-in LSI	Driver	-	MSM5298 MSM5299 or equivalent	KS0103 KS0104 or equivalent	MSM5298 MSM5299 or equivalent	HD66204 HD66205 or equivalent	MSM5298 MSM5299 or equivalent
	Controller	-	SED1330FB	SED1330FB	SED1330FB	SED1330FB	-
Operating temperature range (°C)			0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50
Storage temperature range (°C)			-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60
Weight (g, typ.)	Reflective (Transmissive no backlight)	-	-	-	-	-	-
	LED backlight	-	-	-	-	-	-
	CFL backlight	-	200	280	350	350	420
LED backlight	Forward current consumption (mA)	-	-	-	-	-	-
	Forward input voltage (V, typ.)	-	-	-	-	-	-
Inverter for CFL	Mode	-	4800210	4800210	4800210	4800210	4800120
	Power supply voltage (V)	-	+5,0	+5,0	+5,0	+5,0	+12,0
	Current consumption (mA, typ.)	-	250	350	365	365	390

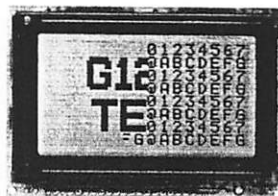
*1 : built-in DC/DC converter (single power source)

*2 : Use with external temperature compensation

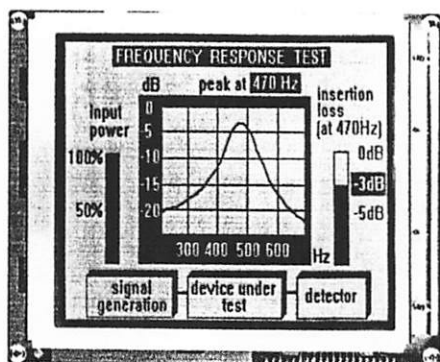
Since our policy is one of continuous improvements, we reserve the right to change the specifications of the products in the catalogue without notice.



G2446



G1226



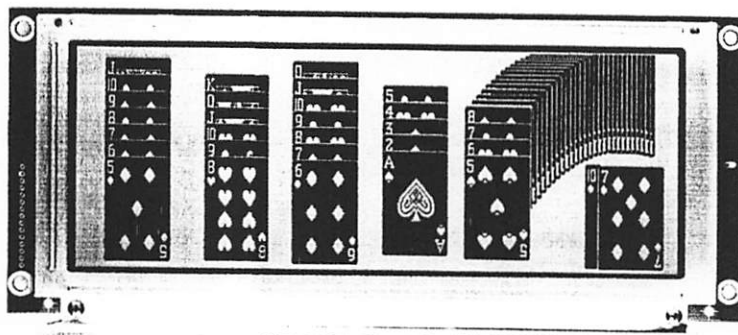
G321D



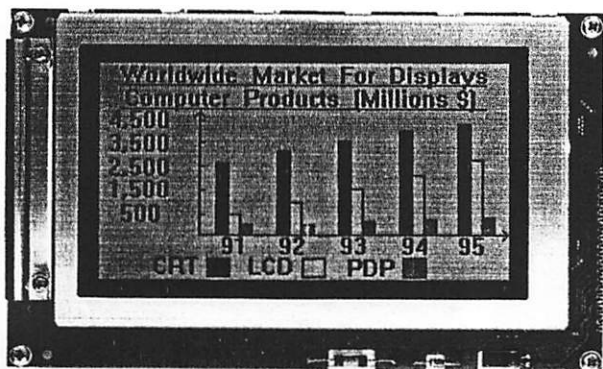
G1216



G1213



G649D



G242C



G324E

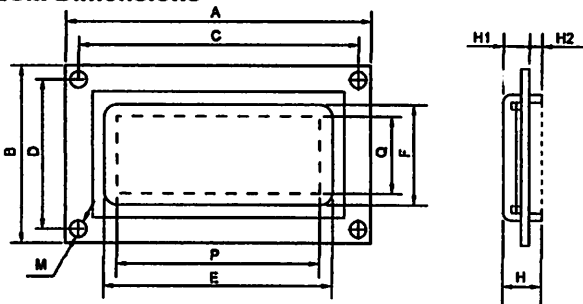
CHECK LIST FOR CUSTOM DESIGNED LCD MODULE

1. Company _____ 2. Application _____ 3. Customer Specified Part No. _____

4. Design

New Modified : Manufacturer _____, Part No. _____, Remarks _____
 Equivalent: Manufacturer _____, Part No. _____, Remarks _____

5. LCM Dimensions



A x B : Module size _____ x _____ mm
 E x F : Viewing area _____ x _____ mm
 P x Q : Active display area _____ x _____ mm
 C : Length between mounting holes _____ mm
 D : Length between mounting holes _____ mm
 M : Diameter of mounting hole _____ mm
 H : Total thickness _____ mm
 H1 : Upper thickness _____ mm
 H2 : Lower thickness _____ mm

6. Display Contents

Character type: _____ characters _____ lines
 Character font _____ x _____ dots + cursor
 Character pitch _____ x _____ mm
 Dot pitch _____ x _____ mm
 Dot size _____ x _____ mm
 Graphics (Full dot) type: _____ x _____ dots
 Dot pitch _____ x _____ mm
 Dot size _____ x _____ mm
 Segment type: _____ digits _____ lines
 Others _____

7. LCD Panel

Viewing angle: 6 o'clock 12 o'clock _____ o'clock
 Type: TN FSTN (Black and white)
 STN (Yellow green Gray Blue)
 Chromaticity coordinates
 (_____ ≤ x ≤ _____, _____ ≤ y ≤ _____)
 Positive type Negative type
 Reflective Transflective Transmissive
 Others _____
 Gray scale: Yes _____ gray scale No
 Preferential specifications:
 Response time t_{on} ms (_____ °C) t_{off} ms (_____ °C)
 Viewing angle _____ deg. (_____ °C) Contrast (_____ °C)
 Others _____

LCD surface finishing:

Normal Anti-glare _____
 Polarizer color: Normal (neutral gray) Red
 Green Blue _____

8. Driving Method

Multiplexing: 1/ _____ duty, 1/ _____ bias
 Frame frequency: _____ Hz

9. IC

LCD driver: Specified Unspecified
 Segment driver _____ (Manufacturer _____)
 Common driver _____ (Manufacturer _____)
 Controller: Internal External
 Type No. _____ (Manufacturer _____)
 MPU: Internal External
 Type No. _____ (Manufacturer _____)
 RAM: Internal External
 Type No. /Memory size _____ (Kbit) (Manufacturer _____)

