

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



**SKRIPSI**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ROBOT PENIUP API  
LILIN BERBASISKAN MIKROKONTROLER AT89S51**

*Disusun oleh :*

**NAMA : SEVIANTO KAMARUZAMAN**

**NIM : 0017012**

**MARET 2007**

---

## LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ROBOT PENIUP API LILIN  
BERBASISKAN MIKROKONTROLER AT89S51**

### SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

Disusun oleh :

Nama : Sevianto Kamaruzaman

Nim : 00.17.012

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

  
Ir. F. Yudi Kimpuraptono, MT  
NIP.Y 1039500274

  
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP.Y 1018800189

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S -1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2007**



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : Sevianto Kamaruzaman  
NIM : 0017012  
Jurusan : Teknik Elektro S1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Robot Peniup Api  
Lilin Berbasiskan Mikrokontroler AT89S51

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

Hari : Jum'at  
Tanggal : 23 Maret 2007  
Dengan Nilai : A (87,65) *By*



Ir. Mochtar Asroni, MSME  
NIP.Y. 1018100036

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

**SEKRETARIS**

Ir. F. Yudi Limpraptono, M.T.  
NIP.Y. 1039500274

**ANGGOTA PENGUJI**

**PENGUJI I**

Ir. Usman Djuanda, MM.  
NIP.Y 1018700143

**PENGUJI II**

Ir. Eko Nurcahyo  
NIP.Y 1028700172

## ABSTRAKSI

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ROBOT PENIUP API LILIN BERBASISKAN MIKROKONTROLER AT89S51

( Sevianto Kamaruzaman, 0017012, Jurusan Teknik Elektro S-1/Elektronika)  
(Dosen Pembimbing : Ir Yusuf Ismail Nakhoda, MT )

---

Kata Kunci: Mikrokontroler, Ultrasonik, Sensor Cahaya (*Phototransistor*),  
Sensor Garis (*Infrared*), Motor DC

Perkembangan robot pada masa ini sangatlah pesat. Banyak instansi – instansi pemerintah seperti polisi menggunakan robot untuk misalnya menjinakkan bom, serta semaraknya perlombaan – perlombaan robot yang diadakan oleh panitia KRCI.

Oleh sebab itu pada tugas akhir ini, saya mencoba membuat robot paniup api, dimana sebagai medianya adalah api lilin. Sistem dari robot tersebut menggunakan AT89S51 sebagai pengontrolnya. Adapun perancangan perangkat hardware yang digunakan adalah: empat sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jalan dari robot agar tidak menabrak tembok, sensor cahaya api lilin menggunakan *phototransistor*, *infrared* untuk mendeteksi garis yang merupakan penanda bahwa itu sebuah ruangan, dan motor DC sebagai penggerak robot.

Robot ini bergerak dari *home* yang nantinya bergerak menuju sebuah ruangan dimana ruangan tersebut telah ditandai sebuah garis. Pada saat robot telah mendeteksi garis, maka robot akan maju dan berhenti. Sensor cahaya bekerja dengan cara scanning dan mencari cahaya yang terkuat (cahaya api lilin). Setelah mendeteksi cahaya api lilin, maka robot akan mendekati api tersebut dan berhenti saat mendeteksi garis yang merupakan jarak tiup. Robot membidik lagi agar posisi tiup tepat didepan dan kipas aktif. Setelah itu robot akan mundur sedikit dan sensor cahaya aktif, apakah cahaya api lilin tersebut sudah padam. Bila sudah padam, robot akan balik kanan dan mencari jalan keluaran kembali ke *home*

## **KATA PENGANTAR**

Atas berkat rahmat Allah Yang Maha Kuasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul :

### **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ROBOT PENIUP API LILIN BERBASISKAN MIKROKONTROLER AT89S51**

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

Tersusunnya laporan ini karena adanya dorongan, masukan dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Bapak Prof. Dr. Ir Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Institut Teknologi Nasional Malang.
- Bapak Ir F Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1
- Bapak Ir Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta ilmu-ilmu yang sangat berharga sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini.

---

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

Malang, Maret 2007

Penulis

---

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI .....	iii
ABSTRAKSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Metodologi.....	3
1.6. Sistematika Pembahasan .....	4
<b>BAB II TEORI DASAR.....</b>	<b>5</b>
2.1. Sensor ultrasonik.....	5
2.2. Tranducer Ultrasonik.....	6
2.3. Pemantulan Refleksi.....	7
2.4. Fototransistor .....	8
2.5. Sensor Infrared.....	9
2.5.1. LED ( <i>Light Emiting Dioda</i> ) / Infra Merah.....	9
2.5.2. Photodioda .....	10

2.6. Motor DC.....	11
2.6.1. Teori Dasar Motor DC.....	11
2.6.2. Cara Kerja Motor DC .....	12
2.6.3. Pengendalian Arah Putaran Motor DC.....	14
2.7. Motor Stepper.....	15
2.8. Optocoupler .....	17
2.9. IC ULN 2003A .....	18
2.10. Pewaktu 555.....	19
2.11. Penguat Operasional .....	22
2.12. Transistor Sebagai Penguat.....	23
2.13. Gerbang-Gerbang Logika .....	24
2.14. <i>Pulse Width Modulation</i> .....	25
2.15. Mikrokontroler AT89S51 .....	26
2.15.1. Perangkat keras mikrokontroler AT89S51 .....	27
2.15.2. Konfigurasi Pena-Pena Mikrokontroler AT89S51 ..	28
2.15.3. Rangkaian <i>Clock</i> .....	32
2.15.4. <i>Timer</i> .....	32
<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .....</b>	<b>36</b>
3.1. Konfigurasi Sistem .....	36
3.2. Perancangan Mekanik.....	37
3.3. Perancangan <i>Hardware</i> .....	40
3.3.1. Regulator.....	40
3.3.2. Sensor Ultrasonik .....	40
3.3.2.1. Pemancar Ultrasonik.....	40
3.3.2.2. Penerima Ultrasonik .....	43
3.3.3. Minimum Sistem Utama.....	47



3.3.4. Minimum Sistem PWM.....	48
3.3.5. Motor DC.....	48
3.3.6. Rangkaian Sensor Cahaya (Phototransistor).....	50
3.3.7. Rangkaian Sensor Garis.....	53
3.3.6.1. Rangkaian Pemancar.....	53
3.3.6.2. Rangkaian Sensor Photodiode.....	54
3.3.8. Rangkaian Driver Motor Stepper.....	55
3.3.9. Rangkaian Kipas.....	56
3.4. Perancangan <i>Software</i> .....	57
<b>BAB IV PENGUJIAN ALAT.....</b>	<b>61</b>
4.1. Pengujian Hardware.....	61
4.1.1. Rangkaian Pembangkit Pulsa.....	61
4.1.2. Rangkaian JK-FF.....	63
4.1.3. Rangkaian Pemancar.....	64
4.1.4. Rangkaian Penerima Ultrasonik.....	65
4.1.5. Rangkaian Penguat Ultrasonik.....	66
4.1.6. Rangkaian Komparator.....	67
4.1.7. Pengujian Sensor Cahaya (Phototransistor).....	69
4.1.8. Pengujian Infrared.....	70
4.1.8.1. Pengujian Rangkaian Sensor Infra merah.....	70
4.1.8.2. Pengujian Rangkaian Sensor Photodiode.....	72
4.2. Pengujian Software.....	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Pancaran dan Pantulan Ultrasonik .....	5
Gambar 2-2	Bentuk Fisik Dari Transduser Ultrasonik .....	7
Gambar 2-3	Pemantulan Gelombang .....	7
Gambar 2-4	Sudut Pemantulan Gelombang .....	7
Gambar 2-5	Simbol Phototransistor .....	8
Gambar 2-6	Dioda Infra Merah .....	10
Gambar 2-7	Photodiode .....	10
Gambar 2-8	Garis – Garis Medan Magnet Disekitar Arus Listrik Pada Kawat Lurus .....	11
Gambar 2-9	Kaidah Tangan Kanan .....	12
Gambar 2-10	Dasar Konstruksi Motor DC .....	13
Gambar 2-11	Sebuah Motor DC .....	14
Gambar 2-12	Arah Putaran Motor DC .....	14
Gambar 2-13	Struktur Motor Stepper .....	15
Gambar 2-14	Prinsip Kerja Motor Stepper .....	16
Gambar 2-15	Simbol Optocoupler .....	17
Gambar 2-16	Pin – Pin Koneksi Dalam IC ULN 2003A .....	19
Gambar 2-17	Rangkaian Darlington Dalam IC ULN 2003A .....	19
Gambar 2-18	Blok Diagram Internal IC NE555 .....	20
Gambar 2-19	Konfigurasi Pin IC NE555 .....	20
Gambar 2-20	Rangkaian Dasar Operasi Astabil IC555 .....	21
Gambar 2-21	Bentuk Signal Operasi Astabil .....	21

Gambar 2-22	Simbol Skematis Op-Amp .....	22
Gambar 2-23	Rangkaian Pembanding.....	23
Gambar 2-24	Rangkaian Umpan Balik Kolektor.....	23
Gambar 2-25	Simbol Gerbang AND.....	24
Gambar 2-26	Sinyal PWM .....	26
Gambar 2-27	Diagram Blok Mikrokontroler AT89S51 .....	28
Gambar 2-28	Konfigurasi Pena – Pena AT89S51 .....	29
Gambar 2-29	Rangkaian Reset .....	31
Gambar 2-30	Rangkaian Osilator Kristal .....	32
Gambar 2-31	Denah Susunan Bit Dalam Register TMOD .....	34
Gambar 2-32	Denah Susunan Bit Dalam Register TCON .....	34
Gambar 3-1	Blok Diagram Sistem Robot.....	36
Gambar 3-2	Mekanik Robot Peniup Api Lilin .....	38
Gambar 3-3	Ruangan Yang Akan Dilalui Robot Peniup Api Lilin ....	38
Gambar 3-4	Regulator .....	40
Gambar 3-5	Rangkaian Pembangkit Pulsa .....	41
Gambar 3-6	Rangkaian Dekoder Pengirim Ultrasonik .....	42
Gambar 3-7	Rangkaian Penerima Ultrasonik .....	43
Gambar 3-8	Rangkaian Penguat Ultrasonik .....	44
Gambar 3-9	Rangkaian Komparator .....	45
Gambar 3-10	Minimum Sistem Utama .....	47
Gambar 3-11	Minimum Sistem PWM .....	48
Gambar 3-12	Rangkaian Arah Putaran Motor .....	49
Gambar 3-13	Rangkaian <i>H-Bridge</i> Driver Motor.....	50

Gambar 3-14	Rangkaian Phototransistor .....	51
Gambar 3-15	Fototransistor Secara Keseluruhan .....	52
Gambar 3-16	Rangkaian Pemancar (Infrared).....	53
Gambar 3-17	Rangkaian Sensor Photodiode.....	54
Gambar 3-18	Rangkaian Driver Motor Stepper.....	56
Gambar 3-19	Rangkaian Kipas.....	56
Gambar 3-20	<i>Flowchart</i> Sistem Utama.....	58
Gambar 3-21	<i>Flowchart Interrupt</i> .....	59
Gambar 3-22	<i>Flowchart</i> PWM .....	60
Gambar 4-1	Sinyal Keluaran Dari Pembangkit Pulsa Dengan Frekuensi 80 KHz .....	62
Gambar 4-2	Sinyal Keluaran Dari JK-FF Dengan Frekuensi 40KHz, Duty Cycle 50%.....	63
Gambar 4-3	Sinyal Keluaran Dari Dekoder 74LS138 Dengan Frekuensi 40KHz, Duty Cycle 50% .....	64
Gambar 4-4	Sinyal Keluaran Dari Rangkaian Penerima Ultrasonik ..	65
Gambar 4-5	Sinyal Keluaran Dari Rangkaian Penguat.....	66
Gambar 4-6	Sinyal Keluaran Dari Komparator .....	67
Gambar 4-7	Rangkaian Pengujian Phototransistor .....	69
Gambar 4-8	Rangkaian Pengujian Sensor Inframerah .....	71
Gambar 4-9	Rangkaian Pengujian Sensor Photodiode.....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Katagori Suara Menurut Frekuensi.....	6
Tabel 2-2	Kebenaran Gerbang AND.....	25
Tabel 2-3	Konfigurasi Port 1.5 Sampai Port 1.7.....	29
Tabel 2-4	Fungsi Khusus Pada Port 3.....	30
Tabel 3-1	Tabel Pengalamatan Sensor.....	43
Tabel 3-2	Hubungan Driver Penerima Ultrasonik Dengan Mikrokontroler.....	46
Tabel 3-3	Hubungan Dekoder Pengirim Ultrasonik Dengan Mikrokontroler.....	46
Tabel 3-4	Tabel Kebenaran Fototransistor.....	52
Tabel 4-1	Perbandingan antara Pengukuran Dengan Perhitungan Pada Rangkaian Pembangkit Sinyal.....	62
Tabel 4-2	Perbandingan antara Pengukuran Dengan Perhitungan Pada Sensor Penerima Ultrasonik.....	68
Tabel 4-3	Perbandingan antara Pengukuran Dengan Perhitungan Pada Rangkaian Fototransistor.....	70
Tabel 4-4	Perbandingan antara Pengukuran Dengan Perhitungan Pada Rangkaian Infared.....	71
Tabel 4-5	Hasil Pengujian Rangkaian Photodiode.....	73

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Mikrokontroler telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, misalnya pada dunia rekayasa, teknologi komputer, sistem manufaktur, mekatronik, dan robotika. Dalam dunia robotika, teknologi mikrokontroler dan mikroprosesor banyak diimplementasikan dalam sistem yang kompleks dan dibutuhkan efisiensi yang tinggi.

Robot pada masa kini telah banyak digunakan dalam instansi-instansi. Semisal dari kepolisian, yang telah menggunakan robot untuk menjinakkan bom. Dan sekarang ini lagi semaraknya perlombaan - perlombaan robot seperti KRCL.

Salah satu aspek penting dari *mobile* robot adalah pengendalian pergerakan atau navigasi. Biasanya navigasi tersebut digunakan untuk mengatasi atau menghindari halangan. Untuk melaksanakan tugas seperti ini, robot perlu dilengkapi dengan peralatan khusus seperti kamera, sonar atau sensor *range finder*. Sensor-sensor ini berfungsi untuk mendeteksi adanya halangan maupun arah orientasinya dari posisi robot.

Pada Tugas akhir ini penulis akan menyajikan implementasi robot peniup api lilin dengan menggunakan empat sensor ultrasonik sebagai kontrol jalan dari robot agar robot tersebut tetap pada jalur jalan, phototransistor sebagai pendeteksi api lilin dan *infrared* sebagai pendeteksi sebuah ruangan serta jarak tiup lilin.

## 1.2. Perumusan Masalah

Dalam Perencanaan dan Pembuatan robot peniup lilin dengan Menggunakan Mikrokontroler AT89S51 ini dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Bagaimana merancang dan membuat agar robot selalu berada ditengah (tidak menabrak tembok) dan juga mendeteksi sebuah ruangan yang mana sebuah ruangan ditandai dengan garis hitam dan mengetahui letak titik api lilin serta meniup api lilin dengan jarak tertentu.
2. Bagaimana merancang dan membuat agar motor dapat bekerja sesuai perintah dari mikrokontroler.
3. Bagaimana merancang dan membuat perangkat lunak atau *software* agar Mikrokontroler AT89S51 dapat dioperasikan sebagai sistem kendali.

## 1.3. Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini akan membahas tentang sistem pembuatan robot pemadam api lilin secara otomatis menggunakan Mikrokontroler AT89S51, adapun batasan masalah agar pembahasan lebih terfokus pada masalah yang dikaji sebagai berikut :

1. Penggunaan empat sensor ultrasonik agar robot selalu berjalan ditengah, *infrared* untuk mendeteksi sebuah ruangan dan jarak tiup serta *home* dari robot dan sensor cahaya untuk mendeteksi letak dari titik api
2. Ketinggian api lilin sejajar dengan letak dari phototransistor yaitu antara 15 sampai 20 cm

3. Alat yang dibuat ini tidak bisa untuk membedakan jenis atau bentuk media yang berupa halangan.
4. Robot dioperasikan diruangan tertutup, tidak boleh terkena cahaya matahari langsung.

#### **1.4. Tujuan**

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah merancang dan membuat robot pemadam api lilin dengan menggunakan sensor empat ultrasonik sebagai penyensor dinding, dan phototransistor sebagai pendeteksi letak dari api serta infrared pendeteksi sebuah garis yang berbasis mikrokontroler AT89S51.

#### **1.5. Metodologi**

Guna merealisasikan Tugas akhir sebagai tersebut diatas, maka metodologi penulisanya dilakukan sebagai berikut :

##### **1. Kajian pustaka**

Bertujuan untuk mengumpulkan literatur berisikan teori yang berhubungan dengan perencanaan alat, dipadukan dengan teori yang didapat dibangku kuliah.

##### **2. Perencanaan dan pembuatan alat**

Bertujuan untuk membuat diagram blok rangkaian yang sesuai dengan rencana kerja, yang kemudian direalisasikan dengan melaksanakan perencanaan dan pembuatan alat berdasarkan diagram blok rangkaian yang disusun.

##### **3. Studi analisa alat**

Dimaksudkan untuk melakukan analisa pengujian alat yang telah



dirancang, apakah sesuai dengan fungsi kerja yang diharapkan atau tidak.

#### 4. penyusunan buku laporan

Bertujuan untuk menyusun data laporan berpedoman pada alat yang selesai dibuat beserta kesimpulan cara kerja dari alat tersebut.

### 1.6. Sistematika Pembahasan

Agar sistematis dan dapat mencapai pemahaman yang tepat maka skripsi ini disusun dalam beberapa bab, yaitu :

#### BAB I    Pendahuluan

Meliputi Latar belakang, Rumusan masalah, Tujuan, Batasan masalah, Metodologi penulisan, dan Sistematika pembahasan.

#### BAB II   Landasan Teori

Meliputi teori penunjang yang membantu dalam pembuatan alat.

#### BAB III  Perencanaan Dan Pembuatan Alat

Meliputi berbagai hal yang berkenaan dengan perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak.

#### BAB IV  Pengujian Alat

#### BAB V   Penutup

Meliputi kesimpulan dan saran yang didapat selama perancangan dan pembuatan alat.

## BAB II TEORI DASAR

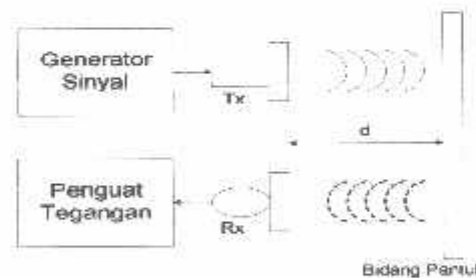
### Umum

Pada bab ini merupakan pembahasan mengenai teori dan rumus yang berhubungan dengan rangkaian yang direncanakan pada pembuatan alat.

### 2.1. Sensor ultrasonik

*Tranduser* Ultrasonik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi akustik (gelombang ultrasonik). *Tranduser* ultrasonik termasuk dalam golongan *tranduser peizoelectrie* yaitu *tranduser* yang memiliki kristal yang mempunyai sifat berubah bentuk dan volumenya

Prinsip kerja dari sensor ultrasonik terdiri dari dua rangkaian unit yaitu unit pemancar dan unit penerima, rangkaian unit pemancar berfungsi untuk memancarkan sinyal ultrasonik ke obyek, sedangkan unit penerima berfungsi mendeteksi sinyal pantulan dari obyek sasaran. Pemancarannya dan pantulannya dapat kita lihat seperti pada gambar berikut:



Gambar 2-1 Pancaran dan Pantulan Ultrasonik<sup>[4]</sup>

Gelombang ultrasonik mempunyai frekuensi lebih tinggi dari frekuensi yang bisa didengar telinga manusia, frekuensi suara yang dapat didengar oleh manusia

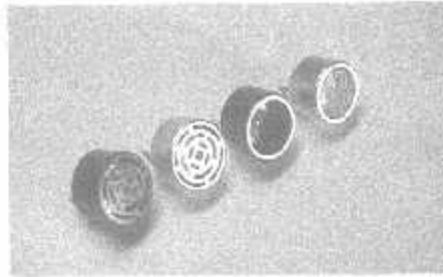
disebut gelombang suara yang berkisar antara  $\pm 20$  sampai 20Khz, kecepatan dari gelombang ultrasonik tergantung dari medium perambatanya.

Tabel 2-1 Katagori suara menurut frekuensi<sup>[4]</sup>

Nama	frekuensi
Infrasonik	Dibawah 20 Hz
Gelombang Suara (Audibel)	20 – 20 Khz
Ultrasonik	Diatas 20 Khz

## 2.2. Tranducer Ultrasonik

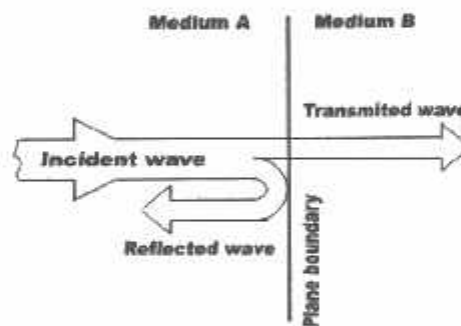
Keluaran dari pembangkit gelombang 40 Khz dihubungkan dengan tranducer ultrasonik yang dapat berfungsi sebagai pemancar dan gelombang pantulan diterima oleh tranducer yang berfungsi sebagai penerima gelombang ultrasonik. Tranducer yang digunakan adalah jenis tranducer *Piezzoelektrik* sebagai pemancar tranducer ini dapat memancarkan sinyal 40 Khz dan jika sebagai penerima akan menerima secara optimal pada getaran ultrasonik 40 Khz. Bahan *Piezzoelectric* yang umum digunakan yaitu kristal tunggal atau barrium titanida keduanya berisi molekul dengan distribusi pengisian tak simetris, saat tekanan udara mengenai permukaan kristal maka akan terjadi perpindahan arus dari positif ke negatif dalam kristal itu sendiri. Perpindahan molekul *internal* ini menghasilkan pengisian *external* pada kedua sumbu sensor.



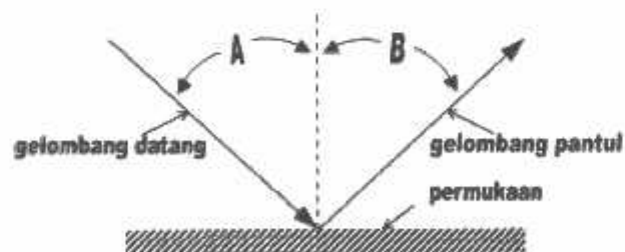
Gambar 2-2 Bentuk Fisik dari Transducer Ultrasonik<sup>191</sup>

### 2.3. Pemantulan Refleksi

Apabila gelombang melewati batas antara 2 medium yang mempunyai impedansi akustik berbeda, maka sebagian energi gelombang akan dipantulkan dan sebagian yang lain akan diteruskan. Batas antara 2 medium itu disebut dengan *interface*. Keadaan seperti ini dapat dilihat pada gambar 2-3



Gambar 2-1 Pemantulan Gelombang



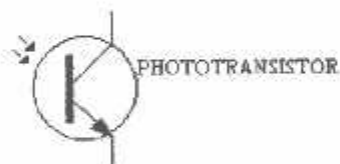
Gambar 2-4 Sudut Pemantulan Gelombang

ultrasonik. Sudut datang (A) dan sudut pantul (B) selalu mempunyai besar yang sama. Pada perubahan medium dari udara ke zat padat atau sebaliknya, dan perubahan medium dari zat cair ke zat padat atau sebaliknya maka pantulan yang terjadi cukup besar.

Jika energi secara kontinyu dikirimkan dan dipantulkan maka kedua gelombang akan mencapai keadaan setimbang sehingga jumlah energinya menjadi stabil. Besar energi ini berbeda-beda di setiap titik pada garis propagasi dan terdapat titik maksimum dan titik minimum.

#### 2.4. Fototransistor

Fototransistor adalah salah satu komponen yang peka terhadap cahaya dimana cahaya yang masuk melalui jendela fototransistor diubah menjadi arus listrik. Arus listrik ini disebut arus basis. Fototransistor ini dipakai karena dapat mendeteksi tingkatan cahaya berintensitas amat rendah.



Gambar 2-5 Simbol Phototransistor<sup>17)</sup>

Lensa berfungsi memusatkan cahaya pada semikonduktor yang sangat tipis. Fototransistor mempunyai dua keluaran, yaitu terminal kolektor dan emitor. Sedangkan arus basis *disupply* oleh arus yang dihasilkan intensitas cahaya yang masuk kedalam *junction diode* basis kolektor

Adapun prinsip kerja dari phototransistor adalah semakin besar cahaya yang diterima oleh phototransistor maka resistansi besar.

## 2.5. Sensor Infrared

Spektrum cahaya juga termasuk gelombang elektromagnetik dan dapat dikelompokkan dalam beberapa macam, yaitu cahaya tampak dan cahaya tak tampak. Didalam cahaya kompleks, dua sifat itu menjadi satu, contohnya cahaya matahari yang didalamnya memiliki macam-macam cahaya yang biasa disebut pelangi. Infra merah termasuk golongan cahaya yang tidak tampak oleh mata kita. Yang memiliki panjang gelombang cahaya infra merah ini antara  $0,7 \times 10^{-6}$  m sampai  $100 \times 10^{-6}$  m.

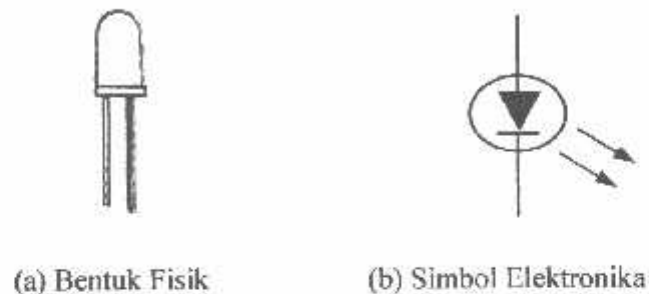
Beberapa keuntungan penggunaan spektrum infra red adalah :

- Infra red mempunyai panjang gelombang yang relative pendek pada daerah frekuensi tertentu dengan panjang gelombang  $0,7$  sampai  $10^{-6}$  m.
- Pemancar infra red membutuhkan sumber tegangan kecil.
- Tidak mengganggu media transmisi lainnya untuk kepentingan umum, sehingga tidak memerlukan ijin khusus.
- Spektrum infra red merupakan cahaya yang tidak tampak oleh mata, sehingga dapat digunakan untuk keperluan rahasia.

