

TUGAS AKHIR

**MERANCANG DAN MEMBUAT ALAT PENGONTROL KONVEYOR
UNTUK PENGISIAN AIR DALAM BOTOL DENGAN
MENGUNAKAN
MIKROKONTROLER AT89S51**



**Disusun Oleh :
Inengah Mardika Tisna
04.52.219**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA DIII
April 2009**

LEMBAR PERSETUJAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INUDSTRI
PROGRAM STUDI ELEKTRO DIII
JURUSAN TEKNIK ELEKTRONIKA



**Merancang Dan Membuat Alat Pengontrol Konveyor Untuk
Pengisian Air Dalam Botol Dengan Menggunakan
Mikrokontroler AT89S51**

TUGAS AKHIR

Disusun oleh:

INengah Mardika Tisna

04.52.219

Malang, Maret 2009

Diperiksa dan disetujui oleh:



NIP. Y. 101.8700151

Dosen Pembimbing

Ir. Eko Nurcahyo

NIP. 1028700172



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

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

Nama : INengah Mardika Tisna
Nim : 0452219
Jurusan : Teknik Elektro D-III
Judul Skripsi : Merancang dan Membuat Alat Pengontrol Konveyor
Menggunakan Mikrokontroler AT89S51

Dipertahankan di hadapan Team Penguji Tugas Akhir Jenjang Program Diploma
Tiga (D-III) Pada:

Hari Tanggal : Selasa, 24 Maret 2009
Dengan Nilai : 79,75 (B+)

Panitia Ujian Tugas Akhir



Ketua

Ir. Sidik Noertjahjono, MT
NIP.Y 102 8700 163

Sekretaris

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y 101 8700 151

Anggota Penguji

Penguji I

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y 101 8700 151

Penguji II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 101 8800 190

MERANCANG DAN MEMBUAT ALAT PENGONTROL KONVEYOR UNTUK PENGISIAN AIR DALAM BOTOL DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89S51

INengah Mardika Tisna
Nim : 0452219

Dosen Pembimbing : Ir.Eko Nurcahyo.
Jurusan Teknik Elektro DIII, Konsentrasi Teknik Elektronika.
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Abstraksi :

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini semakin berkembang seiring dengan perkembangan jaman terutama di bidang elektronika. Salah satu perkembangan yang paling menonjol saat ini adalah perkembangan di bidang computer dan bidang industri. Suatu system yang ditangani oleh computer, semuanya akan terasa lebih mudah, lebih pintar lebih otomatis dan lebih praktis serta lebih efisien. Melihat perkembangan di dalam dunia industri yang menuntut kita untuk bekerja secara cepat dan professional serta tingkat efisiensi yang tinggi. Karena persaingan pasar yang cukup ketat menuntut dunia industri untuk bisa menghasilkan produk dengan harga yang bisa bersaing. Salah satu cara yang harus ditempuh oleh perusahaan adalah efisiensi didalam proses produksi selain pengadaan bahan baku dan strategi pemasaran yang bagus. Salah satu dari proses produksi adalah bagaimana cara pengontrolan proses produksi yang bagus serta tidak melibatkan banyak tenaga untuk mengoperasikan mesin. Salah satu alat yang dibutuhkan pada industri air dalam kemasan botol atau sejenisnya adalah konveyor pada proses pengisian air dalam botol secara otomatis dengan sebuah mesin. Yang pengontrolannya dari sebagian industri masih dikendalikan manual dengan tenaga manusia. Bila fungsi ini bisa dikendalikan dengan sebuah mikrokontroler. Mikrokontroler sendiri berfungsi sebagai pemroses informasi. Yang diterima dari sensor setelah mengenali lingkungannya. data informasi berupa data digital ataupun analog. Mikrokontroler yang digunakan yaitu AT89S51. Dengan canggihnya teknologi maka akan dapat menghemat jumlah tenaga manusia dan ketelitian yang cukup tinggi, tentunya akan bisa meningkatkan efisiensi dan dapat menekan jumlah biaya produksi. Sandy Halim (2007). Untuk Pengisian 1 Botol membutuhkan Waktu 42 detik. Pengisian 2 Botol , membutuhkan Waktu 1 menit 9 detik, dan Pengisian 3 Botol membutuhkan Waktu menit 32 detik. Nilai Error pada Saat photodiode terhalang sebesar 4.4 % dan tidak terhalang sebesar 0%. Nilai Ketelitian Pada Saat Photodiode Terhalang sebesar 95,6% dan tidak Terhalang sebesar 0%.

Kata Kunci : Mikrokontroler AT89S51, Catu Daya, Driver Relay, Optocoupler, Elektroda

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala Rahmat-Nya, sehingga buku Tugas Akhir dengan judul “Merancang Dan Membuat Alat Pengontrol Konveyor Untuk Pengisian Air Dalam Botol Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT89S51`” ini dapat kami selesaikan tepat waktu. Laporan ini dapat kami susun tentunya atas bantuan berbagai pihak yang telah membantu kami dalam menyelesaikan laporan praktek kerja, oleh karena itu kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. Abaraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak Ir. Taufik Hidayat, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Diploma-III.
4. Bapak Ir. Eko Nurcahyo selaku Dosen Pembimbing Penyusunan Laporan.
5. Bapak Ir. Choirul Saleh, selaku Dosen Wali Teknik Elektronika D-III Angkatan 2004
6. Bapak Ir. Bambang Prio Utomo, MT Selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektronika-DIII.
7. Bapak Pardi dan Bu Mei yang telah membantu Dalam Proses Birokrasi Penyusunan Laporan ini.

8. Orang Tua Kami I Komang Tisna Dan NI Ketut Murtini serta Adik-adikku yang memberi dukungan moril dan materil yang tiada hentinya.
9. Soulmate specialku Ni Nengah Dewi yang memberiku semangat untuk maju.
10. Keluarga Besar I Nyoman Santika Putra yang telah memberikan Tempat untuk berteduh dari panas dan Hujan.
11. Anak-anak Tirtasani D-5 dan teman-teman yaitu Nyoman, Abdi, Ferdinan, Wayan, Adit, Tedy, Erlangga, Ary, Pendik dan Aldi . Yang telah membantu terselainya laporan ini. Semoga Tuhan membalas amal baik kalian.
12. Teman – teman seperjuangan yang kompak selalu saat menyusun dan ujian Tugas Akhir.,
13. Nidji, Ary Suta, Hijau Daun, Dream Theater, Steven & cocounut tree, Balawan , Lolot Band, Gita Gutawa dll.. yang telah menghiburku.

Kami berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya dalam meningkatkan pengetahuan serta menambah wawasan dan pengalaman yang lebih berguna.

Kami menyadari bahwa hasil laporan ini masih banyak kekurangannya di dalam penyusunan laporan maupun dalam prakteknya. Sehingga kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan kami.

Malang, April 2009

Penyusun,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
BERITA ACARA	iii
ABSRTAKSI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3. Rumusan Masalah.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1. Mikrokontroler AT89S51.....	5
2.1.1. Pendahuluan.....	5
2.1.2. Perangkat Keras Mikrokontroler AT89S51.....	6
2.1.3. Konfigurasi Pena-pena Mikrokontroler AT89S51.....	7
2.1.4. Organisasi Memory.....	11
2.1.4.1. Program Memory.....	11
2.1.4.2. Data Memori.....	11

2.2.Motor DC.....	13
2.2.1.Pengendalian Arah Putaran Motor DC.....	18
2.3.Pompa.....	18
2.4.Optocoupler.....	19
2.4.1.Laser Diode.....	19
2.4.2.Photodiode.....	20
2.5.Solenoid.....	21
2.6.Relay.....	22
2.7.Kapasitor.....	25
2.7.1.Kapasitansi.....	25
2.8.Dioda.....	27
2.8.1.Sambungan Dan Bias Pada Dioda.....	27
2.9.Transistor.....	30
2.9.1.Pengertian Secara Elektronik.....	30
2.10.Transformator.....	33
2.10.1.Induksi Bersama.....	33
2.11. LM 7805 Regulator Tegangan Positif dengan 3-Terminal.....	36
2.12.Osilator Kristal.....	37
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.....	38
3.1.Pendahuluan.....	38
3.2.Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras.....	38
3.2.1.Prinsip Kerja Alat	41

3.2.2.Rangkaian Catu Daya.....	42
3.2.3.Rangkaian Optcoupler.....	43
3.2.4.Rangkaian Penguat Tegangan Elektroda.....	44
3.2.5.Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler AT89S51.....	45
3.2.6.Rangkaian Driver Relay.....	47
3.2.7.Perencanaan Pembuatan Rangkaian PCB.....	49
3.3.Perancangan Perangkat Lunak.....	50
3.3.1.Flowchart Program Utama.....	51
BAB IV PENGUJIAN ALAT.....	52
4.1.Pendahuluan.....	52
4.2.Pengujian Perangkat Keras.....	52
4.2.1.Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	53
4.2.2.Pengujian Optocoupler.....	55
4.2.3.Pengujian Sensor Elektroda.....	57
4.2.4.Pengujian Rangkaian Driver Relay.....	59
4.3.Waktu Pengisian Botol.....	62
4.4.Gambar Alat Secara keseluruhan.....	63
4.4.1.Data Spesifikasi Alat.....	65
BAB V PENUTUP.....	66
5.1.Kesimpulan.....	66
5.2.Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Blok Mikrokontroler AT89S51	7
Gambar 2.2 Konfigurasi Pin AT89S51	7
Gambar 2.3. Denah Memori Data AT89S51	12
Gambar 2.4 .Kaidah Tangan Kiri	13
Gambar 2.5 .Konduktor Berarus Listrik Dalam Medan Magnet	14
Gambar 2.6. Bergeraknya Sebuah Motor	15
Gambar 2.7. Kaidah Tangan Kanan Untuk Motor	16
Gambar 2.8. Konstruksi Dasar Motor DC	17
Gambar 2.9. Arah Putaran Motor DC	18
Gambar 2.10. Photo Dioda	20
Gambar 2.11 Cara Kerja Relay	22
Gambar 2.12. Jenis Relay SPST	23
Gambar 2.13. Jenis Relay SPDT	24
Gambar 2.14 Jenis Relay DPDT	24
Gambar 2.15 . Prinsip Dasar Kapasitor	25
Gambar 2.16. Simbol Dan Struktur Dioda	28
Gambar 2.17. Dioda Dengan Bias Maju	28
Gambar 2.18. Dioda Dengan Bias Negatif	29
Gambar 2.19. Bentuk Fisik Transistor PNP dan NPN	31
Gambar 2.20. Transistor PNP dan NPN	31
Gambar 2.21. Tiga Daerah Transistor	32
Gambar 2.22. Rangkaian Pengganti Transformator	34
Gambar 2.23. Regulator LM7805	36
Gambar 2.24. Koneksi Osilator	37

Gambar 2.25. Konfigurasi Drive External Clock.....	37
Gambar 3.1. Blok Diagram Secara Umum Alat Pengontrol Konveyor Untuk Pengisian Air Dalam Botol Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT89S51.....	38
Gambar 3.2. Blok Diagram Sistem Kontroler Alat Pengontrol Konveyor Untuk Pengisian Air Dalam Botol Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT89S51.....	39
Gambar 3.3. Rangkaian Catu Daya.....	42
Gambar 3.4. Rangkaian Optocoupler.....	43
Gambar 3.5. Rangkaian Penguat Elektroda.....	44
Gambar 3.6. Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler AT89S51.....	47
Gambar 3.7. Rangkaian Driver Relay.....	48
Gambar 3.8 Rangkaian PCB Alat Pengontrol Konveyor Untuk Pengisian Air Dalam Botol Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT89S51.....	49
Gambar 3.9. Flowchart Program Utama.....	51
Gambar 4.1. Prosedur Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	53
Gambar 4.2. Hasil Pengukuran Rangkaian Catu Daya Sebelum Menggunakan Regulator Tegangan LM7805.....	54
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Rangkaian Catu Daya Setelah Menggunakan Regulator Tegangan LM7805.....	54
Gambar 4.4. Prosedur Pengujian Rangkaian Optocoupler.....	55
Gambar 4.5. Hasil pengujian Optocoupler Tanpa penghalang.....	56
Gambar 4.6. Hasil pengujian Optocoupler Dengan penghalang.....	56
Gambar 4.7. Prosedur Pengujian Rangkaian Elektroda.....	58
Gambar 4.8. Hasil pengujian elektroda Tanpa Air	58
Gambar 4.9. Hasil pengujian elektroda Dengan Air.....	59
Gambar 4.10. Prosedur Pengujian Rangkaian Driver Relay.....	60

Gambar 4.11. Hasil pengujian pada Rangkaian Driver Relay diberi logic Low.....	60
Gambar 4.12. Hasil pengujian pada Rangkaian Driver Relay diberi logic High.....	61
Gambar 4.13. Tampak Gambar Alat dari Atas.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.Port ISP Header.....	8
Tabel 2.2.Fungsi Khusus Pada Port 1.....	9
Tabel 2.3.Konstanta K Bahan Dielektrik.....	26
Tabel 2.4.Karakteristik Elektrik 78XX.....	36
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Rangkaian Catu Daya Sebelum Dan Sesudah Menggunakan Regulator Tegangan LM7805.....	55
Tabel 4.2. Hasil pengujian Optocoupler Tanpa penghalang Dan Dengan Penghalang.....	57
Tabel 4.4. Hasil pengujian pada Rangkaian Driver Relay.....	59
Tabel 4.5 Pengisian air dalam botol mulai dari awal botol berjalan sampai berhenti ditempat penampungan botol secara bertahap dan pengisian secara Manual.....	61
Grafik 4.6.Pengisian air dalam botol mulai dari awal botol berjalan sampai berhenti ditempat penampungan botol secara Langsung.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini semakin berkembang seiring dengan perkembangan jaman terutama dibidang elektronika. Salah satu perkembangan yang paling menonjol saat ini adalah perkembangan dibidang computer dan bidang industri. Suatu system yang ditangani oleh computer, semuanya akan terasa lebih mudah, lebih pintar lebih otomatis dan lebih praktis serta lebih efisien.

Melihat perkembangan di dalam dunia industri yang menuntut kita untuk bekerja secara cepat dan professional serta tingkat efisiensi yang tinggi. Karena persaingan pasar yang cukup ketat menuntut dunia industri untuk bisa menghasilkan produk dengan harga yang bisa bersaing. Salah satu cara yang harus ditempuh oleh perusahaan adalah efisiensi didalam proses produksi selain pengadaan bahan baku dan strategi pemasaran yang bagus. Salah satu dari proses produksi adalah bagaimana cara pengontrolan proses produksi yang bagus serta tidak melibatkan banyak tenaga untuk mengoperasikan mesin.

Salah satu alat yang dibutuhkan pada industri air dalam kemasan botol atau sejenisnya adalah konveyor pada proses mengisi air dalam botol secara otomatis dengan sebuah mesin. Yang pengontrolannya dari sebagian industri masih dikendalikan manual dengan tenaga manusia. Bila fungsi ini

bisa dikendalikan dengan sebuah mikrokontroller yaitu menggunakan AT 89S51 maka akan dapat menghemat jumlah tenaga dan dengan ketelitian yang cukup tinggi, tentunya akan bisa meningkatkan efisiensi dan dapat menekan jumlah biaya produksi.

1.2. Tujuan

Untuk meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga manusia sehingga dapat menekan jumlah produksi.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang ditekankan adalah sebagai berikut :

- Bagaimana Merancang dan membuat alat pengontrol konveyor untuk Pengisian Air dengan menggunakan mikrokontroller.
- Bagaimana mendeteksi adanya botol dan mendeteksi volume air menggunakan sensor.
- Bagaimana mengimplementasikan Mikrokontroler dengan menggunakan AT89S51

1.4. Batasan Masalah

Sehubungan dengan masalah yang dihadapi dalam pembuatan skripsi ini, permasalahan hanya dibatasi, dengan tujuan untuk mencegah kemungkinan meluasnya masalah dan menyimpang dari masalah. Pembatas tersebut antara lain:

- Alat ini menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai unit pemrosesnya
- Sensor yang digunakan adalah Optocoupler dan sensor Air.
- Hanya membahas perangkat kerasnya, sedangkan perangkat lunaknya hanya dibahas secara garis besar.
- Tidak membahas masalah Solenoid Valve.
- Botol Yang digunakan dengan Volume Air 220 ml

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian alat ini dilakukan melalui beberapa tahap :

1. Study literature tentang Motor, Pompa, Optocoupler, Solenoid, Relay dan mikrokontroler.
2. Perancangan dan pembuatan alat tentang Rangkaian Driver Relay, Penguat Tegangan Elektroda, Optocoupler, Catu Daya, dan mikrokontroller.
3. Pelaksanaan uji coba alat Rangkaian Driver Relay, Penguat Tegangan Optocoupler, Catu Daya.
4. Analisa Data.

5. Pembahasan.
6. Kesimpulan dan Saran.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari 5 bab, yaitu :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang permasalahan, tujuan pembahasan, metodologi pembahasan, batasan masalah, sistematika penulisan dan relevansi dari penulisan tugas akhir ini.

BAB II : TEORI DASAR

Membahas mengenai teori dasar yang menunjang dari perencanaan dan pembuatan alat serta teori dasar alat-alat pendukung lainnya.

BAB III : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan alat secara keseluruhan.

BAB IV : PENGUJIAN ALAT

Membahas tentang uji coba alat yang telah dibuat, cara pengoperasiannya, serta spesifikasi alat itu sendiri.

BAB V : PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya dan kemungkinan pengembangan alat tersebut.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Mikrokontroler AT89S51

2.1.1. Pendahuluan

Perbedaan mendasar antara mikrokontroler dan mikroprosesor terletak pada kelengkapan isinya yaitu mikrokontroler sudah dilengkapi dengan berbagai macam alat kontrol selain memiliki CPU juga dilengkapi memori (ROM & RAM) maupun input output yang merupakan kelengkapan minimum sistem sedangkan mikroprosesor kesemuanya itu tidak dimiliki secara internal melainkan terpisah sebuah mikrokontroler dapat dikatakan sebagai mikrokomputer dalam keping tunggal (Single Chip Microcomputer) yang dapat berdiri sendiri.

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

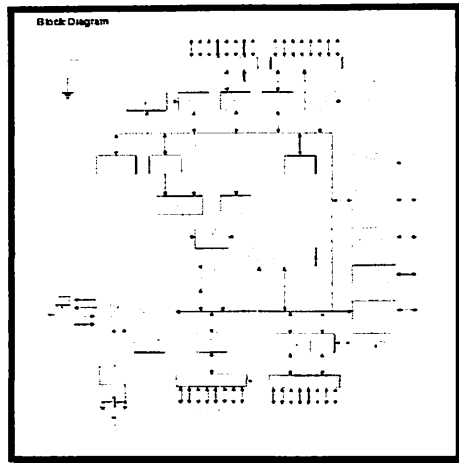
mendasar, yaitu: perangkat lunak dan perangkat keras yang keduanya saling terkait dan mendukung.

2.1.2. Perangkat keras mikrokontroler AT89S51

Secara umum Mikrokontroler AT89S51 memiliki :

- CPU 8 bit termasuk keluarga MCS-51
- 4 Kb Flash memory
- 128 byte Internal RAM
- 32 buah Port I/O, masing - masing terdiri atas 8 jalur I/O
- 2 Timer / counter 16 bit
- 2 Serial Port Full Duplex
- 2 DPTR (*Data pointer*)
- *System Interrupt* dengan 2 sumber *Interrupt* eksternal dan 4 sumber *Interrupt* internal.
- Fleksibel ISP Programming

Dengan keistimewaan diatas pembuatan alat menggunakan AT89S51 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Adapun blok diagram dari Mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut:

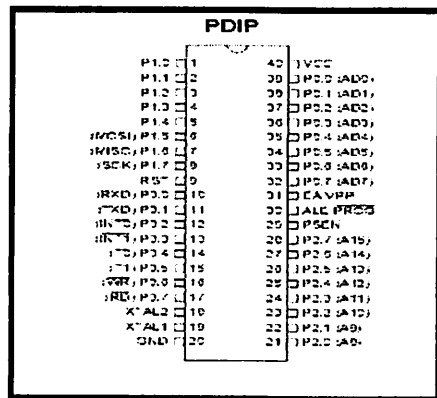


Gambar 2.1Diagram Blok Mikrokontroller AT89S51

Sumber: Datasheet IC AT89S51

2.1.3. Konfigurasi Pena-Pena Mikrokontroller AT89S51

Mikrokontroller AT89S51 terdiri dari 40 pin dengan konfigurasi sebagai Berikut



Gambar 2.2Konfigurasi Pin AT89S51

Sumber: Datasheet IC AT89S51

Fungsi tiap-tiap pin-nya adalah sebagai berikut :

- VCC (Supply tegangan), pin 40
- GND (*Ground*), pin 20
- Port 0, pin 32 – 39

Merupakan port input-output dua arah, tanpa internal pull-up dan dikonfigurasi sebagai multipleks bus alamat rendah ($A_0 - A_7$) dan data selama pengaksesan memory eksternal. Setiap pin-nya dapat mengendalikan langsung 8 beban TTL. Port0 juga menerima dan mengeluarkan *code byte* selama proses pemrograman dan verifikasi ROM/EEPROM internal.

- Port 1, pin 1 - 8

Merupakan port input-output dua arah dengan internal pull-up yang dapat mengendalikan beban 4 TTL secara langsung dan mempunyai kegunaan lain yaitu sebagai port ISP header.

Tabel 2.1
Port ISP Header

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

- Port 2, pin 21 - 28

Merupakan port input-output dengan internal pull-up. Mengeluarkan alamat tinggi selama pengambilan program memory external.

- Port 3, pin 10 – 17

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

Tabel 2-2
Fungsi Khusus Pada Port 1

Simbol	Posisi	Nama dan arti
/RD	P3.7	<i>External data memori read strobe</i>
/WR	P3.6	<i>External data memori write strobe</i>
T1	P3.5	<i>Timer / counter 1 external input</i>
T0	P3.4	<i>Timer / counter 0 external input</i>
/INT1	P1.3	<i>External interrupt 1</i>
/INT0	P1.2	<i>External interrupt 0</i>
TXD	P1.1	<i>Serial data output port</i>
RXD	P1.0	<i>Serial data input port</i>

- RST (*Reset*), pin 9
- Input Reset merupakan reset master untuk AT89S51.

- ALE/ Prog (*Address Latch Enable*), pin 30

Digunakan untuk memberikan sinyal *latch* pada alamat rendah pada multipleks *bus address* dan data.

- PSEN (*Program Store Enable*), pin 29

Merupakan sinyal pengontrol yang memperbolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus.

- EA / VPP (*External Access*), pin 31

Dapat diberikan logika rendah (*Ground*) atau logika tinggi (+5V). Jika diberikan logika tinggi maka mikrokontroller akan mengakses program dari ROM internal (*EEPROM / Flash Memory*), dan jika diberikan logika rendah maka mikrokontroller akan mengakses program dari memori eksternal.

- X-TAL 1 dan X-TAL 2, pin 19,18

Kaki ini dihubungkan dengan kristal bila menggunakan *osilator internal*. XTAL 1 merupakan *input inverting osilator amplifier* sedangkan XTAL 2 merupakan *output inverting osilator amplifier*.

2.1.4. Organisasi Memory.

Mikrokontoller AT89S51 memiliki ruang alamat memori data dan memori program yang terpisah. Pemisahan memori program dan memori data tersebut membolehkan memori data diakses dengan alamat 8-bit, sehingga dapat dengan cepat dan mudah disimpan dan dimanipulasi oleh CPU 8-bit. Namun demikian, alamat memori data 16-bit bisa juga dihasilkan melalui register DPTR.

2.1.4.1. Program Memory

Program memori hanya dapat dibaca, tidak dapat ditulis. Disini tersimpan program yang akan dijalankan oleh AT89S51 dan data-data konstanta. Sinyal pembacaan EPROM eksternal adalah dari pin-PSEN. Pada AT89S51 ada dua tipe organisasi memori dari program memori, yaitu :

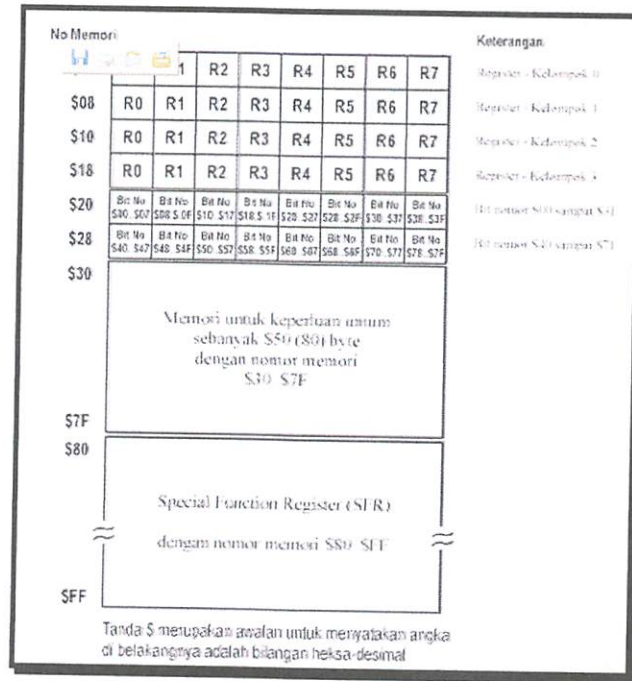
- Pengaksesan program memori sebagian berasal dari internal EPROM yang menempati alamat terendah dan alamat berikutnya dari EPROM eksternal. Sebagai contoh alamat 4 Kbyte program memori terendah adalah ROM internal dan alamat berikutnya adalah pada EPROM.
- Pengaksesan program memori yang semuanya dari eksternal EPROM.