10. Power Supply

Single power supply: 5V _____ V
 2 power supplies
 For logic: (V_{DD}-V_{SS}): 5V _____ V
 For LC drive: (V_{LC}-V_{SS}): _____ V

11. Temperature Compensation Circuit

Internal External Unnecessary
 Compensation range: 0°C to 50°C _____ °C to _____ °C

12. Current Consumption

For logic: typ. _____ mA, max. _____ mA
 For LC drive: typ. _____ mA, max. _____ mA
 Others (_____) : typ. _____ mA, max. _____ mA

13. Contrast Adjustment

Internal External Unnecessary
 Method: Temp. compensation circuit Volume _____

14. Temperature Range

Operating temperature range: 0°C to 50°C _____ °C to _____ °C
 Storage temperature range: -20°C to 60°C _____ °C to _____ °C

15. Input/Output Terminals

Specifying allocation: Yes No
 Specifying position: Yes No

16. Weight

typ. _____ g, max. _____ g

17. Connector

Internal External Unnecessary
 Type No. _____ (Manufacturer _____)

18. Backlight

Internal External Unnecessary
 EL: Green White _____
 LED: Yellow green Amber _____
 CFL: White _____
 Incandescent lamp Others _____
 Backlight type Edge backlight type
 Brightness: _____ cd/m²
 Inverter: Internal External Unnecessary
 Power supply voltage _____ V
 Current consumption (backlight included) _____ mA
 Brightness control: Yes No

19. Others

20. Schedule

Estimate: _____
 Sample: Delivery _____, Quantity: _____ pcs
 Mass production: Target price: _____
 Delivery _____, Total quantity: _____ pcs
 Quantity per month _____ pcs

Liquid Crystal Displays

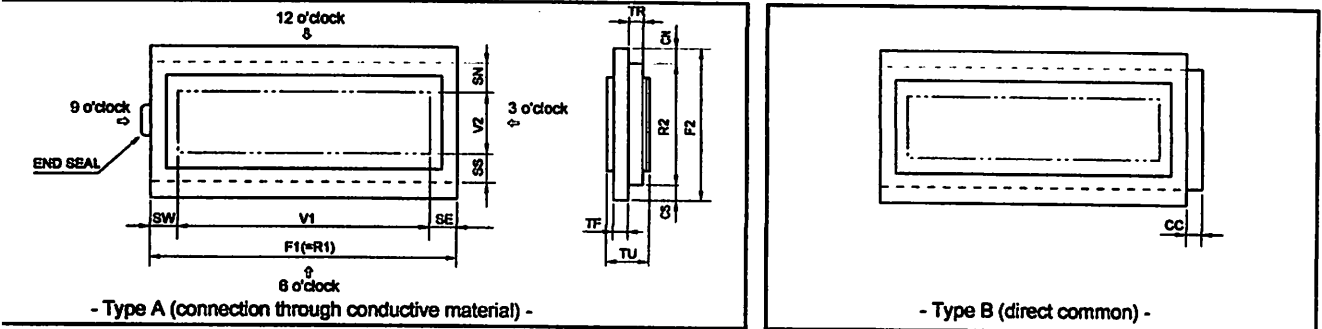
CHECK LIST FOR CUSTOM DESIGNED LCD

Company _____ 2. Application _____ 3. Customer Specified Part No. _____

Design

New Modified: Manufacturer _____, Part No. _____, Remarks _____
 Equivalent: Manufacturer _____, Part No. _____, Remarks _____

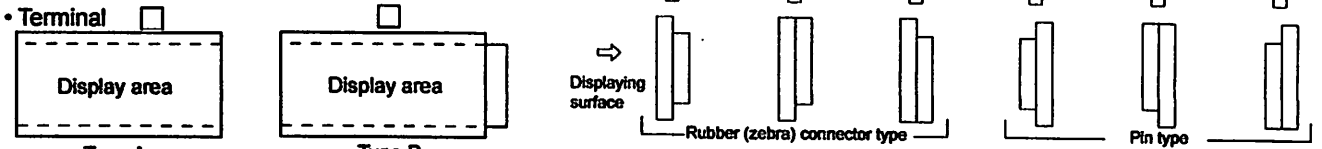
Panel Dimensions



V1: Horizontal length of upper glass _____ mm
 V2: Vertical length of upper glass _____ mm
 F1: Horizontal length of lower glass _____ the same as F1
 F2: Vertical length of lower glass _____ mm
 R2 is generally longer than F2 when terminals are with pin.
 TR: Thickness of glass _____ mm
 TU: Standard type: 1.1 mm or 0.7 mm
 J: Thickness of LCD _____ mm
 End seal: Right Left Right or Left

V1: Horizontal length of viewing area _____ mm
 V2: Vertical length of viewing area _____ mm
 CN: Terminal length _____ mm
 CS: Terminal length _____ mm
 **CN or CS=0 in case of one side terminal type.
 CC: Terminal length _____ mm
 SE, SW, SN, SS: Seal width
 (According to design or manufacturing condition:
 about 2.0 mm to 4.0 mm)

Panel Form



• Terminal
 - Type A -
 - Type B -
 • Chamfering Yes No
 • Drilling Yes No

Display Mode

Viewing angle: 6 o'clock 12 o'clock _____ o'clock
 Type: TN FSTN (Black and white)
 STN: Yellow green Gray Blue
 Chromaticity coordinates (_____ ≤ x ≤ _____, _____ ≤ y ≤ _____)
 Positive type Negative type
 Reflective Transflective Transmissive
 Preferential specifications:
 Response time t_{on} _____ ms (_____ °C) t_{off} _____ ms (_____ °C)
 Viewing angle _____ deg. (_____ °C) Contrast _____ (_____ °C)
 Others _____

Polarizer

Surface finishing: Normal Anti-glare _____
 Color: Normal (neutral gray) Red Green
 Blue _____
 Front polarizer: Attached type Separate type
 Rear polarizer: Attached type Separate type

Driving Method

Static Multiplexing: (1/ _____ duty, 1/ _____ bias)
 Operating voltage (V_{opr}): _____ V
 Frame frequency: _____ Hz
 Driving IC: _____ (Manufacturer _____)
 Current consumption: _____ μ A

10. Temperature Range

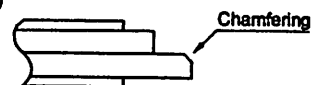
Operating temperature range
 With temperature compensation circuit (or volume)
 0°C to 50°C _____ °C to _____ °C
 Without temperature compensation circuit
 0°C to 50°C _____ °C to _____ °C
 Storage temperature range
 -20°C to 60°C _____ °C to _____ °C