### 2.5.1. LED ( Light Emiting Dioda ) / Infra Merah

Selain oleh matahari, cahaya jenis ini dapat dibangkitkan melalui teknologi difusi pada dioda semikonduktor yang biasa disebut LED ( Light Emiting Dioda ). Sedangkan dioda sendiri juga banyak jenisnya termasuk yang bisa memancarkan cahaya saat dialiri arus forward padanya, electron dari pita konduksi melewati *junction* dan jatuh kedalam hole pita valensi, sehingga elektron-elektron tersebut

memancarkan energi. Pada dioda biasa energi ini dipancarkan melalui panas dan dioda yang tidak memancarkan cahaya contohnya dioda zener maupun dioda penyearah. Lambang dan bentuk dari LED infra red tersebut dapat dilihat pada gambar gambar di bawah ini :

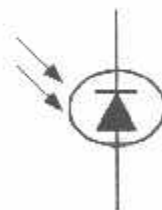


Gambar 2-6 Dioda Infra Merah <sup>[8]</sup>

LED( light Emiting Diode) disini digunakan sebagai sumber cahaya yang mempunyai panjang gelombang sebesar  $10^{-3}$  sampai  $10^{-6}$  dengan frekwensi sebesar  $10^{11}$  sampai  $10^{14}$  Hz. Cahaya yang dipancarkan oleh infra merah tidak dapat dilihat oleh mata sedangkan kekuatan yang dihasilka oleh infra merah tergantung pada arus listrik yang masuk. Semakin dipenuhi kebutuhan akan arus maksimum maka semakin terang cahaya yang dihasilkan.

### 2.5.2. Photodiode

Fotodiode merupakan sambungan pn yang dirancang untuk beroperasi bila dibiaskan dalam arah terbalik, seperti yang tampak pada gambar.



Gambar 2-7 Photodiode <sup>[8]</sup>

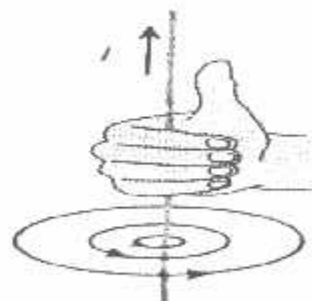
Ketika energi cahaya dengan panjang gelombang yang benar jatuh pada sambungan fotodiode, arus mengalir dalam sirkuit eksternal. Alat ini kemudian bekerja sebagai generator arus, yang arusnya sebanding dengan intensitas cahaya itu. Semakin besar intensitas cahaya infra yang diterima maka kemampuannya untuk menghasilkan arus semakin besar sebaliknya kemampuan untuk menghasilkan arus akan lemah apabila intensitas cahaya infra yang diterima semakin kecil.

Silikon merupakan bahan yang paling banyak digunakan untuk fotodiode dan memberikan waktu reaksi sebesar 1ns. Berikut gambar dari photodiode tersebut.

## 2.6. Motor DC

### 2.6.1. Teori Dasar Motor DC

Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet. Arah medan magnet dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan. Ibu jari tangan menunjukkan arah aliran arus listrik sedangkan jari-jari yang lain menunjukkan arah medan magnet yang timbul, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2-8 berikut ini:



Gambar 2-8 Garis-Garis Medan Magnet disekitar Arus Listrik Pada Kawat Lurus<sup>[5]</sup>



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 :

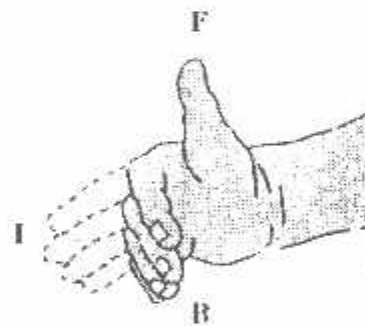
$$F = B.I.L \sin \theta \quad (\text{Newton})^*$$

Dimana : B = kerapatan fluks magnet (weber)

L – panjang konduktor (meter)

I = arus listrik ( ampere)

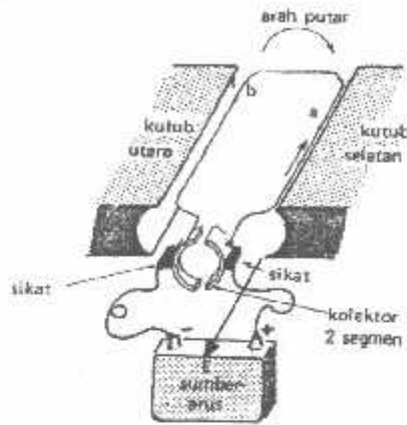
Sin  $\theta$  = sudut antara antara arus dengan garis-garis medan



Gambar 2-9 Kaidah Tangan Kanan<sup>151</sup>

### 2.6.2. Cara Kerja Motor DC

Adapun cara kerja motor Dc dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



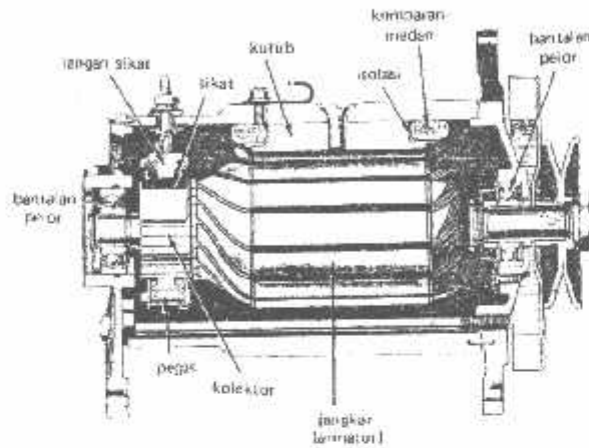
Gambar 2-10 Dasar Kontruksi Motor DC<sup>[5]</sup>

Ada satu lilit kawat a – b berada di dalam medan magnet. Lilitan ini dapat berputar dengan bebas, lilitan ini biasa disebut dengan jangkar (*armour*).

Pada jangkar dimasukkan arus yang berasal dari sumber (baterai) E. koneksi baterai dengan jangkar melalui sikat-sikat. Sikat-sikat ini terpasang pada sebuah cincin yang terbelah dua, yang disebut kolektor. Adapun tujuan dari kontruksi ini adalah agar lilitan kawat dapat berputar apabila ada arus listrik yang melewatinya.

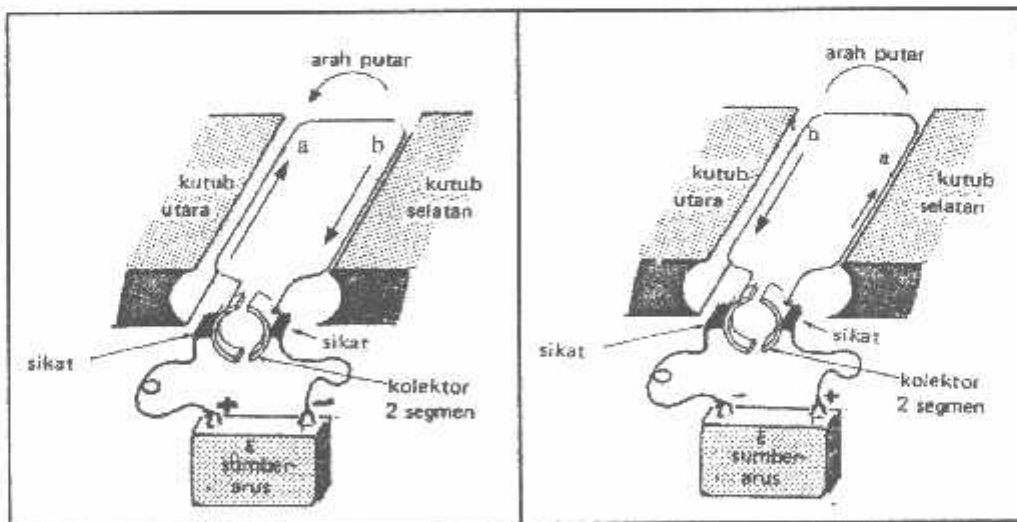
Pada kawat yang berada di kanan arus mengalir dari depan ke belakang . dalam kawat yang di kiri, arus mengalir dari belakang ke depan . kawat a dan b secara berganti-gantian berada di kiri dan kanan. Karena itu arah arus di a dan arah arus di b selalu membolak balik. Pembalikan arah arus itu terjadi pada saat lilitan kawat melintasi posisi vertikal. Disini kolektor berfungsi bagaikan penyearah mekanik. *Flux* magnet yang ditimbulkan magnet permanen disebut medan magnetnya motor. Dalam gambar arah *fluk* magnetik adalah dari kiri ke kanan. Adapun gaya yang bekerja pada penghantar b adalah ke atas, sementara gaya yang bekerja pada penghantar a adalah ke bawah . Gaya-gaya yang bekerja

sama kuatnya, jadi ada kopel yang bekerja pada kawat sehingga lilitan pun dapat berputar. Setelah berputar  $90^\circ$  arah arus berbalik, pada saat itu penghantar a dan penghantar b bertukar tempat. Akibatnya arah gerak putaran tidak berubah.



Gambar 2-11 Sebuah Motor DC<sup>[5]</sup>

### 2.6.3. Pengendalian Arah Putaran Motor DC



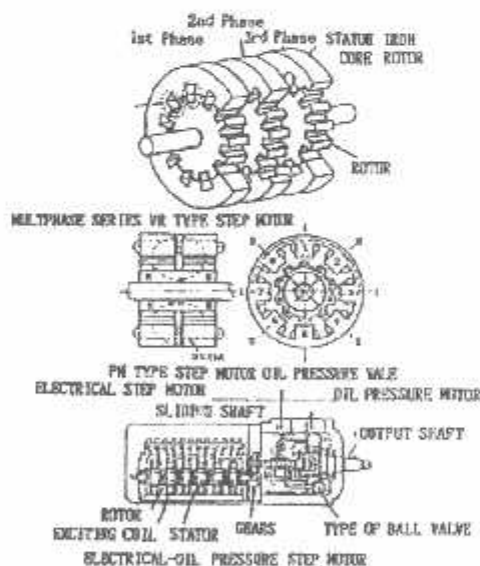
Gambar 2-12 Arah Putaran Motor DC<sup>[5]</sup>

Dari gambar 2-12 diatas, agar arah putaran motor dc berubah, maka polaritas tegangan pada baterai harus dibalik.

## 2.7. Motor Stepper

Motor stepper atau motor langkah adalah motor listrik yang dirancang untuk penggunaan pada sistem kontrol digital langsung (Direct Digital Control), dimana sinyal yang dihasilkan berasal dari sistem digital, seperti: mikrokomputer. Motor stepper berputar dengan tahapan (step) yang tetap dari satu posisi ke posisi yang lain. Besar pergeseran step tergantung dari konstruksi motor. Besar tahapan atau step ini disebut dengan derajat step atau step angel (SA). Angka ini berkisar: 1,8 - 2,5 - 3,75 - 7,5 - 15 dan 30.

Motor stepper mempunyai struktur yang lebih sederhana dibandingkan dengan motor-motor listrik yang lain, terutama rotornya yang terbuat dari besi magnet permanen. Pada gambar 2-13 berikut ini menggambarkan struktur motor stepper tipe VR, *hybrid PM* dan *electrical oil pressure*.



Gambar 2-13 Struktur Motor Stepper<sup>[7]</sup>

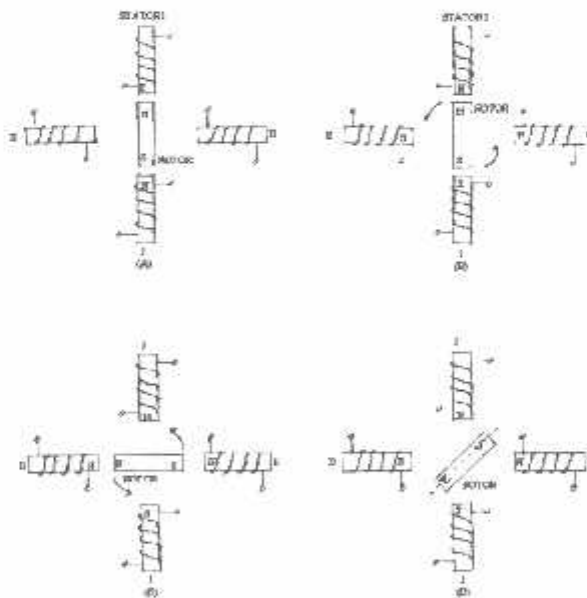
Step angel berhubungan dengan jumlah gigi (teeth) dari stator ( $N_s$ ) dan rotor ( $N_r$ ).

$$\text{Step Angel} = 360 \frac{(N_s - N_r)}{(N_s \times N_r)}$$

$$\text{Jumlah Step/Rev} = \frac{(N_s \times N_r)}{(N_s - N_r)} \text{ Atau}$$

$$\text{Jumlah Step . Rev} = \frac{360^\circ}{\text{Step Angel}}$$

Untuk mempermudah memahami prinsip kerja motor stepper, dianggap rotor memiliki 2 kutub dan statornya 4 kutub. Prinsip utama berbagai tipe motor stepper pada umumnya sama dan prinsip kerjanya dapat dianalisa dengan bantuan gambar 2-14 berikut ini:



Gambar 2-14 Prinsip Kerja Motor Stepper<sup>[7]</sup>

## 2.8. Optocoupler

Optocoupler adalah komponen penggandeng optik-elektronik yang terdiri atas kotak kedap cahaya yang memberikan sinyal karena adanya cahaya gelap terang. Komponen ini sesuai untuk mendeteksi lingkaran sebagai pemberi kondisi gelap dan terang. Dengan gambar sebagai berikut:



Gambar 2-15 Simbol *Optocoupler*<sup>[8]</sup>

Optocoupler terdiri atas:

- Led inframerah yang berfungsi sebagai transmitter karena merupakan sumber cahaya. Inframerah merupakan suatu gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang  $10^{-3}$  s/d  $7,8 \times 10^7$  meter dan jangkauan frekwensi  $3 \times 10^{11}$  s/d  $4 \times 10^{14}$  Hz dan cahaya infra merah tidak dapat dilihat oleh mata telanjang.
- Phototransistor disini berfungsi sebagai receiver dengan kemampuan komponen yang peka terhadap cahaya, makin tinggi intensitas cahaya yang diterima maka tahanan pada transistor akan menjadi semakin kecil dan sebaliknya. Phototransistor pada optocoupler ini telah dilengkapi dengan lapisan filter yang akan menyaring cahaya infra merah, sehingga cahaya disekitar tidak akan mempengaruhi kerja phototransistor.

Optocoupler memiliki 4 kaki yaitu 2 kaki dihubungkan dengan Vcc atau sumber tegangan dan 2 kaki yang lain dihubungkan dengan ground, dengan

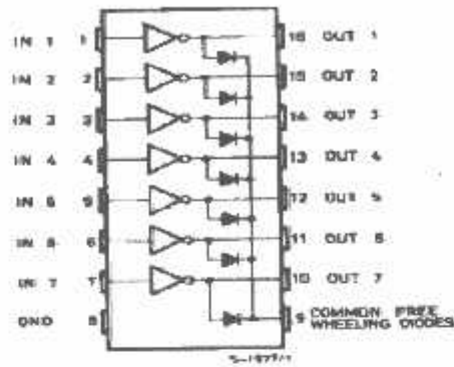
prinsip kerja sebagai berikut:

- Bila input 0 (gelap) maka transistor tidak akan menghantarkan tegangan  
 $V_{out}=1(+V_{cc})$
- Bila input 1 (terang) maka transistor akan menghantarkan tegangan  
 $V_{out}=0(-V_{cc})$

## 2.9. IC ULN 2003A

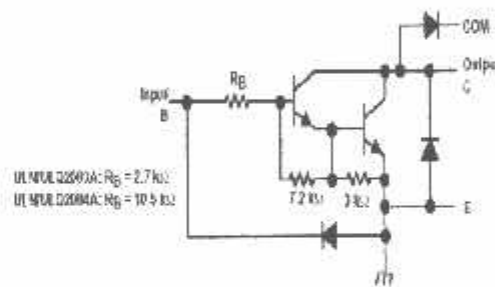
Pada IC ULN 2003A didalamnya terdapat rangkaian penguat Darlington. Untuk satu IC ULN2003A terdapat 7 pasang rangkaian Darlington NPN yang tersusun dalam rangkaian *common catoda*. Rangkaian Darlington ini digunakan sebagai saklar. Pada masing-masing rangkaian Darlington arus kolektornya sebesar 500mA. Rangkaian Darlington yang ada di dalam IC ULN 2003A dapat diparalel guna untuk kebutuhan arus yang besar. Karenanya IC ini dapat diaplikasikan untuk *driver* relay, *driver* lampu, *driver display* dan *logic buffer*. Pada skripsi ini rangkaian Darlington yang ada pada IC ULN 2003A digunakan sebagai *driver* relay yang digunakan untuk mengendalikan putaran motor dc.

Adapun pin-pin koneksi yang ada dalam IC ULN 20003A dapat dilihat pada gambar 2-16 berikut ini:



Gambar 2-16 Pin-Pin Koneksi Dalam IC ULN 2003A<sup>[9]</sup>

Sedangkan gambar untuk setiap rangkaian Darlington pada IC ULN 2003A dapat dilihat pada gambar 2-17.

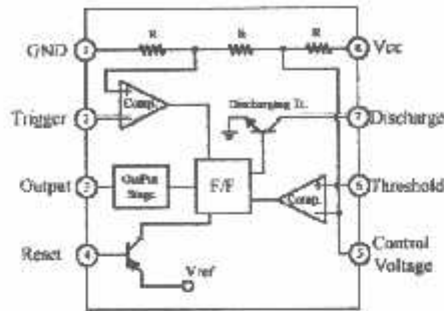


Gambar 2-17 Rangkaian Darlington didalam IC ULN 2003A<sup>[9]</sup>

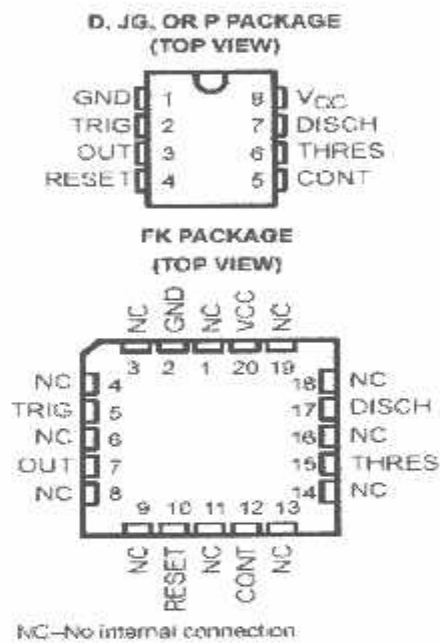
### 2.10. Pewaktu 555

Pada rangkaian clock yang digunakan adalah IC Pewaktu 555. IC pengatur waktu 555 diperkenalkan pertama kali sekitar tahun 1971 oleh *Signetic Corporation* yaitu SE555/NE555 dan IC tersebut disebut "IC Waktu Mesin". Semua IC pengatur waktu menggunakan suatu kapasitor eksternal untuk menentukan *off-on* interval waktu dari keluaran berdenyut.





Gambar 2-18 Blok Diagram Internal IC NE555<sup>[10]</sup>

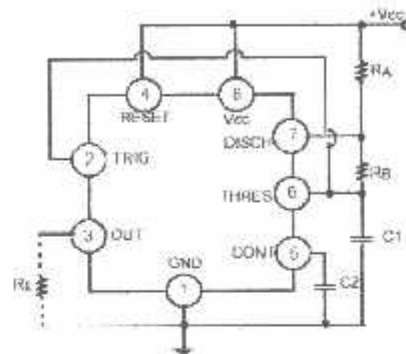


Gambar 2-19 Konfigurasi Pin IC NE555<sup>[10]</sup>

IC pewaktu dapat bekerja dengan catu daya antara 2 V sampai dengan 15 V DC dan penggunaannya dapat bersama-sama dengan rangkaian TTL (Transistor-transistor Logic). Keluaran IC 555 dapat berupa sumber (*source*) sebesar 15 mA dan benaman (*sink*) sebesar 150 mA.

Pewaktu IC mempunyai dua cara kerja, baik sebagai multivibrator astabil (bergerak bebas) atau sebagai multivibrator monostabil (satu tembakan).

Rangkaian pewaktu rangkaian 555 yang dipakai adalah sebagai multivibrator astabil.

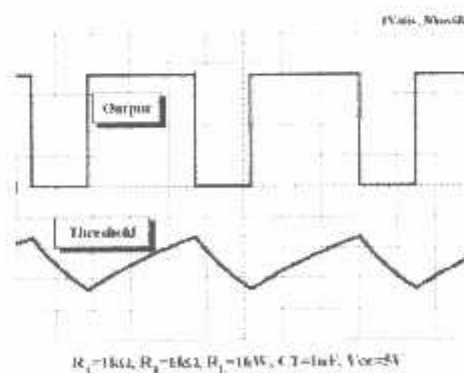


Gambar 2-20 Rangkaian Dasar Operasi Astabil IC NE555<sup>[10]</sup>

Pada operasi astabil, pin trigger dan threshold dihubungkan pada eksternal kapasitor. Pada saat kapasitor diisi muatan oleh  $V_{CC}$  melewati  $R_1$  dan  $R_2$  sehingga pada saat pembuangan muatan maka arus dari kapasitor akan menuju ke pin 7 (discharge), sehingga tegangan pada pin trigger dan threshold akan mendekati 0 V. Untuk mendapatkan frekuensi dan besar duty cycle dari operasi astabil yaitu :

$$f = \frac{1,44}{[R_1 + (2 \times R_2)] \times C_1} \quad ; \quad f = \frac{1}{T}$$

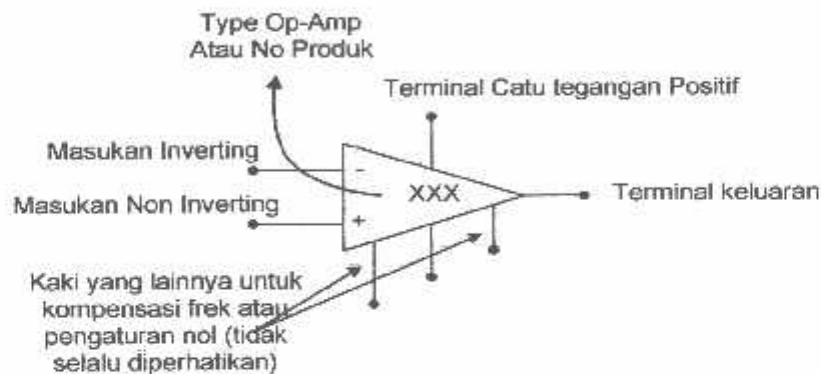
$$D = \frac{R_2}{R_1 + 2R_2}$$



Gambar 2-21 Bentuk Signal Operasi Astabil<sup>[10]</sup>

## 2.11. Penguat Operasional

Penguat differensial atau Op-Amp (Operasional Amplifier) terdapat dua buah terminal input yaitu “*Inverting*” (-) dan “*Non Inverting*” (+). Pada dasarnya op-amp (operasional amplifier) merupakan penguat DC maupun AC dengan penguatan tinggi yang sangat baik. Simbol penguat operasional ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2-22 Simbol Skematis Op-Amp<sup>[4]</sup>

Karakteristik yang dimiliki oleh Op-Amp adalah:

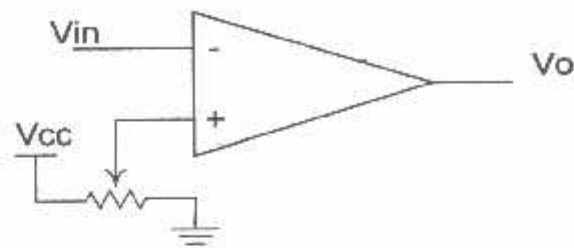
1. Penguatan tegangan ( $A_v$ ) = Tak terhingga
2. Impedansi input ( $Z_{in}$ ) = Tak terhingga
3. Impedansi Nol ( $Z_{out}$ ) = Nol
4. Jangkauan Frekwensi ( $f$ ) = Tak terhingga

Macam rangkaian penguat Operasional yang akan dipergunakan dalam alat ini antara lain Penguat operasional sebagai pembanding.

Rangkaian pembanding adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk membandingkan tegangan isyarat pada suatu masukan dengan suatu tegangan acuan pada masukan yang lain. Pembanding digunakan untuk menyatakan logika

tinggi atau rendah dan mengubah taraf tegangan analog ke taraf tegangan digital.

Model rangkaian pembanding ditunjukkan seperti pada gambar berikut:

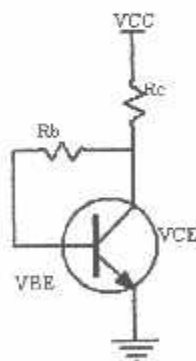


Gambar 2-23 Rangkaian Pembanding<sup>[4]</sup>

Rangkaian ini menggunakan IC LM339 yang berfungsi sangat baik sebagai IC pembanding tegangan.

### 2.12. Transistor Sebagai Penguat

Merupakan salah komponen aktif yang banyak sekali digunakan. Beberapa fungsi transistor yaitu dapat digunakan sebagai rangkaian driver ataupun sebagai saklar, rangkaian driver merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan peralatan lain yang membutuhkan tegangan dan arus yang lebih besar. Dalam rangkaian driver ini kaki basis transistor dikontrol dengan memberi pulsa rendah dan pulsa tinggi. Prinsip kerja dari transistor dapat kita lihat dari gambar berikut:



Gambar 2-24 Rangkaian Umpan Balik Kolektor<sup>[4]</sup>

Gambar Diatas merupakan rangkaian prategangan umpan balik kolektor. Disini penghambat basis dihubungkan kembali dengan kolektor dan bukan dengan catu daya.