2.1.4.2. Data Memori

Data memori menempati alamat yang terpisah dari program memori. Data memori merupakan tempat penyimpanan data variabel, operasi *stack*

dan sebagainya. Data memori dapat dibaca dan ditulis. Sinyal pembacaan untuk emsternal RAM berasal dari pin $-RD$ dan untuk penulisan berasal dari pin $-RW$.

Peta data memori digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Denah Memori Data AT89S51

Sumber: Data Memori MCS-51. www.alds.edu.com

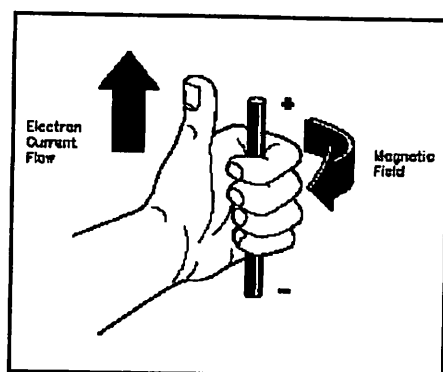
Alamat 00H-FFH merupakan alamat dari internal RAM yang dapat dialamatkan dalam dua mode. Pada alamat 00H-7FH dapat dialamatkan dalam *mode direct* maupun *indirect addressing*. Alamat 80H-FFH hanya dapat dialamatkan dalam *mode direct addressing*. Diluar alat tersebut merupakan alamat eksternal RAM. 32 byte terendah data memori terbagi atas 4 buah bank yang masing-masing terdiri atas 8 buah register. Kombinasi dari bank ini ditentukan oleh register PSW. Register-register tersebut adalah R0 sampai R7 yang menempati alamat 00H-1FH.

Diatasnya merupakan segmen bit *adresable* yang besarnya 16 byte, menempati alamat 20H sampai 2FH. Alamat berikutnya yaitu mulai 30H sampai 7FH dapat dipakai sebagai data RAM.

Setelah kondisi reset, kondisi baku register SP (*stack pointer*) akan menuju alamat 07H dan begitu program dijalankan isi register SP akan ditambah 1 (menunjuk ke alamat 08H). Dan ini merupakan register bank 1 register R0. Bila memakai lebih dari satu bank register maka SP harus diinisialisasikan kelokasi yang lain.

2.2 Motor DC

Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet. Arah medan magnet dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri. Ibu jari tangan menunjukkan arah aliran arus listrik sedangkan jari-jari yang lain menunjukkan arah medan magnet yang timbul, seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut :



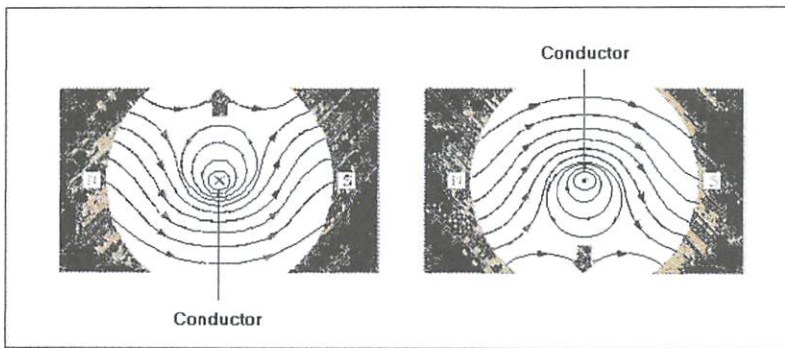
Gambar 2.4

Kaidah Tangan Kiri⁹⁾

Jika suatu konduktor yang dialiri arus listrik ditempatkan dalam sebuah medan magnet, kombinasi medan magnet akan ditunjukkan oleh gambar 2-4. Arah aliran arus listrik dalam konduktor ditunjukkan dengan tanda “x” atau “.”. Tanda “x” menunjukkan arah arus listrik mengalir menjauhi pembaca gambar, tanda “.”

menunjukkan arah arus listrik mengalir mendekati pembaca gambar

⁹⁾www.globalspec.com/FeaturedProducts/SearchResults?criteria=DC%20Motors



Gambar 2.5

Konduktor Berarus Listrik Dalam Medan Magnet ¹⁰⁾

Pada gambar sebelah kiri, arah medan magnet pada sisi atas yang dihasilkan oleh konduktor berlawanan dengan arah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Sementara pada sisi sebelah bawah, arah medan magnet yang dihasilkan oleh konduktor searah dengan arah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Dengan kata lain, pada sisi sebelah atas kerapatan fluks magnet lebih sedikit dari pada sisi sebelah bawah. Sebuah gaya dorong akan menyebabkan konduktor bergerak ke sisi sebelah atas.

Pada gambar sebelah kanan, arah medan magnet pada sisi atas yang dihasilkan oleh konduktor searah dengan arah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Sementara pada sisi sebelah bawah, arah medan magnet yang dihasilkan

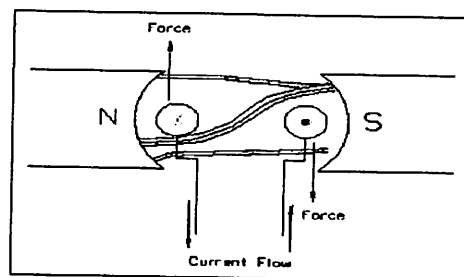
oleh konduktor berlawanan dengan arah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Dengan kata lain, pada sisi sebelah

¹⁰⁾www.globalspec.com/FeaturedProducts/SearchResults?criteria=DC%20Motors

bawah kerapatan fluks magnet lebih sedikit dari pada sisi sebelah atas. Sebuah gaya dorong akan menyebabkan konduktor bergerak ke sisi sebelah bawah.

Pada sebuah motor dc, konduktor dibentuk menjadi sebuah loop sehingga ada dua bagian konduktor yang berada didalam medan magnet pada saat yang sama, seperti diperlihatkan pada gambar 2-5.

Konfigurasi konduktor seperti ini akan menghasilkan distorsi pada medan magnet utama dan menghasilkan gaya dorong pada masing-masing konduktor. Pada saat konduktor di tempatkan pada rotor, gaya dorong yang timbul akan menyebabkan rotor berputar searah dengan jarum jam, seperti diperlihatkan pada gambar dibawah ini:

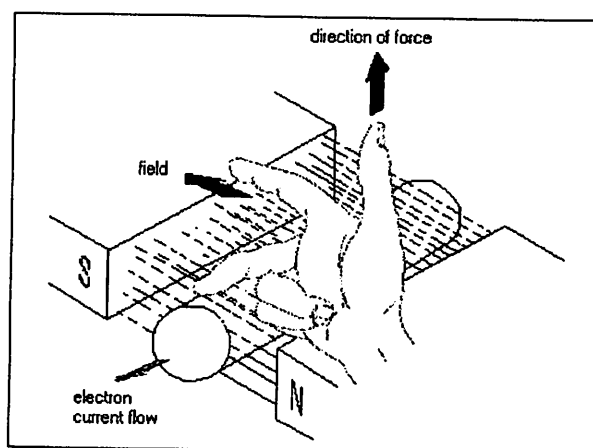


Gambar 2.6

Bergeraknya Sebuah Motor ¹¹⁾

¹¹⁾www.globalspec.com/FeaturedProducts/SearchResults?criteria=DC%20Motors

Sebuah cara lagi untuk menunjukkan hubungan antara arus listrik yang mengalir didalam sebuah konduktor, medan magnet dan arah gerak, adalah kaidah tangan kanan untuk motor seperti yang diperlihatkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.7

Kaidah Tangan Kanan Untuk Motor ¹²⁾

Kaidah tangan kanan untuk motor menunjukkan arah arus yang mengalir didalam sebuah konduktor yang berada dalam medan magnet. Jari tengah menunjukkan arah arus yang mengalir pada konduktor, jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet dan ibu jari menunjukkan arah gaya putar. Adapun besarnya gaya yang bekerja pada konduktor tersebut dapat dirumuskan dengan :

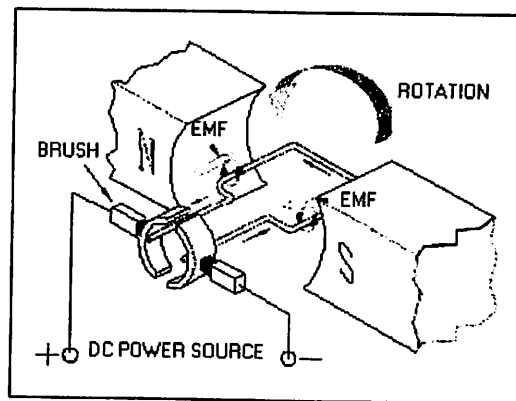
$$F = B \times I \times L \quad (\text{Newton})$$

¹²⁾ www.globalspec.com/FeaturedProducts/SearchResults?criteria=DC%20Motors

Dimana : B = kerapatan fluks magnet (weber)

L = panjang konduktor (meter)

I = arus listrik (ampere)



Gambar 2.8

Konstruksi Dasar Motor DC ¹³⁾

Pada gambar diatas tampak sebuah konstruksi dasar motor dc, pada gambar diatas terlihat bahwa pada saat terminal motor diberi tegangan dc, maka arus elektron akan mengalir melalui konduktor dari terminal negatif menuju ke terminal positif. Karena konduktor berada diantara medan magnet, maka akan timbul medan magnet juga pada konduktor yang arahnya seperti terlihat pada gambar diatas. Arah garis

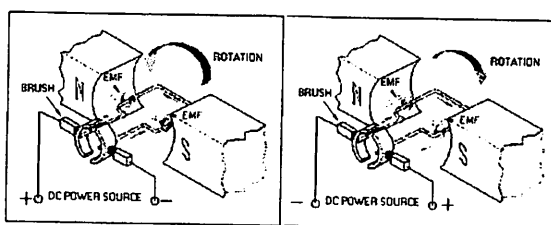
gaya medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen adalah dari kutub utara menuju ke selatan. Sementara pada konduktor yang dekat dengan kutub selatan, arah garis gaya magnet disisi sebelah bawah searah dengan garis gaya magnet permanen.

¹³⁾ www.globalspec.com/FeaturedProducts/SearchResults?criteria=DC%20Motors

Sedangkan di sisi sebelah atas arah garis gaya magnet berlawanan arah dengan garis gaya magnet permanen. Ini menyebabkan medan magnet disisi sebelah bawah lebih rapat daripada sisi sebelah atas. Dengan demikian konduktor akan terdorong ke arah

atas. Sementara pada konduktor yang dekat dengan kutub utara, arah garis gaya magnet disisi sebelah atas searah dengan garis gaya magnet permanen sedangkan di sisi sebelah bawah arah garis gaya magnet berlawanan arah dengan garis gaya magnet permanen. Ini menyebabkan medan magnet disisi sebelah atas lebih rapat daripada sisi sebelah bawah. Dengan demikian konduktor akan terdorong ke arah bawah. Pada akhirnya konduktor akan membentuk gerakan berputar berlawanan dengan jarum jam seperti terlihat pada gambar diatas.

2.21. Pengendalian Arah Putaran Motor DC



Gambar 2.9

Arah Putaran Motor DC ¹¹⁾

Dari gambar diatas, agar arah putaran motor dc berubah, maka polaritas tegangan pada terminal motor harus dibalik.

¹⁴⁾ www.globalspec.com/FeaturedProducts/SearchResults?criteria=DC%20Motors

2.3 Pompa

Pompa disini dipergunakan sebagai pemompa air. Apabila sensor menangkap ada botol yang lewat maka pompa tersebut mendapatkan inputan tegangan dan dengan segera pompa ini bekerja secara otomatis memompa air yang di isikan ke

dalam botol. Jika sensor elektrode menyentuh air maka pompa akan berhenti secara otomatis.

2.4.ptocoupler

2.4.1.Laser Diode

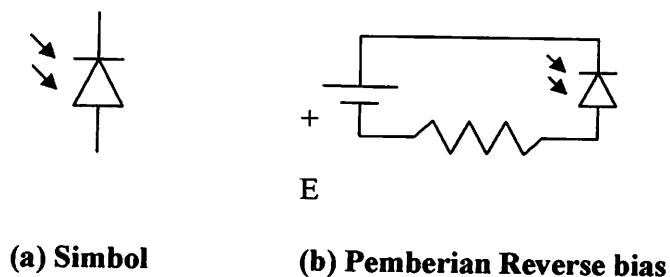
Sinar laser (*Light Amplification By Stimulated Emission Of Radiation*) merupakan cahaya yang intensitasnya digandakan dan difokuskan pada arah tertentu. Sinar laser bersifat koheren dan mempunyai intensitas yang sangat tinggi. Tahun 1960 untuk pertama kalinya sinar laser He-Ne di demontrasikan oleh Javan, Bennet dan Heriot. Setelah itu berkembang sinar laser jenis gas seperti kripton dan sinar laser jenis zat cair seperti laser dyne. Salah satu dari jenis laser adalah laser diode atau disebut juga laser injeksi, karena pemompaannya dilakukan dengan injeksi arus listrik lewat sambungan PN semikonduktornya. Jadi laser ini tidak lain adalah sebuah diode dengan bias maju biasa.

Laser semikonduktor yang pertama diciptakan secara bersamaan oleh tiga kelompok pada tahun 1962. Mereka adalah R.H. Rediker dkk. (Lincoln Lab, MIT), M.I. Nathan dkk. (Yorktown Heights, IBM) dan R.N. Hall dkk. (General Electric Research Lab.). Diode-diode yang digunakan adalah galiun arsenida-flosofida GaAsP (sinar-tampak merah). Proses laser jenis ini mirip dengan kerja LED biasa. Pancaran fotonnya disebabkan oleh bergabungnya kembali elektron dan lubang (hole) di daerah sambungan PN-nya.

2.4.2 PhotoDioda

Photodiode adalah diode yang dirancang khusus untuk mendeteksi cahaya. Simbol dari photodiode dapat dilihat pada gambar 2.2. Energi cahaya lewat melalui lensa dan dikumpulkan menjadi satu titik sehingga jatuh pada sambungan P dan N. Photodiode dirancang dengan beroperasi pada bias mundur, pada alat ini arus bocor bias mundur meningkat sebanding dengan peningkatan cahaya. Harga arus umumnya adalah dalam rentang mikroampere. Keuntungan dari photo-dioda adalah mempunyai respon waktu yang cepat terhadap cahaya.

PhotoDiode merupakan sambungan *pn* yang dirancang untuk beroperasi bila dibiaskan dalam arah terbalik, seperti yang tampak pada gambar 2-26 ketika energi cahaya dengan panjang gelombang yang benar jatuh pada sambungan PhotoDiode arus akan mengalir apabila sambungan dioda ini mendapatkan cahaya dan arusnya sebanding dengan intensitas cahaya itu. Jika dioda tidak ada arus yang mengalir maka dioda dalam keadaan *Cut OFF* dan jika ada arus yang mengalir maka dioda dalam keadaan *saturasi*. Adapun symbol dari photodiode ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2.10. Photo Dioda ¹⁶⁾

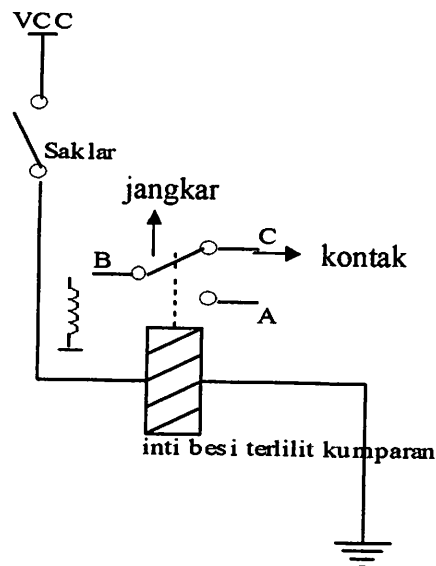
2.5. Solenoid

Solenoid adalah alat elektromekanis yang bisa merubah energi listrik menjadi energi mekanis. Kontruksi solenoid secara umum mencakup suatu rumah yang terbuat dari besi yang berintikan besi dikelilingi oleh kumparan atau lilitan dari suatu frame besi. Pluger atau nrumah bergerak dalam kondisi keadaan non magnetis. Yang juga memungkinkan suatu kerja mekanis karena terjadi suatu induksi dari kumparan arus (I) melalui kumparan pembangkit medan magnet atau tegangan membentuk loop disekitar lilitan frame besi dengan permeabilitas magnetisnya yang tinggi, membantu untuk membentuk fluk magnetik dan menimbulkan rangkaian magnetik. Dalam suatu kondisi rangkaian listrik loop tertutup yang mungkin bagian arus listrik. Rangkaian magnet bditunjukkan oleh garis putus-putus untuk menyediakan bagian flug magnet, yang mengalir melalui frame,pluges,stop. Timbulnya medan magnet menimbulkan frame inti besi dan pluges magnetisasi dari materi inti besiterjadi ketika menginduksi materi pada tepi magnet.yang terotorisasi atau terletak pada taraf yang sama,sehingga menyediakan suatu bagian bereaktansi rendah bagi fluk magnet. Continuitas magnet celah yang dihasilkan ketika bagian besar pluges menjadi terpolarisasi karena terpengaruh suatu penggerak,berlaku sebagai kutub utama di bagian atas daroi stop sebagai kutub selatan.tipe dari polarisasi dan magnetik ini menimbulkan aktifitas dari stop sebagai kutub selatan. Tipe dari polarisasi dan magnetik ini menimbulkan aktifitas dari stop dan pluges. Dimana bergerak bebas secara aksial.

2.6. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang terdiri dari sebuah lilitan kawat (kumparan/koil) yang terlilit pada sebuah inti besi lunak. Jika kumparan dialiri oleh arus listrik, maka inti besi akan menjadi magnet dan menarik pegas sehingga kontak AB terhubung dan BC terputus, begitu juga sebaliknya.

¹⁵⁾ www.Dasarelektronika.com/FeaturedProducts/SearchResults?criteria=Relay



Gambar 2.11 Cara Kerja Relay¹⁵⁾

Hal-hal yang perlu diketahui dari relay:

1. Tahanan kumparan

Besarnya tahanan kumparan ditentukan oleh tebal kawat yang dipakai dan banyaknya lilitan

2. Kuat arus yang diperlukan untuk menggerakkan relay

Relay dengan perlawanan kecil memerlukan arus yang besar, daripada relay dengan perlawanan besar akan memerlukan arus yang kecil.

3. Tegangan untuk menggerakkan relay
4. Daya yang dipakai oleh relay
5. Banyaknya kontak pada relay

Relay merupakan suatu alat untuk menghubungkan atau memutuskan kontak antara komponen yang satu dengan yang lain. Dalam memutus atau menghubungkan kontak digerakkan oleh fluksi yang timbul akibat adanya magnet listrik. Jadi fluksi inilah yang menghubungkan atau memutuskan kontak dan antara kumparan dengan bagian saklar tidak ada hubungan listrik.

Ada beberapa jenis susunan kontak relay dimana semuanya terisolasi terhadap arus listrik yang ada didalam kumparan. Jenis susunan kontak sebagai berikut:

- *Normally Open (Normal Terbuka)*

Yaitu kontak-kontak tertutup pada saat kumparan relay dialiri arus

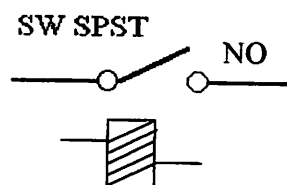
- *Normally Close (Normal Tertutup)*

Yaitu kontak-kontak terbuka pada saat kumparan relay dialiri arus

Macam-macam relay yaitu:

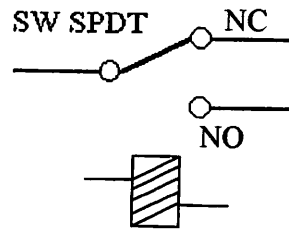
1. SPST (*Single Pin Single Terminal*)
- 2.

Simbol Relay SPST



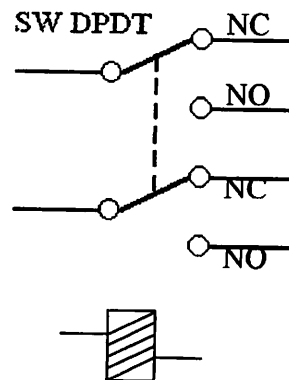
Gambar 2.12. Jenis Relay SPST¹⁵

3. SPDT (*Single Pin Dual Terminal*)
 Simbol Relay SPDT



Gambar 2.13. Jenis Relay SPDT¹⁵⁾

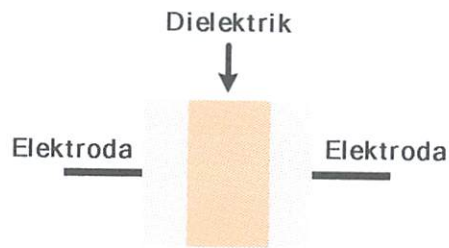
4. DPDT (*Dual Pin Dual Terminal*)
 Simbol Relay DPDT



Gambar 2.14 Jenis Relay DPDT¹⁵⁾

2.7.Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik.



Gambar 2.15 : Prinsip Dasar Kapasitor

¹ Sumber: Diktat jadi Dasar Elektronika D3¹⁶⁾

Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutup negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutup positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini "tersimpan" selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.

2.7.1 Kapasitansi

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1

Coulomb = 6.25×10^{18} elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulombs. Dengan rumus dapat ditulis :

$$Q = C.V \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana : Q = muatan elektron dalam C (coulombs)

C = nilai kapasitansi dalam F (farads)

V = besar tegangan dalam V (volt)

Dalam praktek pembuatan kapasitor, kapasitansi dihitung dengan mengetahui luas area plat metal (A), jarak (t) antara kedua plat metal (tebal dielektrik) dan konstanta (k) bahan dielektrik.

Dengan rumusan dapat ditulis sebagai berikut :

$$C = (8.85 \times 10^{-12}) (k A/t) \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Berikut adalah tabel contoh konstanta (k) dari beberapa bahan dielektrik yang disederhanakan :

Tabel 2-3

Konstanta K Bahan Dielektrik

Udara vakum	k = 1
Aluminium oksida	k = 8
Keramik	k = 100 – 1000
Gelas	k = 8
Polyethylene	k = 3

Untuk rangkaian elektronik praktis, satuan farads adalah sangat besar sekali. Umumnya kapasitor yang ada di pasar memiliki satuan **μF (10^{-6} F)**, **nF (10^{-9} F)** dan **pF (10^{-12} F)**. Konversi satuan penting diketahui untuk memudahkan membaca besaran sebuah kapasitor. Misalnya $0,047\mu\text{F}$ dapat juga dibaca sebagai 47nF , atau contoh lain $0,1\text{nF}$ sama dengan 100pF .

2.8 Dioda

Dioda termasuk komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor. Beranjak dari penemuan dioda, para ahli menemukan juga komponen turunan lainnya yg unik.

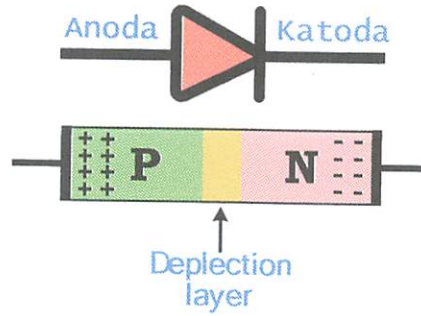
Dioda memiliki fungsi yang unik yaitu hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Struktur dioda tidak lain adalah sambungan semikonduktor P dan N. Satu sisi adalah semikonduktor dengan tipe P dan satu sisinya yang lain adalah tipe N. Dengan struktur demikian arus hanya akan dapat mengalir dari sisi P menuju sisi N.