11. Terminal Connecting Method

Rubber connector (Zebra rubber)
 Pin: DIL SIL _____
 Pitch (2.54 _____ mm) Length (_____ mm)
 Heat seal: Equipped Unnecessary

12. Others

Print (Characters, lines, masks etc.): Yes No
 Protective film:
 Yes (Color: Red Translucent Transparent) No
 Chamfering (for heat-seal connector):
 Yes (Position: _____)
 (Quantity: _____)
 No



13. Schedule

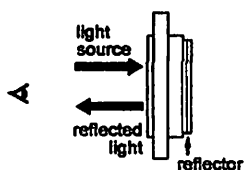
Estimate: _____
 Sample: Delivery _____, Quantity: _____ pcs
 Mass production: Target price: _____
 Delivery _____, Total quantity: _____ pcs
 Quantity per month: _____ pcs

Liquid Crystal Display Modules

REFLECTIVE/TRANSFLECTIVE/TRANSMISSIVE LCD

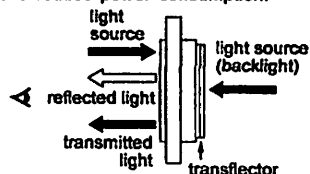
1 Reflective LCD

Reflector bonded to the rear polarizer reflects the incoming ambient light. Low power consumption because no backlight is required.



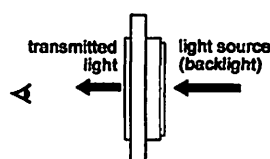
2 Transflective LCD

Transflector bonded to the rear polarizer reflects light from the front as well as enabling lights to pass through the back. Used with backlight off in bright light and with it on in low light to reduce power consumption.

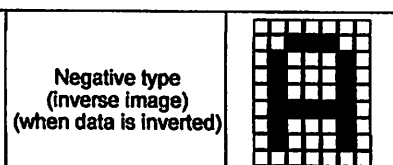
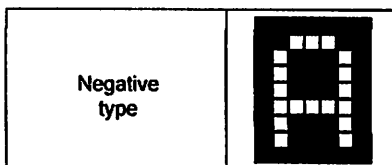
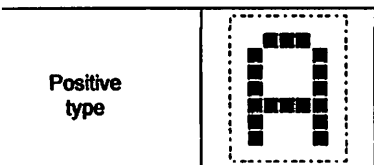


3 Transmissive LCD

Without reflector or transflector bonded to the rear polarizer. Backlight required. Most common is transmissive negative image.



POSITIVE/NEGATIVE MODE



TN TYPE/STN TYPE/FSTN TYPE

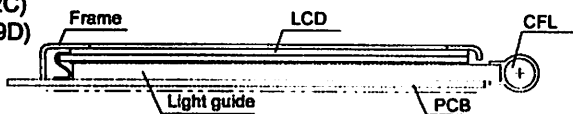
TN	(Background/dot color) Gray/Black	TN (Twisted Nematic) type is most conventional and economical. It is used for static drive LCD and low-duty drive LCD (watch, calculator, etc.)
STN	Yellowgreen/Dark blue	STN (Super Twisted Nematic) type has a higher twist angle, and thus provides clear visibility and wider viewing angle. This is suitable especially for high-duty drive LCD.
	Gray/Dark blue White/Blue	
FSTN	White/Black	FSTN (Film Super Twisted Nematic) type utilizes RCF (Retardation Control Film) to remove the coloring of STN LCD. Thus FSTN type provides easy-to-read black-and-white display.

STRUCTURE AND FEATURE OF LCD MODULE WITH BACKLIGHT

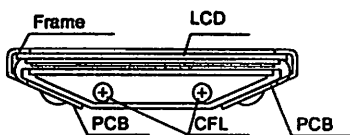
CFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp) backlight

Features: high brightness, long service life, inverter required

- Edge backlight type (G2446, G242C) (G321D, G649D)



- Backlight type



EL (Electroluminescent Lamp) backlight LED (Light Emitting Diode) backlight

Features: EL: thin, inverter required

LED: long service life, low voltage driving, no inverter required

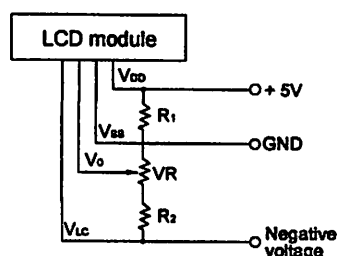
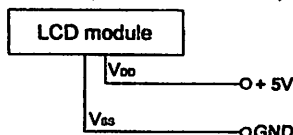
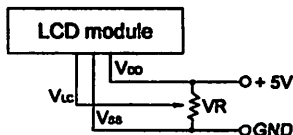


POWER SUPPLY

- Character modules (single power supply)

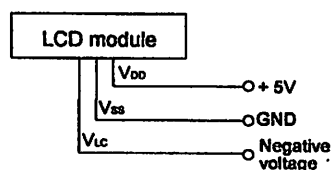
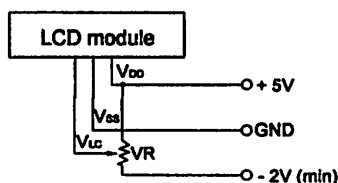
- G2446, G242C (Built-in DC-DC conv.)

- G321D, G324E and G649D



- Character Modules (Dual power supply)

- Y1206 and G1226



Note 1: Contrast can be adjusted by VR.
Note 2: For module with backlight, power supply for backlight is necessary.

• Negative voltage should be variable for contrast adjustment.

Precautions

Safety Instructions

- If the LCD panel is damaged, be careful not to get the liquid crystal in your mouth and not to be injured by crushed glasses.
- If you should swallow the liquid crystal, first, wash your mouth thoroughly with water, then, drink a lot of water and induce vomiting, and then, consult a physician.
- If the liquid crystal should get in your eye, flush your eye with running water for at least fifteen minutes.
- If the liquid crystal touches your skin or clothes, remove it and wash the affected part of your skin or clothes with soap and running water.
- EL or CFL backlight is driven by a high voltage with an inverter. Do not touch the connection part or the wiring pattern of the inverter.
- Do not use inverters without a load or in the short-circuit mode.
- Use the LCD module within the rated voltage to prevent overheating and/or damage. Also, take steps to ensure that the connector does not come off.