Adapun penjumlahan tegangan – tegangan mulai dari basis dan sekeliling rangkaian menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$V_{BE} - V_{CC} + (I_c + I_b)R_c + I_b R_b = 0$$

Karena  $I_c$  jauh lebih besar dari  $I_b$ , persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi

$$V_{BE} - V_{CC} + I_c R_c + I_b R_b = 0$$

Mengingat  $I_b = \frac{I_c}{\beta_{dc}}$ , maka persamaan diatas dapat diselesaikan untuk  $I_c$

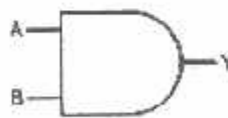
sebagai berikut

$$I_c = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_c + \frac{R_b}{\beta_{dc}}}$$

### 2.13. Gerbang-Gerbang Logika

Dengan gerbang logika dapat dilakukan secara elektronik operasi penjumlahan, pengalian serta operasi pengolahan data untuk penyelesaian soal-soal tertentu.

Gerbang-gerbang logika yang digunakan pada robot peniup hanya menggunakan gerbang AND



Gambar 2-25 Simbol Gerbang AND<sup>[4]</sup>

Gerbang ini untuk menghasikan keadaan high, semua masukannya harus high juga.apabila salah satu dari masukannya low, maka keluarannya akan low.hal itu dapat dilihat dalam tabel dibawah ini

Tabel 2-2 Kebenaran Gerbang AND<sup>[4]</sup>

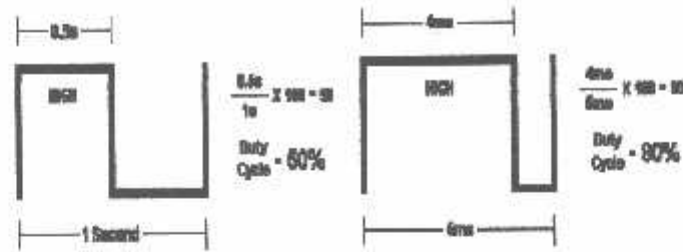
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

#### 2.14. Pulse Width Modulation (PWM)

Salah satu bagian yang penting dari pengaturan posisi motor *DC* adalah *Pulse Width Modulation* atau yang disingkat dengan *PWM* yang merupakan sinyal kontrol untuk menghidup-matikan transistor *switching*. *PWM* merupakan sinyal kotak dengan frekuensi yang tetap tapi *duty cycle*-nya dapat dirubah. *Duty cycle* adalah periode waktu *high* suatu pulsa kotak dalam persen dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{\text{waktu Sinyal saat high state}}{\text{Periode Sinyal}} \times 100 \%$$

Gambar 2-25 akan menjelaskan persamaan diatas, yang menunjukkan dua sinyal *PWM* dengan frekuensi dan *duty cycle* yang berbeda.



Gambar 2-25 Sinyal PWM<sup>[4]</sup>

Kecepatan motor secara langsung sebanding dengan besarnya sumber tegangan yang diberikan pada motor *DC* tersebut. Selanjutnya tegangan sumber dapat dikontrol melalui teknik *PWM*, maka hubungan antara tegangan rata – rata hasil *PWM* dengan *duty cycle* dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{rata-rata} = \frac{T_{high} \cdot V_{high} + T_{low} \cdot V_{low}}{T_{high} + T_{low}}$$

karena,

$$T = T_{high} + T_{low} \text{ dan } D = \frac{T_{high}}{T} \text{ maka diperoleh:}$$

$$V_{rata-rata} = D \cdot V_{high} + (1 - D) \cdot V_{low}$$

Terlihat bahwa nilai *duty cycle* menentukan tegangan rata – rata *PWM*. Jadi dengan mengatur nilai *duty cycle* maka kita dapat mengatur tegangan rata – rata yang sekaligus mengatur kecepatan motor *DC*.

### 2.15. Mikrokontroler AT89S51/52

Perbedaan mendasar antara mikrokontroller dan mikroprosesor adalah mikrokontroller selain memiliki CPU juga dilengkapi memori dan input output yang merupakan kelengkapan sebagai sistem minimum mikrokomputer sehingga sebuah mikrokontroller dapat dikatakan sebagai mikrokomputer dalam keping

tunggal (*Singge Chip Microcomputer*) yang dapat berdiri sendiri.

Mikrokontroller AT89S51 adalah mikrokontroller ATMEL yang kompatibel penuh dengan mikrokontroler keluarga MCS – 51, membutuhkan daya rendah, memiliki performance yang tinggi dan merupakan mikrokomputer 8 bit yang dilengkapi 4Kbyte EEPROM (*Electrical Erasable and Programmable Read Only Memory*) dan 128 Byte RAM internal. Program memori yang dapat diprogram ulang dalam sistem atau menggunakan programmer *Nonvolatile* Memori *konvensional*. Dalam sistem mikrokontroller terdapat dua hal yang mendasar, yaitu: perangkat lunak dan perangkat keras yang keduanya saling terkait dan mendukung.

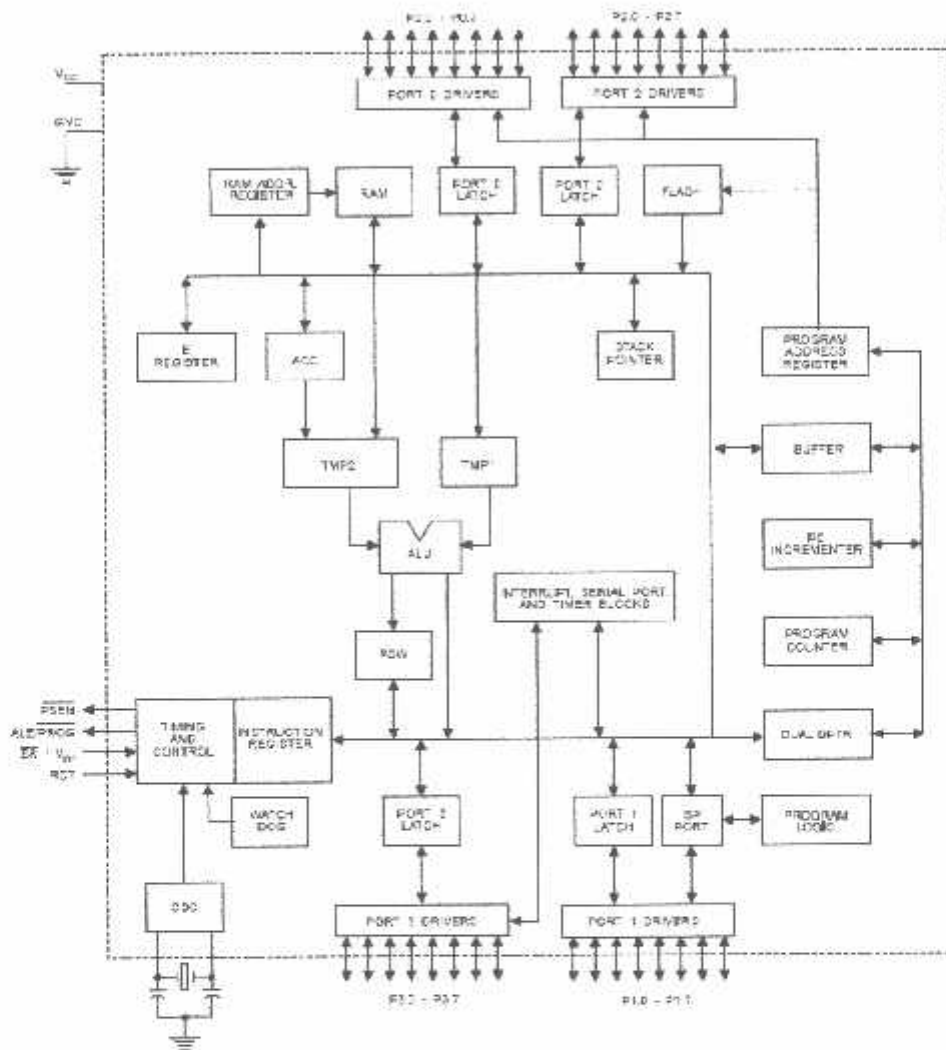
#### **2.15.1. Perangkat keras mikrokontroler AT89S51**

Secara umum Mikrokontroller AT89S51 memiliki :

- CPU 8 bit termasuk keluarga MCS-51
- 4 Kb *Flash memory*
- 128 byte *Internal RAM*
- 32 buah *Port I/O*, masing – masing terdiri atas 8 jalur *I/O*
- 2 *Timer/ counter* 16 bit
- 2 *Serial Port Full Duplex*
- Kecepatan pelaksanaan intruksi per siklus 1 us pada frekuensi clock 12 Mhz
- 2 DPTR (*Data Pointer*)
- *Watchdog Timer*
- *Fleksibel ISP Programming*



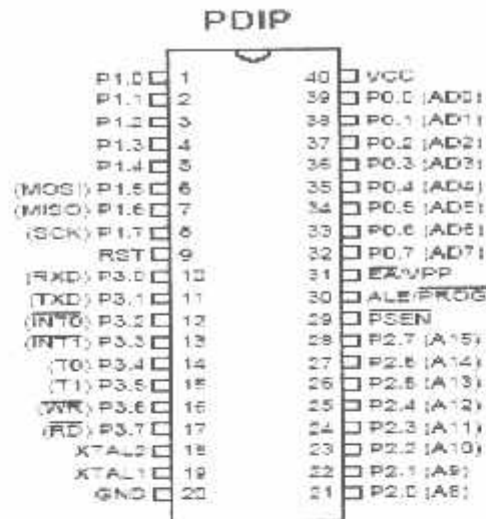
Dengan keistimewaan diatas pembuatan alat menggunakan AT89S51 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Adapun blok diagram dari Mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut :



Gambar 2-27 Diagram Blok Mikrokontroler AT89S51 [1]

### 2.15.2. Konfigurasi Pena-Pena Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 terdiri dari 40 pin dengan konfigurasi sebagai berikut:



Gambar 2-28 Konfigurasi Pena-Pena AT89S51 <sup>[1]</sup>

Fungsi 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 konfigurasi sebagai multipleks bus alamat rendah ( $A_0 - A_7$ ) dan data selama pengaksesan program memory dan data memory eksternal
- Port 1, pin 1 – 8
- Merupakan port input-output dua arah dengan *internal pull-up*.

Tabel 2-3 Konfigurasi port 1.5 sampai port 1.7<sup>[1]</sup>

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)

merupakan *Port* yang digunakan sebagai ISP *header*.

- *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:

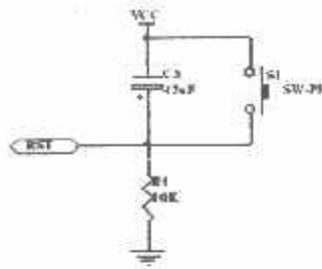
Tabel 2-4 Fungsi Khusus Pada *Port 3* <sup>[1]</sup>

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

- RST (*Reset*), pin 9

Perubahan taraf tegangan dari rendah ke tinggi akan mereset AT 89S51.

$$T = R.C \ln 2$$



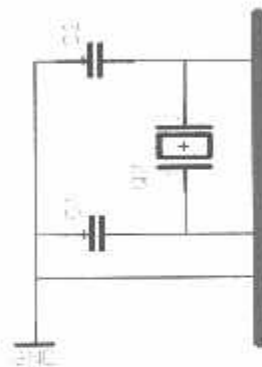
Gambar 2-29 Rangkaian Reset<sup>(1)</sup>

- ALE/ Prog (*Address Latch Enable*), pin 30  
Digunakan untuk menahan alamat memori *eksternal* selama pelaksanaan intruksi.
- 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 mikrokontroler akan mengakses program dari ROM internal (*EEPROM/Flash Memori*), dan jika diberikan logika rendah maka mikrokontroler akan mengakses program dari memori eksternal.
- X-TAL 1 dan X-TAL 2, pin 19, 18  
Pin ini dihubungkan dengan kristal bila menggunakan osilator *internal*. X-TAL 1 merupakan masukan ke rangkaian osilator *internal* sedangkan X-TAL 2 keluaran dari rangkaian osilator *internal*. Untuk keperluan ini diperlukan kapasitor penstabil sebesar 30pF. Dan nilai dari X-TAL

tersebut antara 4 – 24 Mhz. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar pemasangan X-TAL serta kapasitor yang digunakannya.

### 2.15.3. Rangkaian *Clock*

Frekwensi kerja dari mikrokontroler AT89S51 tergantung dari besarnya frekwensi kristal yang dipakai yang mana dipasang pada kaki XTAL1 dan XTAL2. Selain itu dapat juga dipakai sumber clock eksternal yang dipasang pada kaki XTAL1, dimana kaki XTAL2 tidak digunakan. Rangkaian osilator dengan kristal dan dari clock luar dapat dilihat pada gambar berikut:  $C1, C2=30\text{pf} \pm 10\text{pf}$



Gambar 2-30 Rangkaian osilator kristal<sup>[1]</sup>

### 2.15.4. Timer

Seperti telah dikemukakan diatas bahwa mikrokontroler AT89s51 mempunyai 2 buah interupsi timer yaitu timer 0 dan timer 1. Perangkat Timer/Counter tersebut merupakan perangkat keras yang menjadi satu dalam chip mikrokontroler AT89s51. Pencacah biner untuk *Timer 0* dibentuk dengan register TL0 (*Timer 0 Low Byte*) dan register TH0 (*Timer 0 High Byte*).Pencacah biner untuk *Timer 1* dibentuk dengan register TL1 (*Timer 1 Low Byte*) dan register TH1 (*Timer 1 High Byte*)

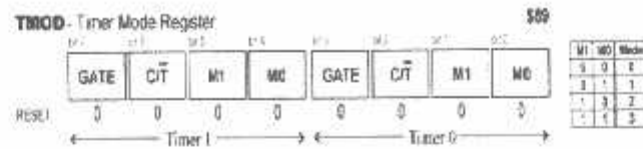
Pencacah biner pembentuk Timer/Counter MCS51 merupakan *pencacah biner menaik (count up binary counter)* yang mencacah dari \$0000 sampai \$FFFF, saat kedudukan pencacah berubah dari \$FFFF kembali ke \$0000 akan timbul sinyal limpahan.

TL0, TH0, TL1 dan TH1 merupakan SFR (*Special Function Register*) yang dipakai untuk membentuk pencacah biner perangkat *Timer 0* dan *Timer 1*. Kapasitas keempat register tersebut masing-masing 8 bit, bisa disusun menjadi 4 macam Mode pencacah biner seperti terlihat dalam Gambar 2.29 sampai Gambar 2.32.

Pada Mode 0, Mode 1 dan Mode 2 *Timer 0* dan *Timer 1* masing-masing bekerja sendiri, artinya bisa dibuat *Timer 0* bekerja pada Mode 1 dan *Timer 1* bekerja pada Mode 2, atau kombinasi mode lainnya sesuai dengan keperluan. Pada Mode 3 TL0, TH0, TL1 dan TH1 digunakan bersama-sama untuk menyusun sistem timer yang tidak bisa di-kombinasi lain.

Register TMOD dibagi menjadi 2 bagian secara simetris, bit 0 sampai 3 register TMOD (TMOD bit 0..TMOD bit 3) dipakai untuk mengatur *Timer 0*, bit 4 sampai 7 register TMODE (TMOD bit 4..bit 7) dipakai untuk mengatur *Timer 1*, pemakaiannya sebagai berikut :

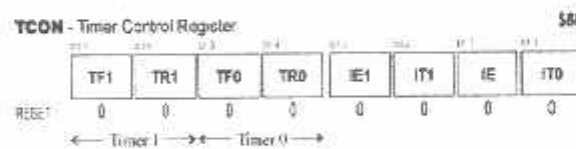
- Bit M0/M1 dipakai untuk menentukan Mode Timer.
- Bit C/T\* dipakai untuk mengatur sumber sinyal denyut yang diumpangkan ke pencacah biner. Jika C/T\*=0 sinyal denyut diperoleh dari osilator kristal yang frekuensinya sudah dibagi 12, sedangkan jika C/T\*=1 maka sinyal denyut diperoleh dari kaki T0/T1.



Gambar 2-31 Denah susunan bit dalam register TMOD<sup>[6]</sup>

- Bit GATE merupakan bit pengatur saluran sinyal denyut. Bila bit GATE=0 saluran sinyal denyut hanya diatur oleh bit TRx (maksudnya adalah TR0 atau TR1 pada register TCON). Bila bit GATE=1 kaki INT0 (*Timer 0*) atau kaki INT1 (untuk *Timer 1*) dipakai juga untuk mengatur saluran sinyal denyut.

Register TCON dibagi menjadi 2 bagian, 4 bit pertama (bit 0 .. bit 3), bagian yang diarsir dalam Gambar 2.32 dipakai untuk keperluan mengatur kaki INT0 dan INT1, ke-empat bit ini dibahas dibagian lain. Sisa 4 bit dari register TCON (bit 4..bit 7) dibagi menjadi 2 bagian secara simetris yang dipakai untuk mengatur *Timer0/Timer 1*, sebagai berikut:



Gambar 2-32 Denah susunan bit dalam register TCON<sup>[6]</sup>

- Bit TFx (maksudnya adalah TF0 atau TF1) merupakan bit penampung limpahan (lihat Gambar 2.8), TFx akan menjadi '1' setiap kali pencacah biner yang terhubung padanya melimpah (kedudukan pencacah berubah dari \$FFFF kembali menjadi \$0000). Bit TFx di-nol-kan dengan instruksi CLR TF0 atau CLR TF1. Jika sarana interupsi dari *Timer 0/Timer 1*

dipakai, TRx di-nol-kan saat MCS51 menjalankan *rutin layanan interupsi* (ISR – *Interrupt Service Routine*).

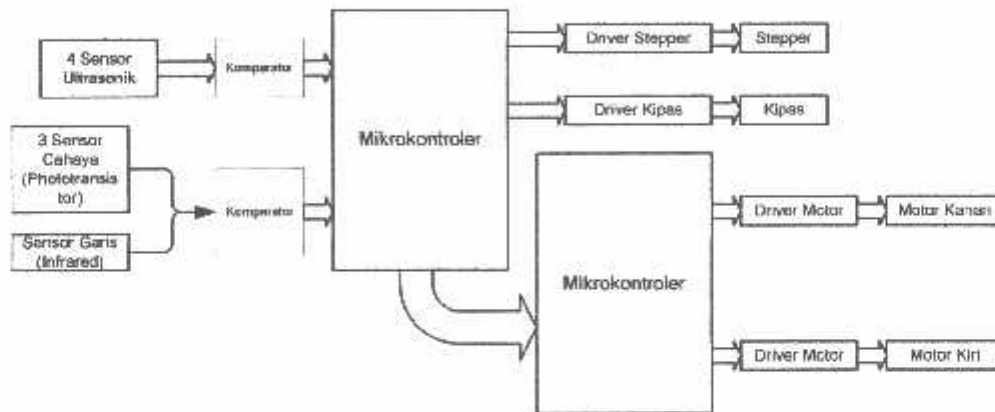
- Bit TRx (maksudnya adalah TR0 atau TR1) merupakan bit pengatur saluran sinyal denyut, bila bit ini = 0 sinyal denyut tidak disalurkan ke pencacah biner sehingga pencacah berhenti mencacah. Bila bit GATE pada register TMOD = 1, maka saluran sinyal denyut ini diatur bersama oleh TRx dan sinyal pada kaki INT0/INT1.



## BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas secara detail mengenai perencanaan keseluruhan sistem yang kemudian diimplementasikan kedalam *hardware* dan *software*.

### 3.1. Konfigurasi Sistem



Gambar 3-1 Blok Diagram sistem robot

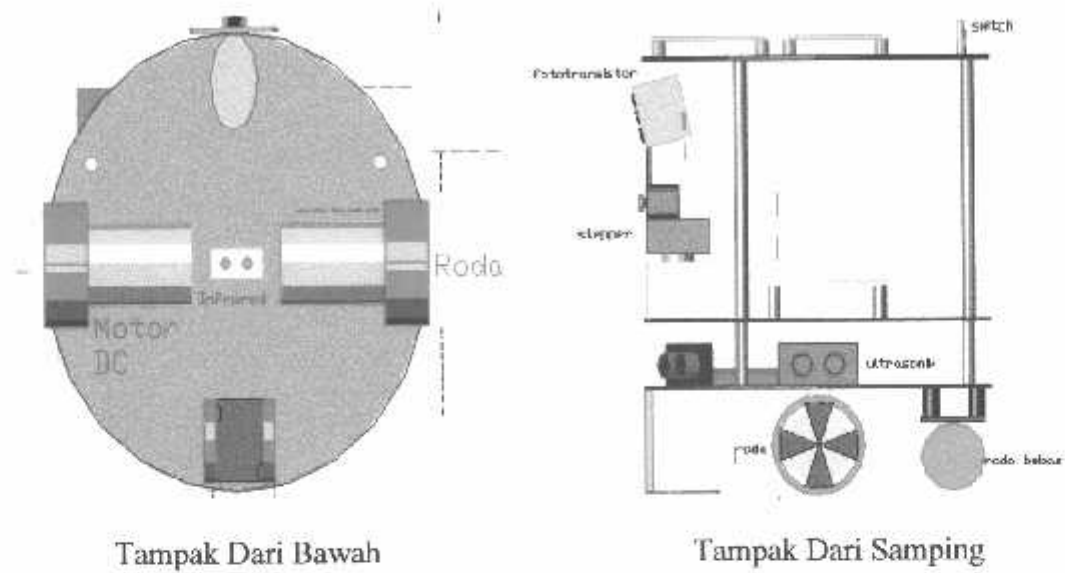
Fungsi dari tiap-tiap blok dijelaskan sebagai berikut.

- Ultrasonik digunakan untuk jalannya robot agar selalu ditengah atau tidak menabrak tembok. Ultrasonik ini terdiri 4 buah.
- Mikrokontroler AT89S51 yang pertama digunakan untuk mengolah data dari sensor ultasonik, sensor cahaya api, dan sensor garis serta memberikan instruksi pada kipas dan stepper, serta mikro yang kedua
- Mikrokontroler AT89S51 yang kedua yaitu menerima instruksi dari mikro yang pertama serta menjalankan instruksi berupa PWM pada motor DC

- *Driver* digunakan untuk mengendalikan motor Dc dan motor Stepper.
- Motor Penggerak mempunyai fungsi sebagai penggerak utama robot dan dapat berjalan maju dan mundur.
- Motor Stepper yang berfungsi sebagai pengarah dari sensor cahaya (*phototransistor*)
- Sensor cahaya (*phototransistor*) digunakan untuk mendeteksi cahaya api lilin
- Sensor garis (*Infrared*) digunakan untuk mendeteksi garis dimana garis tersebut menandakan sebuah ruangan dan juga jarak tiup robot yang terdapat disekelilingnya lilin.
- Komparator berfungsi agar tegangan yang keluar dari rangkaian tersebut dalam kondisi *high* atau *low* sebelum diterima mikrokontroller.

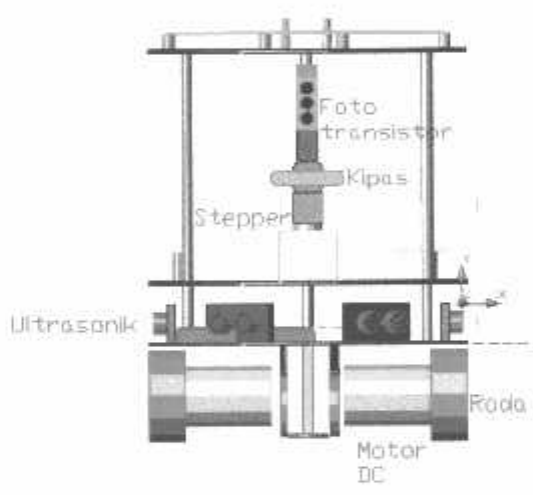
### 3.2.Perancangan Mekanik

Berikut ini merupakan perancangan dari robot peniup api lilin dan juga jalur yang akan dilalui robot



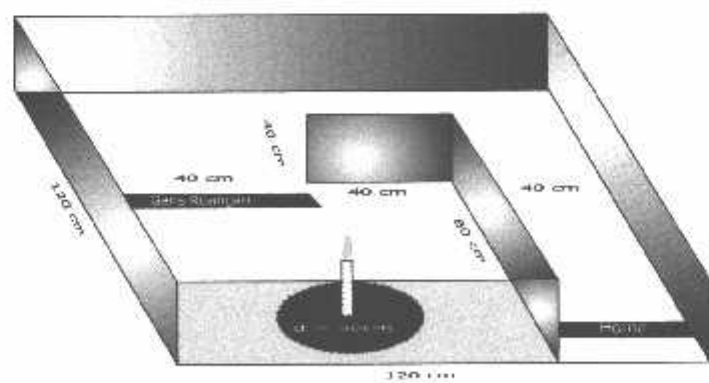
Tampak Dari Bawah

Tampak Dari Samping



Tampak Dari Depan

Gambar 3-2 Mekanik Robot Peniup Api Lilin



Gambar 3-3 Ruang Yang Akan Dilalui Robot Peniup Api Lilin

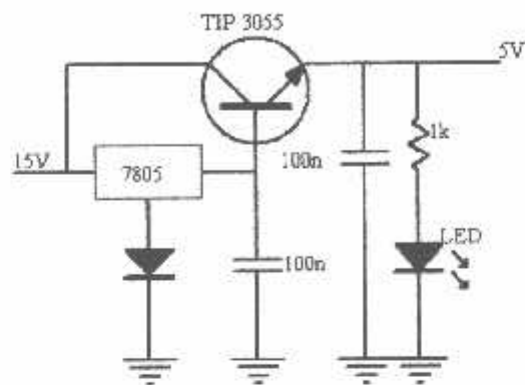
Penempatan sensor pada robot ini menentukan mobilitas dan kemampuan navigasi dari robot ini. Pada tugas akhir ini, jumlah dari sensor ultrasonik sebanyak empat buah yang dibagi menjadi dua kelompok yaitu pembobot kanan dan pembobot kiri, dari masing – masing kelompok tiap sensor ultrasonik mempunyai nilai pengaruh yang berbeda pada navigasinya, misal pada ultrasonik serong kanan, serong kiri dan depan kanan diberi batas data 15 dan ultrasonik depan kiri diberi batas data 20. robot ini juga dilengkapi dengan infrared. Tujuannya untuk mengenali sebuah ruangan dan juga jarak tiup dari robot serta *homenya*.