2.8.1 Sambungan dan Bias Pada Dioda

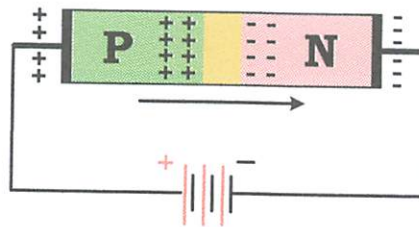
Gambar 5.1 adalah ilustrasi di atas menunjukkan sambungan P-N dengan sedikit porsi kecil yang disebut lapisan *depleksi (depletion layer)*, dimana terdapat keseimbangan *hole* dan *elektron*. Seperti yang sudah diketahui, pada sisi P banyak terbentuk *hole-hole* yang siap menerima elektron sedangkan di sisi N banyak terdapat elektron-elektron yg siap untuk bebas.

Pada gambar 5.2, jika diberi bias positif, dengan arti kata memberi tegangan potensial sisi P lebih besar dari sisi N, maka elektron dari sisi N dengan serta merta akan bergerak untuk mengisi *hole* di sisi P. Tentu kalau elektron mengisi *hole* disisi P,

maka akan terbentuk *hole* pada sisi N karena ditinggal elektron. Ini disebut aliran *hole* dari P menuju N. Kalau menggunakan terminologi arus listrik, maka dikatakan terjadi aliran listrik dari sisi P ke sisi N.

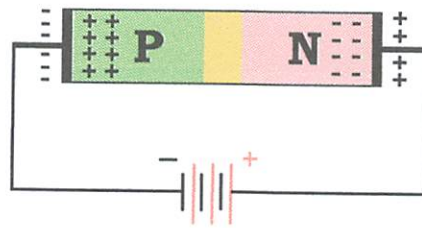


Gambar 2.16 : Simbol Dan Struktur Dioda¹⁶⁾



Gambar 2.17. : Dioda Dengan Bias Maju¹⁶⁾

Pada gambar 5.3, jika sebaliknya apakah yang terjadi jika polaritas tegangan dibalik yaitu dengan memberikan bias negatif (*reverse bias*). Dalam hal ini, sisi N mendapat polaritas tegangan lebih besar dari sisi P.



Gambar 2.18. : Dioda Dengan Bias Negatif¹⁶⁾

Tentu tidak akan terjadi perpindahan elektron atau aliran *hole* dari P ke N maupun sebaliknya. Karena baik *hole* dan elektron masing-masing tertarik ke arah kutub berlawanan. Bahkan lapisan depleksi (*depletion layer*) semakin besar dan menghalangi terjadinya arus. Demikian bagaimana dioda hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Dengan tegangan bias maju yang kecil saja dioda sudah menjadi konduktor. Tidak serta merta diatas 0 volt, tetapi memang tegangan beberapa volt diatas nol baru bisa terjadi konduksi. Ini disebabkan karena adanya dinding depleksi (*depletion layer*). Untuk dioda yang terbuat dari bahan Silikon tegangan konduksi adalah diatas **0,7 volt**. Kira-kira **0,2 volt** batas minimum untuk dioda yang terbuat dari bahan Germanium.

Sebaliknya untuk bias negatif dioda tidak dapat mengalirkan arus, namun memang ada batasnya. Sampai beberapa puluh bahkan ratusan volt baru terjadi **breakdown**, dimana dioda tidak lagi dapat menahan aliran elektron yang terbentuk di lapisan depleksi.

Potensial bias negatif atau mundur dapat ditingkatkan hingga mencapai tegangan break-down negatif yang sesuai dengan rating dioda tertentu. Tegangan breakdown negatif biasanya jauh lebih tinggi dari nilai ambang tegangan maju. Sebuah dioda yang tipikal memiliki nilai ambang tegangan maju sebesar 0,7 Volt dan

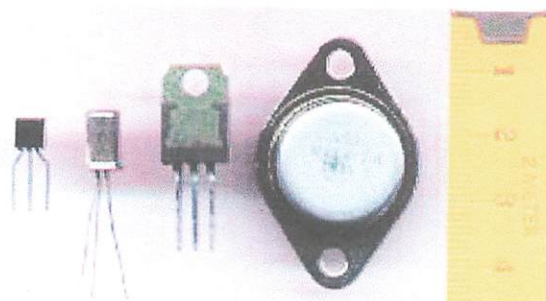
tegangan breakdown negatif sebesar 200 Volt. Jika nilai yang kedua dilampaui, dioda akan mengalami kerusakan. Perlu juga diperhatikan, apabila dioda dirancang sebagai rectifier, produsen seringkali mencantumkan nilai PIV (Peak inverse voltage atau tegangan balik puncak).

2.9. Transistor

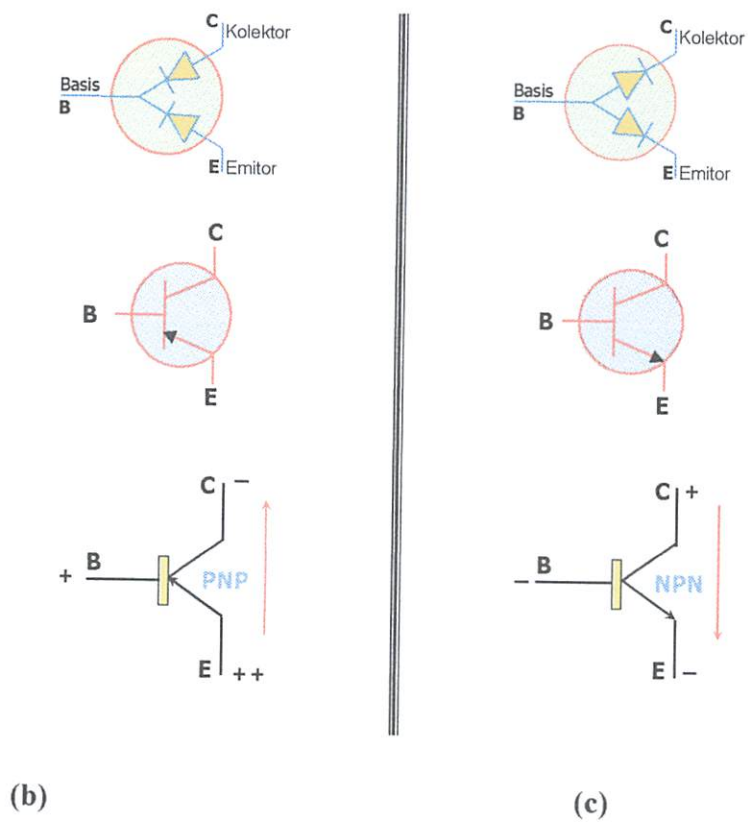
Transistor merupakan dioda dengan dua sambungan (*junction*). Sambungan itu membentuk transistor PNP maupun NPN. Ujung-ujung terminalnya berturut-turut disebut emitor, basis dan kolektor. Basis selalu berada di tengah, di antara emitor dan kolektor. Transistor ini disebut "*Transistor Bipolar*" (bi = 2 dan polar = kutup), karena struktur dan prinsip kerjanya tergantung dari perpindahan elektron di kutup negatif mengisi kekurangan elektron (hole) di kutup positif. Adalah William Schockley pada tahun 1951 yang pertama kali menemukan transistor bipolar.

2.9.1 Pengertian Secara Elektronik

Transistor adalah suatu konduktor yang dibuat dari pertemuan *P* dan *N*. Pada Transistor terdapat 3 buah terminal yaitu : **EMITOR, BASIS dan KOLEKTOR**. Transistor seakan-akan dibentuk dari penggabungan dua buah dioda. Dioda satu dengan yang lain saling digabungkan dengan cara menyambungkan salah satu dioda yang senama. Dengan cara penggabungan seperti ini dapat diperoleh dua buah dioda sehingga menghasilkan transistor *PNP* (gb.7.1b) dan *NPN* (gb.7.1c). Untuk bentuk fisiknya dapat dilihat pada gambar 7.1a.



Gambar 2.19 : Bentuk Fisik Transistor PNP dan NPN¹⁶⁾



Gambar 2.20 : Transistor PNP dan NPN¹⁶⁾

Anak panah di dalam simbol transistor memberi banyak t :

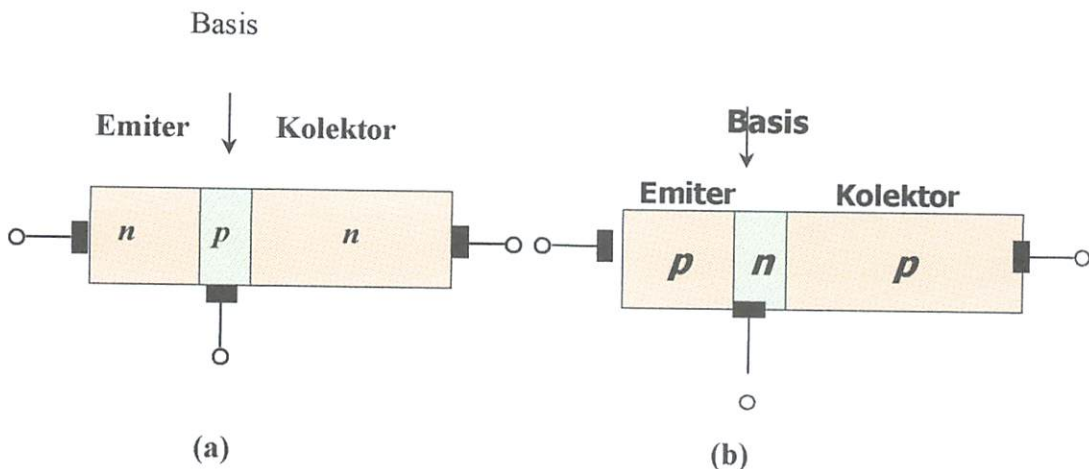
① Untuk Transistor PNP

- Basis harus negatif terhadap emiter atau kurang positif terhadap emiter.
- Emiter harus positif terhadap kolektor. Arus mengalir dari + ke -.

② Untuk Transistor NPN

- Basis harus positif terhadap emiter atau kurang negatif terhadap emiter.
- Kolektor harus positif terhadap emitter

TIGA DAERAH DOPING



Gambar 2.21 : Tiga Daerah Transistor¹⁶⁾

Transistor pada gambar 7.2.a mempunyai dua junction, yang satu adalah antara Emiter dan Basis, dan yang lain antara Basis dan Kolektor. Karenanya transistor seperti dua dioda. Dioda sebelah kiri disebut sebagai Dioda Basis-Emiter atau singkatnya *Dioda Emiter*, sedangkan sebelah kanan adalah Dioda Basis-Kolektor atau *Dioda Kolektor*.

Sedangkan kemungkinan yang lain adalah : Transistor *PNP* adalah komplemen dari transistor *NPN*, yang berarti pada transistor PNP diperlukan arus dan tegangan yang berlawanan.

Akan dijelaskan kemudian, transistor adalah komponen yang bekerja sebagai sakelar (*switch on/off*) dan juga sebagai penguat (*amplifier*). Transistor bipolar adalah inovasi yang menggantikan transistor tabung (*vacum tube*). Selain dimensi transistor bipolar yang relatif lebih kecil, disipasi dayanya juga lebih kecil sehingga dapat bekerja pada suhu yang lebih dingin. Dalam beberapa aplikasi, transistor tabung masih digunakan terutama pada aplikasi audio, untuk mendapatkan kualitas suara yang baik, namun konsumsi dayanya sangat besar. Sebab untuk dapat melepaskan elektron, teknik yang digunakan adalah pemanasan filamen seperti pada lampu pijar.

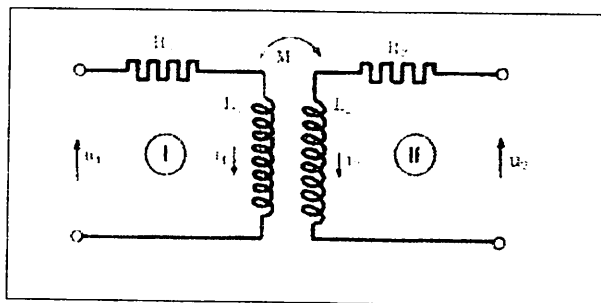
2.10.Transformator

Transformator adalah peralatan listrik statis yang dapat memindahkan daya listrik dari kumparan primer ke kumparan sekunder dengan tegangan dan arus yang berubah atau tetap. Proses pemindahan daya didasarkan pada tegangan dan arus dalam rangkaian primer yang diinduksikan ke rangkaian sekunder.

2.10.1.Induktansi Bersama

Transformator merupakan gabungan tak langsung antara dua atau lebih rangkaian, khususnya dengan gabungan atau hubungan magnet (Kadir, Abdul, 1989).

Gambar 2.1. memperlihatkan rangkaian pengganti transformator dengan kumparan pertama disebut kumparan primer dan kumparan kedua sebagai kumparan sekunder.



Gambar 2.22 Rangkaian Pengganti Transformator

Sumber: Kadir, A., 1989

Dengan adanya hubungan magnet ditetapkan definisi “induksi timbal balik atau induksi magnet M ” sebagai berikut:

$M =$ fluks terbagung oleh kumparan kedua karena arus yang mengalir kumparan pertama/fluks terbagung oleh kumparan pertama karena arus yang mengalir kumparan kedua.

Menurut hukum Faraday “suatu tegangan (V) dapat diimbaskan ke suatu kumparan (L) yang mengandung fluks magnet yang berubah menurut waktu, tanpa memandang sumber fluksnya” (Mismail, Budiono:1997). Dan diberikan oleh persamaan

$$V = L \frac{di}{dt} \quad (2.1)$$

Pada gambar 2.1. Arus i_1 menghasilkan fluks magnet ϕ_{11} yang diberikan oleh :

$$\phi_{11} = \phi_{L1} + \phi_{21} \quad (2.2)$$

Dengan ϕ_{L1} adalah fluks i_1 yang meliputi kumparan primer tetapi tidak meliputi kumparan sekunder, disebut fluks bocor. ϕ_{21} adalah fluks i_1 yang meliputi baik kumparan primer maupun sekunder, disebut fluks bersama.

Dalam suatu induktor linier diasumsikan fluks dalam setiap kumparan meliputi semua lilitan kumparan tersebut. Karena kutub sekundernya dalam keadaan hubung terbuka maka tidak ada arus yang mengalir pada kumparan sekunder, dengan demikian tegangan di kutub sekunder diberikan oleh :

$$V_2 = N_2 \frac{d\phi_{21}}{dt} \quad (2.3)$$

Dengan M_{21} adalah induktansi bersama dengan satuan Henry (H), tegangan sekunder terbuka diberikan oleh :

$$V_2 = M_{21} \frac{di_1}{dt} \quad (2.4)$$

Sedangkan untuk tegangan pada kumparan primer diberikan oleh persamaan :

$$V_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} = N_1 \frac{d\phi_2}{dt} \quad (2.5)$$

Dan dengan M_{12} Induktansi bersama pada sisi primer, maka tegangan primer rangkaian terbuka adalah:

$$V_1 = M_{12} \frac{di_2}{dt} \quad (2.6)$$

Dengan $M = M_{12} = M_{21}$

Dengan memasukkan persamaan (2.1), (2.2), (2.3), (2.4), (2.5), dan (2.6) maka untuk rangkaian pengganti transformator pada gambar 2.1. dapat diturunkan persamaan model matematis transformator sebagai berikut :

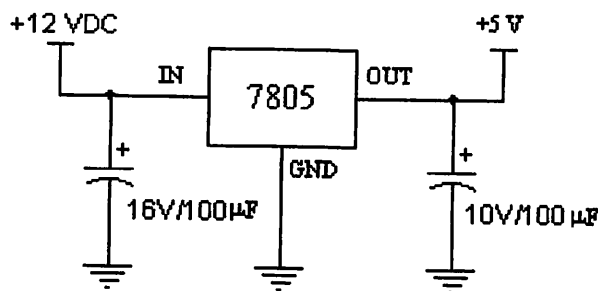
$$u_1 = V_1 = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} \quad (2.7)$$

$$u_2 = V_2 = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} \quad (2.8)$$

2.11. LM 7805 Regulator Tegangan Positif dengan 3-Terminal

Regulator Tegangan berfungsi membatasi dan menyetabilkan tegangan.

Misal 7805C akan mengeluarkan tegangan 5VDC dan arus 1A.



Gambar 2.23. Regulator LM7805

(Sumber: Data Sheet Book 1, 1985)

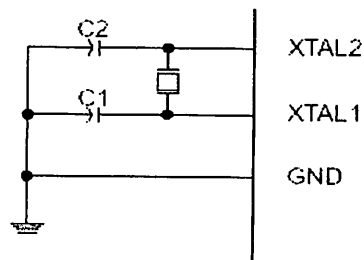
Tabel 2.4.
Karakteristik Elektrik 78XX

Tipe	Uout (V)	Iout (A)			Uin (V)	
		78XXC	78LXX	78MXX	min	mac
7805	5	1	0,1	0,5	7,5	20
7806	6	1	0,1	0,5	8,6	21

7808	8	1	0,1	0,5	10,6	23
7810	10	1	0,1	0,5	12,7	25
7812	12	1	0,1	0,5	14,8	27
7815	15	1	0,1	0,5	18	30
7818	18	1	0,1	0,5	21	33
7824	24	1	0,1	0,5	27,3	38

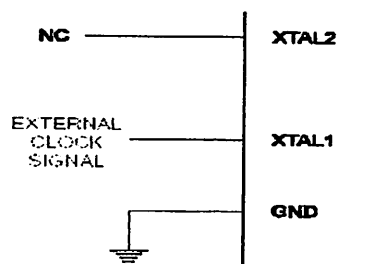
2.12. Osilator Kristal

XTAL1 dan XTAL2 adalah input dan output dari inverting amplifier yang dapat dikonfigurasi untuk digunakan sebagai osilator di dalam chip.



Gambar 2.24. Koneksi Osilator¹

Untuk menjalankan dari sumber clock eksternal XTAL2 tidak terhubung ke XTAL1 seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.25 Konfigurasi Drive External Clock²

¹ Sumber: *Data Sheet ATmega8515L*, Atmel Corporation 2005. All rights reserved

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

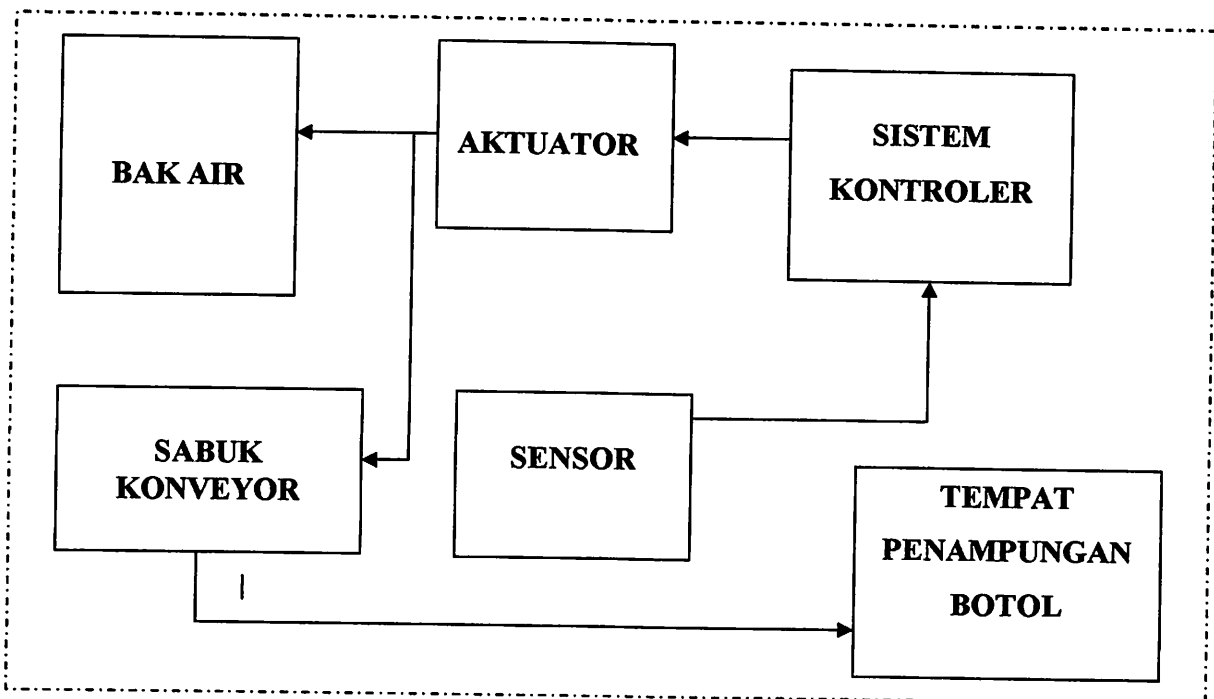
3.1 Pendahuluan

Dalam bab ini akan dibahas tentang perancangan dan pembuatan alat yang meliputi :

- Perancangan perangkat keras (*Hardware*)
- Perancangan perangkat lunak (*Software*)

3.2. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras

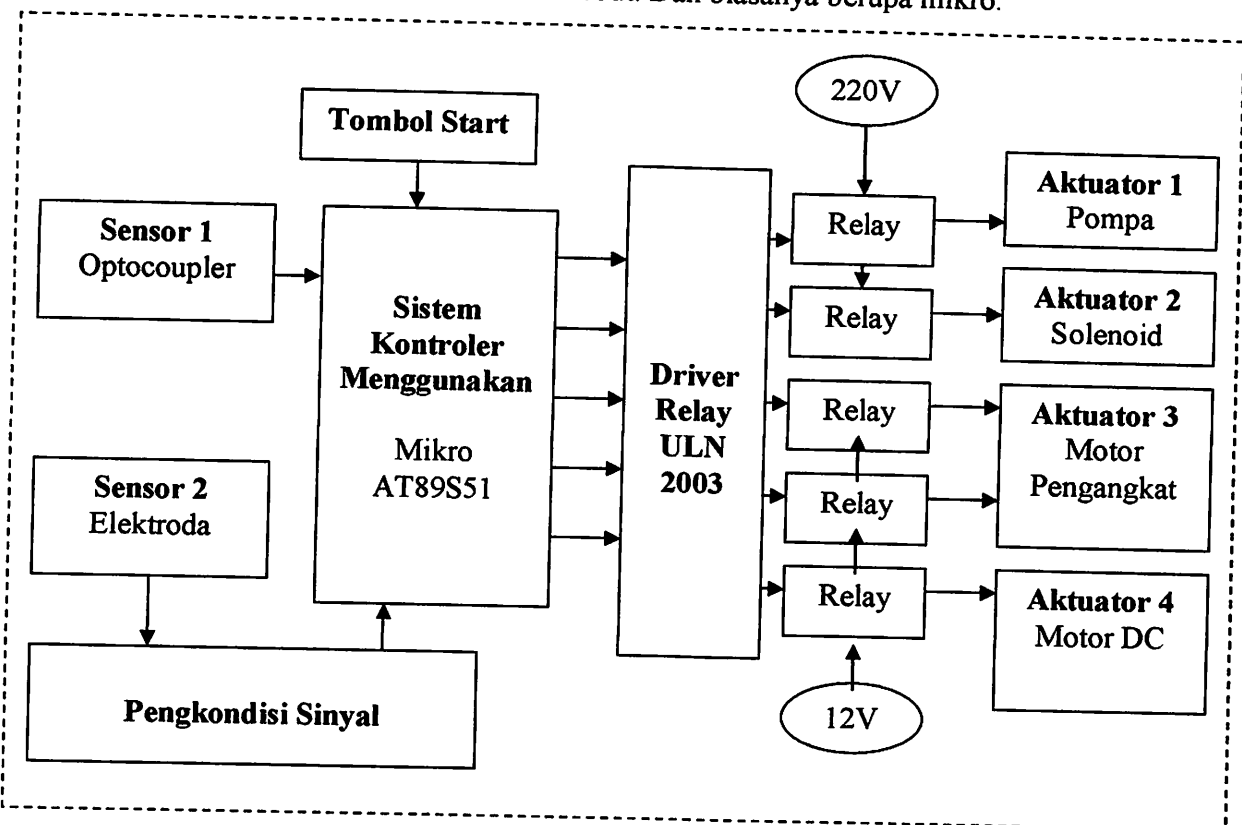
Pada perencanaan dan pembuatan perangkat keras ini dapat dijelaskan melalui blok diagram di bawah ini:



**Gambar 3.1. Blok Diagram Secara Umum
Alat Pengontrol Konveyor Untuk Pengisian Air Dalam Botol Dengan
Menggunakan Mikrokontroler AT89S51**

Fungsi dari masing-masing blok adalah sebagai berikut:

- ❖ *Aktuator* adalah komponen penggerak. Jenis aktuator yang digunakan pada alat ini adalah :
- ❖ *Sensor* adalah komponen berbasis instrumentasi yang berfungsi sebagai pemberi informasi tentang berbagai keadaan. Sensor yang digunakan pada alat ini adalah :
- ❖ *Bak Air* berfungsi sebagai tempat penampungan air.
- ❖ *Sabuk Konveyor* berfungsi sebagai tempat bantalan botol untuk berjalan.
- ❖ *Tempat Penampungan Botol* adalah tempat untuk menampung botol setelah pengisian selesai.
- ❖ *Sistem Kontroler* adalah adalah suatu sistem yang berfungsi sebagai penendali utama dari alat tersebut. Dan biasanya berupa mikro.