Handling Precautions

- Since the LCD panel has glass substrate, avoid applying mechanical shock or pressure on the module. Do not drop, bend, twist or press the module.
- Do not soil or damage LCD panel terminals.
- Since the polarizer is made of easily-scratched material, be careful not to touch or place objects on the display surface.
- Keep the display surface clean. Do not touch it with your skin.
- CMOS LSI is used in the LCD module. Be careful of static electricity.
- Do not disassemble the module or remove the liquid crystal panel or the panel frame.
- Do not damage the film surface of the EL lamp; otherwise the lamp will be damaged by humidity.
- To set an EL lamp in an LCD module, push the EL lamp with its emitting side up, without pushing the rubber connectors too hard. If you damage them, the LCD module may not work properly.

Mounting and Designing

- To protect the polarizer and the LCD panel, cover the display surface with a transparent plate (e.g., acrylic or glass) with a small gap between the transparent plate and the display surface.
- Keep the module dry. Avoid condensation to prevent the transparent electrodes from being damaged.
- Drive LCD panel with AC waveform in which DC element is not included to prevent deterioration in the LCD panel.
- Contrast of LCD varies depending on the ambient temperature. To offer the optimum contrast, LC drive voltage should be adjusted. LCD driven in a high duty ratio must be provided with drive voltage adjustment method.
- Mount a LCD module with the specified mounting part/holes.

- Design the equipment so that input signal is not applied to the LCD module while power supply voltage is not applied to it.
- Do not locate the CFL tube and the lamp lead wire close to a metal plate or a plated part inside the equipment. Otherwise stray capacity causes a drop in voltage, decreasing the brightness and the ability to start-up.

Cleaning

- Do not wipe the polarizer with a dry cloth, as it may scratch the surface.
- Wipe the LCD panel gently with a soft cloth soaked with a petroleum benzine.
- Do not use ketonic solvents (ketone and acetone) or aromatic solvents (toluene and xylene), as they may damage the polarizer.

Storing

- Store the LCD panel in a dark place, where the temperature is $25^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ and the relative humidity below 65%. If possible, store the LCD panel in the packaging situation when it was delivered.
- Do not store the module near organic solvents or corrosive gases.
- Keep the module (including accessories) safe from vibration, shock and pressure.
- Use an LCD module with built-in EL backlight within six months of delivery.
- EL backlight is easily affected by environmental conditions such as temperature and humidity; the quality may deteriorate if stored for an extended period of time. Contact Seiko Instruments GmbH for details.
- Some parts of the backlight and the inverter generate heat. Take care so that the heat does not affect the liquid crystal or any other parts.
- Dust particles attached to the surface of the LCD or the surface of the backlight degrade the display quality. Be careful to keep dust out in designing the structure as well as in handling the module.
- Black or white air-bubbles may be produced if the LCD panel is stored for long time in the lower temperature or mechanical shocks are applied onto the LCD panel.

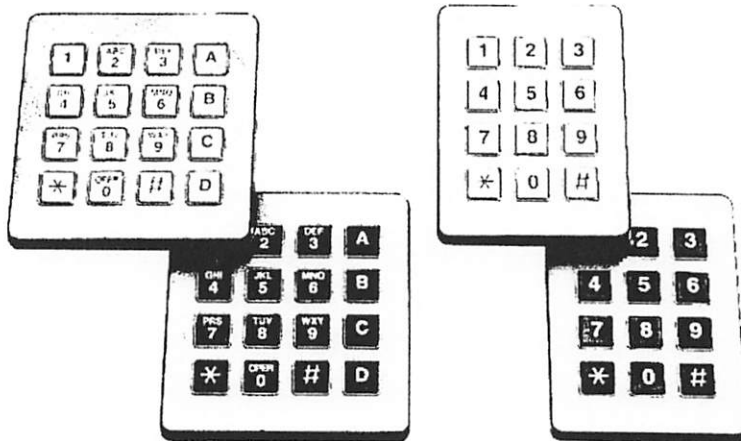
On This Brochure

- Seiko Instruments GmbH reserves the right to make changes without notice to the specifications and materials contained herein.
- The colors of the products reproduced herein may be different from the actual colors. Check color on actual products before using the product.
- The information contained herein shall not be reproduced in whole or in part without the express written consent of Seiko Instruments GmbH
- The products described herein are designed for consumer equipment and cannot be used as part of any device or equipment which influences the human body or requires a significantly high reliability, such as physical exercise equipment, medical equipment, disaster prevention equipment, gas related equipment, vehicles, aircraft and equipment mounted on vehicles.

SERIES 96 Conductive Rubber

FEATURES

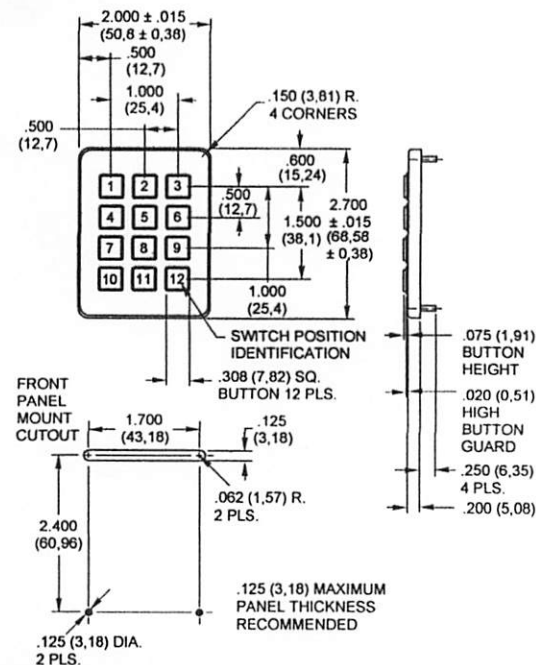
- Quality, Economical Keyboards
- Easily Customized Legends
- Matrix Circuitry
- Backlit and Shielded Options Available
- Termination Mates With Standard Connectors
- Tactile Feedback to Operator
- 1,000,000 Operations per Button
- Compatible With High Resistance Logic Inputs



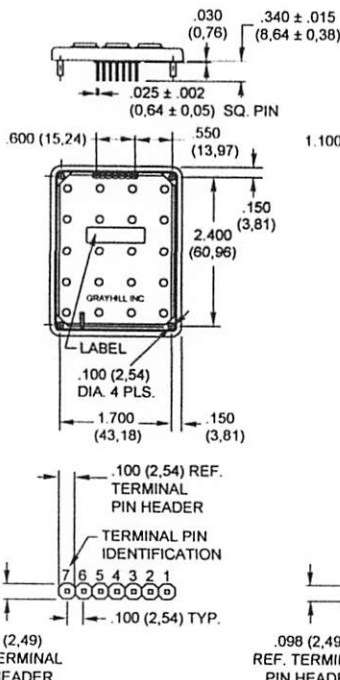
The Series 96 is Grayhill's most economical 3x4 and 4x4 keypad family. The contact system utilizes conductive rubber to mate the appropriate PC board traces. Offered in matrix circuitry, with shielded and backlit options. Built with quality component parts, the Series 96 is subjected to our rigid statistical process control to insure that it meets our reliability standards.