Setelah robot mengenali sebuah ruangan, maka robot maju sedikit dan sensor pendeteksi api lilin bekerja. Untuk mendeteksi cahaya api lilin menggunakan tiga buah fototransistor yang terpasang secara *vertical*. Sensor cahaya ini menyensor dengan cara menscan dimana untuk menscan dan penggerakannya menggunakan stepper. Apabila cahaya terdeteksi, maka robot mendekati api tersebut sampai *infrared* aktif lagi yang menandakan jarak tiup api lilin. Setelah itu sensor cahaya menscaning lagi agar tepat pada api lilin. Setelah tepat, maka kipas akan menyala.

Setelah meniup, robot akan mundur dan sensor cahaya bekerja lagi dengan cara menscaning apakah ada cahaya. Apabila ada cahaya, robot akan maju lagi dan meniup api lilin. Jika tidak ada cahaya, maka robot akan balik kanan sampai mendeteksi garis yang menandakan pintu keluar. Bila mendeteksi garis tersebut, maka robot akan maju dan balik kanan menuju *home*.

### 3.3. Perancangan Hardware

#### 3.3.1. Regulator



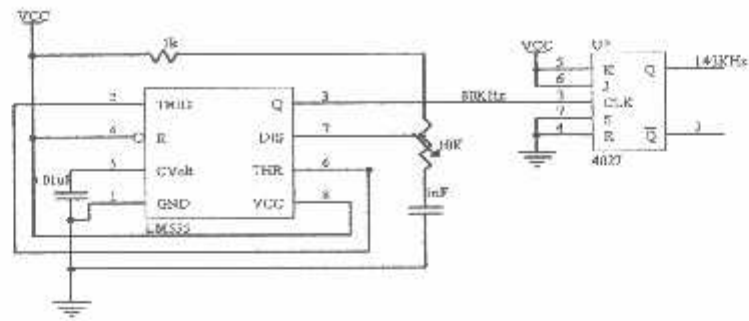
Gambar 3-4 Regulator

Pada robot ini dibutuhkan sumber tegangan 5 volt untuk rangkaian – rangkaian digital seperti rangkaian sensor ultrasonik, minimum sistem, decoder dan rangkaian digital lainnya, sedangkan untuk motor DC menggunakan 15 Volt. Sumber tegangan berasal dari baterai kering 15 volt. Untuk mendapatkan tegangan 5 volt dipakai regulator 7805 yang kemudian arusnya dikuatkan oleh transistor daya TIP3055.

#### 3.3.2. Sensor Ultrasonik

##### 3.3.2.1. Pemancar Ultrasonik

Rangkaian pembangkit pulsa disini dibangun dari IC 555 sebagai pembangkit frekuensi 80 Khz dengan menggunakan rangkaian resistor dan kapasitor (RC), Sedangkan Rangkaian lengkapnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3-5 Rangkaian Pembangkit Pulsa

Adapun perhitungannya:

Diketahui :  $F = 80\text{KHz}$

$R_a = 1\text{K}\Omega$

$C = 1\text{nF}$

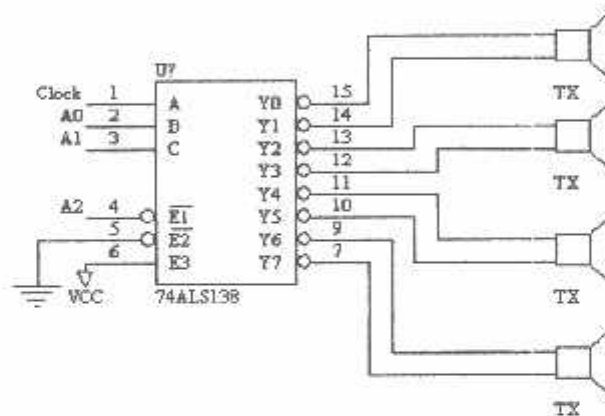
$$F = \frac{1,44}{(R_a + 2R_b)C}$$

$$80\text{K} = \frac{1,44}{(1\text{K} + 2R_b)1\text{n}}$$

$$R_b = \frac{1,36 \cdot 10^6}{160} = 8,5\text{K}\Omega$$

Yang diperlukan dalam pembangkitan gelombang ultrasonik secara optimal adalah dengan memberikan sinyal pulsa yang mempunyai frekuensi 40 KHz dan mempunyai *Duty Cycle* 50% pada sisi *transmitter*. Rangkaian *astable multivibrator* menggunakan IC 555. karena IC 555 mempunyai kekurangan untuk menghasilkan *duty cycle* 50% walaupun telah dirancang sesuai dengan rumus pembentuk sinyal *astable* maka masalah ini dapat diselesaikan dengan menambahkan rangkaian JK-FF. Pada rangkaian ini menggunakan JK-FF CMOS4027 yang difungsikan sebagai *toggle flip flop* dengan memberikan logika "1" pada input J dan K. Output dari rangkaian pembagi frekuensi ini akan berubah

atau *toggle* jika input clock berubah dari kondisi logika “0” ke “1” atau sisi naik dari *clock*. Kunci dari pembagian frekuensi adalah perubahan output yang terjadi hanya saat *clock* berubah dari “0” ke “1”, sehingga selama frekuensi dari *astable* tetap maka *output* dari JK-FF mempunyai frekuensi setengah dari frekuensi *astable* dan *duty cycle* 50%. Output dari rangkaian ini telah memenuhi syarat pembangkitan gelombang ultrasonik optimal, sehingga langkah selanjutnya adalah menghubungkan pulsa 40 KHz *duty cycle* 50% dengan rangkaian dekoder untuk mengatur scanning sensor ultrasonik.



Gambar 3-6 Rangkaian Dekoder Pengirim Ultrasonik

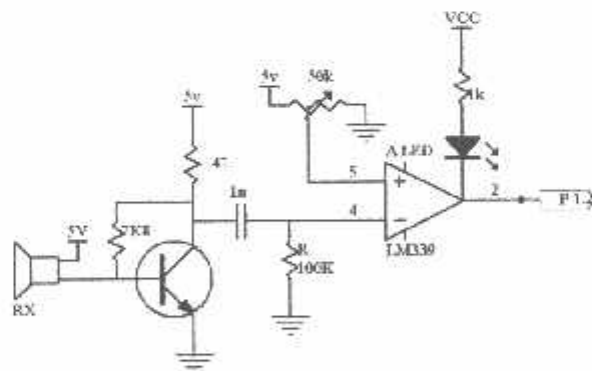
Untuk mendapatkan data jarak dari keempat sensor ultrasonik diperlukan rangkaian dekoder untuk mengaktifkan sensor sesuai dengan alamat yang diinginkan, untuk rangkaian dekoder saya menggunakan IC 74138 yang dirangkai seperti gambar 3-3 untuk mendapatkan kombinasi pengaktifan sensor sesuai dengan alamat sensor. Pulsa 40KHz dihubungkan dengan kaki A pada kedua *decoder* agar dapat memberikan pulsa pada masing – masing sensor saat diberikan alamat sehingga gelombang ultrasonik dapat terkirim, untuk alamat

memanfaatkan kaki B, C,  $\overline{E_1}$ ,  $\overline{E_2}$  dan E<sub>3</sub>. Tabel pengalamatan sensor dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3-1 Tabel pengalamatan sensor

C	B	A	Sensor Yang Aktif
0	0	0	Y0
0	0	1	Y1
0	1	0	Y2
0	1	1	Y3
1	0	0	Y4
1	0	1	Y5
1	1	0	Y6
1	1	1	Y7

### 3.3.2.2. Penerima Ultrasonik



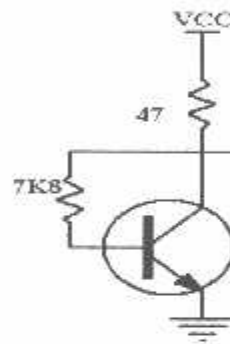
Gambar 3-7 Rangkaian Penerima Ultrasonik

Saat gelombang ultrasonik dikirim oleh *transmitter*, *receiver* ultrasonik siap untuk menerima gelombang ultrasonik yang telah dipantulkan oleh benda dan jika



*receiver* menerima gelombang ultrasonik transduser akan mengubah getaran ultrasonik menjadi sinyal sinus. Sinyal sinus yang diperoleh dari *receiver* dikuatkan oleh rangkaian penguat dengan umpan balik kolektor untuk menjaga kestabilan penguatan. Penguatan ini mempunyai fungsi utama sebagai penguat sinyal utama yang diterima oleh receiver ultrasonik

Pada gambar dibawah ini merupakan rangkaian penguat beserta perhitungannya:



Gambar 3-8 Rangkaian Penguat Dari Ultrasonik

Diket :  $\beta = 100$

$V_{BE} = 0,7$

$I_c = 50 \cdot 10^{-3}$

$V_{out} = 3,6 \text{ V (Ditentukan)}$

$V_{cc} = 5 \text{ V}$

$V_{out} = V_{cc} - I_c R_c$

$3,6 = 5 - 50 \cdot 10^{-3} \cdot R_c$

$R_c = 28 \Omega$

$I_B = \frac{I_c}{\beta} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{100}$

$I_B = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

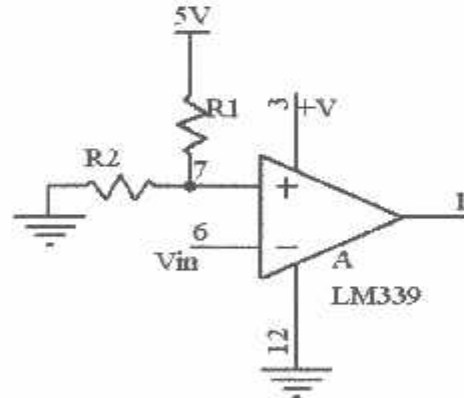
$V_{CC} = I_c R_c + I_B R_B + V_{BE}$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE} - I_C R_C}{I_B}$$

$$R_B = \frac{5 - 0,7 - 50 \cdot 10^{-3} \cdot 28}{0,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_B = 5,6 \text{ K}$$

Karena hasil penguatan dari transistor masih belum sesuai dengan level TTL untuk mikrokontroler maka setelah penguatan, sinyal dimasukkan pada komparator. Komparator yang digunakan adalah jenis *inverting voltage detector* sehingga saat kondisi awal, sinyal input lebih kecil dari tegangan *referensi* maka komparator memberikan output + saturasi (5 volt), dan jika sinyal *input* dari penguat lebih besar dari tegangan referensi maka komparator memberikan output 0 volt. Karena output dari komparator sudah memenuhi level TTL maka dapat langsung difungsikan sebagai input mikrokontroler. *Output* dari masing – masing driver penerima ultrasonik dihubungkan ke mikrokontroler



Gambar 3-9 Rangkaian Komparator

Diket :  $V_{ref} = 3,6 \text{ V}$  (ditentukan)

$R_2 = 36 \text{ K}$  (ditentukan)

$$V_{cc} = 5 \text{ V}$$

$$V_{ref} = \frac{R_2}{R_2 - R_1} V_{cc}$$

$$3,6 = \frac{36.10^3}{36.10^3 + R_1} 5$$

$$R_1 = 14 \text{ K}$$

*Output* dari masing – masing *driver* penerima ultrasonik dihubungkan ke mikrokontroller dengan konfigurasi seperti tabel 3-2

Tabel 3-2 Hubungan *Driver* Penerima Ultrasonik dengan Mikrokontroller

Nama Port	Fungsi / hubungan
P1.0	Penerima sinyal ultrasonik 0
P1.1	Penerima sinyal ultrasonik 1
P1.2	Penerima sinyal ultrasonik 2
P1.3	Penerima sinyal ultrasonik 3

Sedangkan pada sisi pengirim gelombang ultrasonik, mikrokontroller memerintahkan sesuai dengan alamat yang dikirim ke *dekoder* pengirim yang dihubungkan dengan konfigurasi seperti pada tabel 3-3

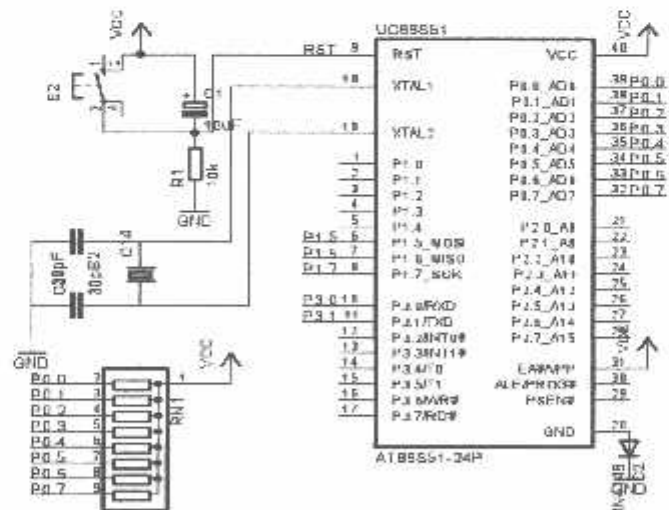
Tabel 3-3 Hubungan *Dekoder* Pengirim Ultrasonik dengan Mikrokontroller

Nama Port	Fungsi / hubungan
P3.7	B <i>dekoder</i> pengirim ultrasonik
P3.6	C <i>dekoder</i> pengirim ultrasonik
P3.5	<i>Enable</i> dekoder pengirim ultrasonik

### 3.3.3. Minimum Sistem Utama

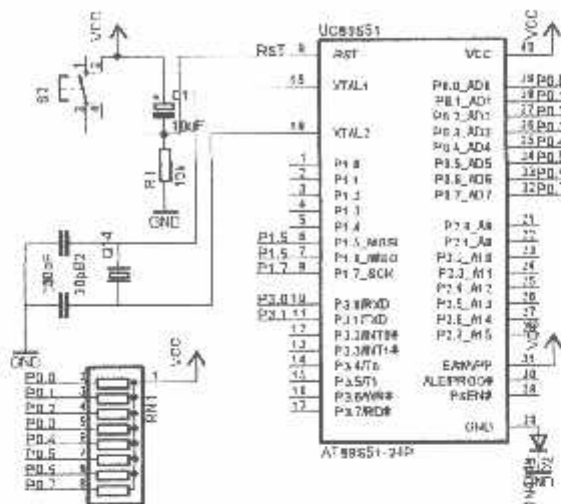
Mikrokontroler yang digunakan adalah produk dari atmel yaitu 89S51. Mikrokontroller ini digunakan dalam scanning ultrasonik yang memiliki fasilitas timer yang nantinya digunakan dalam proses *scanning* sensor ultrasonik. Kristal yang dipakai mempunyai frekuensi 11.059 MHz, sehingga frekuensi timer terkecil yang dapat digunakan adalah 1/12 dari frekuensi oscillator atau kristal yaitu sebesar 0.921583 MHz atau mempunyai periode 1.085  $\mu$ s.

Proses *scanning* dilakukan secara acak yaitu pemancar ultrasonik dua, empat, satu, tiga. Saat proses *scanning* ultrasonik, motor dihentikan sejenak agar menghindari *interferensi*. Mikrokontroller ini juga menggunakan interrupt yang digunakan Pada proses untuk mendeteksi garis. *Interrupt* aktif saat robot sudah diaktifkan. Apabila robot mendeteksi adanya garis, maka *interrupt* dimatikan sejenak dan dinyalakan lagi setelah melewati garis tersebut.



Gambar 3-10 Minimum Sistem Utama

### 3.3.4. Minimum Sistem PWM



Gambar 3-11 Minimum Sistem PWM

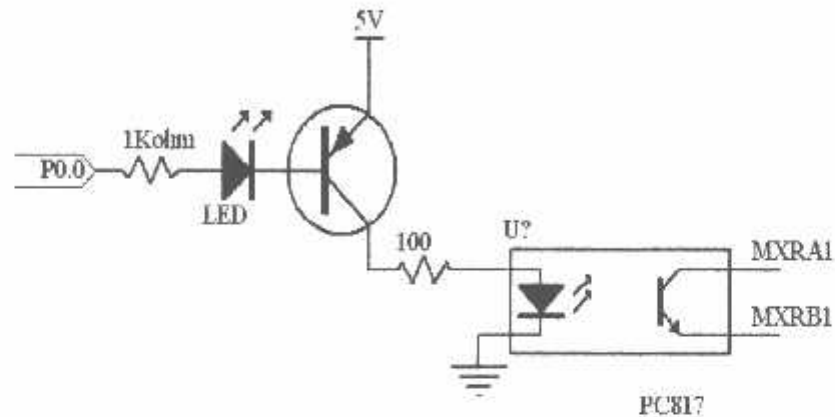
Minimum sistem ini menggunakan kristal yang mempunyai frekuensi 11.059 MHz, sehingga frekuensi timer terkecil yang dapat digunakan adalah  $1/12$  dari frekuensi oscilator atau kristal yaitu sebesar 0.921583 MHz atau mempunyai periode 1.085  $\mu$ s. itu digunakan dalam proses delay pada PWM.

PWM ini berfungsi mengatur kecepatan motor DC dengan cara mengeset saat Thigh dan Tlow. Frekuensi PWM ini diset 25 Hz dengan duty cycle 67,5% maka diperoleh periode sebesar 40,145 ms. Thigh dan Tlow yang diset sebesar 15 dan 25.

### 3.3.5. MOTOR DC

Untuk mengatur putaran motor DC dengan cara mikrokontoller memberikan masukan high atau low. Bila diberi masukan high maka membias transistor pnp C9012 yang difungsikan sebagai saklar yang mengontrol hidup dan matinya led pada *optocoupler*. Saat led dari *optocoupler* menyala maka foto transistor akan

terbias *forward* dan mengalami saturasi, sehingga kolektor - emitor menghubungkan node mxra dan mxrb yang menyebabkan mosfet kanal p dan mosfet kanal n terbias *forward*.



Gambar 3-12 Rangkaian Arah Putaran Motor

Adapun perhitungannya

Diketahui:  $I_c = 50\text{mA}$        $V_{led} = 1,5$        $\beta = 100$

$I_{led} = 10\text{-}20\text{mA}$      $V_{mikro} = 5\text{V}$        $V_{cc} = 5\text{V}$

$$I_B = \frac{I_c}{\beta} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{130} = 0,38 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

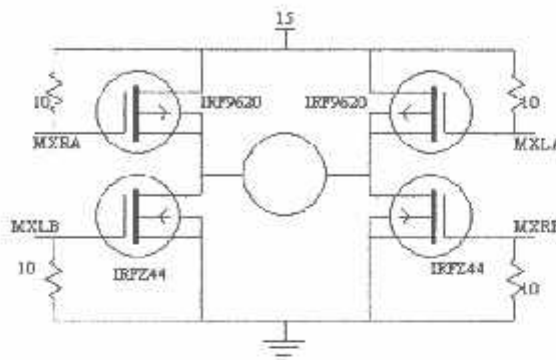
$$I_E = 50 \cdot 10^{-3} + 0,38 \cdot 10^{-3} = 50,38 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_B = \frac{V_{mikro} - V_{led}}{I_B}$$

$$R_B = \frac{5 - 1,5}{0,38 \cdot 10^{-3}} = 9210 \Omega$$

$$R_E = \frac{V_{cc} - V_{led} - V_{CE}}{I_E} = \frac{5 - 1,5 - 0,4}{50,38 \cdot 10^{-3}} = 61,5 \Omega$$

Untuk rangkaian pembalik arah gerak motor menggunakan H -bridge yang disusun oleh 4 buah transistor mosfet, 2 buah transistor kanal P IRF9620 2 buah transistor mosfet kanal N IRFZ 44



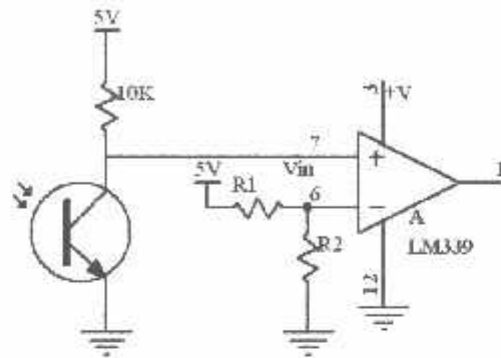
Gambar 3-13 Rangkaian H Bridge Driver Motor

Saat led dari opto coupler menyala maka foto transistor akan terbias forward dan mengalami saturasi, sehingga kolektor – emitor menghubungkan node mxra dan mxrb yang menyebabkan mosfet kanal p dan mosfet kanal n terbias forward yang menyebabkan motor akan bergerak mundur.. Hal yang tidak boleh terjadi pada H – bridge ini adalah kedua fototransistor aktif yang menyebabkan ke empat transistor aktif sehingga mengalir arus yang sangat besar pada semua mosfet yang menyebabkan kerusakan pada semua mosfet karena terjadi *short circuit*.

### 3.3.6. Rangkaian Sensor Cahaya (*Phototransistor*)

Fototransistor adalah salah satu komponen yang peka terhadap cahaya dimana cahaya yang masuk melalui jendela fototransistor diubah menjadi arus listrik. Fototransistor ini dipakai karena dapat mendeteksi tingkatan cahaya berintensitas amat rendah. Adapun prinsip kerja dari phototransistor adalah

semakin besar cahaya yang diterima oleh phototransistor maka tegangan akan semakin besar.



Gambar 3-14 Rangkaian phototransistor

Saat Saturasi,  $V_{CE} \leq 0,4$

$$\text{Maka } R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{5 - 0,4}{0,5\text{mA}} = 9200 \text{ ohm}$$

Saat tidak ada cahaya  $I_C$  yang mengalir  $\approx 0$  dan tegangan yang masuk ke komparator  $\approx 5V$

Diket :  $V_{ref} = 3,6V$

$$R_2 = 36 \text{ K (ditentukan)}$$

$$V_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$V_{ref} = \frac{R_2}{R_2 - R_1} (+V)$$

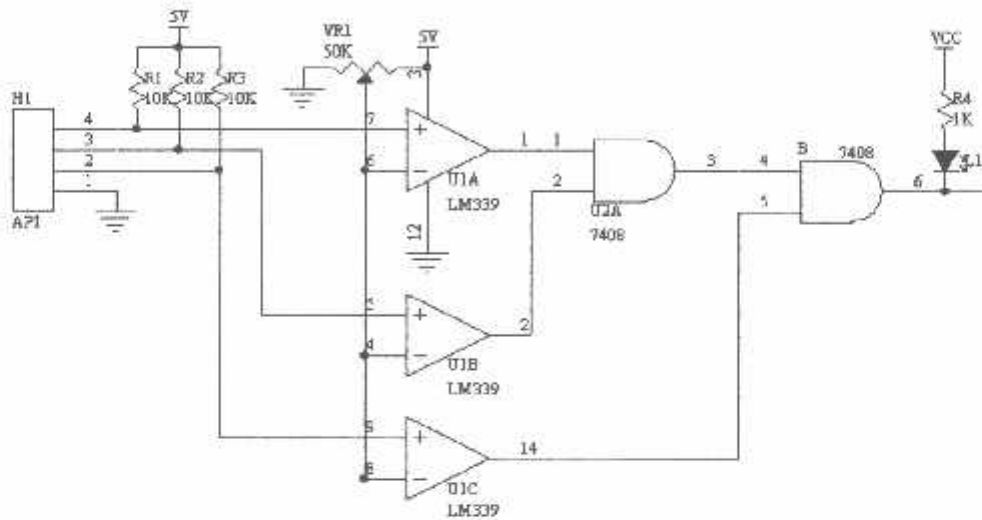
$$3,6 = \frac{36 \cdot 10^3}{36 \cdot 10^3 + R_1} 5$$

$$R_1 = 14 \text{ K}$$



Pada sensor cahaya ini menggunakan 3 phototransistor yang terpasang secara vertikal. Adapun kegunaan transistor dipasang vertikal untuk kemudahan fototransistor menangkap adanya api lilin.

Rancangan sensor api secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3-15 Fototransistor Secara Keseluruhan

Rangkaian AND ini digunakan apabila salah satu fototransistor aktif maka itu menandakan bahwa didaerah tersebut terdapat api lilin. Tabel kebenaran dapat dilihat pada Tabel 3-4

Tabel 3-4 Tabel Kebenaran Fototransistor

A	B	C	Out = A.B.C
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0

1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

### 3.3.7. Rangkaian Sensor Garis

#### 3.3.7.1. Rangkaian Pemancar

Rangkaian pemancar menggunakan led Infra merah sebagai trandusernya. Pada umumnya tegangan kerja dari Led infra merah adalah 1,5 - 2 volt dan arusnya antara 5 – 20 mA.

$$R_1 = \frac{V_{cc} - V_{inred}}{I_{LED}}$$

$$R_1 = \frac{5 - 1,5}{15 \times 10^{-3}}$$

$$R_1 = 233,3 \Omega$$

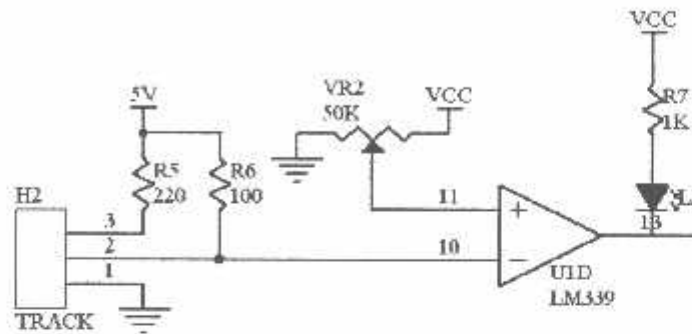
Dari hasil perhitungan didapatkan nilai resistor pada infra merah sebesar 233,3Ω, karena dipasaran tidak ada maka diambil nilai terdckatnya yaitu 220 Ω. Gambar dari Rangkaian sensor infrared dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3-16 Rangkaian Pemancar (Infrared)

### 3.3.7.2. Rangkaian Sensor Photodiode

Pada rangkaian penerima menggunakan photodiode sebagai transdusernya, rangkaiannya seperti pada gambar berikut:



Gambar 3-17 Rangkaian Sensor Photodiode

#### I. Kondisi saat photodiode tidak mendapat cahaya dari infrared

Pada saat kondisi ini Photodiode mempunyai hambatan besar sekali sehingga tegangan dari  $V_{cc}$  yang masuk ke comparator kecil sekali, karena tegangan yang masuk kecil.