Gambar 3.2. Blok Diagram Sistem Kontroler

Alat Pengontrol Konveyor Untuk Pengisian Air Dalam Botol Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT89S51

Fungsi dari masing-masing blok adalah sebagai berikut:

- ***Motor DC***
adalah Peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Pada alat ini motor dc berfungsi untuk menggerakkan sabuk konveyor.
- ***Motor Pengangkat***
berfungsi untuk mengatur naik turun dari lubang pengisian.
- ***Pompa***
Berfungsi untuk memompa air yang yang diisikan kedalam botol.
- ***Solenoid Valve***
adalah peralatan mekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik . pada alat ini solenoid valve digunakan untuk membuka katup otomatis jika dialiri listrik.
- ***Optocoupler***
merupakan Sensor berbasis transmitter dan receiver (laser- Photodiode) infrared. Sensor berbasis secara biner yang outputnya dapat menyatakan ada(1) atau tidak ada objek /halangan atau tidak.
- ***Elektroda***
merupakan sensor air yang berfungsi untuk mendeteksi apakah air dalam kondisi penuh ataupun belum. Sensor ini terdapat dua lempengan besi yang berfungsi sebagai sensornya.
- ***Pengkondisi sinyal***
Berfungsi untuk mengkondisikan tegangan sinyal inputan yang keluar dari sensor supaya dapat dibaca oleh Mikrokontroler AT89S51
- ***Mikrokontroler AT89S51***
Berfungsi sebagai pemberi perintah pada konveyor dan untuk merekam data botol yang telah terisi
- ***Driver Relay ULN2003***
Merupakan rangkaian yang berfungsi untuk men-drive kerja dari alat sesuai dengan perintah dari Mikrokontroler AT89S51.

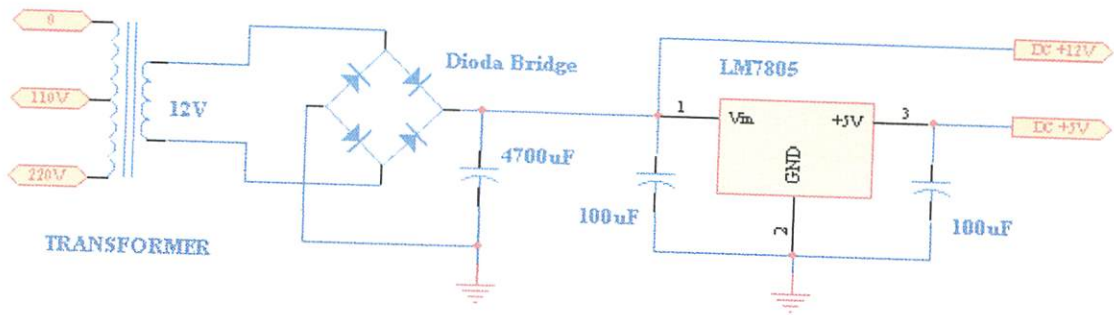
3.2.1. Prinsip Kerja Alat

Di dalam konveyor sendiri terdapat blok diagram sub sistem. Di antaranya adalah motor, berfungsi untuk menjalankan konveyor yang lamanya dapat dikontrol langsung dari Mikrokontroler AT89S51, motor ini dikendalikan oleh sebuah driver. Driver yang menggunakan sebuah IC yaitu ULN 2003. Blok selanjutnya adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi botol yang lewat, jika ada botol yang lewat maka akan dideteksi oleh sensor dan datanya dikirim ke Mikrokontroler dan diolah menjadi sebuah instruksi baru. Kemudian memerintahkan motor konveyor untuk berhenti. Dan Solenoid akan bekerja sesuai dengan instruksi dari Mikrokontroler sesuai data yang telah diperoleh dari sensor. solenoid adalah alat elektromekanis yang bisa mengubah energi listrik menjadi energi mekanis. Energi mekanis ini yang nantinya dimanfaatkan untuk pengisian air di dalam botol. Pompa berfungsi untuk memompa air yang akan diisikan ke dalam botol. Apabila air sudah terisi penuh sesuai perintah dari Mikrokontroler maka Pompa akan berhenti mengisi dan motor pengangkat naik. Dan begitu seterusnya.

3.2.2. Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya panel kontrol dapat dibuat seringkak mungkin. Pada perancangan catu daya dibuat dengan beberapa komponen antara lain sebuah transformator stepdown 220V/12 bukan CT dengan kapasitas 1A, rangkaian jembatan penyearah, kapasitor perata tegangan, IC regulator tegangan LM7805 .

Rangkaian catu daya ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.3. Rangkaian Catu Daya

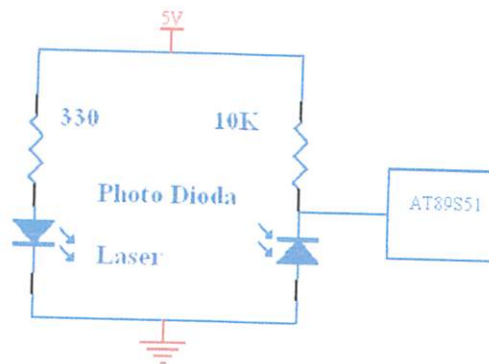
Sebagai penstabil tegangan keluaran menggunakan IC. Dan IC 7805 digunakan untuk mengatur tegangan keluaran 5 Volt DC.

Harga masing-masing komponen:

- LM 7805
- C4700 $\mu\text{F}/16\text{V}$
- C100 $\mu\text{F}/16\text{V}$
- C100 nF
- Dioda Bridge 1A
- Trafo 1A

3.2.3. Rangkaian Optocoupler

Photodiode di sini berfungsi sebagai pendeteksi botol jika ada botol yang lewat maka akan memotong cahaya infra merah yang masuk ke photodiode dan resistansi photodiode akan naik sehingga arus yang akan mengalir ke Mikrokontroler AT89S51.



Gambar 3.4. Rangkaian Optocoupler

Pada perancangan dan pembuatan perangkat keras di sini, di mana sumber tegangan V_{cc} yang dipakai sebesar 5V dan agar Laser dapat memancarkan sinarnya diperlukan arus sebesar 15mA. Sehingga R dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V = I \cdot R$$

Di mana V = sumber tegangan

I = arus

R = hambatan

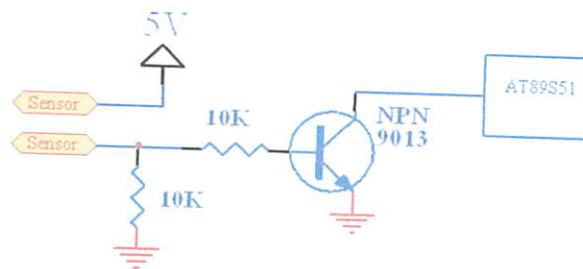
Pada Infra merah

$$\begin{aligned} R &= V_{cc} / I_{IR} \\ &= 5 / 15 \times 10^{-3} \\ &= 333 \Omega \end{aligned}$$

Karena hambatan 333Ω di pasaran tidak ada, maka digunakan hambatan yang mendekati, yaitu 330Ω . Sedangkan pada photodiode diperlukan arus sebesar 0.5mA sehingga besarnya R dapat dihitung:

$$\begin{aligned} R &= V_{cc} / I_{pd} \\ &= 5 / 0.5 \times 10^{-3} \\ &= 10\text{k}\Omega \end{aligned}$$

3.2.4. Rangkaian Penguat Tegangan Elektroda



Gambar 3.5. Rangkaian Penguat Elektroda

Tegangan yang dihasilkan oleh sensor elektroda masih terlalu kecil, maka diperlukan sebuah penguatan untuk dapat dibaca oleh Mikrokontroler AT89S51. Untuk penguatan digunakan Tr NPN 9013 yang merupakan buffer untuk inputan ke Mikrokontroler AT89S51.

Dari data sheet transistor (C9013) diketahui $H_{fe}=64$, $I_c=100\text{mA}$. Tegangan masukan basis merupakan keluaran mikrokontroler, sehingga masukan basis untuk level high minimum 2V , tegangan $V_{BE}=0,7\text{V}$. Maka untuk menghasilkan kejenuhan, besarnya R_B adalah :

$$R_B = (V_{CC} - V_{BE}) / I_B$$

Nilai I_B dapat dicari melalui rumus :

$$I_B = I_C / H_{fe}$$

$$= 100 \cdot 10^{-3} / 64$$

$$I_B = 1,56 \text{ mA}$$

Setelah I_B didapatkan maka nilai R_B dapat dicari :

$$R_B = (5 - 0,7) / 1,56 \cdot 10^{-3}$$

$$= 2,76 \cdot 10^3$$

$$R_B = 2,76 \text{ k}\Omega$$

3.2.5. Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler AT89S51

Rangkaian sistem minimum dari mikrokontroler AT89S51 terdiri dari rangkaian clock dan reset. Rangkaian tersebut tersusun dari komponen-komponen 3 buah kapasitor, 1 buah IC mikrokontroler, sebuah resistor dan sebuah kristal atau resonator keramik. Rangkaian kapasitor dan kristal atau resonator keramik digunakan sebagai rangkaian pembangkit internal clock generator yang terdapat pada AT89S51.

Nilai kapasitansi ditentukan sesuai dengan jenis oscilator yang digunakan, yaitu:

$$C1 \text{ dan } C2 = 20 \text{ pF} - 40 \text{ pF} \text{ untuk kristal}$$

$$C1 \text{ dan } C2 = 30 \text{ pF} - 50 \text{ pF} \text{ untuk resonator keramik.}$$

Karena dalam rancangan digunakan oscilator kristal maka harga kapasitor yang penulis gunakan adalah sebesar 30pF.

Mikrokontroler AT89S51 mempunyai frekwensi maksimal 12 MHz, dimana 1 siklus mesin = 12 clock. Dalam rangkaian digunakan kristal dengan harga 11,0592

MHz, maka program akan dijalankan pada setiap langkahnya selama 1,085 μ s. Siklus tersebut diambil berdasarkan ketentuan mikrokontroller AT89S51 yaitu 12 clock = 1 siklus mesin, sedangkan frekwensi yang digunakan 12 MHz, maka waktu yang dipakai dalam setiap 1 siklus mesin adalah 1 μ s. Dengan demikian perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

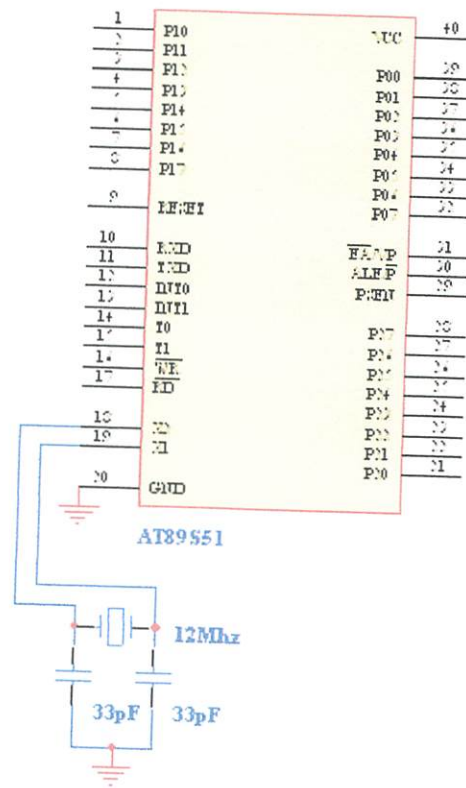
$$f = 11,0592 \text{ MHz}$$

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

$$T = \frac{1}{11,0592 \times 10^6}$$

Karena 1 siklus mesin = 12T maka,

$$1 \text{ siklus mesin} = 12 \times \frac{1}{11.0592 \times 10^6} = 1,085 \mu\text{s}.$$



Gambar 3.6

Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler AT89S51

3.2.6. Rangkaian Driver Relay

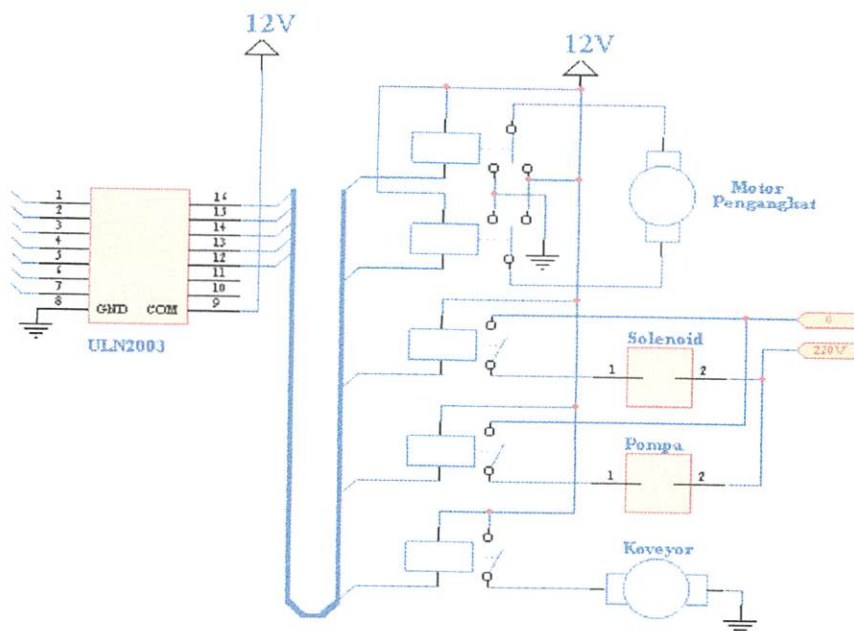
Relay merupakan salah satu komponen *output* yang paling sering digunakan baik pada industri, otomotif, ataupun peralatan elektronika lainnya. *Relay* berfungsi untuk menghubungkan atau memutus aliran arus listrik yang dikontrol dengan memberikan tegangan dan arus tertentu pada koilnya.

Ada 2 macam *relay* berdasarkan tegangan untuk menggerakkan koilnya yaitu AC dan DC. Pada perancangan ini digunakan *relay* DC dengan tegangan koil 12V DC, arus yang diperlukan sekitar 20-30mA. Karena itu kita tidak bisa

langsung menghubungkan *output* dari mikrokontroler dengan *relay* karena arusnya tidak cukup besar.

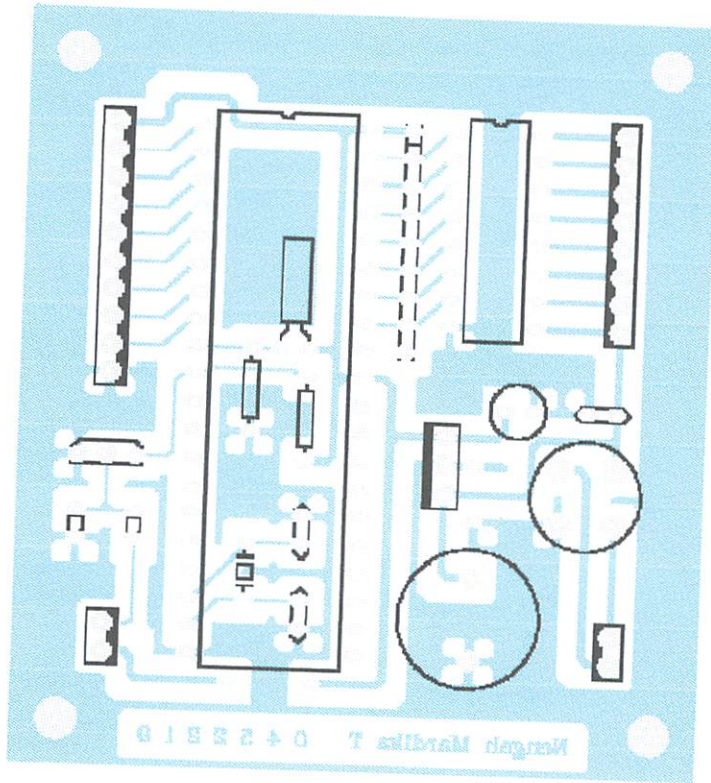
Karena itu perlu digunakan *driver* untuk penguat arus yang biasanya berupa IC, yang pada perancangan ini digunakan *IC ULN 2003*. sehingga mempunyai penguatan arus yang besar..

Tiap-tiap rangkaian driver pada alat ini dilengkapi dengan '*supression diode*' Diode ini berfungsi untuk mencegah '*kickback*' yaitu *transient* yang terjadi pada koil *relay* (beban induktif) saat *relay* dimatikan.



Gambar 3.7. Rangkaian Driver Relay

3.2.7. Perencanaan Pembuatan Rangkaian PCB



Gambar 3.8

Rangkaian PCB

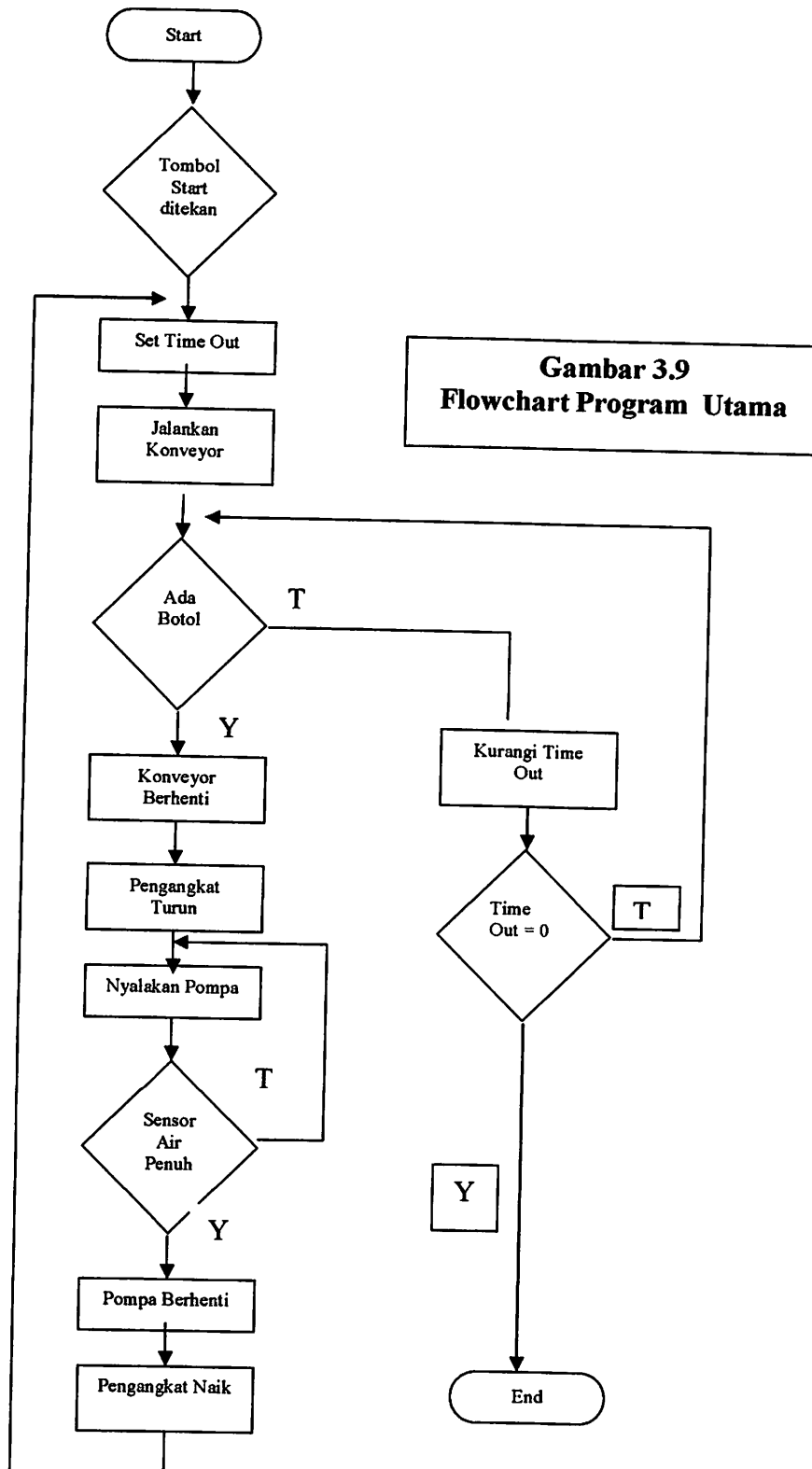
Alat Pengontrol Konveyor Untuk Pengisian Air Dalam Botol Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT89S51

3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Untuk mendukung agar perangkat keras berfungsi sesuai dengan perancangan, maka diperlukan perangkat lunak sebagai penunjang. Untuk mengatur dan mengendalikan keseluruhan sistem perangkat keras yang telah dibuat, harus dibantu dengan perangkat lunak. Sistem aplikasi mikrokontroler AT89S51 ini dapat mengatur dan mengendalikan keseluruhan sistem apabila ada urutan instruksi yang mendefinisikan secara jelas tugas yang harus dikerjakan.

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

3.3.1 Flowchart program utama



BAB IV

PENGUJIAN ALAT

4.1. Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian tentang alat yang telah dibuat. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kekurangan untuk kerja dari sistem yang telah dibuat. sehingga dapat diketahui apakah alat tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang telah direncanakan. Dalam rangka pengujian alat tersebut diuraikan percobaan yang dilakukan untuk mengetahui respon dari keseluruhan alat yang telah dirancang.

Untuk mengetahui kemampuan alat dan sistem kerja sesuai dengan program yang telah dibuat maka dilakukan pengujian pada alat dan sistem kerja alat dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian perangkat keras
2. pengujian perangkat lunak

4.2. Pengujian Perangkat Keras

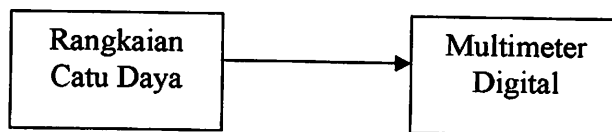
Tujuan pengujian yang dilakukan terhadap sistem adalah sebagai berikut:

- Mengetahui Kerja Dari Catu Daya
- Mengetahui Kerja Dari Optocoupler
- Mengetahui Kerja Dari Sensor Elektroda
- Mengetahui Kerja Dari Driver Relay.

4.2.1. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang dikeluarkan oleh rangkaian catu daya yang telah dibuat. Dengan begitu dapat diketahui apakah terjadi kesalahan keseluruhan rangkaian adalah +5V.

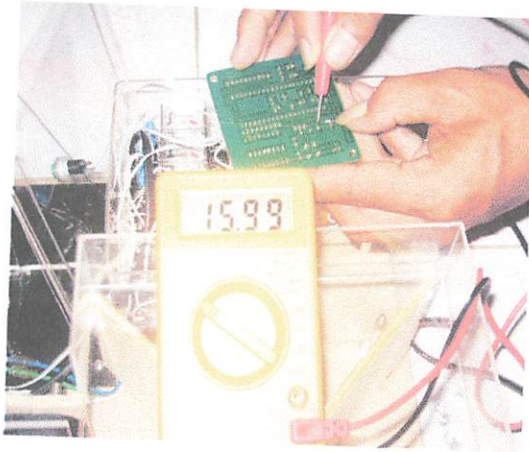
Untuk mengukur besarnya tegangan keluaran pada rangkaian *Catu Daya* maka pada pengukuran ini menggunakan Multimeter Digital. Berikut cara pengukuran untuk pengambilan data besarnya tegangan pada rangkaian *Catu Daya* yang dilakukan satu persatu pada *output regulator* tegangan LM7805,



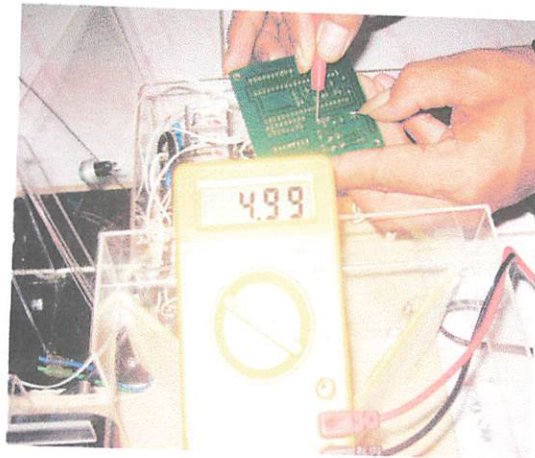
Gambar 4.1. Prosedur Pengujian Rangkaian Catu Daya

Untuk mengukur besarnya tegangan keluaran rangkaian *Catu Daya* maka tegangan masukan pada rangkaian *Catu Daya* juga harus tersambung dengan sumber tegangannya yaitu tegangan jala-jala dari PLN 220 V/AC. Multimeter digital di-seting pada *DC Volt* dengan batas maksimal pengukuran yaitu 20 *Volt DC*. Pengukuran tegangan pada *output* keluaran dari *regulator* tegangan LM7805.