DIMENSIONS In inches (and millimeters)

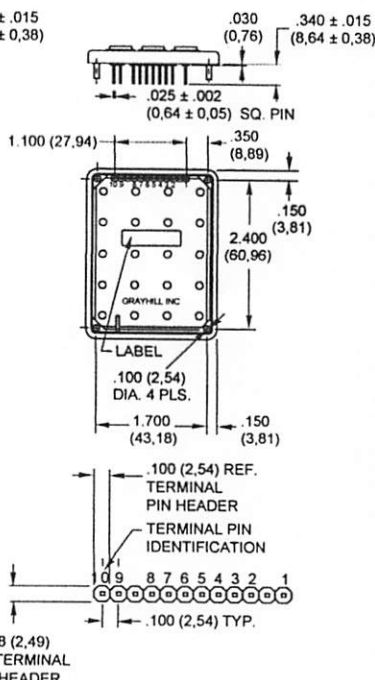
3x4 Front Mount Keyboard



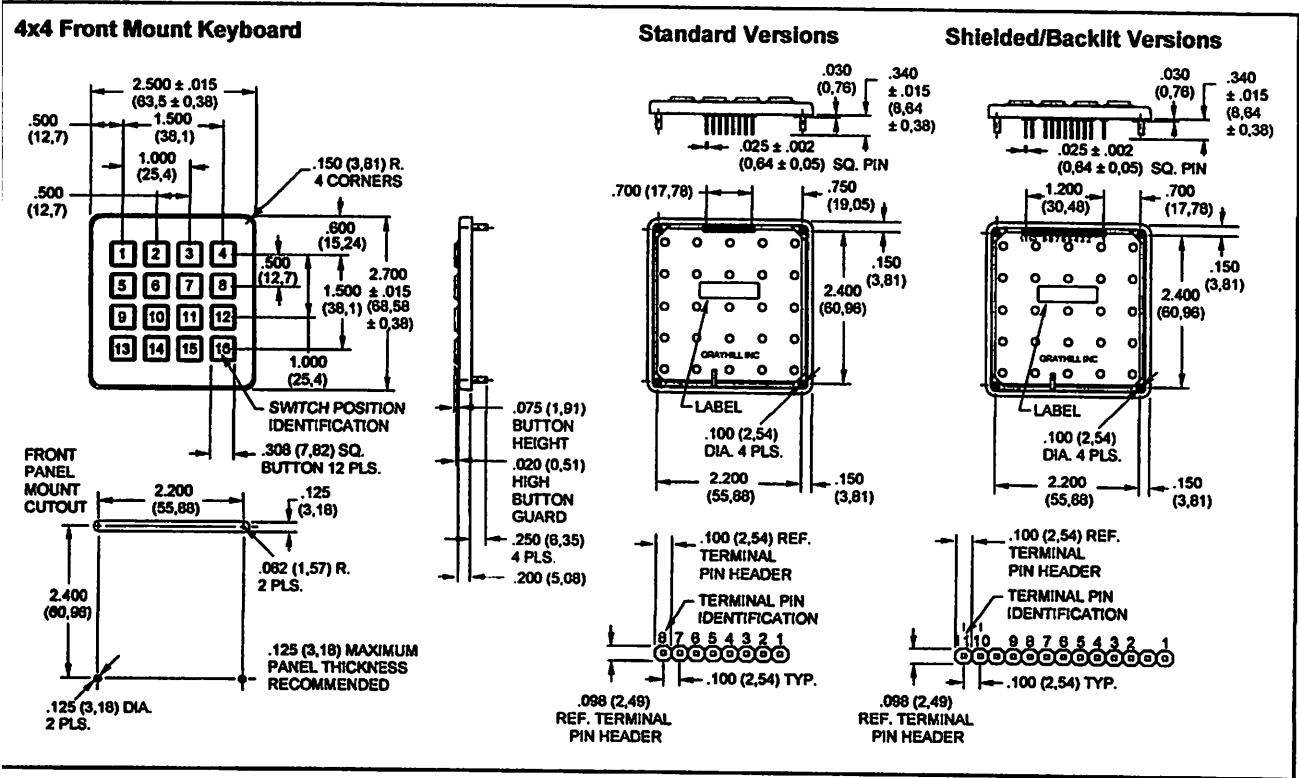
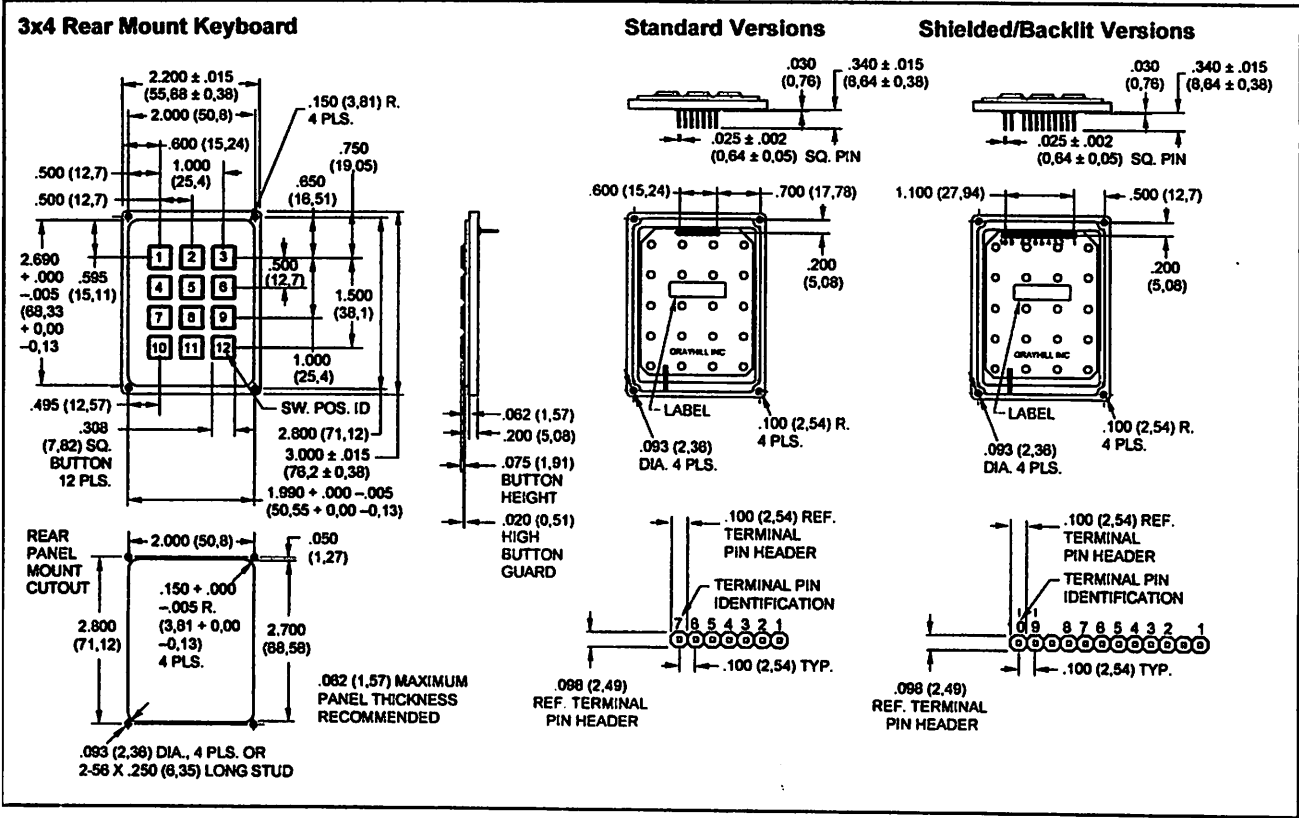
Standard Versions