#### II. Kondisi saat photodiode mendapat cahaya dari infrared

Untuk mengetahui tahanan dalam photodiode bisa diketahui dengan cara:

Diket:  $V_{cc} = 5 \text{ Volt}$        $V_o = 3,6 \text{ V}$

$$R_{\text{photo}} = 250 \text{ Ohm}$$

$$V_{\text{out}} = \frac{R_{\text{photo}}}{R_{\text{photo}} + R_6} V_{cc}$$

$$3,6 = \frac{250}{250 + R_6} 5 \text{ Volt}$$

$$R_6 = 97,2 \text{ ohm.}$$

Karena  $V_{out}$  untuk *drive* komparator sebesar 3,6 volt, maka  $V_{ref}$  kita set sebesar 3,6 Volt, Bila tegangan  $V_{in}$  kurang dari  $V_{ref}$  tegangan keluaran dari komparator adalah positif atau high, apabila  $V_{in}$  lebih besar dari  $V_{ref}$  maka tegangan keluaran adalah negatif atau low.

### 3.3.8. Rangkaian Driver Motor Stepper

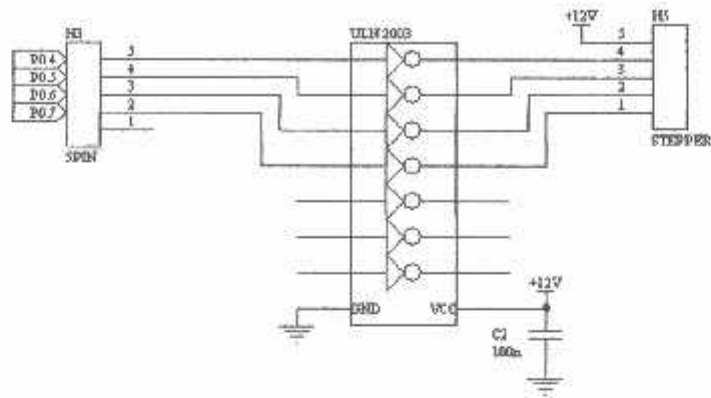
Motor stepper disini berfungsi membantu kerja dari phototransistor dalam mencari letak dari api lilin (menyescan api) dan juga kipas dalam mematikan api lilin. stepper disini bekerja saat sensor garis mendeteksi sebuah ruangan..motor stepper yang digunakan mempunyai derajat step atau step angel sebesar 7,5 derajat. Dalam proses menscan api lilin, banyak *step* sebesar 24 step.12 kearah kiri dan 12 lagi kearah kanan. Jadi jumlah derajat

$$\begin{aligned}\text{Jumlah derajat} &= 24 \times 7.5 \\ &= 180^\circ\end{aligned}$$

Dalam proses mematikan api,banyak stepnya sebesar 8 step. 4 step kekiri dan 4 step kekanan.

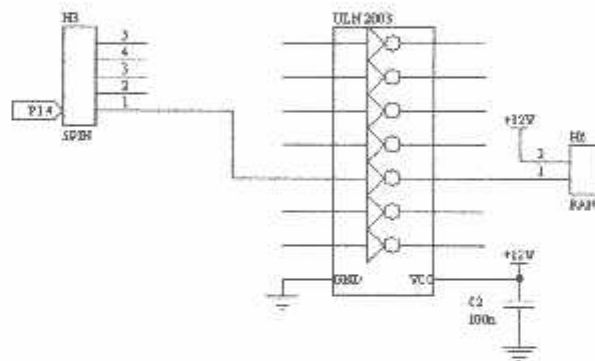
$$\begin{aligned}\text{Jumlah derajat} &= 8 \times 7.5 \\ &= 60^\circ\end{aligned}$$

Motor stepper ini memerlukan tegangan catu daya 15 Volt. Sedangkan output dari mikrokontroller (sebagai pengatur gerak motor stepper) untuk logika HIGH sebesar 5Volt, untuk itu diperlukan adanya sebuah rangkaian driver (penggerak) untuk menjalankan motor stepper tersebut. Rangkaian driver tercakup dalam serangkaian rangkaian pengatur gerak motor stepper yang terdiri dari ULN 2003A.



Gambar 3-18 Rangkaian Driver Motor Stepper

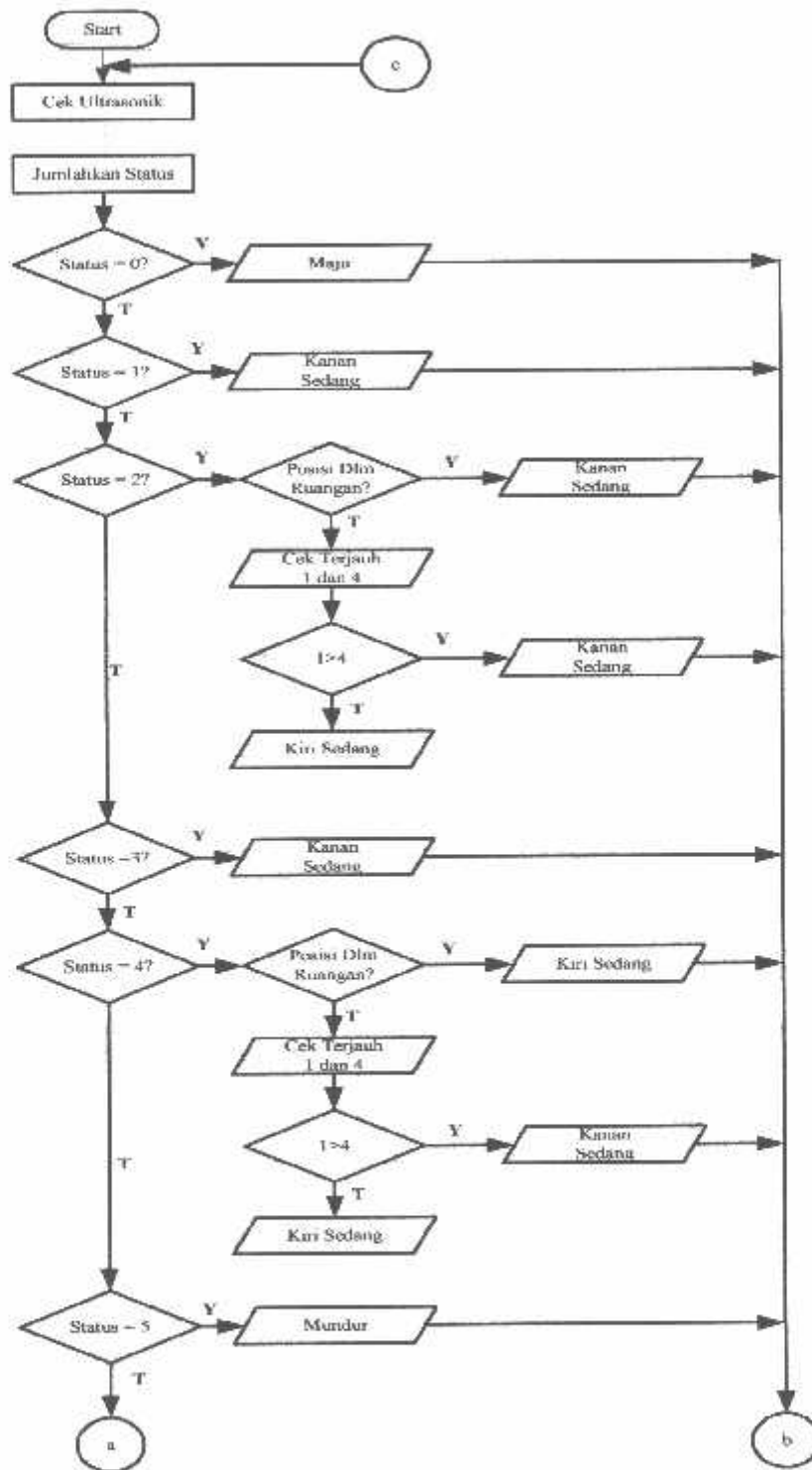
### 3.3.9. Rangkaian Kipas

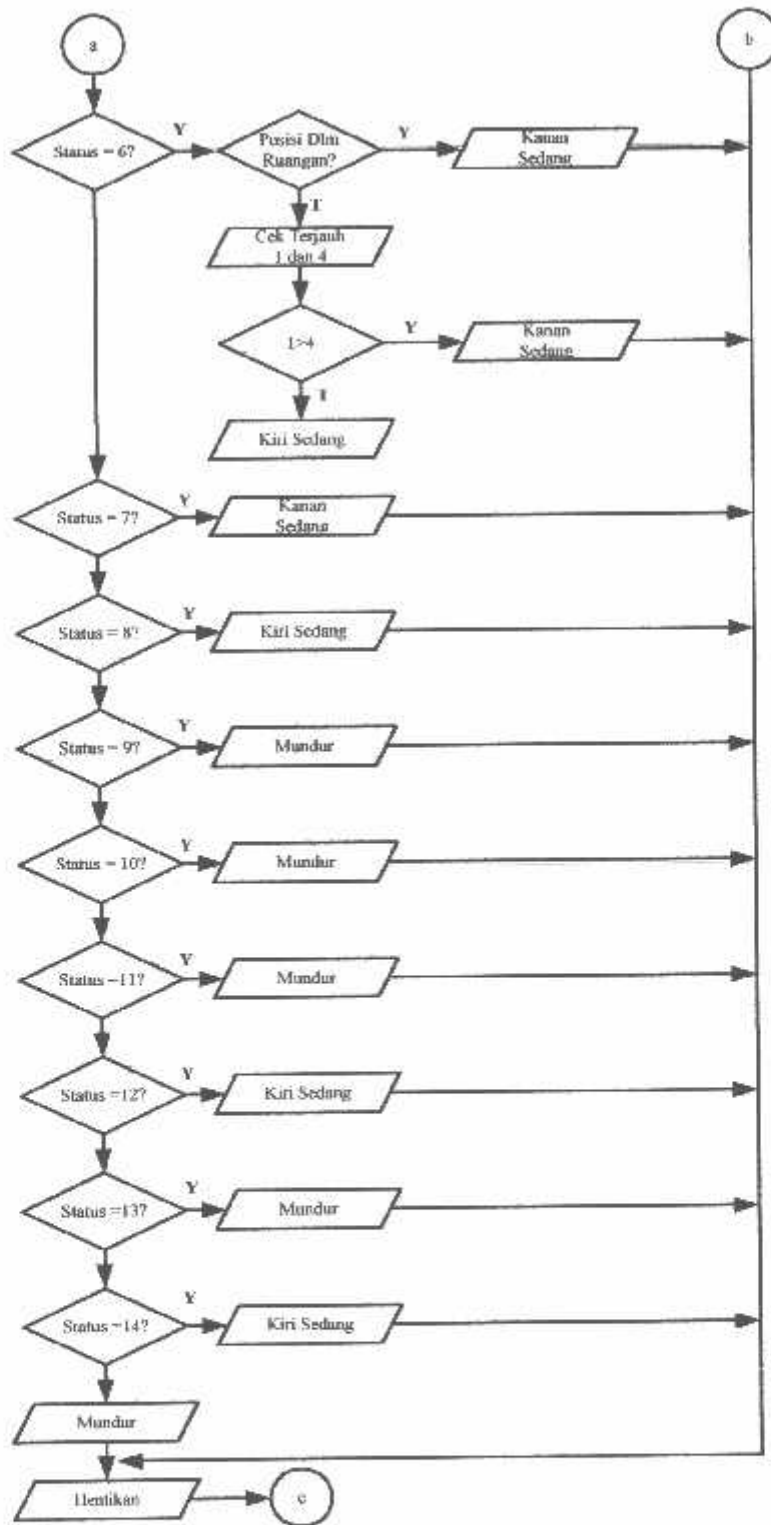


Gambar 3-19 Rangkaian Kipas

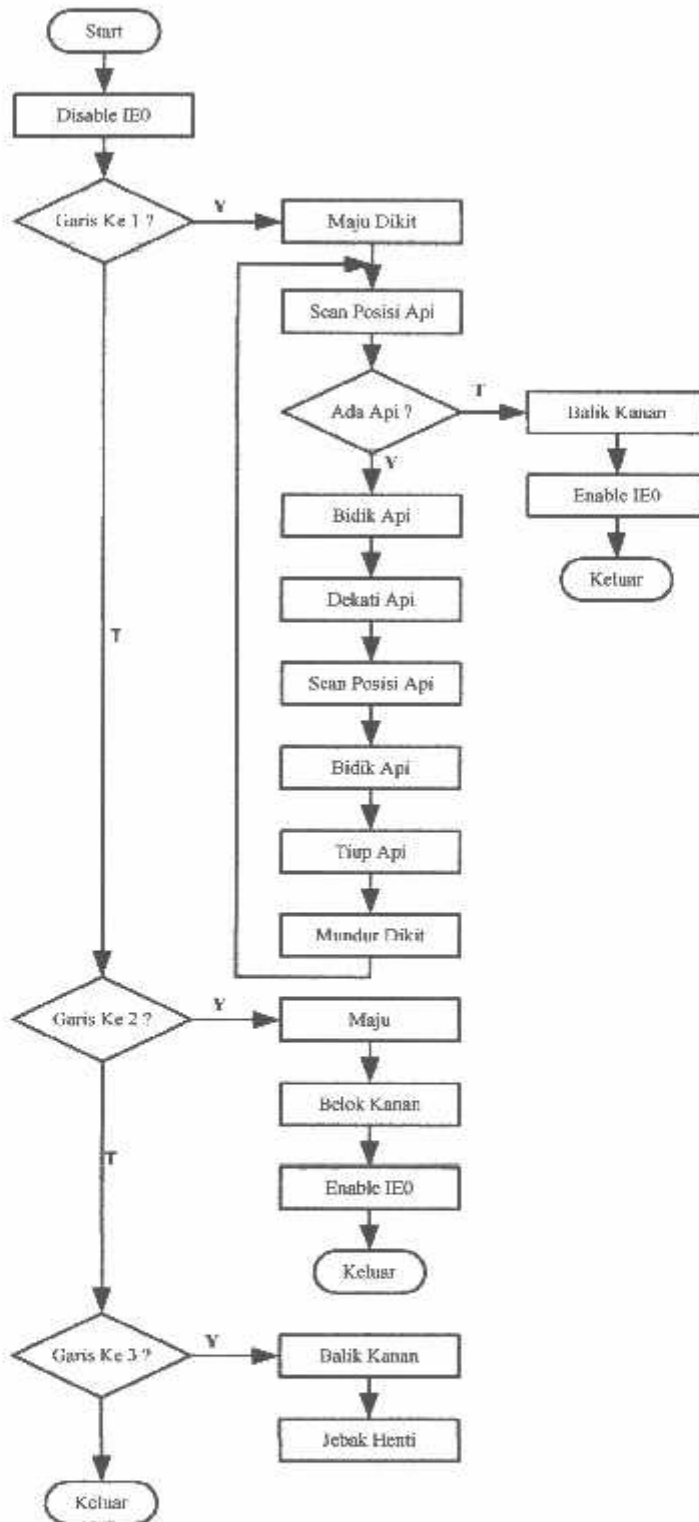
Fungsi kipas ini untuk memadamkan api lilin. Kipas ini bekerja saat fototransistor telah mendeteksi adanya api lilin dan juga *infrared* telah mendeteksi garis yang merupakan jarak tiup dari kipas.

### 3.4. Perancangan *Software*



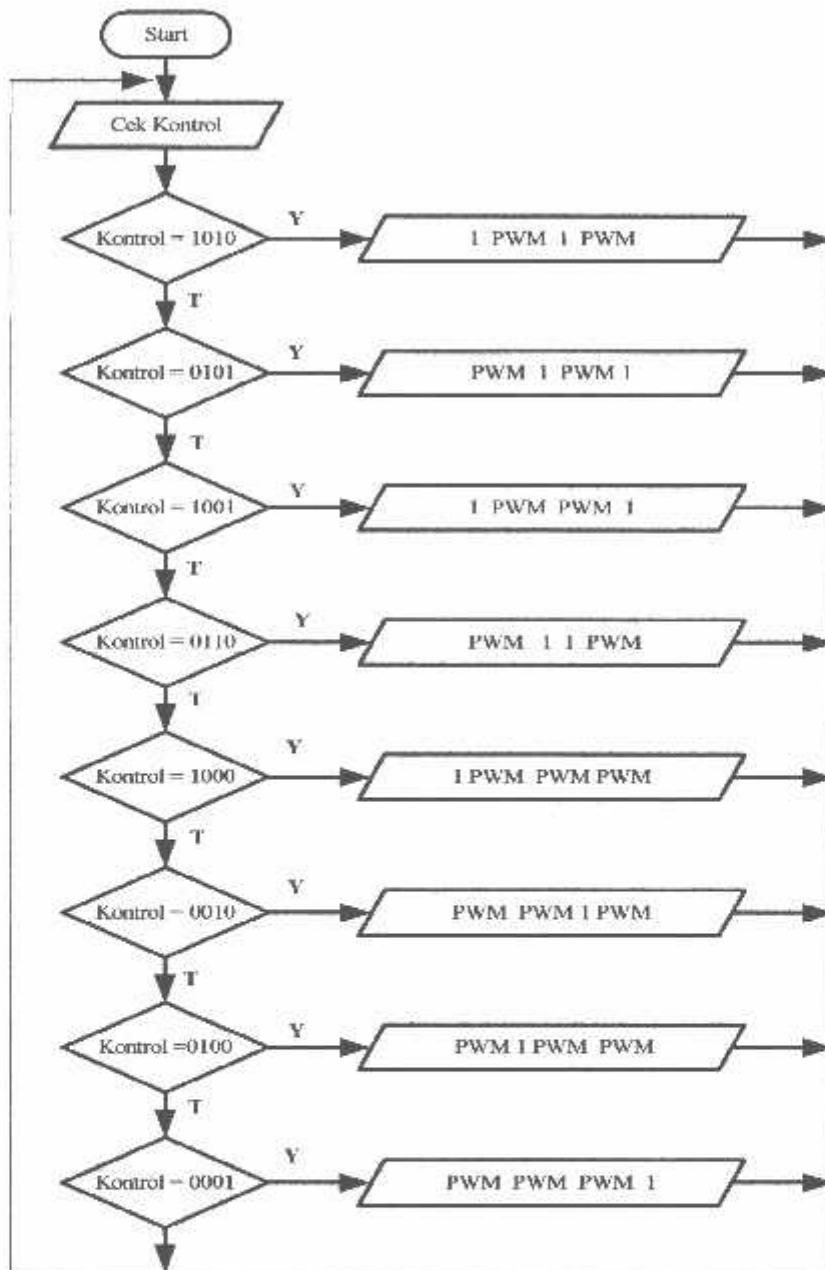


Gambar 3-20 Flowchart Sistem Utama



Gambar 3-21 Flowchart Interupsi





Gambar 3-22 *Flowchart PWM*

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT**

Dalam Bab ini akan dibahas tentang pengujian berdasarkan perencanaan dari sistem yang dibuat. Program pengujian disimulasikan di suatu sistem yang sesuai. Pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem dan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan perencanaan atau belum. Pengujian pertamanya dilakukan secara terpisah, dan kemudian ke dalam dilakukan ke dalam sistem yang telah terintegrasi.

#### **4.1. Pengujian Hardware**

##### **4.1.1. Rangkaian Pembangkit Pulsa**

1. Tujuan:

- Mengetahui Sinyal Keluaran Dari Pembangkit Pulsa

2. Peralatan yang dibutuhkan :

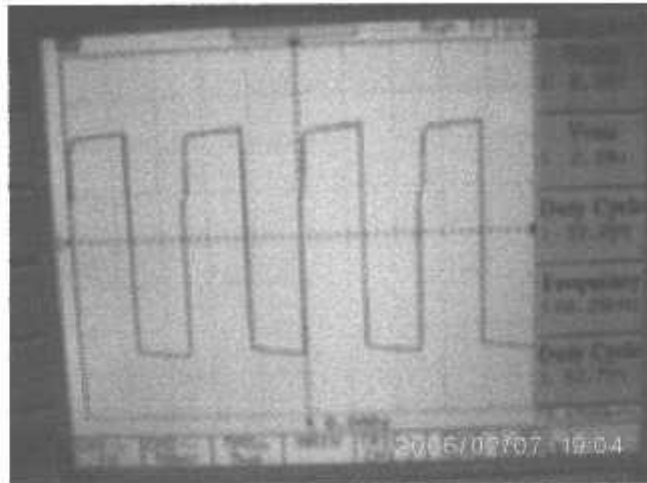
- Rangkaian Transduser Ultrasonik
- Oscilloscope

3. Prosedur pengujian :

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt
- Letakan ujung penyidik oscilloscope pada Rangkaian pembangkit pulsa

4. Hasil Pengujian

- Frekuensi yang dipancarkan : 80 KHz



Gambar 4-1 Sinyal Keluaran Dari Pembangkit Pulsa Dengan Frekuensi 80KHz

Yang diperlukan dalam pembangkitan gelombang ultrasonik secara optimal adalah dengan memberikan sinyal pulsa yang mempunyai frekuensi 40 KHz dan mempunyai *Duty Cycle* 50% pada sisi *transmitter*. Rangkaian *astable multivibrator* menggunakan IC 555 diset sebesar 80 KHz yang nantinya terhubung ke JK-FF agar mendapatkan pembangkit gelombang yang optimal.

Berikut ini merupakan perbandingan frekuensi antara pengukuran dengan perhitungan:

Tabel 4-1 Perbandingan Antara Pengukuran Dengan Perhitungan Pada Rangkaian Pembangkit Sinyal

Perhitungan	Pengukuran
80KHz	82KHz

$$Error = \frac{Er (perhitungan) - Er (pengukuran)}{Er (perhitungan)} \times 100\%$$

$$Error = \left| \frac{80 - 82}{80} \right| \times 100\%$$

$$Error = 2,5 \%$$

#### 4.1.2. Rangkaian JK-FF

1. Tujuan:

- Mengetahui Sinyal Keluaran Dari JK-FF

2. Peralatan yang dibutuhkan :

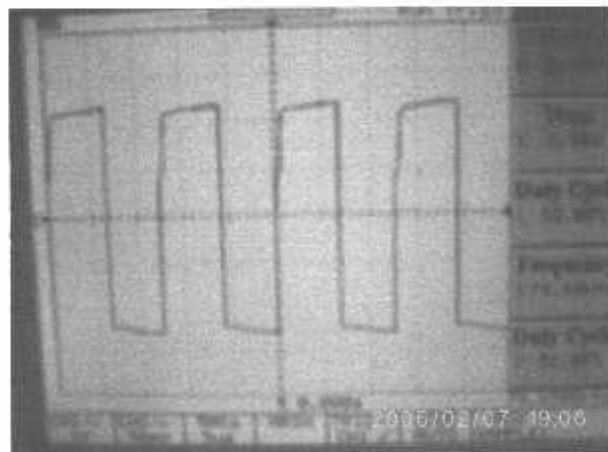
- Transduser Ultrasonik
- Oscilloscope

3. Prosedur pengujian :

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt
- Letakan ujung penyidik oscilloscope pada rangkaian JK-FF

4. Hasil Pengujian

- Frekuensi yang dipancarkan : 40 KHz



Gambar 4-2 Sinyal Keluaran Dari JK-FF Dengan Frekuensi 40KHz, Duty Cycle 50%

Rangkaian pembangkit pulsa terhubung pada Rangkaian JK-FF agar mendapatkan frekuensi yang optimal yaitu frekuensi 40KHz dan duty Cycle 50 %

#### 4.1.3. Rangkaian Pemancar

1. Tujuan:

- Mengetahui Sinyal Keluaran Dari Dekoder

2. Peralatan yang dibutuhkan :

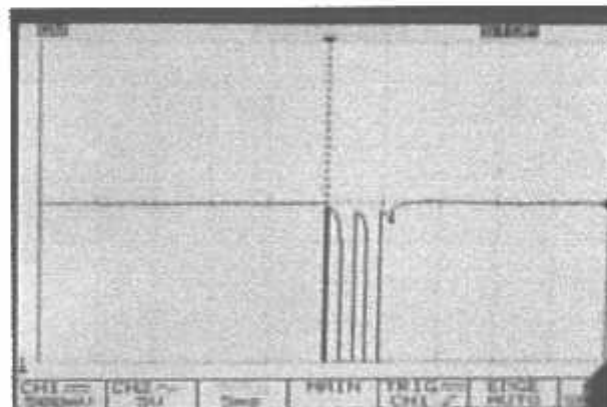
- Transduser Ultrasonik
- Oscilloscope

3. Prosedur pengujian :

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt
- Letakan ujung penyidik oscilloscope pada rangkaian pemancar

4. Hasil Pengujian

- Frekuensi yang dipancarkan : 40 KHz



Gambar 4-3 Sinyal Keluaran Dari Dekoder 74LS138 Dengan Frekuensi 40 KHz Dan Duty Cycle 50 %

Gambar diatas menunjukkan gambar sinyal pemancar yang memancarkan sinyal frekuensi sebesar 40 KHz dan duty cycle 50%.

#### 4.1.4. Rangkaian Penerima Ultrasonik

1. Tujuan:

- Mengetahui Sinyal Keluaran Penerima Ultrasonik

2. Peralatan yang dibutuhkan :

- Transduser Ultrasonik
- Oscilloscope

3. Prosedur pengujian :

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt
- Letakan ujung penyidik oscilloscope pada rangkaian penerima ultasonik

4. Hasil Pengujian Tampak Pada Gambar



Gambar 4-4 Sinyal Rangkaian Dari Penerima Ultrasonik

Gambar diatas merupakan gambar sinyal penerima ultrasonik. Sinyal yang diterima sangatlah kecil. Dikarenakan sinyal yang diterima oleh rangkaian penerima itu kecil maka diperlukan rangkaian penguat

#### 4.1.5. Rangkaian Penguat Ultrasonik

1. Tujuan:

- Mengetahui Sinyal Keluaran Dari Penguat Ultrasonik

2. Peralatan yang dibutuhkan :

- Transduser Ultrasonik
- Oscilloscope

3. Prosedur pengujian :

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt
- Letakan ujung penyidik oscilloscope pada rangkaian penguat ultrasonik

4. Hasil Pengujian Tampak Pada Gambar



Gambar 4-5 Sinyal Keluaran Dari Rangkaian Penguat

Karena rangkaian penerima menerima sinyal dari transmiter kecil maka dikuatkan menggunakan rangkaian penguat transistor dengan umpan balik kolektor agar mendapatka penguatan yang stabil.