Dari hasil pengukuran pada rangkaian *Catu Daya* diperoleh data seperti pada Gambar berikut ini.



Gambar 4.2
Hasil Pengukuran Rangkaian *Catu Daya* Sebelum Menggunakan Regulator Tegangan LM7805



Gambar 4.3
Hasil Pengukuran Rangkaian *Catu Daya* Setelah Menggunakan Regulator Tegangan LM7805

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Rangkaian *Catu Daya* Sebelum Dan Sesudah Menggunakan Regulator Tegangan LM7805

<i>Regulator Tegangan</i>	<i>Vout (V)</i>
Sebelum LM7805	+15,99
Sesudah LM7805	+4.99

4.2.2. Pengujian Optocoupler

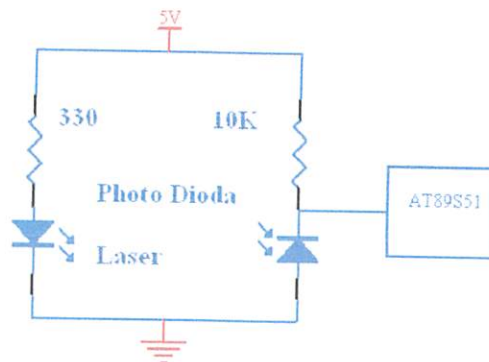
Tujuan dari pengujian photodiode adalah untuk mengetahui sinyal yang dihasilkan oleh photo dioda untuk mendeteksi keberadaan botol, yang sinyal nya akan dikirim ke Mikrokontroler AT89S51.

- **Peralatan yang Digunakan**

1. Sebuah Botol
2. Rangkaian Optocoupler
3. Multimeter Digital

- **Prosedur pengujian**

1. membuat rangkaian seperti gambar 4.4
2. memberi penghalang diantara photodiode dan Laser.
3. menghubungkan output yang terhubung pada Mikrokontroler AT89S51 dengan sebuah led sebagai indicator

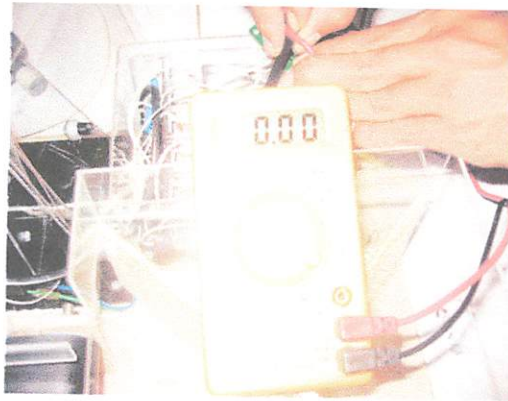


Gambar 4.4

Prosedur Pengujian Rangkaian Optocoupler

- **Analisa Hasil Pengujian**

Jika antara photodiode dan Laser tidak diberi penghalang maka led mati dan jika diberi pehalang maka led akan nyala. Berikut adalah tabel output dari pengujian.



Gambar 4.5

Hasil pengujian Optocoupler Tanpa penghalang



Gambar 4.6

Hasil pengujian Optocoupler Dengan penghalang

Tabel 4.2. Hasil pengujian Optocoupler Tanpa penghalang Dan Dengan Penghalang

No	Input	Vout	Logic
1	Tanpa penghalang	0,00	0
2	Dengan penghalang	4,99	1

4.2.3. Pengujian Sensor Elektroda

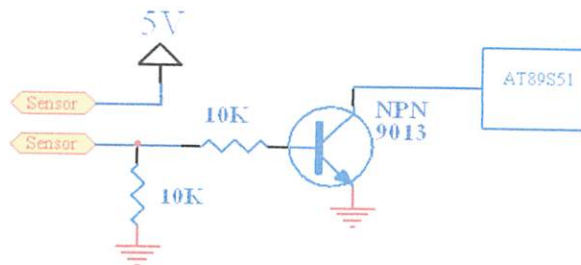
Tujuan dari pengujian elektroda adalah untuk mengetahui sinyal yang dihasilkan oleh elektroda untuk mendeteksi keberadaan air, yang sinyalnya akan dikirim ke Mikrokontroler AT89S51.

- **Peralatan yang Digunakan**

- 1..Sebuah Botol Kosong
- 2..Rangkaian Elektroda
- 3..Multimeter Digital

- **Prosedur pengujian**

1. Meletakkan 2 buah lempeng elektroda.
2. menghubungkan kaki elektroda 1 dengan sumber tegangan dan elektroda 2 ke Tr NPN 9013. seperti pada gambar 4.5 dan mengganti kaki yang terhubung ke Mikrokontroler AT89S51.



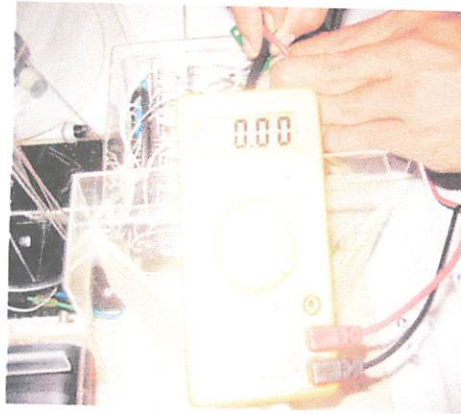
Gambar 4.7
Prosedur Pengujian Rangkaian Elektroda

- **Analisa Hasil Pengujian**

Jika jika elektroda tidak dimasukkan ke dalam air maka led Mati dan jika elektroda tidak dimasukkan ke dalam air maka led akan nyala



Gambar 4.8
Hasil pengujian elektroda Tanpa Air



Gambar 4.9
Hasil pengujian elektroda Dengan Air

Tabel 4.3. Hasil pengujian elektroda Tanpa Air Dan Dengan Air

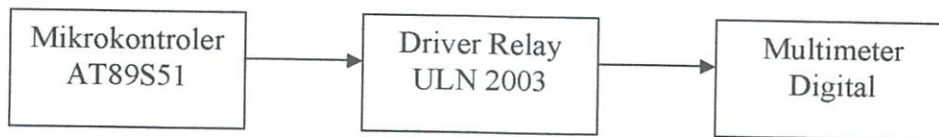
No	Input	Vout	Logic
1	Tidak ada air	4,99	1
2	Dengan Air	0,00	0

4.2.4. Pengujian Rangkaian *Driver Relay*

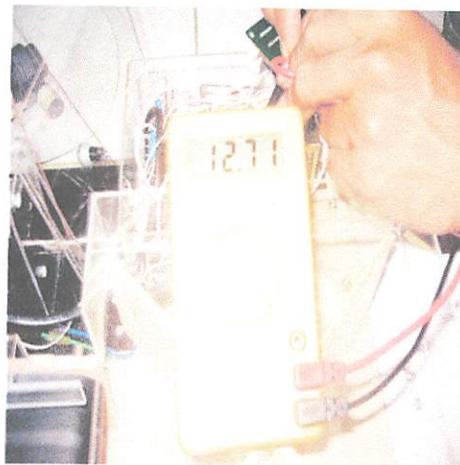
Rangkaian *driver relay* menggunakan *ULN 2003* yang berfungsi sebagai penguat arus yang dibutuhkan oleh *relay* agar dapat menghubungkan dan memutuskan aliran arus listrik dengan tegangan AC220V ke beban yang dikontrol. *Relay* yang digunakan adalah *relay* DC dengan tegangan koil 12V DC. Pengujian rangkaian *driver relay* secara *hardware* dilakukan dengan cara memberikan suatu kondisi 'low' (0 Volt) dan 'high' (5 Volt) pada *input driver relay*, Kemudian

mengukur tegangan pada tiap-tiap koil *relay* dan tegangan pada *output* rangkaian *driver relay* (pada tiap-tiap beban).

Dengan mengacu pada gambar diatas, pengujian rangkaian *driver relay* dilakukan dengan mengukur tegangan pada tiap-tiap koil *relay* dengan mengatur multimeter pada *DC* dengan batas 20 Volt dan kemudian mengukur tegangan pada tiap-tiap beban dengan mengatur multimeter pada *AC* dengan batas maksimal 250V.

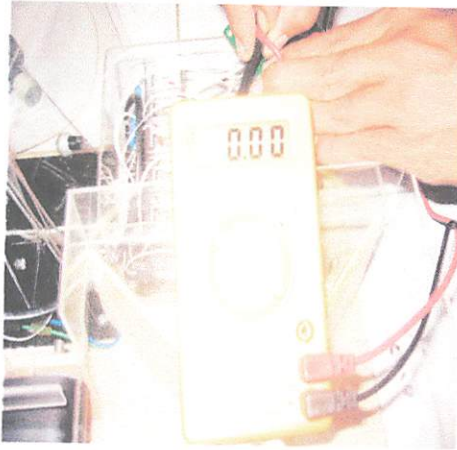


Gambar 4.10. Prosedur Pengujian Rangkaian Driver Relay



Gambar 4.11

Hasil pengujian pada Rangkaian *Driver Relay* diberi *logic Low*



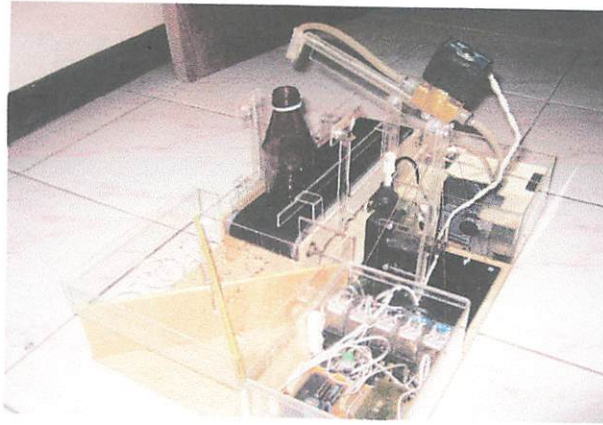
Gambar 4.12.

Hasil pengujian pada Rangkaian *Driver Relay* diberi logic High

Tabel 4.4. Hasil pengujian pada Rangkaian *Driver Relay*

Logic	VLogic	Out Driver	Relay
0	0,02	11,70	OFF
1	4,93	0,00	ON

4.3. Waktu Pengisian Botol



Gambar 4.13.
Tampak Gambar Alat dari Atas

Tabel 4.5

Pengisian air dalam botol mulai dari awal botol berjalan sampai berhenti ditempat penampungan botol secara bertahap dan pengisian secara Manual

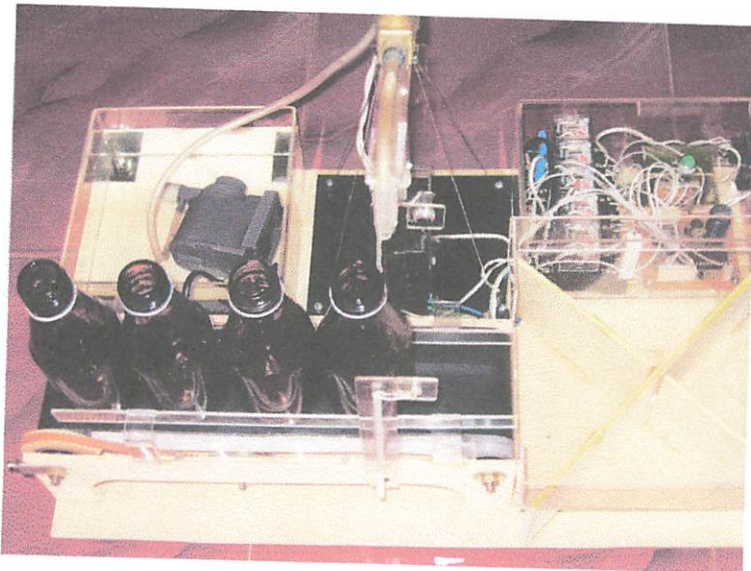
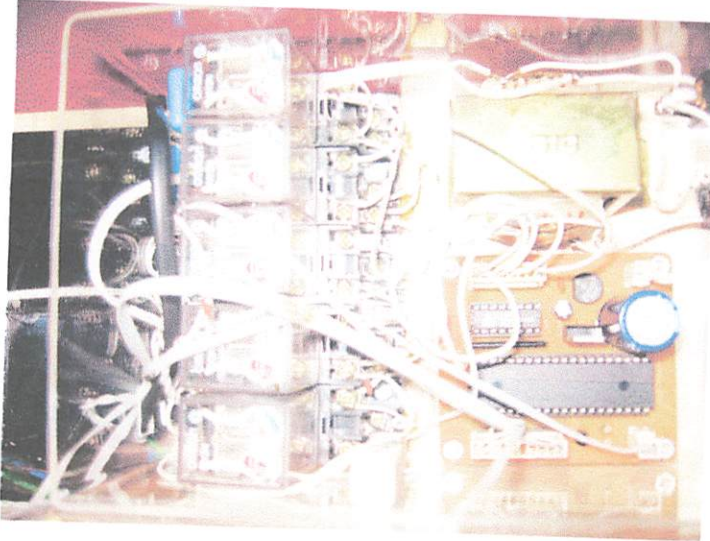
No	Proses Pengisian	Waktu
1.	Botol berhenti sampai tangki	11,30 detik
2.	Botol mulai diisi sampai penuh	23,21 detik
3.	Waktu botol penuh sampai berhenti	30,20 detik
4.	Pengisian Secara Manual	8,94 detik

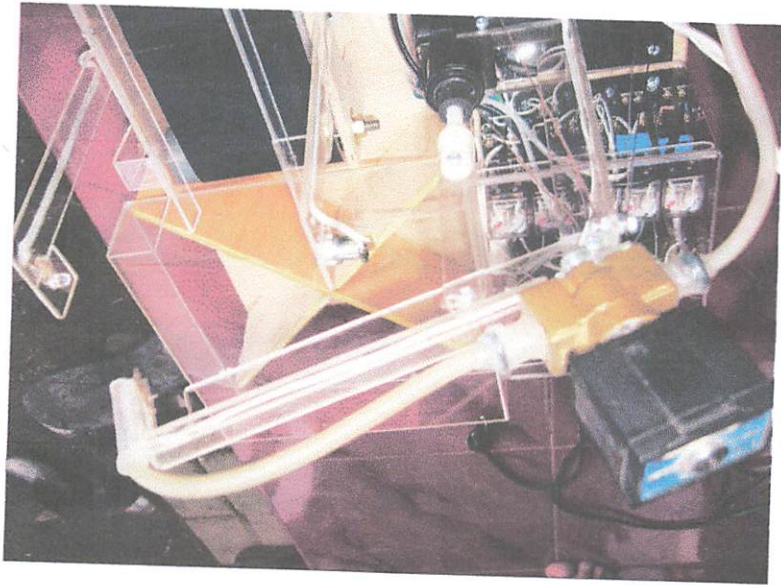
Grafik 4.6

Pengisian air dalam botol mulai dari awal botol berjalan sampai berhenti ditempat penampungan botol secara Langsung

No	Pengisian	Waktu
1	1 Botol	42 detik
2	2 Botol	1 Menit 9 detik
3	3 Botol	1 Menit 32 detik

4.4. Gambar Alat Secara keseluruhan





4.4.1.Data Spesifikasi Alat

- Tegangan yang digunakan adalah 5 Volt dan 12Volt
- Daya yang digunakan adalah 60 Watt.
- Dimensi Alat dengan Lebar=30cm , Panjang =50cm,
Tinggi=15cm
- Sistem Kontrol Yang Menggunakan Mikrokontroler AT89S51
- Fungsi Alat Yaitu Untuk Pengisian Air Dalam Botol Secara Otomatis
- Menggunakan Optocoupler untuk mendeteksi Adanya botol .
- Menggunakan Elektroda untuk mendeteksi apakah Kondisi Air Sudah Terisi penuh
- Menggunakan Motor DC untuk Menggerakkan sabuk Konveyor
- Solenoid Valve Yang digunakan berukuran 1/8

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari proses perencanaan dan pembuatan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan:

- Pengisian 1 Botol membutuhkan Waktu 42 detik. Pengisian 2 Botol, membutuhkan Waktu 1 menit 9 detik, dan Pengisian 3 Botol membutuhkan Waktu 1 menit 32 detik.
- Nilai Error pada Saat photodiode terhalang sebesar 4.4 % dan tidak terhalang Sebesar 0%.
- Nilai Ketelitian Pada Saat Photodiode Terhalang sebesar 95,6% dan tidak Terhalang sebesar 0%.
- Waktu yang diperlukan Botol berhenti sampai tangki 11,30 detik, Botol mulai diisi sampai penuh adalah 23,21 detik, dan Waktu yang diperlukan botol sudah terisi penuh sampai berhenti ditempat penampungan air adalah 30,20 detik,
- Waktu yang diperlukan Pengisian air dalam Botol Secara Manual adalah 8,94 detik.

5.2. Saran

- Untuk pengembangan lebih lanjut dapat ditambahkan proses penutupan pada botol dan pengemasan.
- dapat ditambahkan juga sensor untuk mendeteksi botol dalam kondisi baik maupun cacat.
- Adanya kelemahan-kelemahan pada penulisan tugas akhir maka penulisan ini tidak dapat dijadikan bahan acuan satu-satunya, maka diperlukan pembandingan dengan penulisan sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andi Nalwan, Pawlus 2003. Panduan Praktis Antarmuka dan Programan 89C57. Jakarta PT. ELEX Media Koputindo.
2. Budiharto, widodo 2007. 2 Proyek Mikrokontroller untuk pemula. Jakarta PT. ELEX Media Koputindo.
3. Pitowarno, Endra 2006. Robotika .Desain, Kontrol, Dan Kecerdasan Buatan.
4. www.atmel.com
5. www.delta-elektronika.com

LAMPPIRAN

Features

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

Description

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

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



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

AT89S51

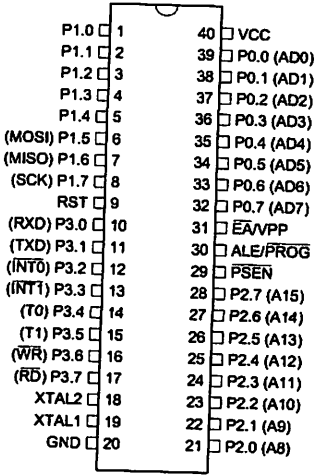
Rev. 2487A-10/01



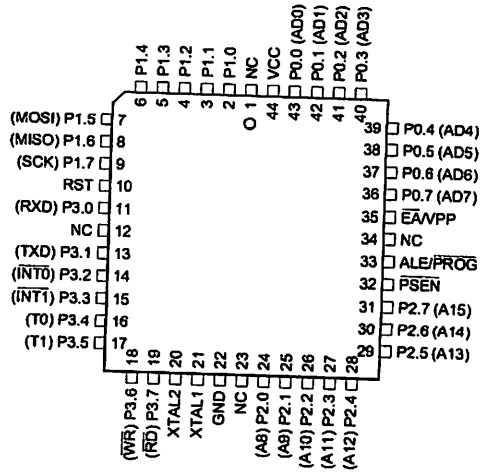


Configurations

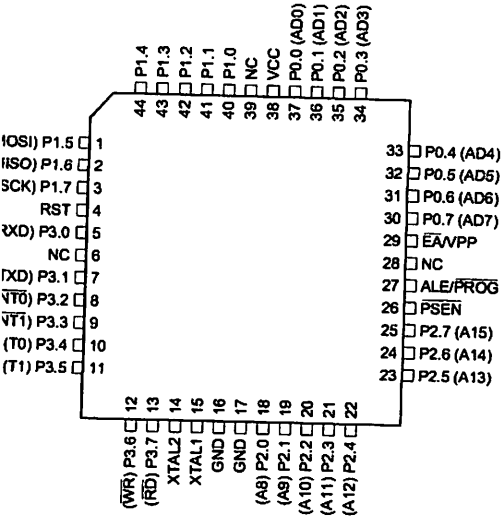
PDIP



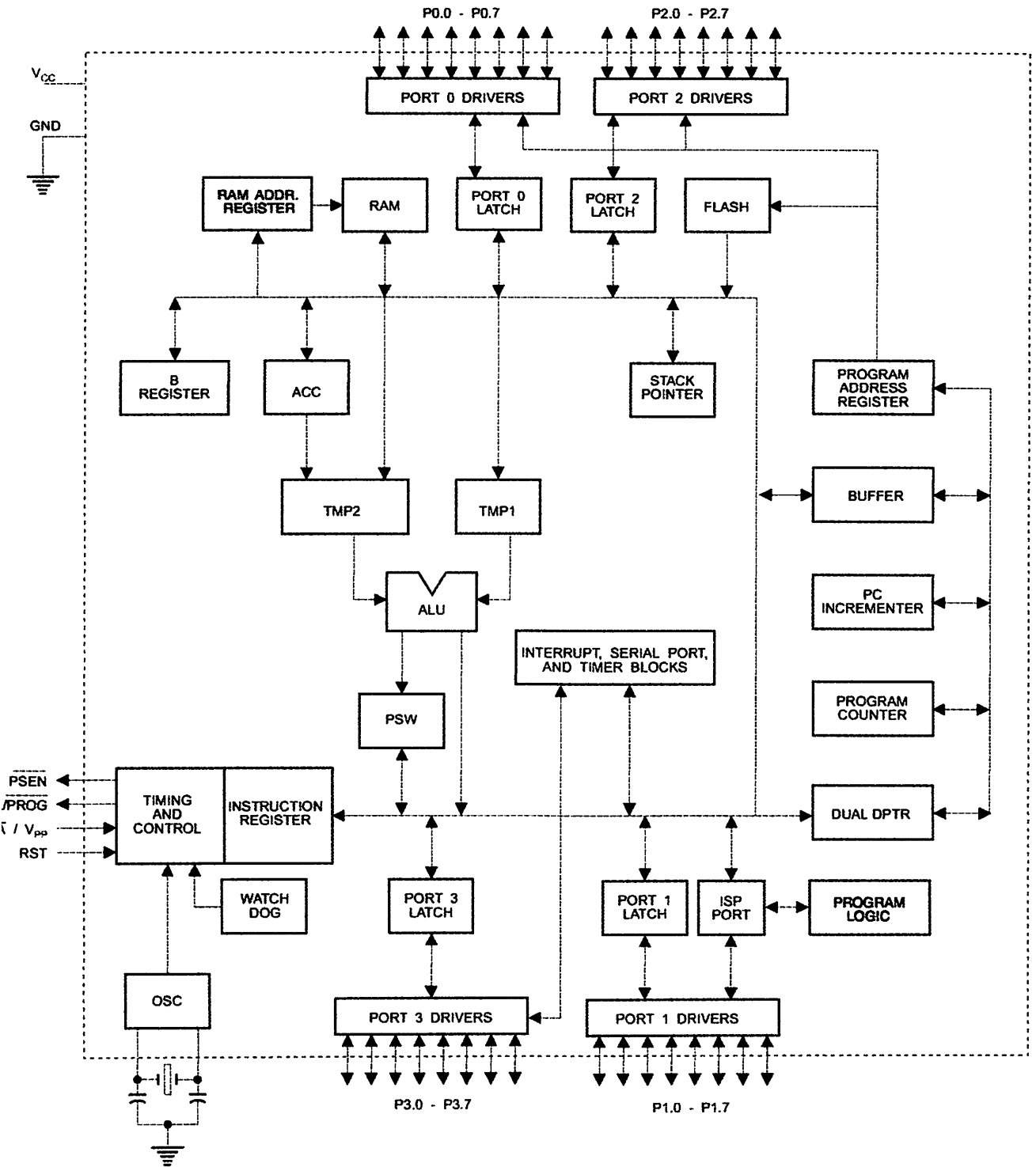
PLCC



TQFP



Block Diagram





Description

C Supply voltage.

D Ground.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

Output from the inverting oscillator amplifier





Special Function Registers

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

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

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

F8H								0FFH
F0H	B 00000000							0F7H
E8H								0EFH
E0H	ACC 00000000							0E7H
D8H								0DFH
D0H	PSW 00000000							0D7H
C8H								0CFH
C0H								0C7H
B8H	IP XX000000							0BFH
B0H	P3 11111111							0B7H
A8H	IE 0X000000							0AFH
A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXX	0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	87H

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

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

Table 2. AUXR: Auxiliary Register

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

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



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

Table 3. AUXR1: Auxiliary Register 1

AUXR1									
Address = A2H									
Reset Value = XXXXXX0B									
Not Bit Addressable									
Bit	7	6	5	4	3	2	1	DPS	0
	-	-	-	-	-	-	-		
-	Reserved for future expansion								
DPS	Data Pointer Register Select								
	DPS								
	0	Selects DPTR Registers DP0L, DP0H							
	1	Selects DPTR Registers DP1L, DP1H							

Memory Organization

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

Program Memory

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

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

Data Memory

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

Watchdog Timer (WDT) Enabled with Reset-out

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

Enabling the WDT

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

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

WDT During Power-down and Idle

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

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

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

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

UART

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

Timer 0 and 1

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

Interrupts

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

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

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

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



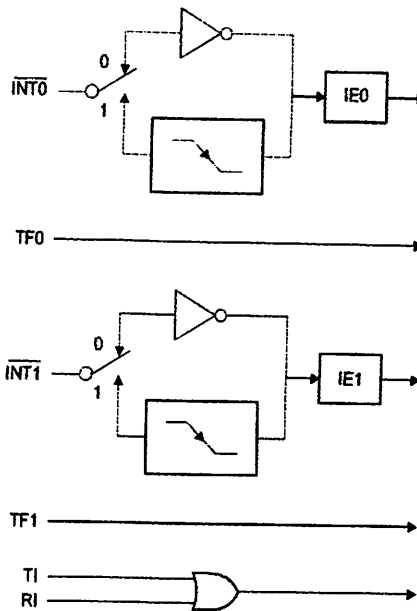
Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)							(LSB)
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
Enable Bit = 1 enables the interrupt. Enable Bit = 0 disables the interrupt.							