Shielded/Backlit Versions

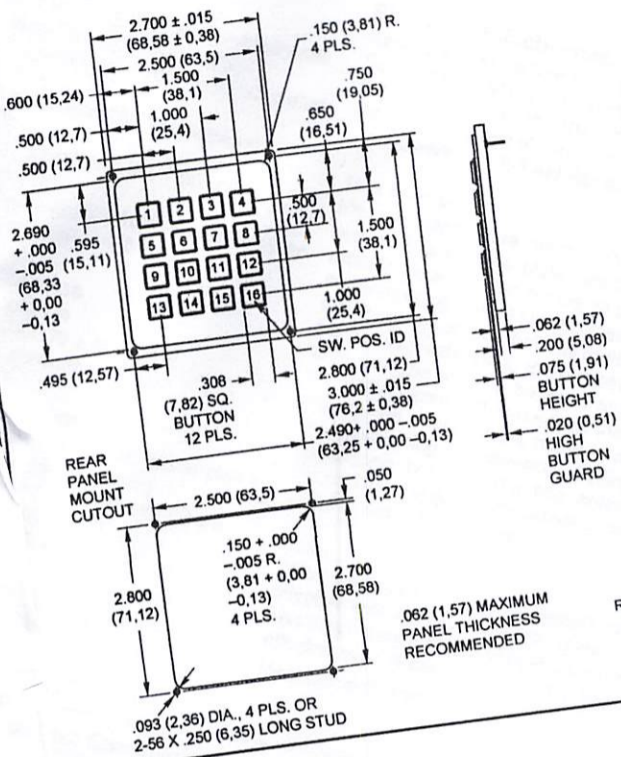


DIMENSIONS in inches (and millimeters)

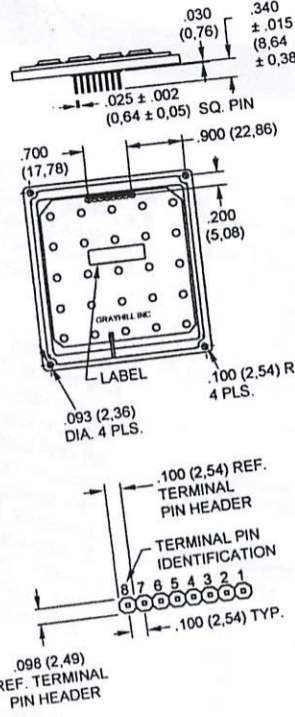


DIMENSIONS In inches (and millimeters)

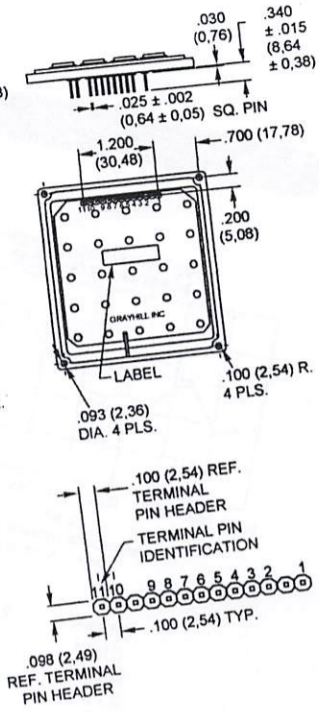
4x4 Rear Mount Keyboard



Standard Versions



Shielded/Backlit Versions



CODE AND TRUTH TABLES

Dots in the chart indicate connected terminals when switch is closed. Terminals are identified on the keyboard.

12 Button Keyboards

BUTTON LOCATION	MATRIX CODES	
	Standard	Shielded/Backlit
1	•	•
2	•	•
3	•	•
4	•	•
5	•	•
6	•	•
7	•	•
8	•	•
9	•	•
10	•	•
11	•	•
12	•	•
	5 6 7 1 2 3 4	6 7 8 2 3 4 5 1 9 10

- Shielded keypad = Shielded
- Backlit keypad = NC
- Shielded and backlit keypad = Shielded
- Shielded keypad = NC
- Backlit keypad = EL Panel 1
- Shielded and backlit keypad = EL Panel 1
- Shielded keypad = NC
- Backlit keypad = EL Panel 2
- Shielded and backlit keypad = EL Panel 2

16 Button Keyboards

BUTTON LOCATION	MATRIX CODES	
	Standard	Shielded/Backlit
1	•	•
2	•	•
3	•	•
4	•	•
5	•	•
6	•	•
7	•	•
8	•	•
9	•	•
10	•	•
11	•	•
12	•	•
13	•	•
14	•	•
15	•	•
16	•	•
	5 6 7 8 1 2 3 4	6 7 8 9 2 3 4 5 1 10 11

- Shielded keypad = Shielded
- Backlit keypad = NC
- Shielded and backlit keypad = Shielded
- Shielded keypad = NC
- Backlit keypad = EL Panel 1
- Shielded and backlit keypad = EL Panel 1
- Shielded keypad = NC
- Backlit keypad = EL Panel 2
- Shielded and backlit keypad = EL Panel 2