#### 4.1.6. Rangkaian Komparator

1. Tujuan:

- Mengetahui Sinyal Keluaran Dari Komparator

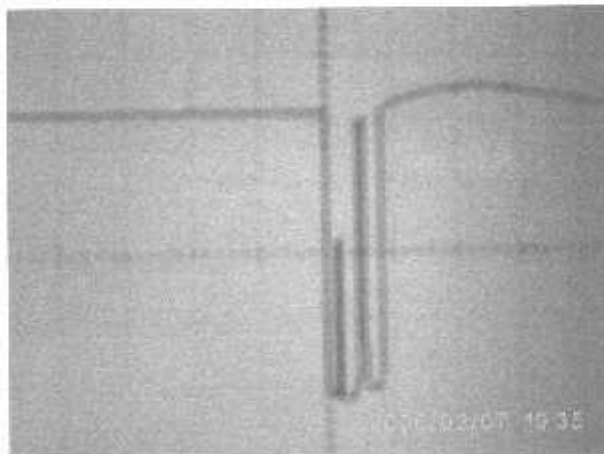
2. Peralatan yang dibutuhkan :

- Tranduser Ultrasonik
- Oscilloscope

3. Prosedur pengujian :

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt
- Letakan ujung penyidik oscilloscope pada rangkaian output dari komparator

4. Hasil Pengujian Tampak Pada Gambar



Gambar 4-6 Sinyal Keluaran Dari Komparator



Gambar diatas menunjukkan sinyal keluaran dari komparator dimana pada saat sinyal menunjukkan low maka mikrokontroler mendeteksi bahwa sinyal tersebut low

Ini merupakan perbandingan antara perhitungan dengan pengukuran pada sensor penerima ultrasonik

Tabel 4-2 Perbandingan antara perhitungan dengan pengukuran pada sensor penerima ultrasonik

No	Jarak	V <sub>in</sub> Penerima	Pengukuran		Perhitungan		Kondisi sensor (Tembok)
			V <sub>out</sub> Penguat	V <sub>out</sub> Komparator	V <sub>out</sub> Penguat	V <sub>out</sub> Komparator	
1	5 cm	0,025 V	3,51 V	3,51 V	3,6 V	3,6 V	Ada
2	10cm	0,010 V	3,86 V	3,86 V	3,9 V	3,9 V	Tidak
3	15cm	0,008 V	4,24 V	4,24 V	4,3V	4,3 V	Tidak

- Pada jarak 5 cm

$$Error = \left| \frac{3,6 - 3,51}{3,6} \right| \times 100\%$$

$$Error = 2,5 \%$$

- Pada jarak 10 cm

$$Error = \left| \frac{3,9 - 3,86}{3,9} \right| \times 100\%$$

$$Error = 1 \%$$

- Pada jarak 15 cm

$$Error = \left| \frac{4,3 - 4,24}{4,3} \right| \times 100\% = 1,4 \%$$

#### 4.1.7. Pengujian Sensor cahaya (Phototransistor)

1. Tujuan:

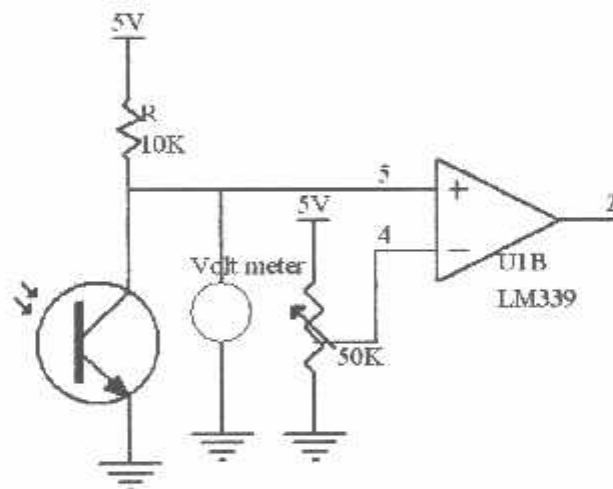
Mengetahui nilai tegangan dan arus dari sensor phototransistor

2. Peralatan yang dibutuhkan :

- *Power supply* 5 Volt DC.
- Digital Multimeter.
- Rangkaian phototransistor.

3. Prosedur pengujian :

- Alat-alat dirangkai seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 4-7 Rangkaian Pengujian Phototransistor

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt DC.
- Pengukuran tegangan pada rangkaian pengujian fototransistor.

4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian fototransistor adalah sebagai berikut :

Tabel 4-3 Hasil Perbandingan Antara Pengukuran Dan Perhitungan Rangkaian Fototransistor

Keadaan <i>Phototransistor</i>	Pengukuran	Perhitungan
	Vout	Vout
Mendapat Cahaya	0,36 Volt	0,4 Volt
Tidak Mendapat Cahaya	4,8 Volt	5 Volt

Mendapat Cahaya

$$Error V_{foto} = \left| \frac{0,4 - 0,36}{0,4} \right| \times 100\% = 10\%$$

Tidak Mendapat Cahaya

$$Error V_{foto} = \left| \frac{5 - 4,8}{5} \right| \times 100\% = 4\%$$

#### 4.1.8. Pengujian Infrared

##### 4.1.8.1. Pengujian Rangkaian Sensor Infra Merah

1. Tujuan:

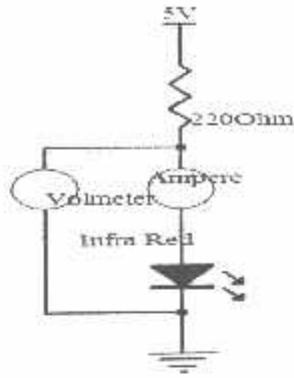
Mengetahui nilai tegangan dan arus dari sensor infra merah

2. Peralatan yang dibutuhkan :

- *Power supply* 5 Volt DC.
- Digital Multimeter.
- Rangkaian sensor Infra Merah.

3. Prosedur pengujian :

- Alat-alat dirangkai seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 4-8 Rangkaian Pengujian Sensor Infra Merah

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt DC.
- Dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada rangkaian pengujian sensor infra merah.

#### 4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian infrared adalah sebagai berikut :

Tabel 4-4 Hasil Perbandingan Antara Pengukuran Dan Perhitungan Rangkaian infrared

Pengukuran		Perhitungan	
$I_{infra}$ (mA)	$V_{infra}$ (Volt)	$I_{infra}$ (mA)	$V_{infra}$ (Volt)
13,7	1,91	14	1,7

$$Error I_{infra} = \frac{I_{infra}(\text{perhitungan}) - I_{infra}(\text{pengukuran})}{I_{infra}(\text{perhitungan})} \times 100\%$$

$$Error I_{infra} = \frac{14 - 13,7}{14} \times 100\%$$

$$Error I_{infra} = 2,1 \%$$

$$\text{Error } V_{\text{infra}} = \frac{V_{\text{red}}(\text{pengukuran}) - V_{\text{LED}}(\text{perhitungan})}{V_{\text{red}}(\text{perhitungan})} \times 100\%$$

$$\text{Error } V_{\text{infra}} = \frac{1,9 - 1,7}{1,7} \times 100\%$$

$$\text{Error } V_{\text{infra}} = 11,76 \%$$

#### 4.1.8.2. Pengujian Rangkaian Sensor Photodiode

##### 1. Tujuan :

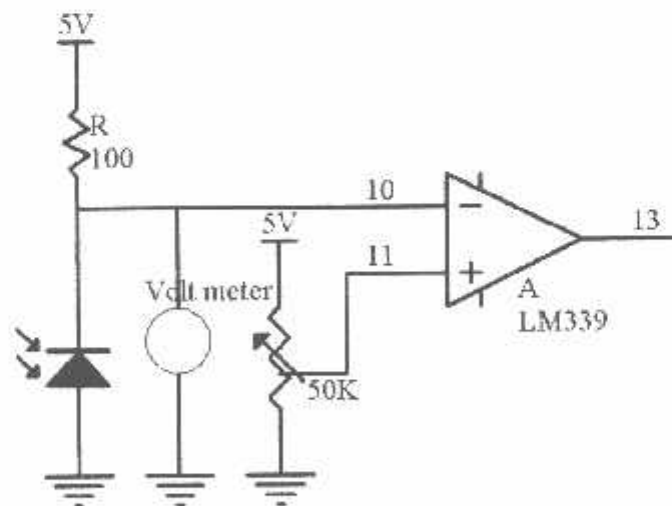
Mengetahui nilai tegangan pada rangkaian sensor photodiode

##### 2. Peralatan yang dibutuhkan :

- Power supply 5 Volt DC
- Digital Multimeter.
- Rangkaian sensor Photodiode.

##### 3. Prosedur pengujian :

- Alat-alat dirangkai seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 4-9 Rangkaian Pengujian Sensor Photodiode

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt DC
- Dilakukan pengukuran tegangan pada rangkaian pengujian sensor Photodiode.

#### 4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian sensor infra merah adalah sebagai berikut :

Tabel 4-5 Hasil Pengujian Rangkaian Photodiode

Keadaan Photodiode	Pengukuran	Perhitungan
	Tegangan Dari Photodiode	Tegangan Dari Photodiode
Mendapat Cahaya	3,96 Volt	3,6 Volt
Tidak Mendapat Cahaya	0,04 Volt	0 Volt

- Saat Mendapatkan cahaya

$$Error V_{Photodiode} = \left| \frac{3,6 - 3,96}{3,6} \right| \times 100\%$$

$$Error V_{Photodiode} = 10 \%$$

- Tidak mendapatkan cahaya

$$Error V_{Photodiode} = \left| \frac{0 - 0,04}{0} \right| \times 100\%$$

$$Error V_{Photodiode} = 0 \%$$

## 4.2. Pengujian Software

### 4.2.1. Scanning Sensor Ultrasonik

Ultrasonik yang digunakan pada robot ini menggunakan empat ultrasonik yang mana setiap ultrasonik diberi nilai data jarak 100. Sistem scanningnya dilakukan

secara crossing yaitu ultrasonik dua, ultrasonik empat, ultrasonik satu dan ultrasonik dua

Sistem scanning yang digunakan dalam robot peniup lilin adalah sebagai berikut:

```
MOV DAUS1,#0
MOV DAUS2,#0
MOV DAUS3,#0
MOV DAUS4,#0
CALL SCAN2
CALL DELAY_DI
CALL SCAN4
CALL DELAY_DI
CALL SCAN1
CALL DELAY_DI
CALL SCAN3
CALL CEK_STATUS
RET
```

```
SCAN1: CALL PILUS1
WAIT1: JNB RX_1,SCANOUT1
      INC DAUS1
      CALL DELUS
      MOV A,DAUS1
      CLR C
      SUBB A,#100
      JC WAIT1
```

```
SCANOUT1:
      CALL PILUSOFF
      RET
```

```
SCAN2: CALL PILUS2
WAIT2: JNB RX_2,SCANOUT2
      INC DAUS2
      CALL DELUS
      MOV A,DAUS2
      CLR C
      SUBB A,#100
      JC WAIT2
```

```
SCANOUT2:
```

```
CALL PILUSOFF  
RET
```

```
SCAN3: CALL PILUS3  
WAIT3: JNB RX_3,SCANOUT3  
      INC DAUS3  
      CALL DELUS  
      MOV A,DAUS3  
      CLR C  
      SUBB A,#100  
      JC WAIT3
```

```
SCANOUT3:  
      CALL PILUSOFF  
      RET
```

```
SCAN4: CALL PILUS4  
WAIT4: JNB RX_4,SCANOUT4  
      INC DAUS4  
      CALL DELUS  
      MOV A,DAUS4  
      CLR C  
      SUBB A,#100  
      JC WAIT4
```

```
SCANOUT4:  
      CALL PILUSOFF  
      RET
```

```
PILUS1: CLR TX_GATE  
      CLR TX_C  
      CLR TX_B  
      RET
```

```
PILUS2: CLR TX_GATE  
      CLR TX_C  
      SETB TX_B  
      RET
```

```
PILUS3: CLR TX_GATE  
      SETB TX_C  
      CLR TX_B  
      RET
```

```
PILUS4: CLR TX_GATE  
      SETB TX_C  
      SETB TX_B  
      RET
```



```

PILUSOFF:
    SETB TX_GATE
    SETB TX_C
    SETB TX_B
    RET

CEK_STATUS:
CEK_STAT1:
    MOV A,DAUS1
    CLR C
    SUBB A,#BATAS1
    JC AKTIF1
    MOV STATUS1,#0
    JMP CEK_STAT2
AKTIF1:MOV STATUS1,#1
CEK_STAT2:
    MOV A,DAUS2
    CLR C
    SUBB A,#BATAS2
    JC AKTIF2
    MOV STATUS2,#0
    JMP CEK_STAT3
AKTIF2:MOV STATUS2,#2
CEK_STAT3:
    MOV A,DAUS3
    CLR C
    SUBB A,#BATAS3
    JC AKTIF3
    MOV STATUS3,#0
    JMP CEK_STAT4
AKTIF3:MOV STATUS3,#4
CEK_STAT4:
    MOV A,DAUS4
    CLR C
    SUBB A,#BATAS4
    JC AKTIF4
    MOV STATUS4,#0
    JMP JUM_STAT
AKTIF4:MOV STATUS4,#8
JUM_STAT:
    MOV A,STATUS1
    ADD A,STATUS2
    ADD A,STATUS3

```

```
ADD A,STATUS4  
MOV STATUS,A  
RET
```

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pembuatan serta pengukuran alat yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada rangkaian pembangkit sinyal, frekuensi dari perhitungan 80KHz dan frekuensi dari pengukuran 82 KHz maka terjadi *error* sebesar 2,5%.
2. Pada rangkaian penerima ultrasonik:
  - Jarak 5 cm  
tegangan keluaran penguat pada pengukuran 3,51V dan pada perhitungan 3,6 V maka terjadi *error* sebesar 2,5%
  - Jarak 10 cm  
tegangan keluaran penguat pada pengukuran 3,86V dan pada perhitungan 3,9V maka terjadi *error* sebesar 1%
  - Jarak 15 cm  
tegangan keluaran penguat pada pengukuran 4,24V dan pada perhitungan 4,3V maka terjadi *error* sebesar 1,4%
3. Pada rangkaian sensor cahaya,  $V_{out}$  pada pengukuran sebesar 3,92 V dan perhitungan 3,6 V. maka terjadi *error* sebesar 8,89%.
4. Pada rangkaian *infrared*,  $I_{infra}$  pada pengukuran 13,7 mA dan pada perhitungan 14 mA maka terjadi *error* 2,1%. Pada tegangan *output*, pada perhitungan

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.atmcl.com>
  - [2] Wasito S, "*Vademekum Elektronika*", PT. Gramedia, Jakarta, 1989
  - [3] MALVINO, Hanapi Gunawan, "*Prinsip-Prinsip Elektronika*", Edisi ke-2, Penerbit Erlangga.
  - [4] MALVINO, Barmawi-Tjia, "*Aproksimasi Rangkaian Semikonduktor*", Edisi ke-4, Penerbit Erlangga.
  - [5] Petruzella, Frank, "*Elektronika Industri*", Terjemahan Sumanto, Yogyakarta, 2001
  - [6] Nalwan, Paulus Andi, "*Teknik Antarmuka Dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*", PT Alex Media Komputindo. Jakarta, 2003
  - [7] Anonim, "*Laporan Praktikum Mikroprosesor*", ITN Malang
  - [8] <http://www.Delta-Electronic.com>
  - [9] <http://www.Datasheetarchive.com>
  - [10] Coughlin, Robert F, "*Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*", Erlangga, Jakarta
  - [11] Polla, Goraldus, "*Fisika Dasar 1*", Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta, 1993
-



## DAFTAR LAMPIRAN

1. Lembar Perbaikan Skripsi
  2. Skematik Rangkaian
  3. Program *Listing*
  4. Data *Sheet*
-



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : SEVIANTO - K  
NIM : 0017012  
Perbaikan meliputi :

Perbaikan dari Duty cycle.

Malang,

( \_\_\_\_\_ )



**LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Sevianto Kamaruzaman  
NIM : 0017012  
Jurusan : Teknik Elektro S1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Robot Peniup  
Api Lilin Berbasis Mikrokontroler  
AT89S51

Hari / Tanggal Ujian Skripsi : Jum'at / 23 Maret 2007

No	Materi Perbaikan	Paraf
I	Menghitung <i>Duty Cycle</i>	

Diperiksa/Disetujui

Penguji I

Ir. Usman Djuanda, MM  
NIP. Y 1018700143

Penguji II

Ir. Eko Nurcahyo  
NIP. Y 1028700172

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, M.T.  
NIP. Y 1018800189



## Menghitung PWM Pada Motor DC

Kristal Yang Digunakan Menggunakan 11,059 MHZ

Maka Untuk mencari Frekuensi Machine adalah:

$$F = \frac{1}{12} \times f_{osc} = \frac{1}{12} \times 11,059M = 0,921583 \text{ MHz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,921583M} = 1,085 \mu s$$

Pada software: delay low = 1000                      delay high = 1000

High            = 15 (diset)            Low            = 25 (diset)

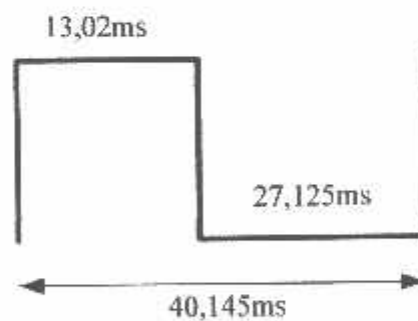
$$T_{pd \text{ saat low}} = 1,085 \mu s \times 1000 \times 25 = 27,125 \text{ ms}$$

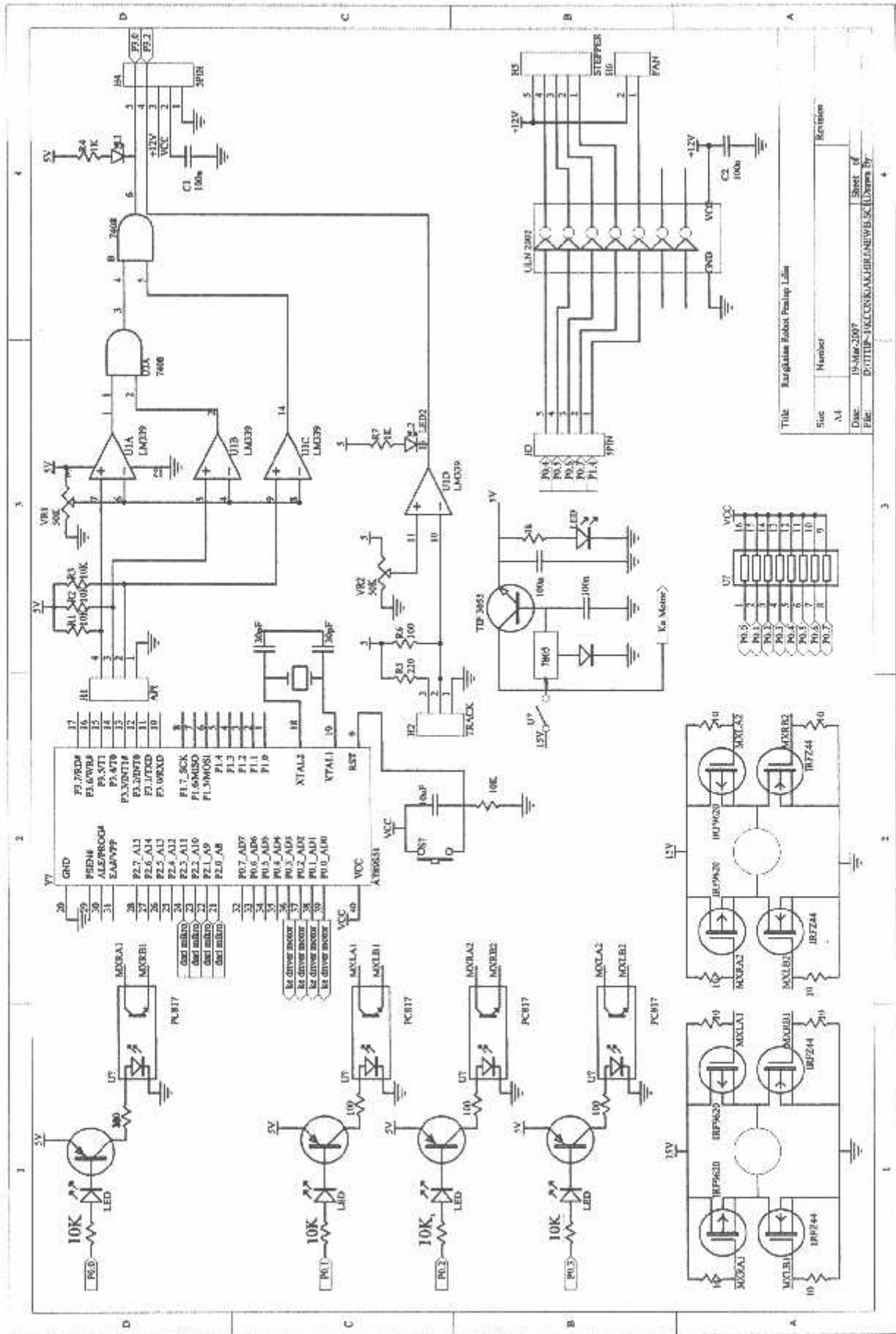
$$T_{pd \text{ saat high}} = 1,085 \mu s \times 1000 \times 15 = 13,02 \text{ ms}$$

$$T_{tot} = 27,125 + 13,02 = 40,145 \text{ ms}$$

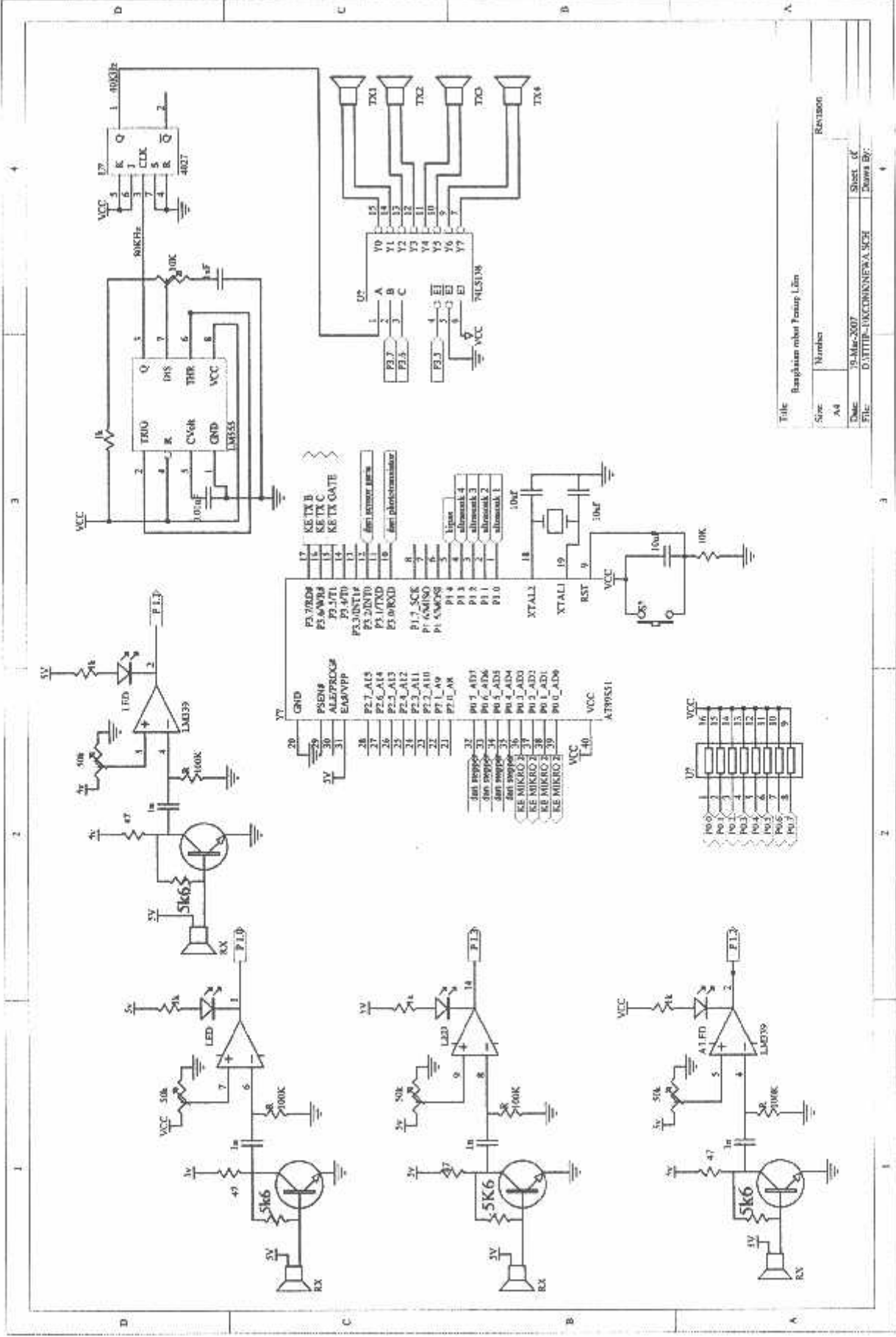
$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{40,145ms} = 25 \text{ HZ}$$

$$\text{Duty Cycle} = \frac{T_{low}}{T_{low} + T_{high}} \times 100\% = \frac{27,125}{40,145} \times 100\% = 67,5\%$$





Title: Rangkaian Robot Pemasaj Lahan  
 Size: A4  
 No: 14  
 Date: 19-Mar-2007  
 File: D:\TTPN-UKON\AKJH\LINEWEB\SCHEMATA\...