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

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

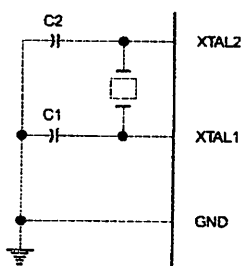
Figure 1. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

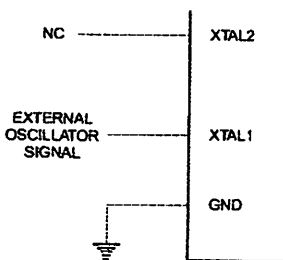
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected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

Figure 2. Oscillator Connections



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

Figure 3. External Clock Drive Configuration



Idle Mode

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

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

Power-down Mode

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





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

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

Program Memory Lock

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

Table 6. Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOV _C instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, \overline{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 Flash – Parallel Mode

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

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

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

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

Data Polling: The AT89S51 features \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.

AT89S51

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

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

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

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

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

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

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

Programming
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.

Programming
Sequence

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

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





Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to "L".

Turn V_{CC} power off.

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

Programming Instruction Set

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

Programming Interface – Parallel Mode

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

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

7. Flash Programming Modes

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

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

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

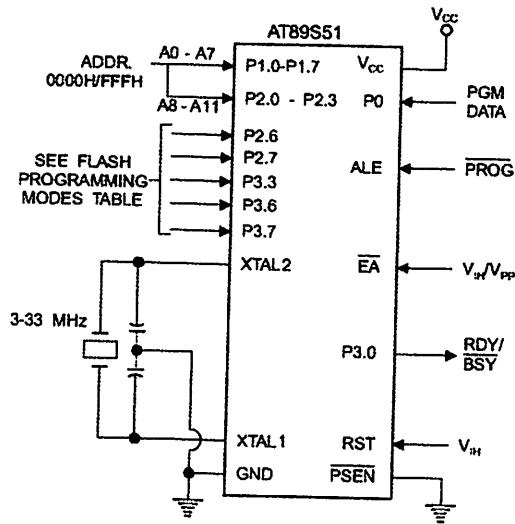
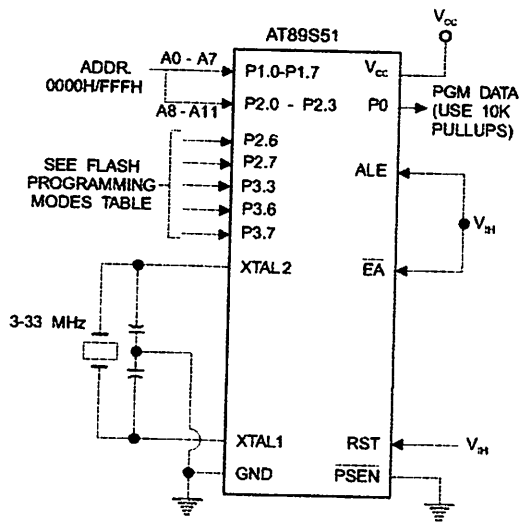


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



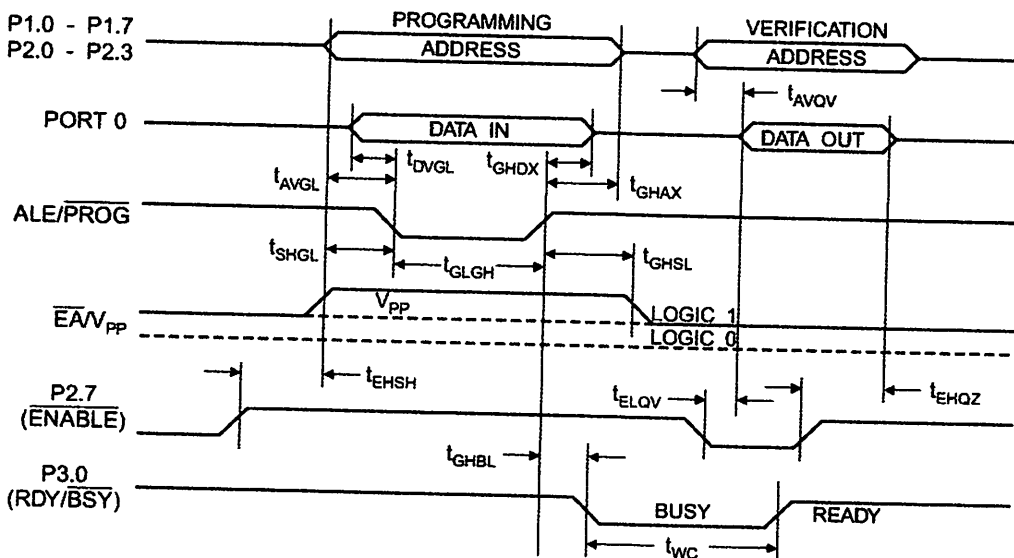


Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

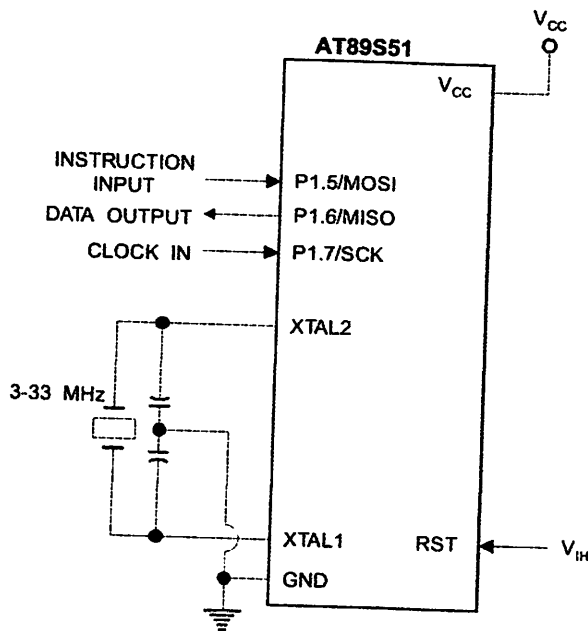
20°C to 30°C, $V_{CC} = 4.5$ to $5.5V$

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

6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

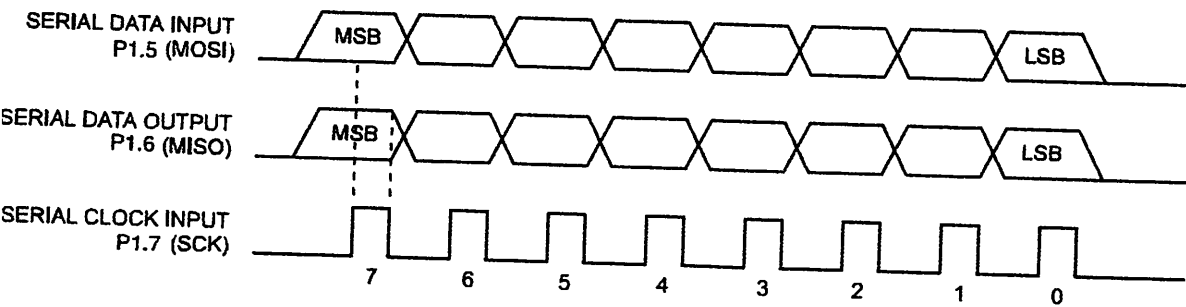


7. Flash Memory Serial Downloading



8. Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

B. Serial Programming Waveforms





8. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Program Memory Mode)	0010 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Read data from Program memory in the byte mode
Program Memory Mode)	0100 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Write data to Program memory in the byte mode
Lock Bits ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx LB3 LB2 LB1 LB0 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1	A0 xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Program Memory Mode)	0011 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Program Memory Mode)	0101 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

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

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

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

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

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

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

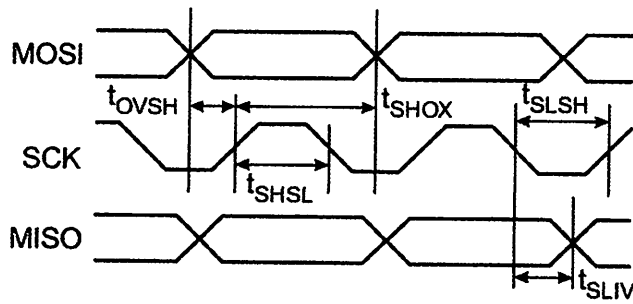


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
f _{CLCL}	Oscillator Frequency	0		33	MHz
T _{CL}	Oscillator Period	30			ns
t _{SL}	SCK Pulse Width High	8 t _{CLCL}			ns
t _{SH}	SCK Pulse Width Low	8 t _{CLCL}			ns
t _{SH}	MOSI Setup to SCK High	t _{CLCL}			ns
t _{OX}	MOSI Hold after SCK High	2 t _{CLCL}			ns
t _V	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
t _{ASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t _C	Serial Byte Write Cycle Time			64 t _{CLCL} + 400	μs



Absolute Maximum Ratings*

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

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

Characteristics

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

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

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

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port:

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

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

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

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

AT89S51

Characteristics

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

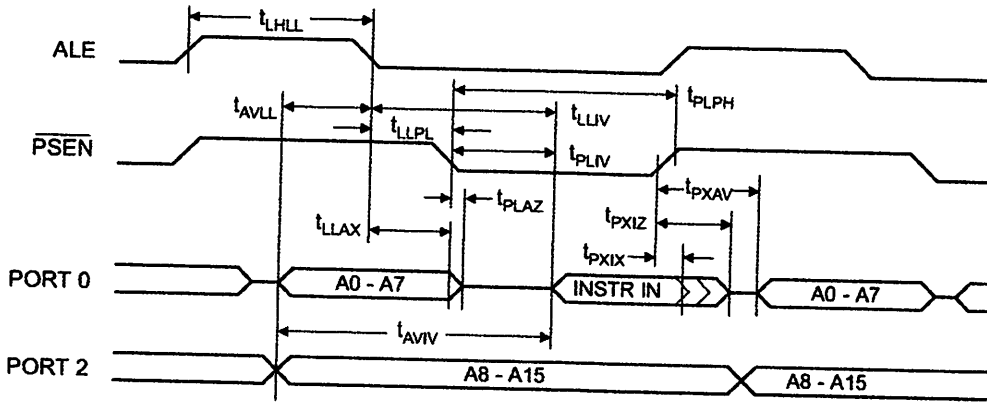
Internal Program and Data Memory Characteristics

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

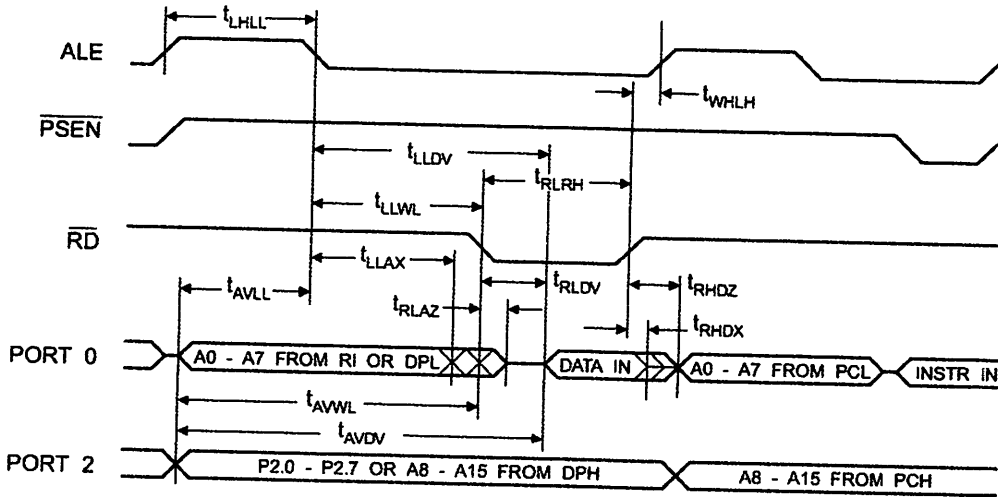




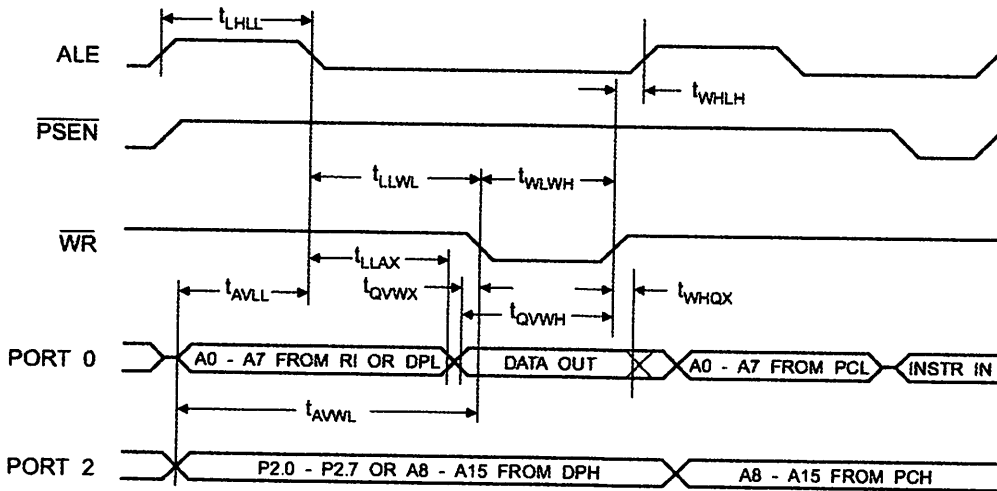
Internal Program Memory Read Cycle



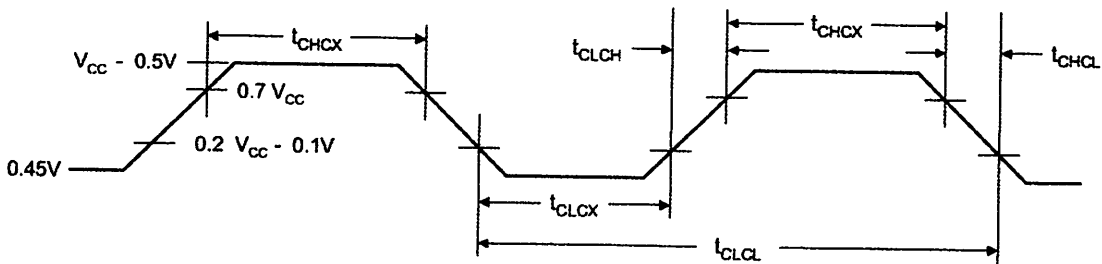
Internal Data Memory Read Cycle



Internal Data Memory Write Cycle



Internal Clock Drive Waveforms



Internal Clock Drive

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



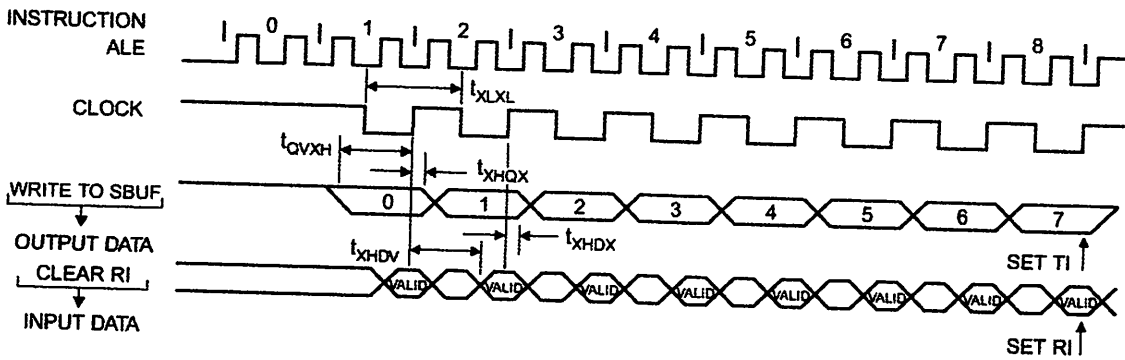


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

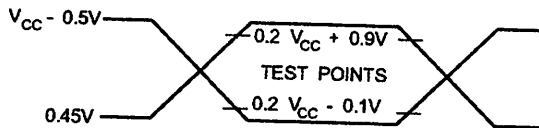
Values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

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

Register Mode Timing Waveforms

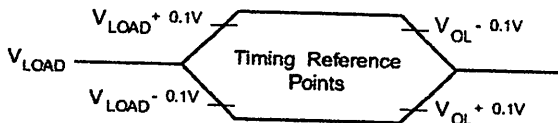


Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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

Waveforms⁽¹⁾



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

Ordering Information

Speed (kHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range	
24	4.0V to 5.5V	AT89S51-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89S51-24JC	44J		
		AT89S51-24PC	40P6		
			AT89S51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89S51-24JI	44J	
			AT89S51-24PI	40P6	
13	4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89S51-33JC	44J		
		AT89S51-33PC	40P6		

= Preliminary Availability

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

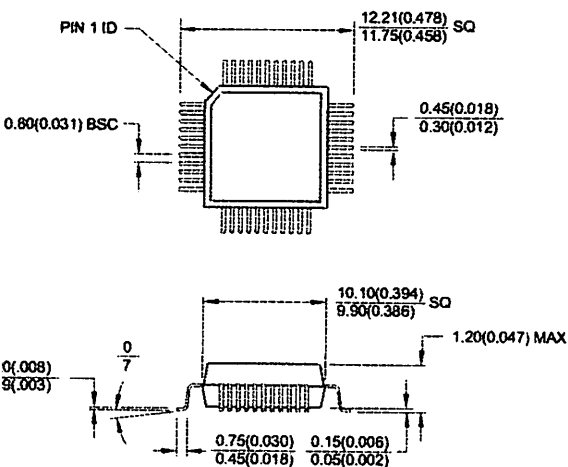




Packaging Information

4A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad at Package (TQFP)

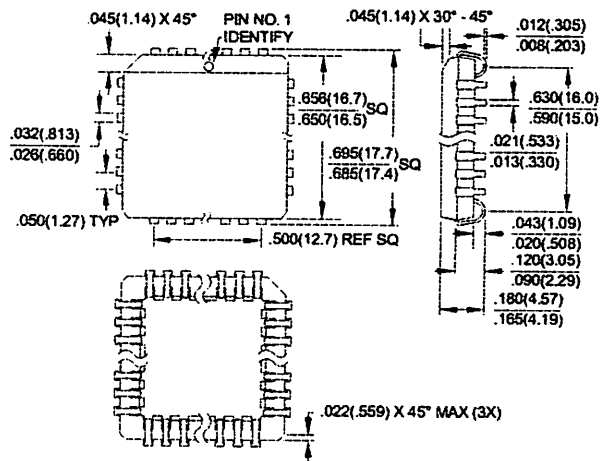
Dimensions in Millimeters and (Inches)*



Controlling dimension: millimeters

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

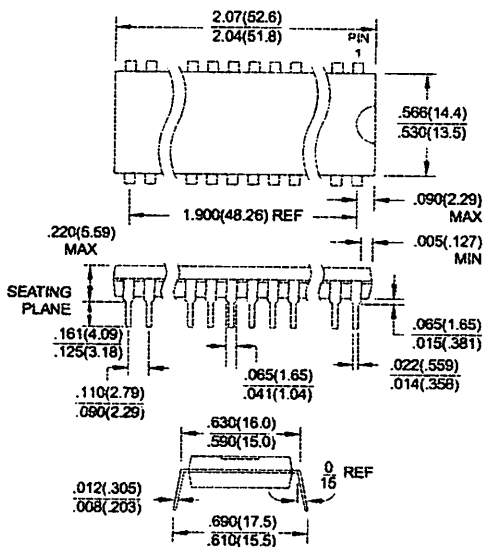
Dimensions in Inches and (Millimeters)



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

Dimensions in Inches and (Millimeters)

DEC STANDARD MS-011 AC



AT89S51



Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
215 Orchard Parkway
Folsom, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

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

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

Atmel Japan K.K.
Monetsu Shinkawa Bldg.
8 Shinkawa
Nishi-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Product Operations

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

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

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

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

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

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

e-mail
literature@atmel.com

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

Atmel Corporation 2001.

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

Atmel is the registered trademark of Atmel.

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



Printed on recycled paper.

2487A-10/01/xM

2003 THRU 2024

Data Sheet
29304F

HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

Ideally suited for interfacing between low-level logic circuitry and multiple peripheral power loads, the Series ULN20xxA/L high-voltage, high-current Darlington arrays feature continuous load current ratings to 500 mA for each of the seven drivers. At an appropriate duty cycle depending on ambient temperature and number of drivers turned ON simultaneously, typical power loads totaling over 230 W (350 mA x 7, 95 V) can be controlled. Typical loads include relays, solenoids, stepping motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, and heaters. All devices feature open-collector outputs with integral clamp diodes.

The ULN2003A/L and ULN2023A/L have series input resistors selected for operation directly with 5 V TTL or CMOS. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULN2004A/L and ULN2024A/L have series input resistors for operation directly from 6 to 15 V CMOS or PMOS logic outputs.

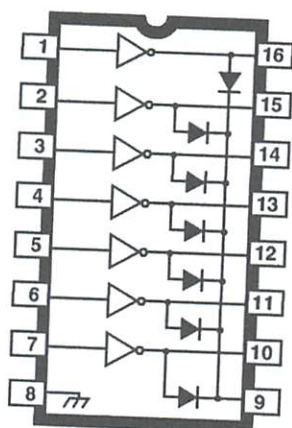
The ULN2003A/L and ULN2004A/L are the standard Darlington arrays. The outputs are capable of sinking 500 mA and will withstand at least 50 V in the OFF state. Outputs may be paralleled for higher load current capability. The ULN2023A/L and ULN2024A/L will withstand 95 V in the OFF state.

These Darlington arrays are furnished in 16-pin dual in-line plastic packages (suffix "A") and 16-lead surface-mountable SOICs (suffix "L"). All devices are pinned with outputs opposite inputs to facilitate ease of circuit board layout. All devices are rated for operation over the temperature range of -20°C to +85°C. Most (see matrix, next page) are also available for operation to -40°C; to order, change the prefix from "ULN" to "ULQ".

FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS-Compatible Inputs
- Output Current to 500 mA
- Output Voltage to 95 V
- Transient-Protected Outputs
- Dual In-Line Plastic Package or Small-Outline IC Package

x = digit to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix on next page.



Dwg. No. A-9594

that the ULN20xxA series (dual in-line package) and ULN20xxL series (small-outline package) are electrically identical and share common terminal number assignment.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Output Voltage, V_{CE}	
ULN200xA and ULN200xL)	50 V
ULN202xA and ULN202xL)	95 V
Input Voltage, V_{IN}	30 V
Continuous Output Current,	
.....	500 mA
Continuous Input Current, I_{IN}	25 mA
Dissipation, P_D	
(Darlington pair)	1.0 W
(Small package)	See Graph
Operating Temperature Range,	
.....	-20°C to +85°C
Storage Temperature Range,	
.....	-55°C to +150°C

03 THRU 2024
GH-VOLTAGE,
GH-CURRENT
RLINGTON ARRAYS

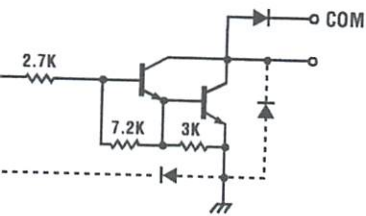
DEVICE PART NUMBER DESIGNATION

$V_{CE(MAX)}$	50 V	95 V
$I_{C(MAX)}$	500 mA	500 mA
Logic	Part Number	
5V TTL, CMOS	ULN2003A* ULN2003L*	ULN2023A* ULN2023L
6-15 V CMOS, PMOS	ULN2004A* ULN2004L*	ULN2024A ULN2024L

*Also available for operation between -40°C and +85°C. To order, change prefix from "ULN" to "ULQ".