Keyboards and Keypads

58

1998

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 439

LECTURE 10

1. Introduction

2. The Hamiltonian

3. The Schrödinger Equation

4. The Harmonic Oscillator

5. The Free Particle

6. The Particle in a Box

7. The Particle in a Well

8. The Particle in a Barrier

9. The Particle in a Tunnel

10. The Particle in a Well with a Barrier

11. The Particle in a Well with a Barrier

12. The Particle in a Well with a Barrier

13. The Particle in a Well with a Barrier

14. The Particle in a Well with a Barrier

15. The Particle in a Well with a Barrier

16. The Particle in a Well with a Barrier

17. The Particle in a Well with a Barrier

18. The Particle in a Well with a Barrier

19. The Particle in a Well with a Barrier

20. The Particle in a Well with a Barrier

21. The Particle in a Well with a Barrier

22. The Particle in a Well with a Barrier

23. The Particle in a Well with a Barrier

24. The Particle in a Well with a Barrier

25. The Particle in a Well with a Barrier

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

Medium Power Linear Switching Applications

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

1 TO-220

1.Base 2.Collector 3.Emitter

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CB0}	Collector-Base Voltage : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	3	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	5	A
I_B	Base Current	1	A
P_C	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	40	W
P_C	Collector Dissipation ($T_B=25^\circ\text{C}$)	2	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	-65 - 150	$^\circ\text{C}$

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

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CE0(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$	40		V
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, I_B = 0$		0.3	mA
	: TIP31/31A				
	: TIP31B/31C				
I_{CES}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 40\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 80\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 100\text{V}, V_{EB} = 0$		200	μA
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$		1	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 1\text{A}$ $V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$	25	50	
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{A}, I_B = 375\text{mA}$		1.2	V
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$		1.8	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 500\text{mA}$	3.0		MHz

* Pulse Test: PWs300 μs , Duty Cycles2%

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

Typical Characteristics

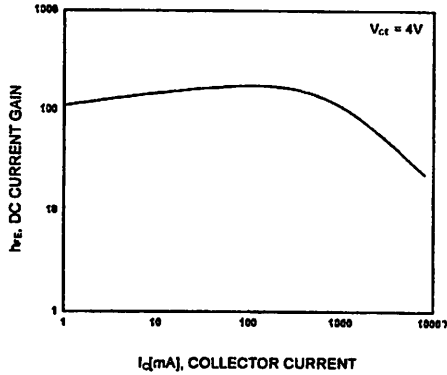


Figure 1. DC current Gain

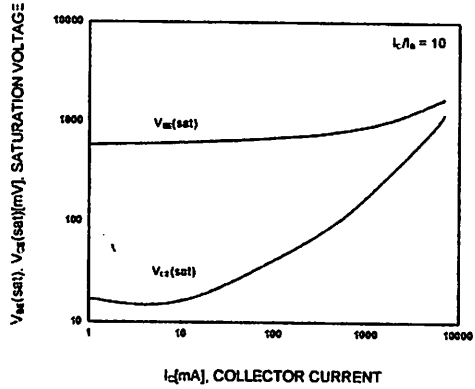


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

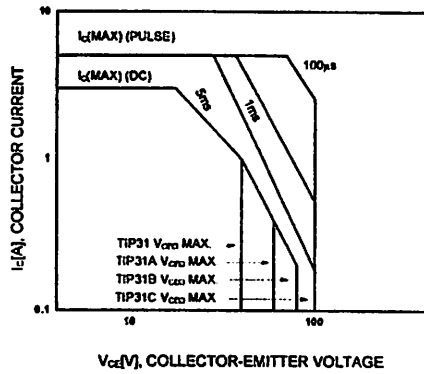


Figure 3. Safe Operating Area

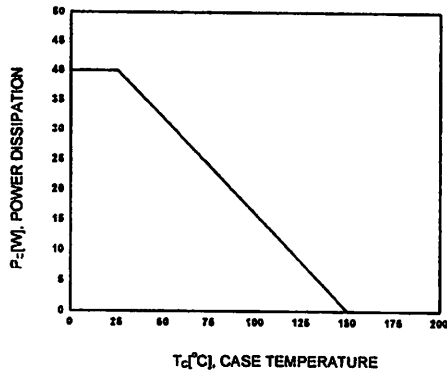
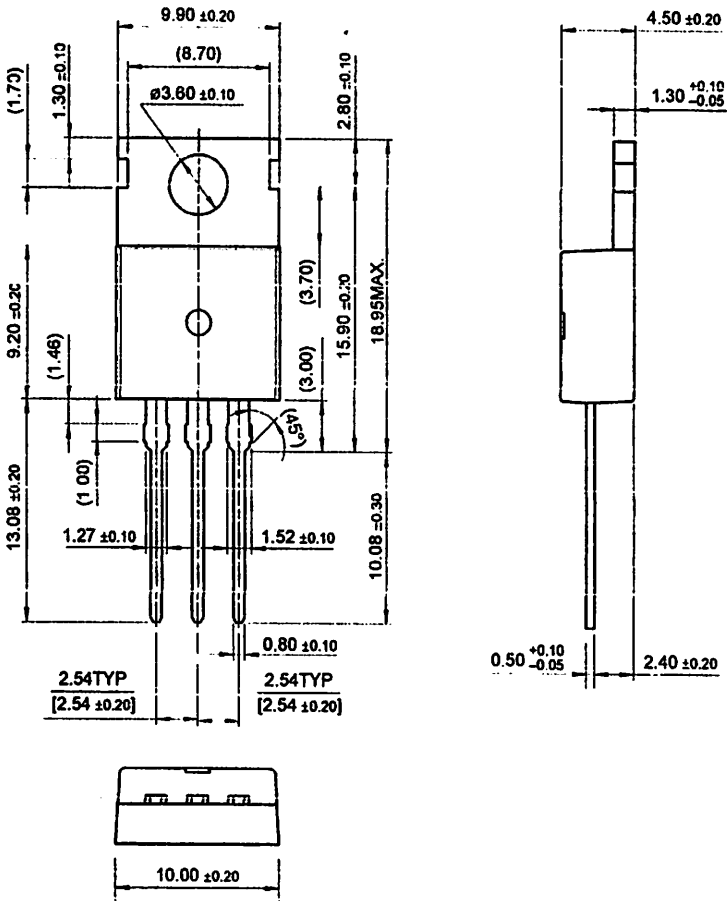