Title: Bangkaihan robot Tuning Lân  
 Size: A4  
 Date: 19-Mar-2007  
 File: D:\TTP-UKCOM\NEW.A.W54  
 Number: Revision:  
 Sheet of: 1  
 Drawn By:

---

---

PROGRAM LENGKAP ROBOT

---

---

```
ORG 0000H      ;RESET VECTOR
JMP  START

ORG 0003H      ;IE0 VECTOR
CLR  IE.0      ;DISABLE INT0
MOV  STACK,R0
MOV  STACK2,TL0
MOV  STACK3,TH0
CALL INTER0
MOV  R0,STACK
MOV  TL0,STACK2
MOV  TH0,STACK3
SETB IE.0      ;aktifkan lagi int0
RETI

ORG 000BH      ;TF0 VECTOR
RETI

ORG 0013H      ;IE1 VECTOR
RETI

ORG 001BH      ;TF1 VECTOR
RETI

ORG 0023H      ;SERIAL INT VECTOR
RETI
```

---

---

DEFINISI PORT YG DIGUNAKAN

---

---

```
MOKA_A  BIT  P0.0
MOKA_B  BIT  P0.1
MOKI_A  BIT  P0.2
MOKI_B  BIT  P0.3
POLE1   BIT  P0.4
POLE2   BIT  P0.5
POLE3   BIT  P0.6
POLE4   BIT  P0.7

RX_1    BIT  P1.0
RX_2    BIT  P1.1
RX_3    BIT  P1.2
RX_4    BIT  P1.3
FAN     BIT  P1.4
;       BIT  P1.5
;       BIT  P1.6
;       BIT  P1.7
SENS_API BIT  P3.0
;       BIT  P3.1
SENS_GARIS BIT P3.2 ;INT0
TX_GATE BIT  P3.5
TX_C    BIT  P3.6
TX_B    BIT  P3.7
```

---

---

DAFTAR VARIABEL

---

---

SAT	EQU	30H
PUL	EQU	31H
RAT	EQU	32H
DAUS1	EQU	33H
DAUS2	EQU	34H
DAUS3	EQU	35H
DAUS4	EQU	36H
STATUS1	EQU	37H
STATUS2	EQU	38H
STATUS3	EQU	39H
STATUS4	EQU	3AH
STATUS5	EQU	3BH
STATUS6	EQU	3CH
STATUS	EQU	3DH
GARIS	EQU	3EH
STAT_API	EQU	3FH
POS_API	EQU	40H
SENSOR_DIR	EQU	41H
GARIS_KE	EQU	42H
STACK	EQU	43H
STACK2	EQU	44H
STACK3	EQU	45H
STACK4	EQU	46H
STACK5	EQU	47H
STACK6	EQU	48H
STACK7	EQU	49H

---

---

KONSTANTA JARAK

---

---

BATAS1	EQU	15
BATAS2	EQU	20
BATAS3	EQU	15
BATAS4	EQU	15

---

---

PROGRAM UTAMA

---

---

```
ORG 100H
START:CLR FAN
      CLR POLE1
      CLR POLE2
      CLR POLE3
      CLR POLE4
      CALL INIT_INT
      CALL INIT_TIMER
      CALL DELAY_1S
      CALL HAPUS_RAM
AWAL: CALL CEK_ULTRA
```

JMP AWAL

---

INISIALISASI INTERRUPT

---

INIT\_INT:

MOV IE,#10000001B ;EA -- ES ET1 EX1 ET0 EX0  
MOV IP,#00000000B  
RET

---

INISIALISASI TIMER

---

INIT\_TIMER:

MOV TMOD,#00010001B ;GT(1) C/T(1) M1(1) M0(1) GT(0) C/T(0)  
M1(0) M0(0)  
RET

---

KOSONGKAN RAM

---

HAPUS\_RAM:

MOV R0,#30H

HAPUSLAGI:

MOV @R0,#0  
INC R0  
CJNE R0,#7FH,HAPUSLAGI  
RET

---

TAMPILKAN DATA

---

TAMP\_DAU1:

MOV B,#10  
DIV AB  
MOV SAT,B  
MOV B,#10  
DIV AB  
MOV PUL,B  
MOV RAT,A  
MOV A,#080H  
CALL INSTOUT  
MOV A,RAT  
ADD A,#30H  
CALL DATAOUT  
MOV A,#081H  
CALL INSTOUT  
MOV A,PUL  
ADD A,#30H  
CALL DATAOUT  
MOV A,#082H  
CALL INSTOUT  
MOV A,SAT  
ADD A,#30H  
CALL DATAOUT

```

RET
TAMP_DAUS2:
MOV B,#10
DIV AB
MOV SAT,B
MOV B,#10
DIV AB
MOV PUL,B
MOV RAT,A
MOV A,#084H
CALL INSTOUT
MOV A,RAT
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
MOV A,#085H
CALL INSTOUT
MOV A,PUL
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
MOV A,#086H
CALL INSTOUT
MOV A,SAT
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
RET
TAMP_DAUS3:
MOV B,#10
DIV AB
MOV SAT,B
MOV B,#10
DIV AB
MOV PUL,B
MOV RAT,A
MOV A,#088H
CALL INSTOUT
MOV A,RAT
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
MOV A,#089H
CALL INSTOUT
MOV A,PUL
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
MOV A,#08AH
CALL INSTOUT
MOV A,SAT
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
RET
TAMP_DAUS4:
MOV B,#10
DIV AB
MOV SAT,B

```

```

MOV B,#10
DIV AB
MOV PUL,B
MOV RAT,A
MOV A,#08CH
CALL INSTOUT
MOV A,RAT
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
MOV A,#08DH
CALL INSTOUT
MOV A,PUL
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
MOV A,#08EH
CALL INSTOUT
MOV A,SAT
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
RET

```

---



---

TAMPILKAN STATUS

---



---

TAMP STATUS:

```

MOV B,#10
DIV AB
MOV SAT,B
MOV B,#10
DIV AB
MOV PUL,B
MOV RAT,A

MOV A,#0C7H ;pesan tempat
CALL INSTOUT
MOV A,RAT
ADD A,#30H ;konversi ke ascii
CALL DATAOUT ;menampilkan data

MOV A,#0C8H
CALL INSTOUT
MOV A,PUL
ADD A,#30H
CALL DATAOUT

MOV A,#0C9H
CALL INSTOUT
MOV A,SAT
ADD A,#30H
CALL DATAOUT
RET

```



---

---

SCANNING ULTRASONIC

---

---

CEK\_ULTRA:

```
MOV DAUS1,#0
MOV DAUS2,#0
MOV DAUS3,#0
MOV DAUS4,#0
CALL SCAN2
CALL DELAY_DI
CALL SCAN4
CALL DELAY_DI
CALL SCAN1
CALL DELAY_DI
CALL SCAN3
CALL CEK_STATUS
RET
```

```
SCAN1:CALL PILUS1           ;AKTIFKAN TX1
WAIT1:JNB RX_1,SCANOUT1    ;JIKA TERIMA
      INC DAUS1
      CALL DELUS
      MOV A,DAUS1
      CLR C
      SUBB A,#100
      JC WAIT1             ;DAUS1<100
SCANOUT1:                   ;DAUS1=100
      CALL PILUSOFF        ;MATIKAN TX
      RET
```

```
SCAN2:CALL PILUS2           ;AKTIFKAN TX2
WAIT2:JNB RX_2,SCANOUT2    ;JIKA TERIMA
      INC DAUS2
      CALL DELUS
      MOV A,DAUS2
      CLR C
      SUBB A,#100
      JC WAIT2             ;DAUS2<100
SCANOUT2:                   ;DAUS2=100
      CALL PILUSOFF        ;MATIKAN TX
      RET
```

```
SCAN3:CALL PILUS3           ;AKTIFKAN TX1
WAIT3:JNB RX_3,SCANOUT3    ;JIKA TERIMA
      INC DAUS3
      CALL DELUS
      MOV A,DAUS3
      CLR C
      SUBB A,#100
      JC WAIT3             ;DAUS3<100
SCANOUT3:                   ;DAUS3=100
      CALL PILUSOFF        ;MATIKAN TX
      RET
```

```

SCAN4:CALL PILUS4          ;AKTIFKAN TX1
WAIT4:JNB  RX_4,SCANOUT4  ;JIKA TERIMA
      INC  DAUS4
      CALL DELUS
      MOV  A,DAUS4
      CLR  C
      SUBB A,#100
      JC   WAIT4          ;DAUS1<100
SCANOUT4:                   ;DAUS1=100
      CALL PILUSOFF       ;MATIKAN TX
      RET

PILUS1:CLR  TX_GATE       ;NYALAKAN TX1
      CLR  TX_C
      CLR  TX_B
      RET

PILUS2:CLR  TX_GATE       ;NYALAKAN TX2
      CLR  TX_C
      SETB TX_B
      RET

PILUS3:CLR  TX_GATE       ;NYALAKAN TX3
      SETB TX_C
      CLR  TX_B
      RET

PILUS4:CLR  TX_GATE       ;NYALAKAN TX4
      SETB TX_C
      SETB TX_B
      RET

PILUSOFF:
      SETB TX_GATE
      SETB TX_C
      SETB TX_B
      RET

CEK_STATUS:
CEK_STAT1:
      MOV  A,DAUS1
      CLR  C
      SUBB A,#BATAS1
      JC   AKTIF1         ;DAUS1<BATAS1
      MOV  STATUS1,#0    ;DAUS1>BATAS1
      JMP  CEK_STAT2
AKTIF1:  MOV  STATUS1,#1
CEK_STAT2:
      MOV  A,DAUS2
      CLR  C
      SUBB A,#BATAS2
      JC   AKTIF2
      MOV  STATUS2,#0
      JMP  CEK_STAT3
AKTIF2:  MOV  STATUS2,#2
CEK_STAT3:

```

```

MOV A,DAUS3
CLR C
SUBB A,#BATAS3
JC AKTIF3
MOV STATUS3,#0
JMP CEK_STAT4
AKTIF3:MOV STATUS3,#4
CEK_STAT4:
MOV A,DAUS4
CLR C
SUBB A,#BATAS4
JC AKTIF4
MOV STATUS4,#0
JMP JUM_STAT
AKTIF4:MOV STATUS4,#8
JUM_STAT:
MOV A,STATUS1
ADD A,STATUS2
ADD A,STATUS3
ADD A,STATUS4
MOV STATUS,A
RET

```

---

; DAFTAR AKSI

---

```

AKSI: MOV A,STATUS
AKSI0: CJNE A,#0,AKSI1 ;jika status tidak sama dg 0 lompat ke aksi 1
CALL MAJU
CALL DELAY_SE
CALL HENTI
RET
AKSI1: CJNE A,#1,AKSI2
CALL KA_SE
RET
AKSI2: CJNE A,#2,AKSI3
MOV A,GARIS_KE
CJNE A,#1,NORMAL
CALL KA_SE
RET
NORMAL: CALL DETJAUH2
RET
AKSI3: CJNE A,#3,AKSI8
CALL KA_SE
RET
AKSI8: CJNE A,#8,AKSI4
CALL KI_SE
RET
AKSI4: CJNE A,#4,AKSI12
MOV A,GARIS_KE
CJNE A,#1,NORMAL2
CALL KI_SE
RET

```

```

NORMAL2:
    CALL DETJAUH2
    RET
AKSI12:    CJNE A,#12,AKSI6
    CALL KI_SE
    RET
AKSI16: CJNE A,#6,AKSI5
    CALL DETJAUH
    RET
AKSI15: CJNE A,#5,AKSI7
    CALL MUNDUR
    CALL DELAY_SE
    CALL HENTI
    RET
AKSI17: CJNE A,#7,AKSI9
    CALL KA_SE
    RET
AKSI19: CJNE A,#9,AKSI10
    CALL MUNDUR
    CALL DELAY_SE
    CALL HENTI
    RET
AKSI10: CJNE A,#10,AKSI11
    CALL MUNDUR
    CALL DELAY_SE
    CALL HENTI
    RET
AKSI11: CJNE A,#11,AKSI13
    CALL MUNDUR
    CALL DELAY_SE
    CALL HENTI
    RET
AKSI13: CJNE A,#13,AKSI14
    CALL MUNDUR
    CALL DELAY_SE
    CALL HENTI
    RET
AKSI14: CJNE A,#14,AKSI15
    CALL KI_SE
    RET
AKSI15: CJNE A,#15,AKSI16
    CALL MUNDUR
    CALL DELAY_SE
    CALL HENTI
AKSI16: RET

```

---



---

KONTROL GERAKAN MOTOR

---



---

```

MOKAMA:SETB    MOKA_A
              CLR    MOKA_B
              RET
MOKAMU:CLR     MOKA_A

```

```

        SETB      MOKA_B
        RET
MOKIMA:SETB      MOKI_A
        CLR       MOKI_B
        RET
MOKIMU:CLR       MOKI_A
        SETB      MOKI_B
        RET
MOKASTOP:
        CLR       MOKA_A
        CLR       MOKA_B
        RET
MOKISTOP:
        CLR       MOKI_A
        CLR       MOKI_B
        RET
MAJU:  CALL      MOKAMA
        CALL      MOKIMA
        RET
KIRI:  CALL      MOKAMA
        CALL      MOKIMU
        RET
KANAN:CALL      MOKAMU
        CALL      MOKIMA
        RET
MUNDUR:CALL      MOKAMU
        CALL      MOKIMU
        RET
KI_DI: CALL      MUNDUR
        CALL      DELAY_SE
        CALL      KIRI
        CALL      DELAY_SE
        CALL      MAJU
        CALL      DELAY_SE
        CALL      HENTI
        RET
KI_SE: CALL      MUNDUR
        CALL      DELAY_DI
        CALL      KIRI
        CALL      DELAY_SE
        CALL      MAJU
        CALL      DELAY_SE
        CALL      HENTI
        RET
KI_BA:CALL      MUNDUR
        CALL      DELAY_DI
        CALL      KIRI
        CALL      DELAY_BA
        CALL      MAJU
        CALL      DELAY_SE
        CALL      HENTI
        RET

```

```
KA_DI:CALL MUNDUR
      CALL DELAY_SE
      CALL KANAN
      CALL DELAY_SE
      CALL MAJU
      CALL DELAY_SE
      CALL HENTI
      RET
```

```
KA_SE:CALL MUNDUR
      CALL DELAY_DI
      CALL KANAN
      CALL DELAY_SE
      CALL MAJU
      CALL DELAY_SE
      CALL HENTI
      RET
```

```
KA_BA:CALL MUNDUR
      CALL DELAY_DI
      CALL KANAN
      CALL DELAY_BA
      CALL MAJU
      CALL DELAY_SE
      CALL HENTI
      RET
```

```
HENTI:CALL MOKASTOP
      CALL MOKISTOP
      RET
```

---

DETEKSI JARAK YG JAUH

---

```
DETJAUH:
      MOV A,DAUS1
      CLR C
      SUBB A,DAUS4
      JC KAJAUH ;DATA1<DATA4
      CALL KI_BA ;DATA1>DATA4
      RET
```

```
KAJAUH: CALL KA_BA
      RET
```

```
DETJAUH2:
      MOV A,DAUS1
      CLR C
      SUBB A,DAUS4
      JC KAJAUH2 ;DATA1<DATA4
      CALL KI_SE ;DATA1>DATA4
      RET
```

```
KAJAUH2: CALL KA_SE
      RET
```

---

KONTROL STEPPER

---

```
STEPKI:CLR POLE1
        CLR POLE2
        CLR POLE3
        SETB POLE4
        CALL DELAY_STEP
        CLR POLE1
        CLR POLE2
        SETB POLE3
        CLR POLE4
        CALL DELAY_STEP
        CLR POLE1
        SETB POLE2
        CLR POLE3
        CLR POLE4
        CALL DELAY_STEP
        SETB POLE1
        CLR POLE2
        CLR POLE3
        CLR POLE4
        CALL DELAY_STEP
        RET

STEPKA:SETBPOLE1
        CLR POLE2
        CLR POLE3
        CLR POLE4
        CALL DELAY_STEP
        CLR POLE1
        SETB POLE2
        CLR POLE3
        CLR POLE4
        CALL DELAY_STEP
        CLR POLE1
        CLR POLE2
        SETB POLE3
        CLR POLE4
        CALL DELAY_STEP
        CLR POLE1
        CLR POLE2
        CLR POLE3
        SETB POLE4
        CALL DELAY_STEP
        RET

STEP_STOP:
        CLR POLE1
        CLR POLE2
        CLR POLE3
        CLR POLE4
        RET
```

---

---

---

PROSEDUR INTERRUPT IE0

---

---

```
GARIS2Z:
    JMP    GARIS2

INTER0: INC    GARIS_KE
        MOV    A,GARIS_KE
GARIS1: CJNE  A,#1,GARIS2Z
        CALL  MAJU      ;MASUK RUANGAN
        CALL  DELAY_SE
        CALL  HENTI
        CALL  DELAY_BA
SCANLAGI:
        CALL  SCAN_API

ADAKAH: MOV    A,STAT_API
ADAKAH1:
        CJNE  A,#0,ADAKAH2
        CALL  KANAN      ;TDK ADA API/SDH PADAM, BALIK
KANAN
        CALL  DELAY_BA
        CALL  DELAY_BA
        CALL  HENTI
        RET
ADAKAH2: CJNE  A,#1,ADAKAH_OUT
        CALL  BIDIK      ;ADA API
        CALL  DELAY_BA
        CALL  DEKATI
        CALL  DELAY_BA
        CALL  SCAN_API  ;MELURUSKAN POSISI
        CALL  BIDIK
        CALL  DELAY_BA
        CALL  TIUP
        CALL  DELAY_BA
        CALL  MUNDUR
        CALL  DELAY_SE
        CALL  HENTI
ADAKAH_OUT:
        JMP    SCANLAGI  ;UNTUK MEMASTIKAN API PADAM

GARIS2: CJNE  A,#2,GARIS3
        CALL  MAJU      ;KELUAR RUANGAN
        CALL  DELAY_BA
        CALL  KANAN
        CALL  DELAY_BA
        CALL  HENTI
        RET
GARIS3: CJNE  A,#3,GARIS4
        CALL  KANAN      ;SAMPAI DI HOME
        CALL  DELAY_BA
        CALL  DELAY_BA
        CALL  DELAY_SE
```



```
CALL HENTI
JEBAK:JMP JEBAK
GARIS4:RET ;NGGAK PERNAH KE SINI
```

---

SCAN POSISI API

---

```
SCAN_API:
MOV POS_API,#0
MOV STAT_API,#0
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL DELAY_BA
MOV SENSOR_DIR,#1
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
MOV SENSOR_DIR,#2
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
CALL POSISI_API
CALL STEPKA
```

```
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL POSISI_API  
CALL STEPKA  
CALL DELAY_BA  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEPKI  
CALL STEP_STOP  
RET
```

```
-----  
:  
: DIMANA API  
-----  
:  
POSISI_API:  
  JB SENS_API,POSISI_OUT  
  MOV POS_API,SENSOR_DIR  
  MOV STAT_API,#1  
POSISI_OUT:  
  RET
```

```
-----  
:  
: BIDIK  
-----  
:  
BIDIK: MOV A,POS_API  
BIDIK1: CJNE A,#1,BIDIK2  
  CALL KIRI
```



```

CALL STEPKA
CALL STEPKA
CALL STEPKA
CALL STEPKA
CALL STEPKA
CALL STEPKA
CALL STEPKA
CALL STEPKA
CALL STEPKA
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEPKI
CALL STEP_STOP
CLR FAN
RET

```

---

```

;
; PROSEDUR DELAY
;

```

---

```

DELAY: MOV R6,#40
MUTER: MOV R7,#125
        DJNZ R7,$
        DJNZ R6,MUTER
        RET

```

```

DELAY_1S:
        MOV R0,#18 ;1 DETIK
DEL1S:  MOV TL0,#LOW(-50000)
        MOV TH0,#HIGH(-50000)
        CLR TF0
        SETB TR0
        JNB TF0,$
        CLR TR0
        DJNZ R0,DEL1S
        RET

```

```

DELAY_BA: ;500ms
        MOV R0,#10
DEBA:  MOV TL0,#LOW(-50000)
        MOV TH0,#HIGH(-50000)
        CLR TF0
        SETB TR0
        JNB TF0,$
        CLR TR0
        DJNZ R0,DEBA
        RET

```

```

DELAY_SE: ;250ms
        MOV R0,#5
DESE:  MOV TL0,#LOW(-50000)
        MOV TH0,#HIGH(-50000)
        CLR TF0
        SETB TR0
        JNB TF0,$
        CLR TR0

```

```

        DJNZ R0,DESE
        RET
DELAY_DI:                                ;100ms
        MOV R0,#2
DEDI:  MOV TL0,#LOW(-50000)
        MOV TH0,#HIGH(-50000)
        CLR TF0
        SETB TR0
        JNB TF0,$
        CLR TR0
        DJNZ R0,DEDI
        RET
DELAY_LCD:                                ;DELAY 5 mS
        MOV TL0,#LOW(-5000)
        MOV TH0,#HIGH(-5000)
        CLR TF0
        SETB TR0
        JNB TF0,$
        CLR TR0
        RET
DELAY_STEP:
        MOV R2,#010H                      ;C8H
DES1:  MOV R3,#0CCH
        DJNZ R3,$
        DJNZ R2,DES1
        RET
DELUS:  MOV R3,#20
DELUS1: DJNZ R3,$
        RET
COBA:  MOV A,#080H
        CALL INSTOUT
        MOV DPTR,#TAMP4
        CALL LCDSTRING
        RET

```

```

;
;
; PROGRAM PWM 25Hz
;
;
ORG 0000H ;RESET VECTOR
JMP START
ORG 0003H ;IE0 VECTOR
RETI
ORG 000BH ;TF0 VECTOR
RETI
ORG 0013H ;IE1 VECTOR
RETI
ORG 001BH ;TF1 VECTOR
RETI
ORG 0023H ;SERIAL INT VECTOR
RETI

```

```

;
;
; DEFINISI PORT YG DIGUNAKAN
;
;
MOT_KA_MA BIT P0.0
MOT_KA_MU BIT P0.1
MOT_KI_MA BIT P0.2
MOT_KI_MU BIT P0.3

CONTROL EQU P2

```

```

;
;
; DAFTAR VARIABEL
;
;
HI EQU 15
LO EQU 25

```

```

;
;
; PROGRAM UTAMA
;
;
ORG 100H
START:
CALL HAPUS_RAM
CALL INIT_TIMER
CALL STOP
AWAL:
CALL CEK

JMP AWAL

```

```

;
;
; PROSEDUR CEK
;
;
CEK: MOV A,CONTROL
ANL A,#15
CEK0: CJNE A,#0000B,CEK1
CALL STOP
RET
CEK1: CJNE A,#1010B,CEK2

```

```

CALL PWMKAKIMU
RET
CEK2: CJNE A,#0101B,CEK3
CALL PWMKAKIMA
RET
CEK3: CJNE A,#1001B,CEK4
CALL PWMKAMAKIMU
RET
CEK4: CJNE A,#0110B,CEK5
CALL PWMKAMUKIMA
RET
CEK5: CJNE A,#1000B,CEK6
CALL PWMKIMU
RET
CEK6: CJNE A,#0010B,CEK7
CALL PWMKAMU
RET
CEK7: CJNE A,#0100B,CEK8
CALL PWMKIMA
RET
CEK8: CJNE A,#0001B,CEK9
CALL PWMKAMA
RET
CEK9:
RET

```

---

```

:
: GERAKAN MOTOR
:

```

---

```

PWMKAKIMA:
SETB MOT_KA_MU
SETB MOT_KI_MU
SETB MOT_KA_MA
SETB MOT_KI_MA
CALL DEHIGH
CLR MOT_KA_MA
CLR MOT_KI_MA
CALL DELOW
RET

```

```

PWMKAKIMU:
SETB MOT_KA_MA
SETB MOT_KI_MA
SETB MOT_KA_MU
SETB MOT_KI_MU
CALL DEHIGH
CLR MOT_KA_MU
CLR MOT_KI_MU
CALL DELOW
RET

```

```

PWMKAMAKIMU:
SETB MOT_KA_MU

```

```
SETB MOT_KI_MA
SETB MOT_KA_MA
SETB MOT_KI_MU
CALL DEHIGH
CLR MOT_KA_MA
CLR MOT_KI_MU
CALL DELOW
RET
```

PWMKAMUKIMA:

```
SETB MOT_KA_MA
SETB MOT_KI_MU
SETB MOT_KA_MU
SETB MOT_KI_MA
CALL DEHIGH
CLR MOT_KA_MU
CLR MOT_KI_MA
CALL DELOW
RET
```

PWMKAMA:

```
SETB MOT_KA_MU
SETB MOT_KA_MA
CALL DEHIGH
CLR MOT_KA_MA
CALL DELOW
RET
```

PWMKAMU:

```
SETB MOT_KA_MA
SETB MOT_KA_MU
CALL DEHIGH
CLR MOT_KA_MU
CALL DELOW
RET
```

PWMKIMA:

```
SETB MOT_KI_MU
SETB MOT_KI_MA
CALL DEHIGH
CLR MOT_KI_MA
CALL DELOW
RET
```

PWMKIMU:

```
SETB MOT_KI_MA
SETB MOT_KI_MU
CALL DEHIGH
CLR MOT_KI_MU
CALL DELOW
RET
```

---



```
STOP:
    SETB MOT_KA_MA
    SETB MOT_KA_MU
    SETB MOT_KI_MA
    SETB MOT_KI_MU
    RET
```

```
-----
;
; KOSONGKAN RAM
;
-----
```

```
HAPUS_RAM:
    MOV R0,#30H
HAPUSLAGI:
    MOV @R0,#0
    INC R0
    CJNE R0,#7FH,HAPUSLAGI
    RET
```

```
-----
;
; PROSEDUR DELAY
;
-----
```

```
DELAY_1S:
    MOV R0,#18 ;1 DETIK
DEL1S:
    MOV TL0,#LOW(-50000)
    MOV TH0,#HIGH(-50000)
    CLR TF0
    SETB TR0
    JNB TF0,$
    CLR TR0
    DJNZ R0,DEL1S
    RET
```

```
DEHIGH:
DEHI:
    MOV R0,#HI
    MOV TL0,#LOW(-1000)
    MOV TH0,#HIGH(-1000)
    CLR TF0
    SETB TR0
    JNB TF0,$
    CLR TR0
    DJNZ R0,DEHI
    RET
```

```
DELOW:
DELO:
    MOV R0,#LO
    MOV TL0,#LOW(-1000)
    MOV TH0,#HIGH(-1000)
    CLR TF0
    SETB TR0
    JNB TF0,$
    CLR TR0
    DJNZ R0,DELO
    RET
```

```
INIT_TIMER:
    MOV    TMOD,#00010001B    ;GT(1) C/T(1) M1(1) M0(1) GT(0) C/T(0)
M1(0) M0(0)
    RET
```

```
END
```

```
=====BATAS
```