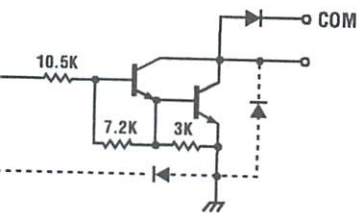
PARTIAL SCHEMATICS

0x3A/L (Each Driver)

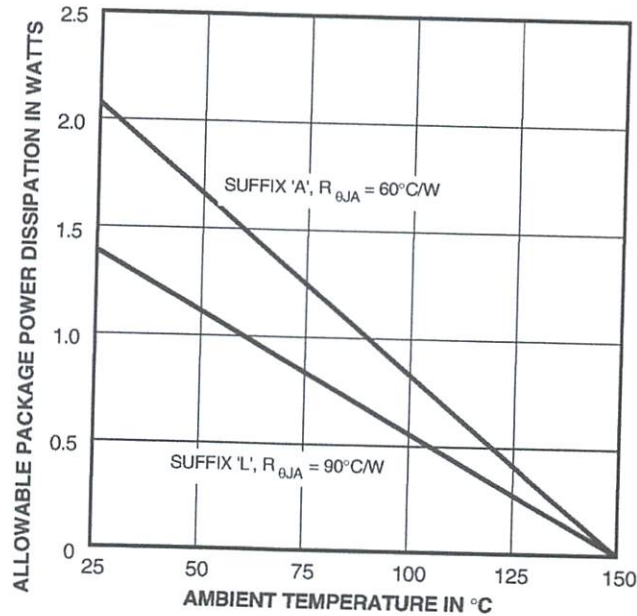


Dwg. No. A-9651

0x4A/L (Each Driver)



Dwg. No. A-9898A



Dwg. GP-006A

X = Digit to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix above.



115 Northeast Cutoff, Box 15036
 Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
 Copyright © 1974, 1998 Allegro MicroSystems, Inc.

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

ULN2003A, ULN2003L, ULN2004A, and ULN2004L
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I_{CEX}	1A	All	$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	< 1	50	μA
				$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	< 1	100	μA
		1B	ULN2004A/L	$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, V_{IN} = 1.0\text{ V}$	—	< 5	500	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$	—	0.9	1.1	V
				$I_C = 200\text{ mA}, I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$	—	1.1	1.3	V
				$I_C = 350\text{ mA}, I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULN2003A/L	$V_{IN} = 3.85\text{ V}$	—	0.93	1.35	mA
			ULN2004A/L	$V_{IN} = 5.0\text{ V}$	—	0.35	0.5	mA
				$V_{IN} = 12\text{ V}$	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	$I_C = 500\text{ }\mu\text{A}, T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65	—	μA
Output Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULN2003A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	2.4	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 250\text{ mA}$	—	—	2.7	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 300\text{ mA}$	—	—	3.0	V
		ULN2004A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 125\text{ mA}$	—	—	5.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	6.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 275\text{ mA}$	—	—	7.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 350\text{ mA}$	—	—	8.0	V	
Capacitance	C_{IN}	—	All		—	15	25	pF
On Delay	t_{PLH}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Off Delay	t_{PHL}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Reverse Diode Leakage Current	I_R	6	All	$V_R = 50\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	50	μA
				$V_R = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	—	100	μA
Forward Diode Voltage	V_F	7	All	$I_F = 350\text{ mA}$	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.

2023 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DRIVER ARRAYS

ULN2023A, ULN2023L, ULN2024A, and ULN2024L
TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Leakage Current	I _{CEX}	1A	All	V _{CE} = 95 V, T _A = 25°C	—	< 1	50	μA
				V _{CE} = 95 V, T _A = 70°C	—	< 1	100	μA
		1B	ULN2024A/L	V _{CE} = 95 V, T _A = 70°C, V _{IN} = 1.0 V	—	< 5	500	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage	V _{CE(SAT)}	2	All	I _C = 100 mA, I _B = 250 μA	—	0.9	1.1	V
				I _C = 200 mA, I _B = 350 μA	—	1.1	1.3	V
				I _C = 350 mA, I _B = 500 μA	—	1.3	1.6	V
Input Current	I _{IN(ON)}	3	ULN2023A/L	V _{IN} = 3.85 V	—	0.93	1.35	mA
			ULN2024A/L	V _{IN} = 5.0 V	—	0.35	0.5	mA
				V _{IN} = 12 V	—	1.0	1.45	mA
	I _{IN(OFF)}	4	All	I _C = 500 μA, T _A = 70°C	50	65	—	μA
Collector Voltage	V _{IN(ON)}	5	ULN2023A/L	V _{CE} = 2.0 V, I _C = 200 mA	—	—	2.4	V
				V _{CE} = 2.0 V, I _C = 250 mA	—	—	2.7	V
				V _{CE} = 2.0 V, I _C = 300 mA	—	—	3.0	V
			ULN2024A/L	V _{CE} = 2.0 V, I _C = 125 mA	—	—	5.0	V
				V _{CE} = 2.0 V, I _C = 200 mA	—	—	6.0	V
				V _{CE} = 2.0 V, I _C = 275 mA	—	—	7.0	V
				V _{CE} = 2.0 V, I _C = 350 mA	—	—	8.0	V
Input Capacitance	C _{IN}	—	All		—	15	25	pF
Propagation Delay	t _{PLH}	8	All	0.5 E _{IN} to 0.5 E _{OUT}	—	0.25	1.0	μs
Fall Delay	t _{PHL}	8	All	0.5 E _{IN} to 0.5 E _{OUT}	—	0.25	1.0	μs
Reverse Mode Current	I _R	6	All	V _R = 95 V, T _A = 25°C	—	—	50	μA
				V _R = 95 V, T _A = 70°C	—	—	100	μA
Forward Voltage	V _F	7	All	I _F = 350 mA	—	1.7	2.0	V

Part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.

2003 THRU 2024 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

TEST FIGURES

FIGURE 1A

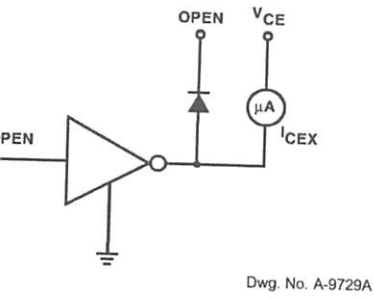


FIGURE 1B

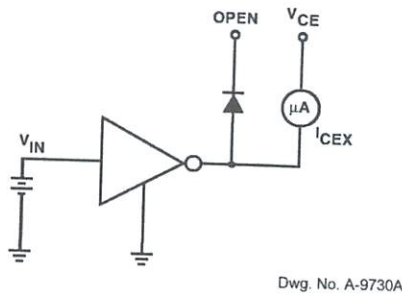


FIGURE 2

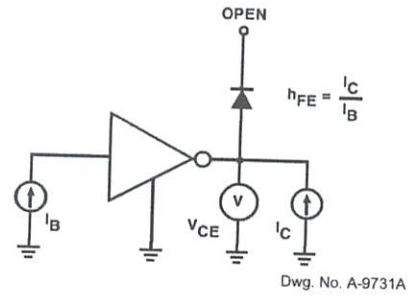


FIGURE 3

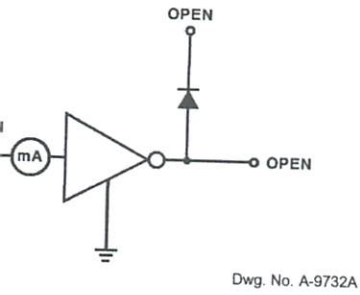


FIGURE 4

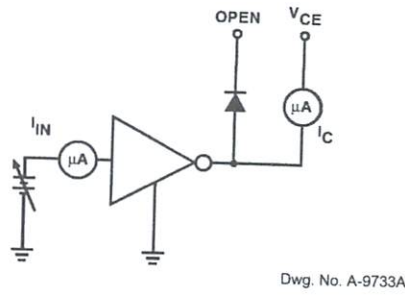


FIGURE 5

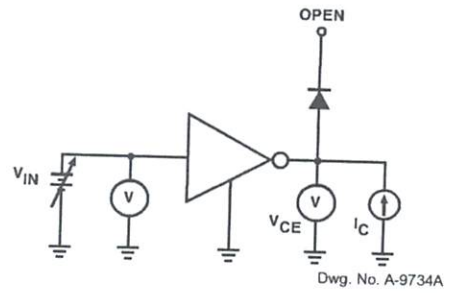


FIGURE 6

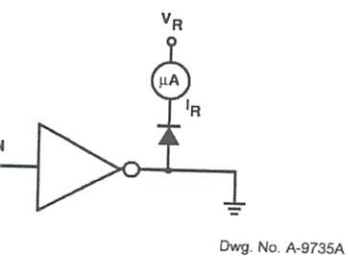


FIGURE 7

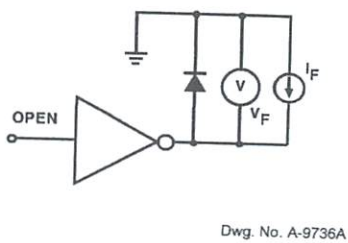
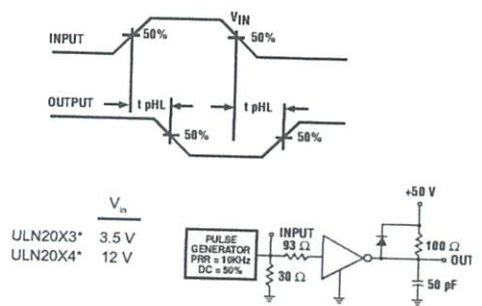


FIGURE 8

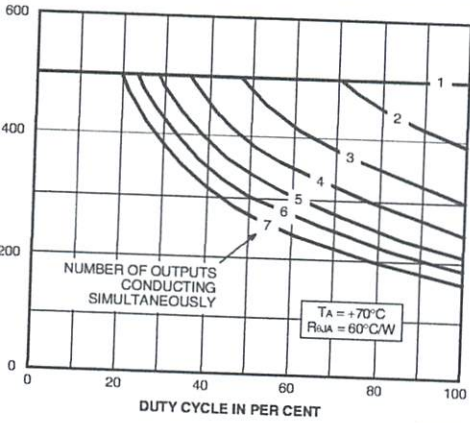


ete part number includes a final letter to indicate package.

to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

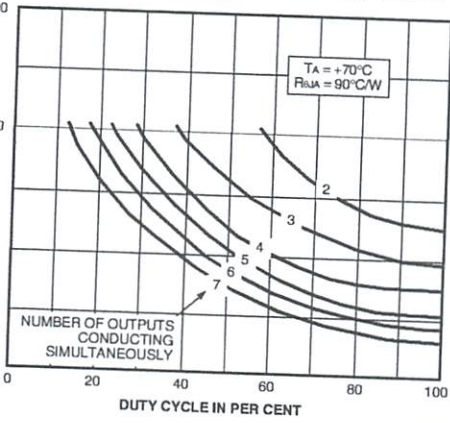
2013 THRU 2024 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT MOSFET ARRAYS

ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE (Dual In-line-Packaged Devices, Suffix 'A')



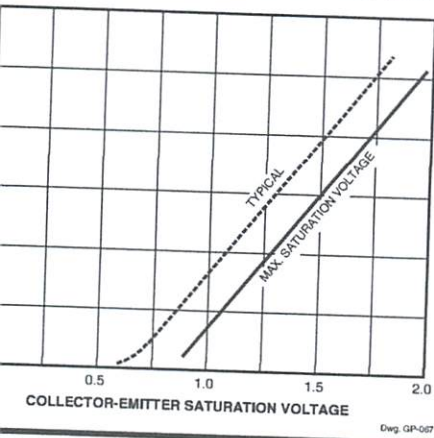
Dwg. GP-070

Small-Outline-Packaged Devices, Suffix 'L')



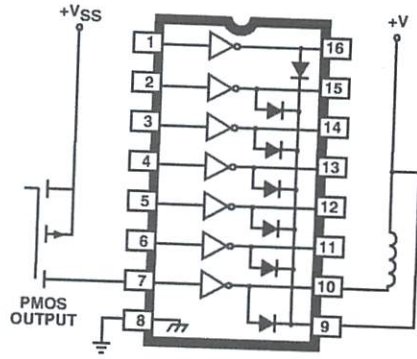
Dwg. GP-044A

SATURATION VOLTAGE AS A FUNCTION OF COLLECTOR CURRENT

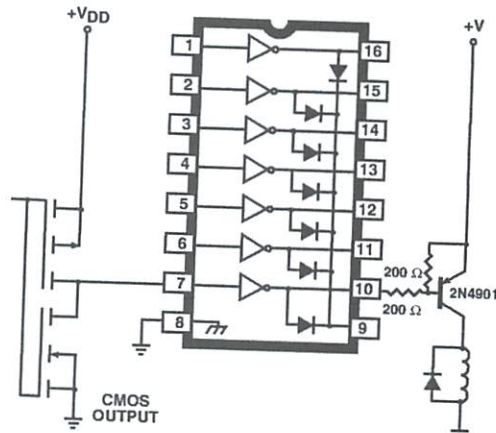


Dwg. GP-057

TYPICAL APPLICATIONS

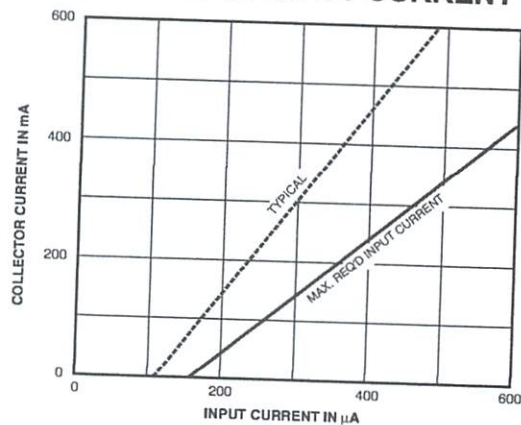


Dwg. No. A-9652



Dwg. No. A-9654A

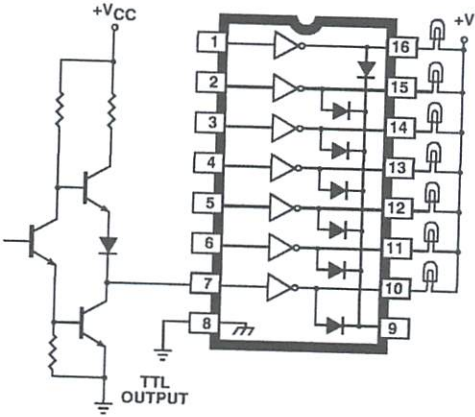
COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT CURRENT



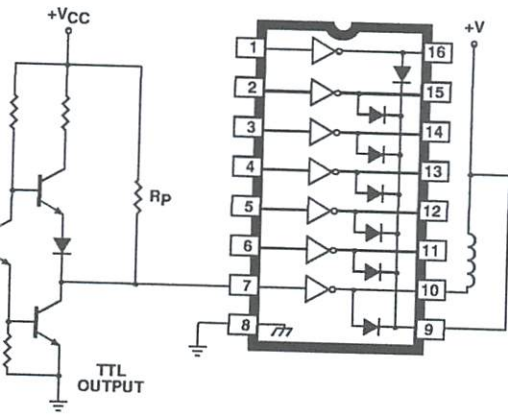
Dwg. GP-028

2003 THRU 2024 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

TYPICAL APPLICATIONS



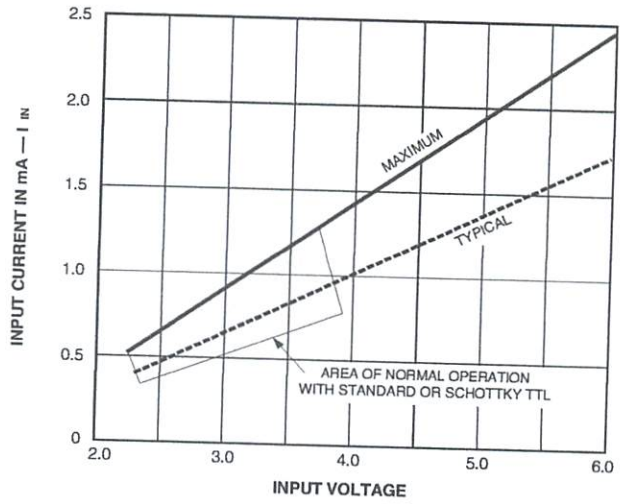
Dwg. No. A-9653A



Dwg. No. A-10,175

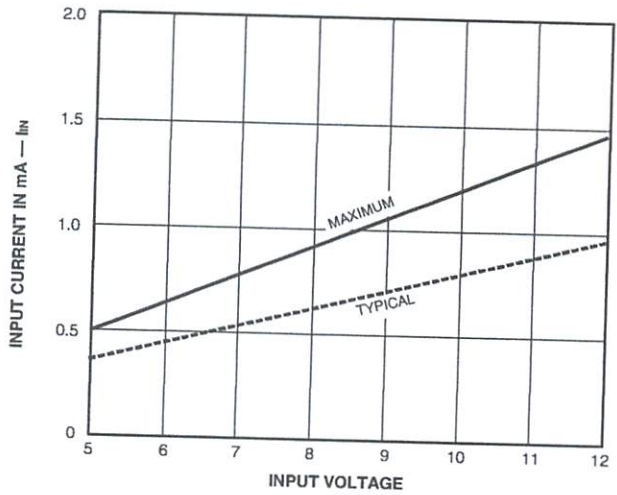
INPUT CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE

Types ULN2003A, ULN2003L, ULN2023A, and
ULN2023L



Dwg. GP-069

Types ULN2004A, ULN2004L, ULN2024A, and
ULN2024L

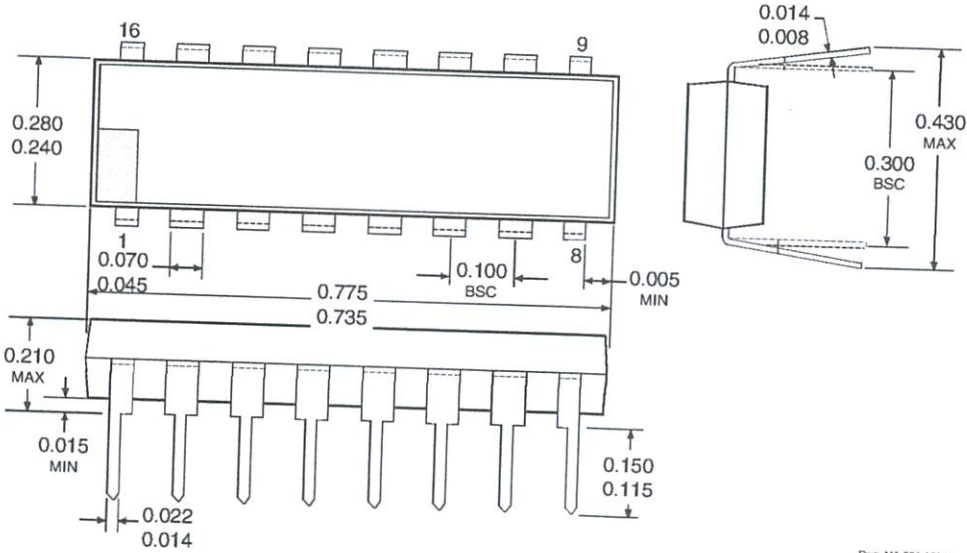


Dwg. GP-069-1

2013 THRU 2024
 HIGH-VOLTAGE,
 HIGH-CURRENT
 MOUNTING ARRAYS

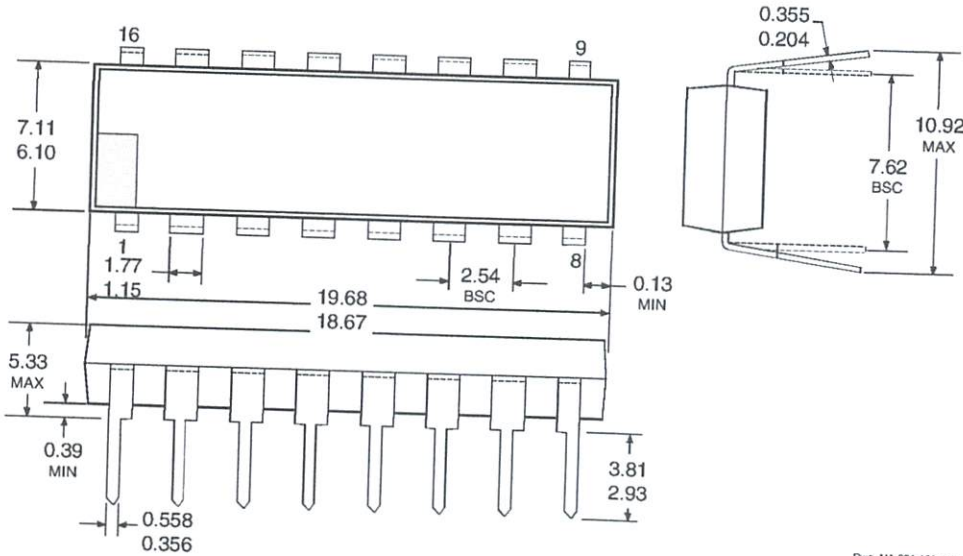
PACKAGE DESIGNATOR "A"

Dimensions in Inches
 (controlling dimensions)



Dwg. MA-001-16A in

Dimension in Millimeters
 (for reference only)



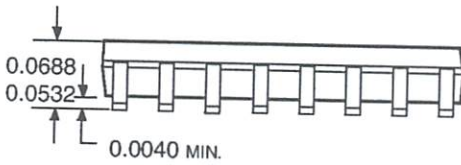
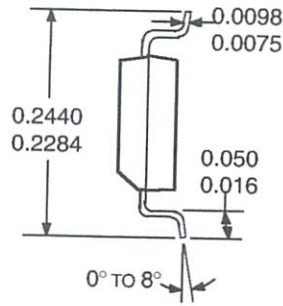
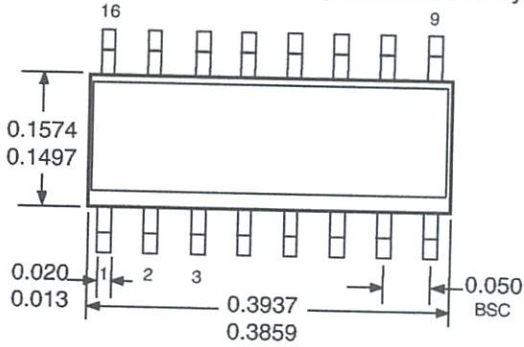
Dwg. MA-001-16A mm

- Leads 1, 8, 9, and 16 may be half leads at vendor's option.
- Lead thickness is measured at seating plane or below.
- Lead spacing tolerance is non-cumulative.
- Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

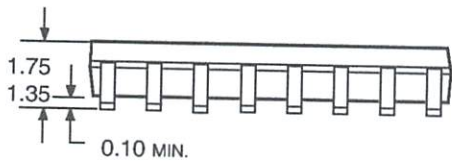
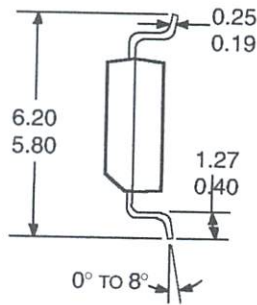
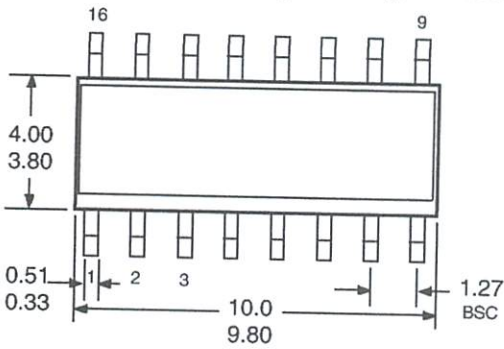
PACKAGE DESIGNATOR "L"

Dimensions in Inches
(for reference only)



Dwg. MA-007-16 in

Dimension in Millimeters
(controlling dimensions)



Dwg. MA-007-16A mm

1. Lead spacing tolerance is non-cumulative.
2. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.

3 THRU 2024
GH-VOLTAGE,
GH-CURRENT
RLINGTON ARRAYS

The products described here are manufactured under one or more U.S. patents or U.S. patents pending.

Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability, or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current.

Allegro products are not authorized for use as critical components in life-support devices or systems without express written approval.

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use; nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.