Figure 4. Power Derating

Package Dimensions

TO-220



Dimensions in Millimeters

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE ^x ™	HiSeC™	SuperSOT™-8
Bottomless™	ISOPANAR™	SyncFET™
CoolFET™	MICROWIRE™	TinyLogic™
CROSSVOLT™	POP™	UHC™
E ² CMOS™	PowerTrench®	VCX™
FACT™	QFET™	
FACT Quiet Series™	QS™	
FAST®	Quiet Series™	
FASTr™	SuperSOT™-3	
GTO™	SuperSOT™-6	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Figure 1. Forward voltage versus forward current

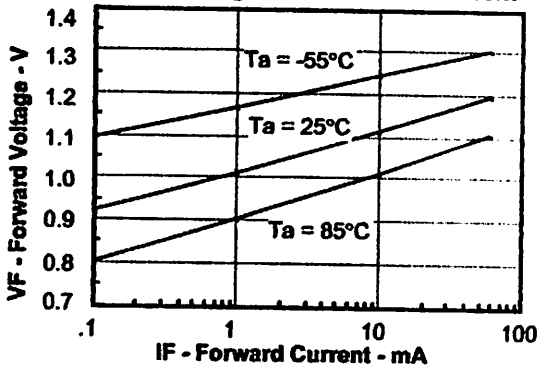


Figure 2. Normalized non-saturated and saturated CTR at $T_a = 25^\circ\text{C}$ versus LED current

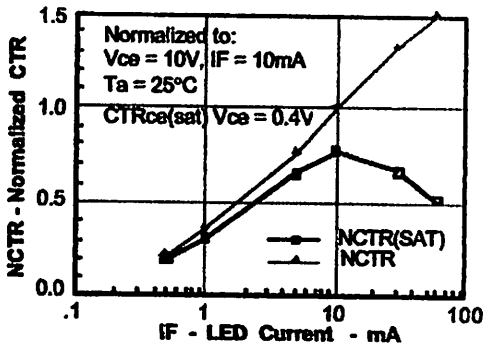


Figure 3. Normalized non-saturated and saturated CTR at $T_a = 50^\circ\text{C}$ versus LED current

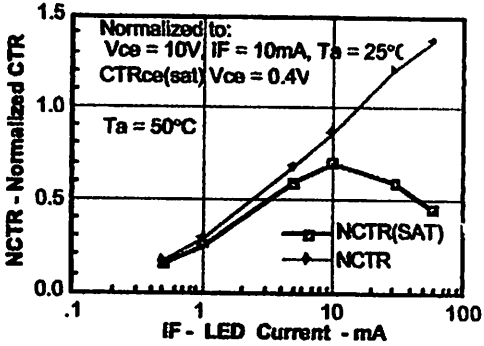


Figure 4. Normalized non-saturated and saturated CTR at $T_a = 70^\circ\text{C}$ versus LED current

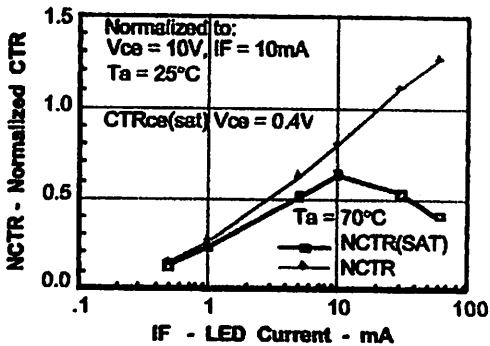


Figure 5. Normalized non-saturated and saturated CTR at $T_a = 85^\circ\text{C}$ versus LED current

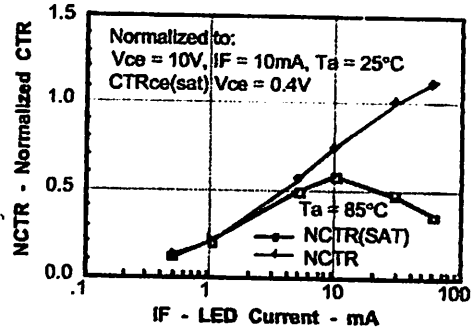


Figure 6. Collector-emitter current versus temperature and LED current

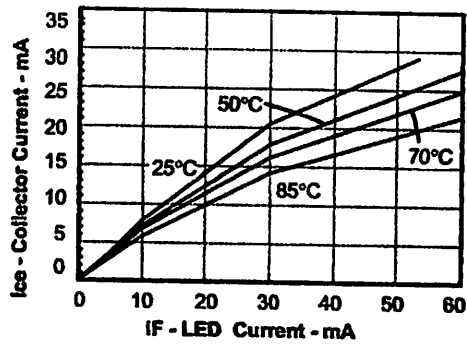


Figure 7. Collector-emitter leakage current versus temperature

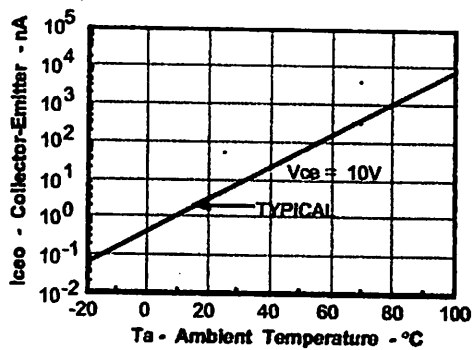


Figure 8. Propagation delay versus collector load resistor

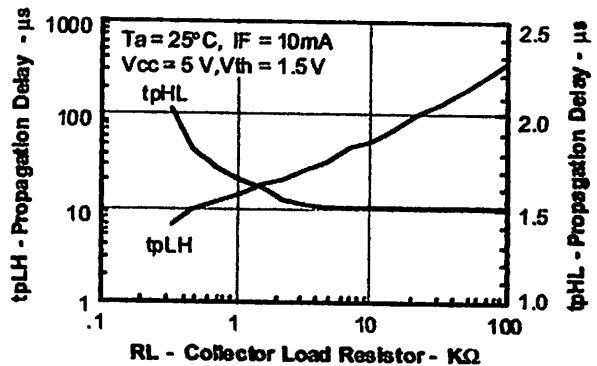


Figure 9. Switching Timing

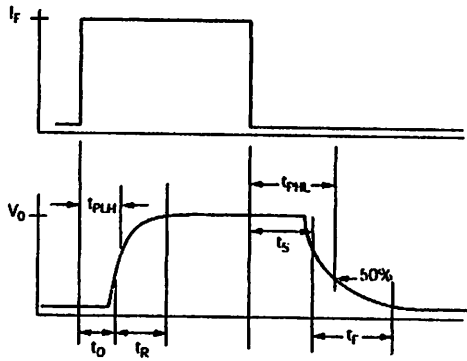


Figure 10. Switching schematic