115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

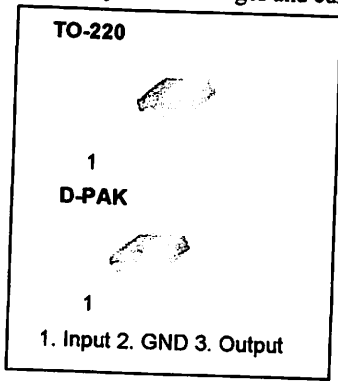
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

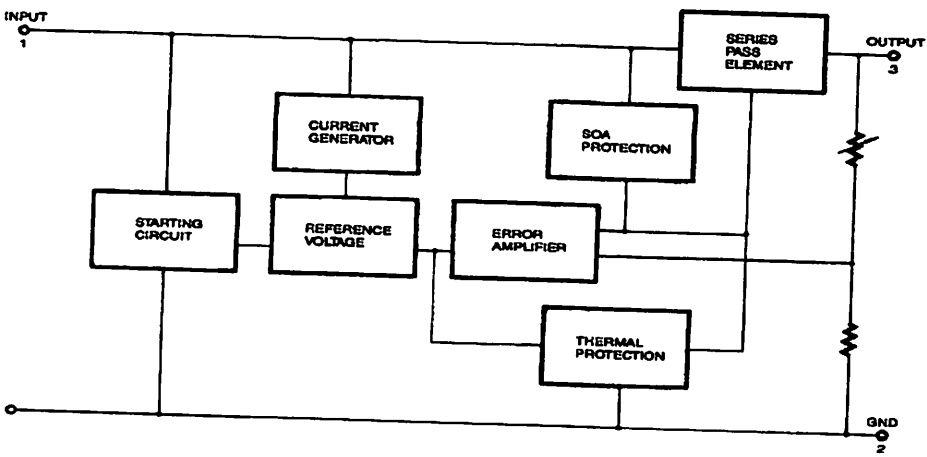
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$) (for $V_O = 24V$)	V_I	35	V
	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

Electrical Characteristics (MC7805/LM7805)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7805/LM7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$, $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5mA$ to $1.0A$	-	0.03	0.5	mA	
		$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10Hz$ to $100KHz$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1KHz$	-	15	-	$m\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A	

Note:

Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7806)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 11\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7806			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	5.75	6.0	6.25	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 8.0\text{V to } 21\text{V}$	5.7	6.0	6.3		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$	-	5	120	mV
			$V_I = 9\text{V to } 13\text{V}$	-	1.5	60	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	9	120	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	3	60	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	-	-	0.5	mA	
		$V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$	-	-	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	45	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 9\text{V to } 19\text{V}$	59	75	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	19	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

MINIATURE RELAY

1 POLE

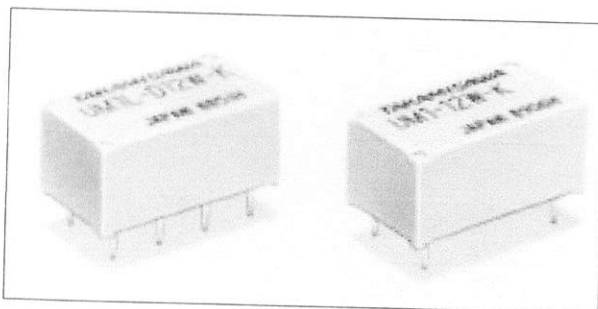
(HIGH FREQUENCY SIGNAL SWITCHING)

UM1 SERIES

RoHS Compliant

FEATURES

- Subminiature polarized relay
 - Excellent high frequency characteristics
 - Isolation : min. 60 dB
 - Insertion loss : max. 1 dB
 - V.S.W.R. : max. 1.2
 } at 900 MHz
 (Impedance of the measuring devices is 75Ω)
 - High reliability—Bifurcated contacts
 - Wide operating range
 - DIL pitch terminals
 - Plastic sealed type
 - Latching type available
 - RoHS compliant since date code: 0437T2
- Please see page 7 for more information



ORDERING INFORMATION

[Example] $\frac{UM1}{(a)} \frac{L}{(b)} - \frac{D}{(c)} \frac{12}{(d)} \frac{W}{(e)} - \frac{K}{(f)}$

(a)	Series Name	UM1: UM1 Series
(b)	Operation Function	Nil : Standard type L : Latching type
(c)	Number of Coil	Nil : Single winding type D : Double winding type
(d)	Nominal Voltage	Refer to the COIL DATA CHART
(e)	Contact	W : Bifurcated type
(f)	Enclosure	K : Plastic sealed type

UM1 SERIES

SPECIFICATIONS

Item		Standard Type	Single Winding Latching Type	Double Winding Latching Type
		UM1-() W-K	UM1L-() W-K	UM1L-D () W-K
Contact	Arrangement	1 form C (SPDT)		
	Material	Gold clad (stationary contact), gold plate (movable contact)		
	Style	Bifurcated		
	Resistance (initial)	Maximum 100 mΩ		
	Rating (resistive)	10 mA 24 VDC 1 W (at 900 MHz)		
	Maximum Carrying Current	0.5 A		
	Maximum Switching Power	1 W (DC) 10 W (at 900 MHz)		
	Maximum Switching Voltage	30 VDC		
	Maximum Switching Current	100 mA		
	Minimum Switching Load*1	0.01 mA 10 mVDC		
Excellent high frequency characteristics	Isolation	Minimum 60 dB(at 900 MHz), impedance of the measuring devices is 75Ω		
	Insertion Loss	Maximum 1 dB(at 900 MHz), impedance of the measuring devices is 75Ω		
	V.S.W.R.	Maximum 1.2(at 900 MHz), impedance of the measuring devices is 75Ω		
Coil	Nominal Power (at 20°C)	0.2 to 0.22 W	0.2 W	0.4 W
	Operate Power (at 20°C)	0.1 to 0.11 W	0.1 W	0.2 W
	Operating Temperature	-30°C to +80°C (no frost)		-30°C to +60°C (no frost)
Set Point Value	Operate (at nominal voltage)	Maximum 6 ms	Maximum 6 ms (set)	
	Release (at nominal voltage)	Maximum 5 ms	Maximum 6 ms (reset)	
Insulation	Resistance (at 500 VDC)	Minimum 1,000 MΩ		
	Dielectric Strength	between open contacts between contacts and shield terminals	500 VAC 1 minute	
		between coil and contacts, between coil and shield terminals	1,000 VAC 1 minute	
Life	Mechanical	1 × 10 ⁶ operations minimum		
	Electrical	3 × 10 ⁵ operations minimum (at nominal load)		
Environment	Vibration	Misoperation	10 to 55 Hz (double amplitude of 3.3 mm)	
	Resistance	Endurance	10 to 55 Hz (double amplitude of 5.0 mm)	
	Shock	Misoperation	500 m/s ² (11 ±1 ms)	
	Resistance	Endurance	1,000 m/s ² (6 ±1 ms)	
	Weight	Approximately 4 g		

*Minimum switching loads mentioned above are reference values. Please perform the confirmation test with the actual load before production since reference values may vary according to switching frequencies, environmental conditions and expected reliability levels.

UM1 SERIES

COIL DATA CHART

MODEL	Nominal voltage	Coil resistance (±10%)	Must operate voltage*1	Must release voltage*1	Nominal power
UM1- 1.5 W-K	1.5 VDC	11.2Ω	+1.05 VDC	+0.08 VDC	200 mW
UM1- 3 W-K	3 VDC	45 Ω	+2.1 VDC	+0.15 VDC	200 mW
UM1- 4.5 W-K	4.5 VDC	101 Ω	+3.15 VDC	+0.23 VDC	200 mW
UM1- 5 W-K	5 VDC	125 Ω	+3.5 VDC	+0.25 VDC	200 mW
UM1- 6 W-K	6 VDC	180 Ω	+4.2 VDC	+0.3 VDC	200 mW
UM1- 9 W-K	9 VDC	405 Ω	+6.3 VDC	+0.45 VDC	200 mW
UM1- 12 W-K	12 VDC	720 Ω	+8.4 VDC	+0.6 VDC	200 mW
UM1- 18 W-K	18 VDC	1,620 Ω	+12.6 VDC	+0.9 VDC	200 mW
UM1- 24 W-K	24 VDC	2,880 Ω	+16.8 VDC	+1.2 VDC	200 mW
UM1- 48 W-K	48 VDC	10,472 Ω	+33.6 VDC	+2.4 VDC	220 mW

*1 Specified values are subject to pulse wave voltage.
 values in the table are measured at 20°C.

UM1 SERIES

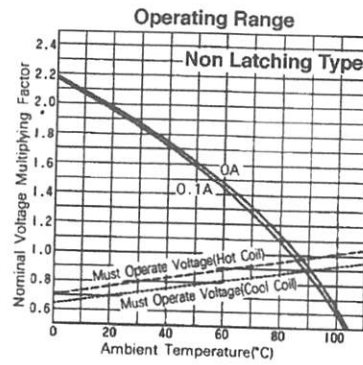
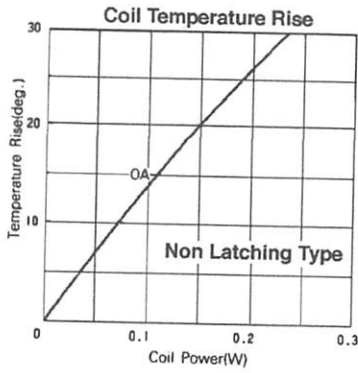
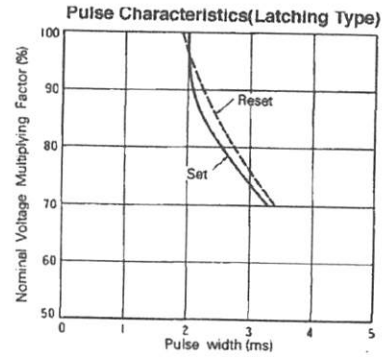
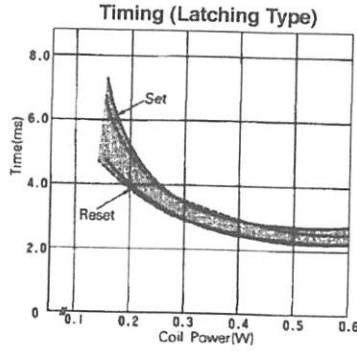
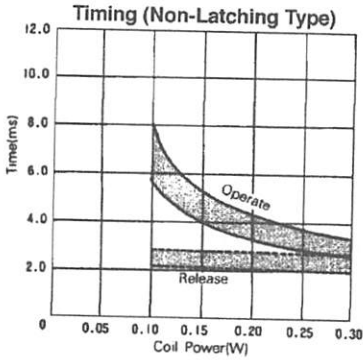
MODEL	Nominal voltage	Coil resistance ($\pm 10\%$)	Set voltage*1	Reset voltage*1	Nominal power
UM1L- 1.5 W-K	1.5 VDC	11.2 Ω	+1.05 VDC	-1.05 VDC	200 mW
UM1L- 3 W-K	3 VDC	45 Ω	+2.1 VDC	-2.1 VDC	200 mW
UM1L- 4.5 W-K	4.5 VDC	101 Ω	+3.15 VDC	-3.15 VDC	200 mW
UM1L- 5 W-K	5 VDC	125 Ω	+3.5 VDC	-3.5 VDC	200 mW
UM1L- 6 W-K	6 VDC	180 Ω	+4.2 VDC	-4.2 VDC	200 mW
UM1L- 9 W-K	9 VDC	405 Ω	+6.3 VDC	-6.3 VDC	200 mW
UM1L- 12 W-K	12 VDC	720 Ω	+8.4 VDC	-8.4 VDC	200 mW
UM1L- 18 W-K	18 VDC	1,620 Ω	+12.6 VDC	-12.6 VDC	200 mW
UM1L- 24 W-K	24 VDC	2,880 Ω	+16.8 VDC	-16.8 VDC	200 mW
UM1L- 48 W-K	48 VDC	11,520 Ω	+33.6 VDC	-33.6 VDC	200 mW
UM1L-D1.5 W-K	1.5 VDC	P 5.6 Ω	+1.05 VDC		400 mW
		S 5.6 Ω		+1.05 VDC	
UM1L-D 3 W-K	3 VDC	P 22.5 Ω	+2.1 VDC		400 mW
		S 22.5 Ω		+2.1 VDC	
UM1L-D4.5 W-K	4.5 VDC	P 50.6 Ω	+3.15 VDC		400 mW
		S 50.6 Ω		+3.15 VDC	
UM1L-D 5 W-K	5 VDC	P 62.5 Ω	+3.5 VDC		400 mW
		S 62.5 Ω		+3.5 VDC	
UM1L-D 6 W-K	6 VDC	P 90 Ω	+4.2 VDC		400 mW
		S 90 Ω		+4.2 VDC	
UM1L-D 9 W-K	9 VDC	P 202.5 Ω	+6.3 VDC		400 mW
		S 202.5 Ω		+6.3 VDC	
UM1L-D 12 W-K	12 VDC	P 360 Ω	+8.4 VDC		400 mW
		S 360 Ω		+8.4 VDC	
UM1L-D 18 W-K	18 VDC	P 810 Ω	+12.6 VDC		400 mW
		S 810 Ω		+12.6 VDC	
UM1L-D 24 W-K	24 VDC	P 1,440 Ω	+16.8 VDC		400 mW
		S 1,440 Ω		+16.8 VDC	
UM1L-D 48 W-K	48 VDC	P 5,760 Ω	+33.6 VDC		400 mW
		S 5,760 Ω		+33.6 VDC	

*1 Specified values are subject to pulse wave voltage.
 values in the table are measured at 20°C.

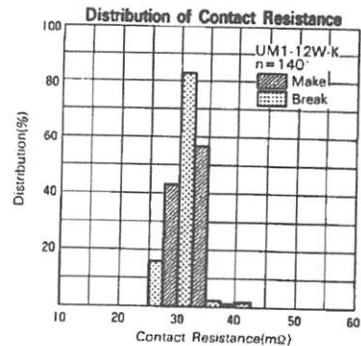
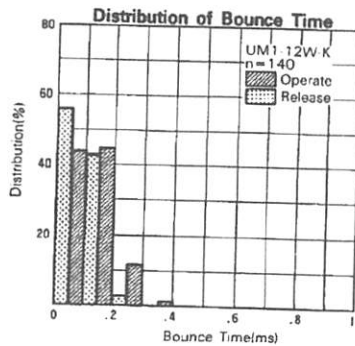
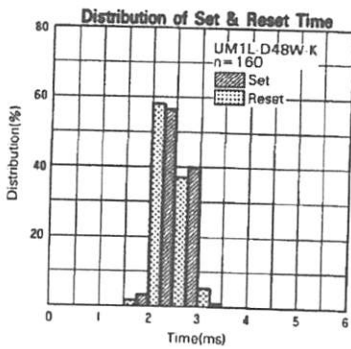
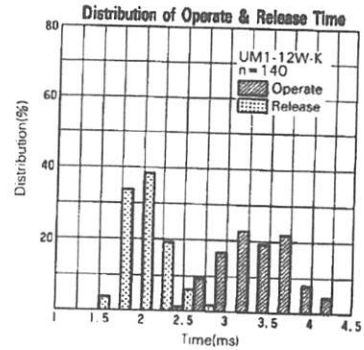
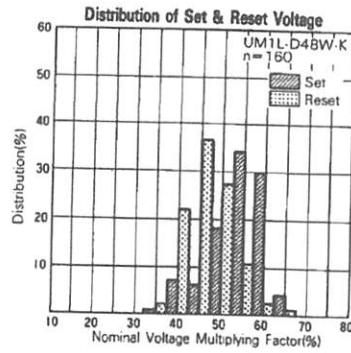
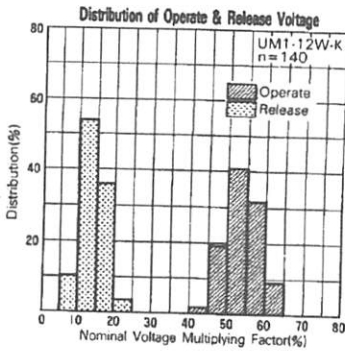
P: Primary coil S: Secondary coil

UM1 SERIES

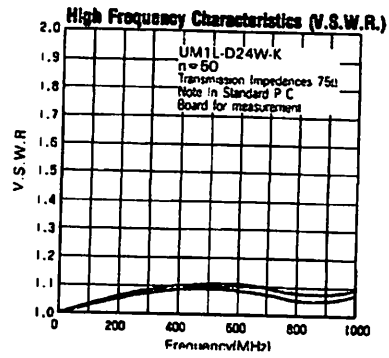
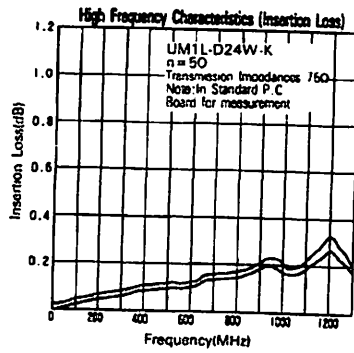
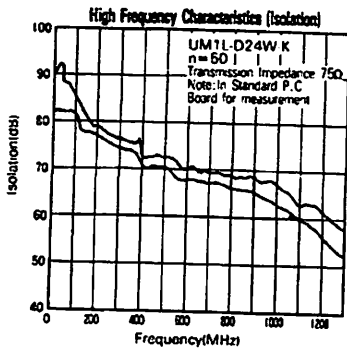
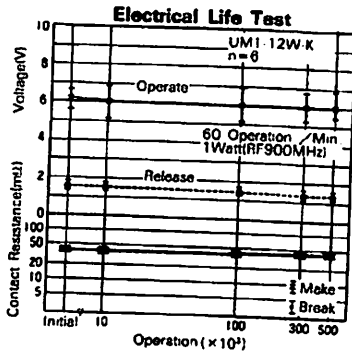
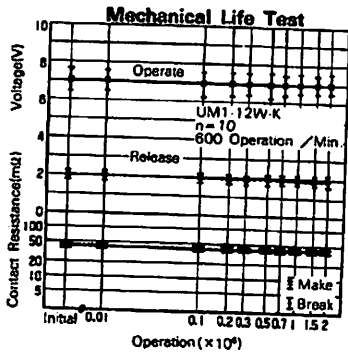
CHARACTERISTIC DATA



REFERENCE DATA



UM1 SERIES



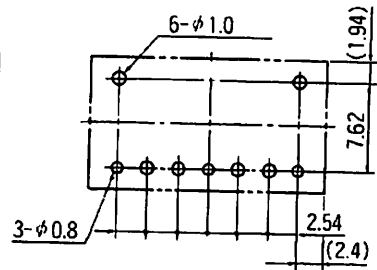
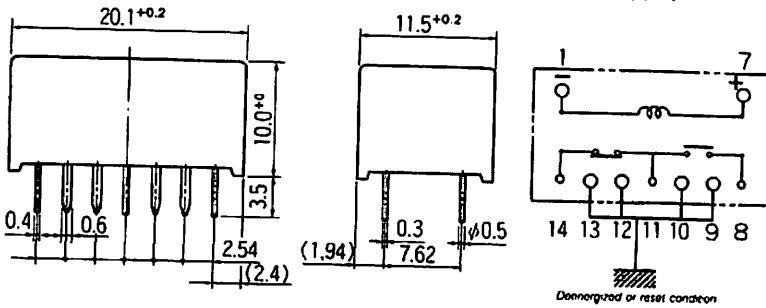
DIMENSIONS

● Dimensions

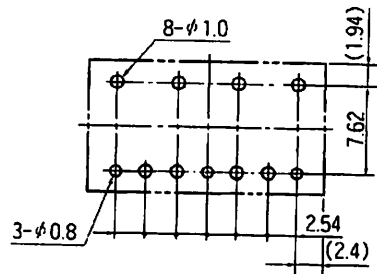
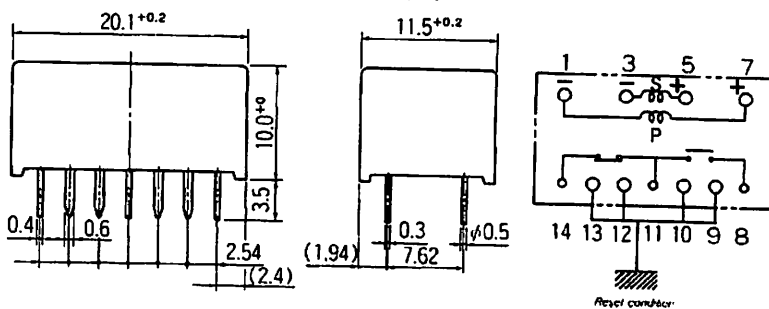
● Schematics (Bottom view)

● PC board mounting hole layout (Bottom view)

M1, UM1L type (Non-latching type, single winding latching type)



1L-D type (Double winding latching type)



Unit: mm

RoHS Compliance and Lead Free Relay Information

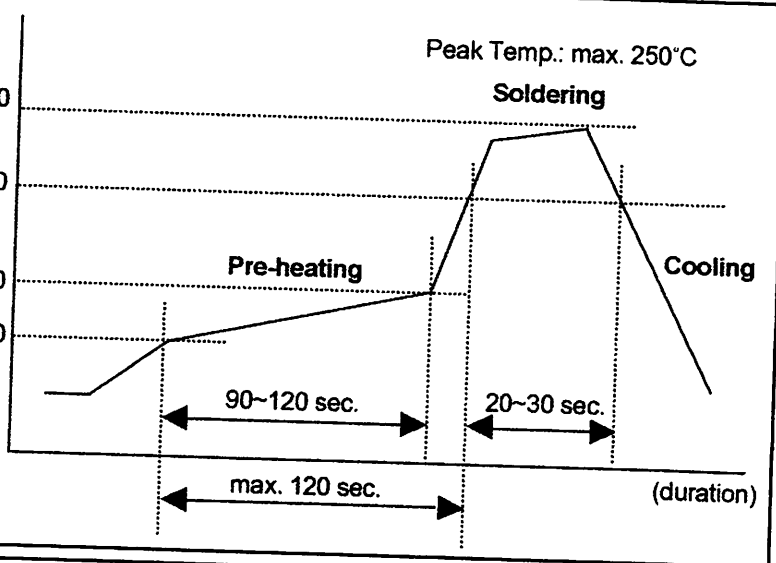
1. General Information

- Relays produced after the specific date code that is indicated on each data sheet are lead-free now. Most of our signal and power relays are lead-free. Please refer to Lead-Free Status Info. (<http://www.fcai.fujitsu.com/pdf/LeadFreeLetter.pdf>)
 - Lead free solder paste currently used in relays is Sn-3.0Ag-0.5Cu. From February 2005 forward Sn-3.0Cu-Ni will be used for FTRB3 and FTR-B4 series relays.
 - Most signal and some power relays also comply with RoHS. Please refer to individual data sheets. Relays that are RoHS compliant do not contain the 6 hazardous materials that are restricted by RoHS directive (lead, mercury, cadmium, chromium IV, PBB, PBDE).
 - It has been verified that using lead-free relays in leaded assembly process will not cause any problems (compatible).
 - "LF" is marked on each outer and inner carton. (No marking on individual relays).
 - To avoid leaded relays (for lead-free sample, etc.) please consult with area sales office.
- We will ship leaded relays as long as the leaded relay inventory exists.

2. Recommended Lead Free Solder Profile

Recommended solder paste Sn-3.0Ag-0.5Cu and Sn-3.0 Cu-Ni (only FTR-B3 and FTR-B4 from February 2005)

Flow Solder condition



Flow Solder condition:

Pre-heating: maximum 120°C
Soldering: dip within 5 sec. at 260°C solder bath

Solder by Soldering Iron:

Soldering Iron
Temperature: maximum 360°C
Duration: maximum 3 sec.

We highly recommend that you confirm your actual solder conditions

Moisture Sensitivity

Moisture Sensitivity Level standard is not applicable to electromechanical relays.

tin Whisker

Sn-3.0AgCu solder is known as low risk of tin whisker. No considerable length whisker was found by our in-house test.

Solid State Relays

Each lead terminal will be changed from solder plating to Sn plating and Nickel plating. A layer of Nickel plating between the terminal and the Sn plating to avoid whisker.

UM1 SERIES

Fujitsu Components International Headquarter Offices

Japan

Fujitsu Component Limited
Gotanda-Chuo Building
3-5, Higashigotanda 2-chome, Shinagawa-ku
Tokyo 141, Japan
Tel: (81-3) 5449-7010
Fax: (81-3) 5449-2626
Email: promothq@ft.ed.fujitsu.com
Web: www.fcl.fujitsu.com

North and South America

Fujitsu Components America, Inc.
250 E. Caribbean Drive
Sunnyvale, CA 94089 U.S.A.
Tel: (1-408) 745-4900
Fax: (1-408) 745-4970
Email: marcom@fcai.fujitsu.com
Web: www.fcai.fujitsu.com

Europe

Fujitsu Components Europe B.V.
Diamantlaan 25
2132 WV Hoofddorp
Netherlands
Tel: (31-23) 5560910
Fax: (31-23) 5560950
Email: info@fceu.fujitsu.com
Web: www.fceu.fujitsu.com

Asia Pacific

Fujitsu Components Asia Ltd.
102E Pasir Panjang Road
#04-01 Citilink Warehouse Complex
Singapore 118529
Tel: (65) 6375-8560
Fax: (65) 6273-3021
Email: fcal@fcal.fujitsu.com
www.fcal.fujitsu.com

© 2004 Fujitsu Components America, Inc. All company and product names are trademarks or registered trademarks of their respective owners. Rev. 12/07/2004.