---

## Features

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

## Description

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

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



---

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

---

**AT89S51**

2487B-MICRO-1203



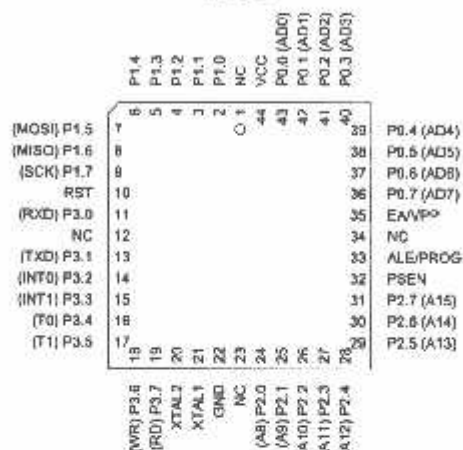


## Pin Configurations

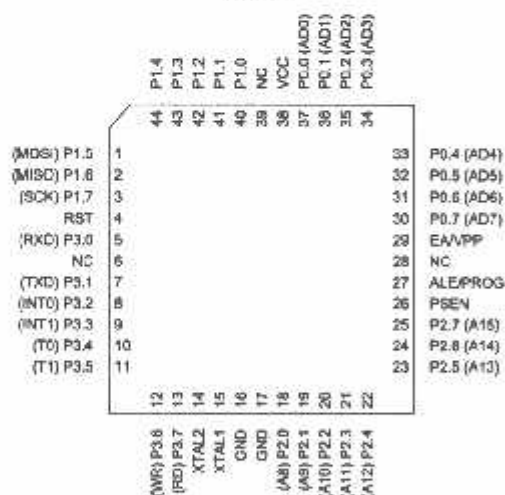
### PDIP

P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

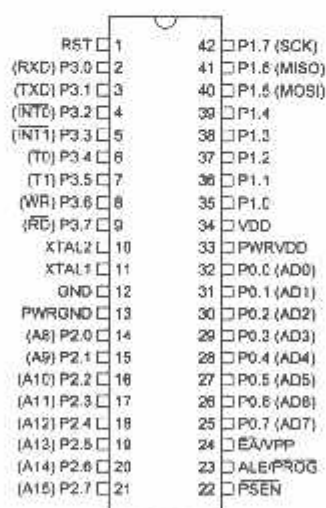
### PLCC



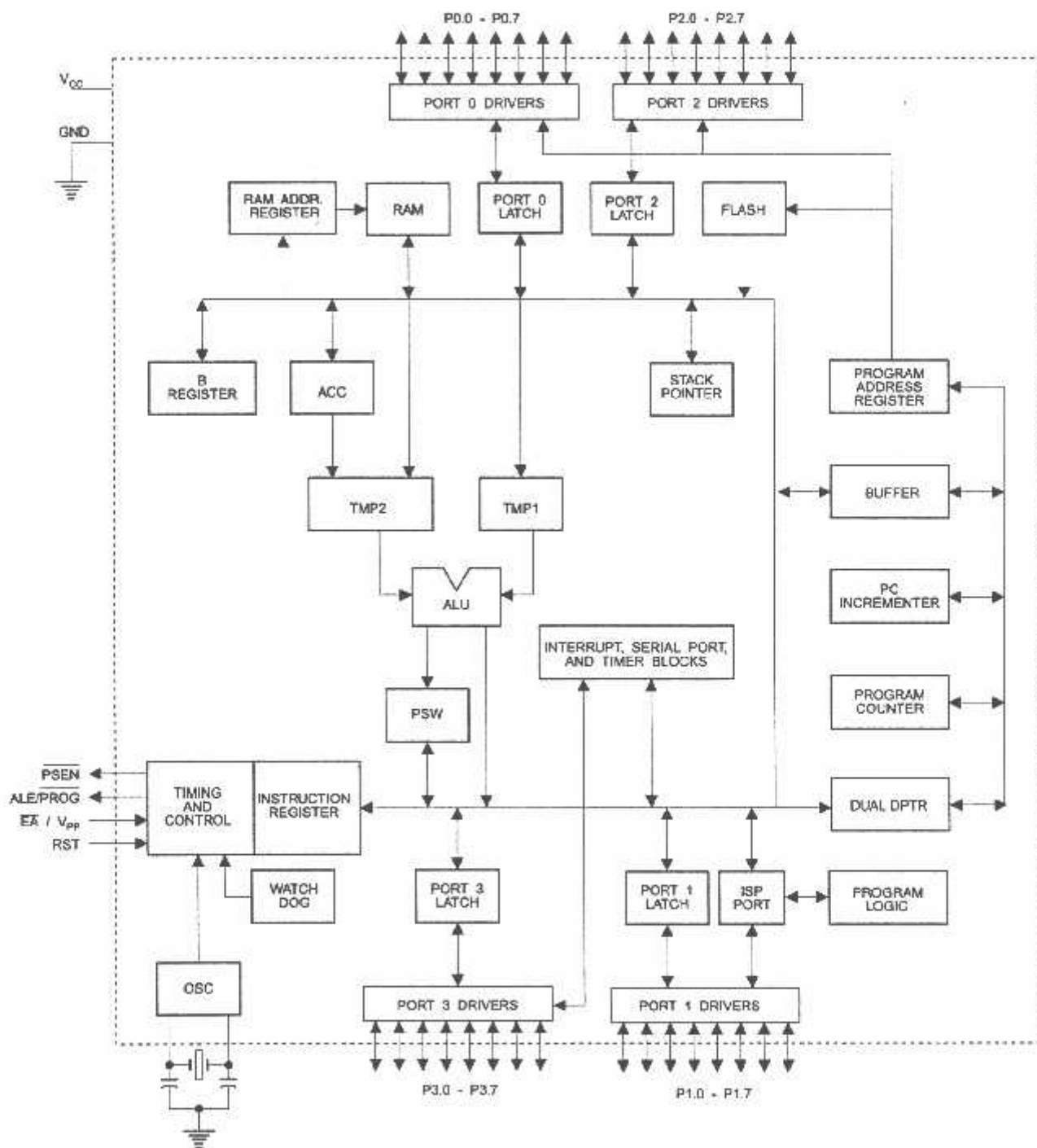
### TQFP



### PDIP



Block Diagram





## Pin Description

<b>VCC</b>	Supply voltage (all packages except 42-PDIP).
<b>GND</b>	Ground (all packages except 42-PDIP; for 42-PDIP GND connects only the logic core and the embedded program memory).
<b>VDD</b>	Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the logic core and the embedded program memory.
<b>PWRVDD</b>	Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. The application board <b>MUST</b> connect both VDD and PWRVDD to the board supply voltage.
<b>PWRGND</b>	Ground for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. PWRGND and GND are weakly connected through the common silicon substrate, but not through any metal link. The application board <b>MUST</b> connect both GND and PWRGND to the board ground.

**Port 0**

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

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

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

**Port 1**

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

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

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

**Port 2**

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

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

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

## Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional 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	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

## RST

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

## ALE/ $\overline{PROG}$

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

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

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

## $\overline{PSEN}$

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

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

## $\overline{EA}/V_{PP}$

External Access Enable.  $\overline{EA}$  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,  $\overline{EA}$  will be internally latched on reset.

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

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

## XTAL1

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

## XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier



## Special Function Registers

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

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

**Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values**

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
DE8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H									0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000								0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XX00XX0		8FH
80H	P0 11111111	SP 00001111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XX0000	87H



## 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 "Microcontrollers", then "8051-Architecture", then "Documentation", and "Other Documents". Open the Adobe® Acrobat® file "AT89 Series Hardware Description".

## 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 "Microcontrollers", then "8051-Architecture", then "Documentation", and "Other Documents". Open the Adobe Acrobat file "AT89 Series Hardware Description".

## 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 positions IE.6 and IE.5 are 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**

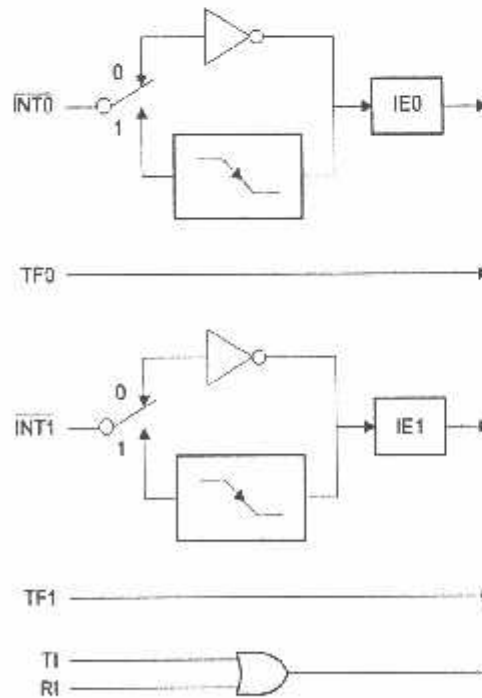
(MSB)			(LSB)				
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
Enable Bit = 1 enables the interrupt.							
Enable Bit = 0 disables the interrupt.							

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.

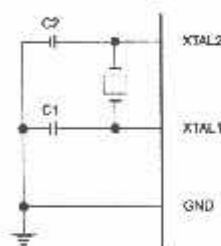
**Figure 1. Interrupt Sources**



## Oscillator Characteristics

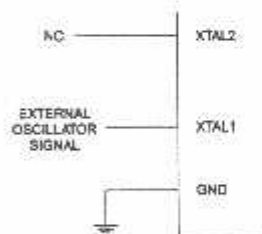
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected 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 ( $\overline{INT0}$  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	$\overline{\text{PSEN}}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

## Program Memory Lock Bits

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

**Table 6.** Lock Bit Protection Modes

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

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

## Programming the Flash – Parallel Mode

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

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

**Programming Algorithm:** Before programming the AT89S51, the address, data, and control signals should be set up according to the Flash Programming Modes table (Table 7) and Figures 4 and 5. To program the AT89S51, take the following steps:

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

**Data Polling:** The AT89S51 features Data Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.



Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to "L".

Turn V<sub>CC</sub> power off.

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

## Serial Programming Instruction Set






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

## 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.

Most major worldwide programming vendors offer worldwide support for the Atmel AT89 microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Table 7. Flash Programming Modes

Mode	V <sub>CC</sub>	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V <sub>PP</sub>	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.3-0	P1.7-0
												Address	
Write Code Data	5V	H	L	 <sup>(2)</sup>	12V	L	H	H	H	H	D <sub>IN</sub>	A11-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D <sub>OUT</sub>	A11-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L	 <sup>(3)</sup>	12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L	 <sup>(3)</sup>	12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L	 <sup>(2)</sup>	12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 1, 2, 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L	 <sup>(1)</sup>	12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Read Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	51H	0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	0010	00H

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

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

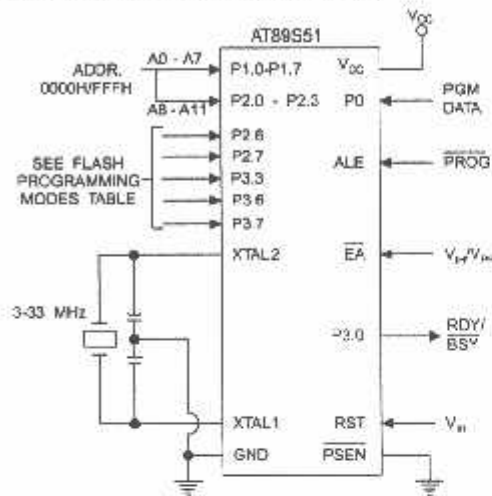
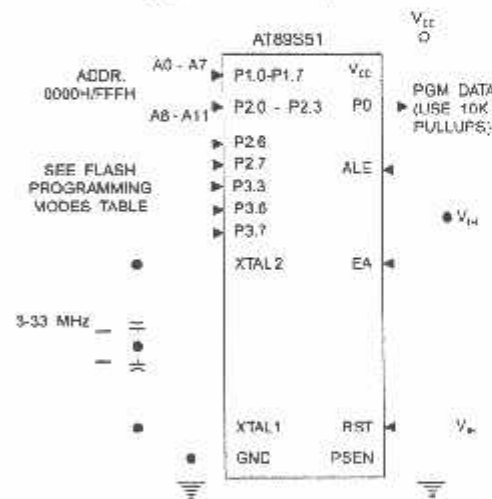


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)





## Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

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

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

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

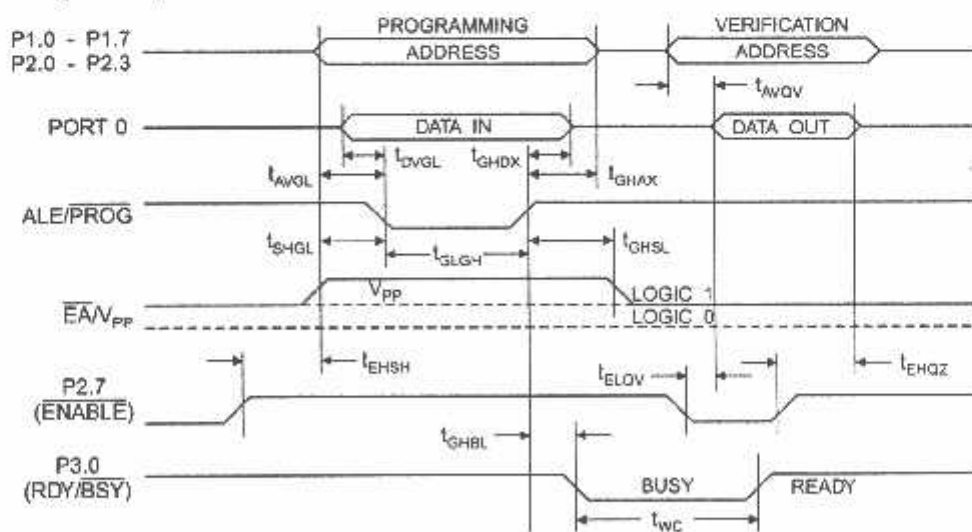
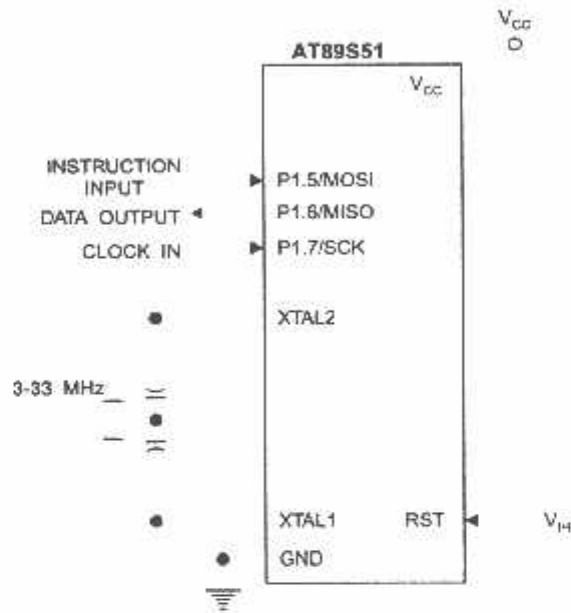
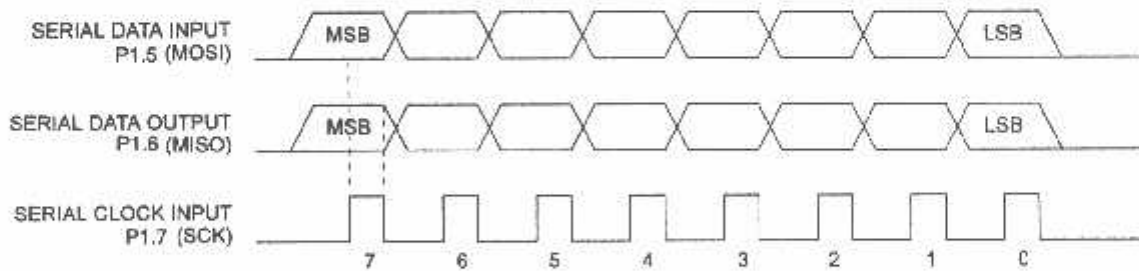


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



### Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms







**Table 8. Serial Programming Instruction Set**

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output on MISO)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	7-6-5-4 0000 0000	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	7-6-5-4 0000 0000	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits <sup>(1)</sup>	1010 1100	1110 0000	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (1).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xxxx LB3 LB2 LB1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes	0010 1000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 xxx xxxx0	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

Note: 1. 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 bit modes need 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

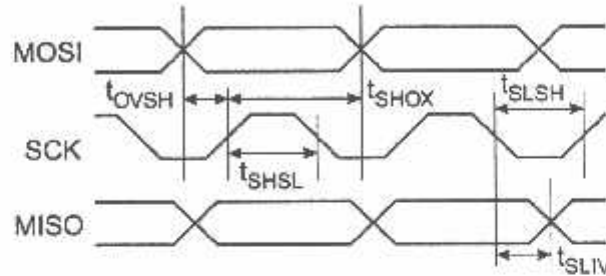


Table 9. Serial Programming Characteristics,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$  (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3		33	MHz
$t_{CLCL}$	Oscillator Period	30			ns
$t_{SHSL}$	SCK Pulse Width High	$8 t_{CLCL}$			ns
$t_{SLSH}$	SCK Pulse Width Low	$8 t_{CLCL}$			ns
$t_{OVSH}$	MOSI Setup to SCK High	$t_{CLCL}$			ns
$t_{SHOX}$	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
$t_{SLIV}$	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
$t_{ERASE}$	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
$t_{SWC}$	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	$\mu\text{s}$



## Absolute Maximum Ratings\*

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

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

## DC Characteristics

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

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

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions,  $I_{OL}$  must be externally limited as follows:  
 Maximum  $I_{OL}$  per port pin: 10 mA  
 Maximum  $I_{OL}$  per 8-bit port:  
 Port 0: 26 mA      Ports 1, 2, 3: 15 mA  
 Maximum total  $I_{OL}$  for all output pins: 71 mA  
 If  $I_{OL}$  exceeds the test condition,  $V_{OL}$  may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum  $V_{CC}$  for Power-down is 2V.

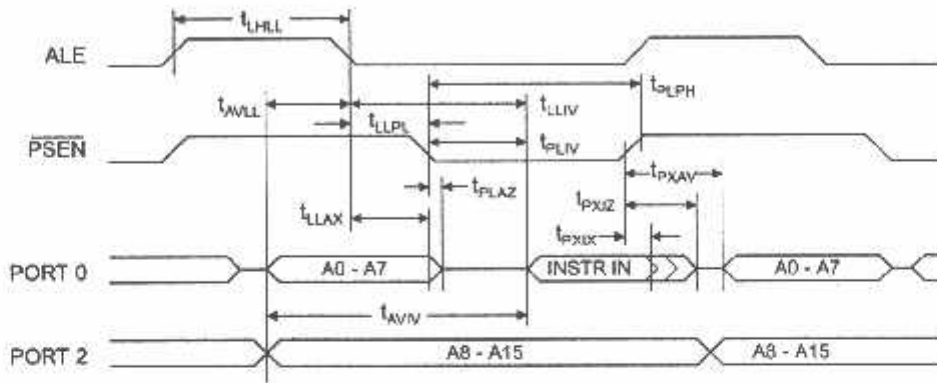
**AC Characteristics**

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

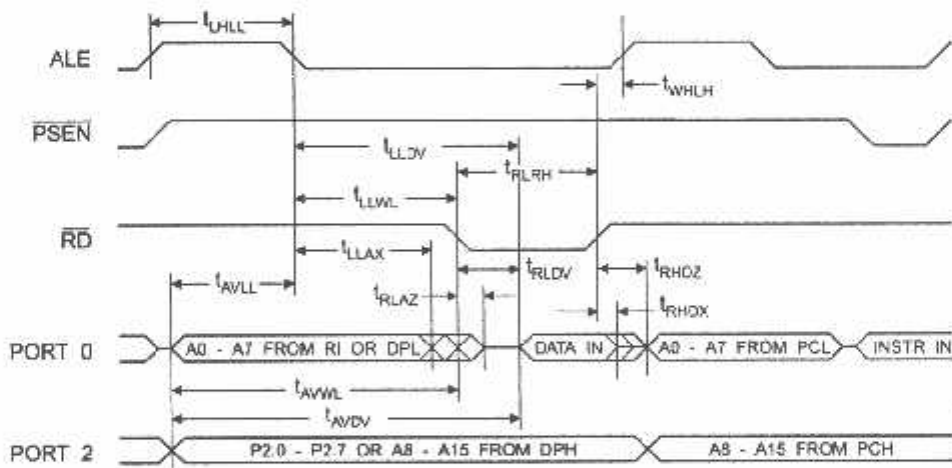
**External Program and Data Memory Characteristics**

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

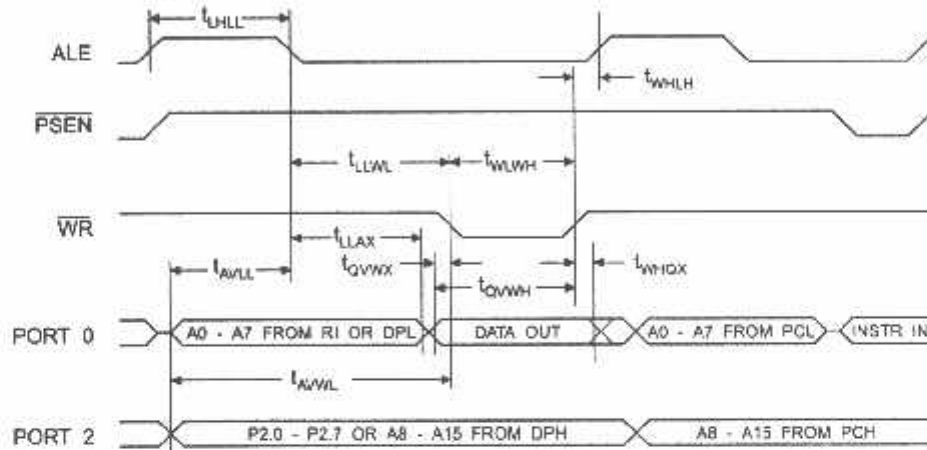
### External Program Memory Read Cycle



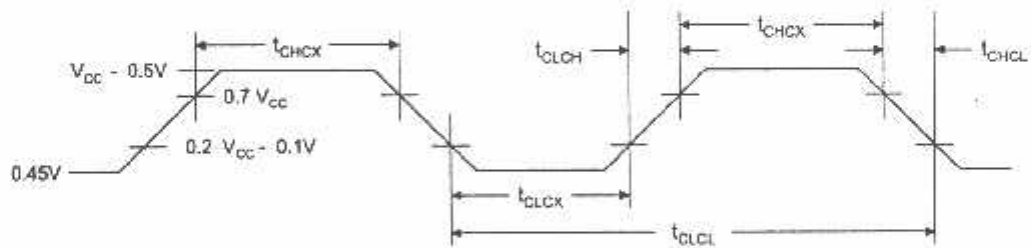
### External Data Memory Read Cycle



**External Data Memory Write Cycle**



**External Clock Drive Waveforms**



**External Clock Drive**

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

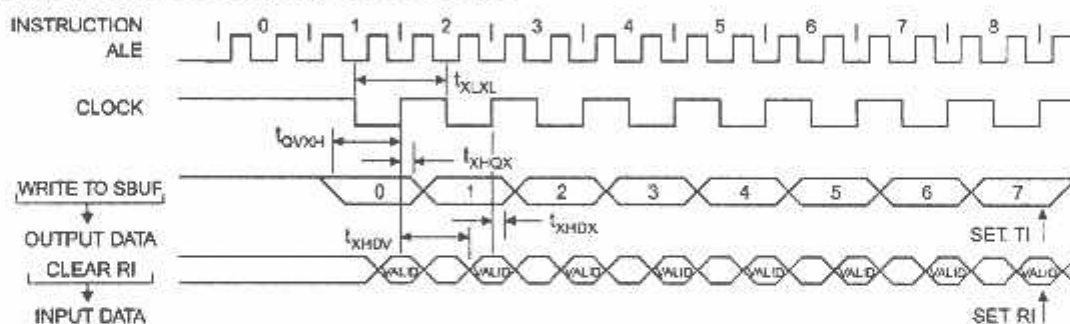


## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

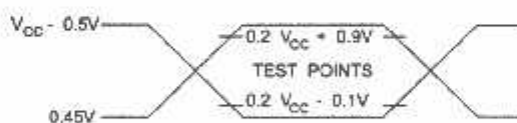
The values in this table are valid for  $V_{CC} = 4.0V$  to  $5.5V$  and Load Capacitance =  $80$  pF.

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{X1XL}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu s$
$t_{QVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{XHDX}$	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-80$		ns
$t_{XHDX}$	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
$t_{XHdV}$	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

## Shift Register Mode Timing Waveforms



## AC Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup>



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

## Float Waveforms<sup>(1)</sup>



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

## Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 5.5V	AT89S51-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S51-24JC	44J	
		AT89S51-24PC	40P6	
		AT89S51-24SC	42PS6	
		AT89S51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89S51-24JI	44J	
		AT89S51-24PI	40P6	
		AT89S51-24SI	42PS6	
33	4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S51-33JC	44J	
		AT89S51-33PC	40P6	
		AT89S51-33SC	42PS6	

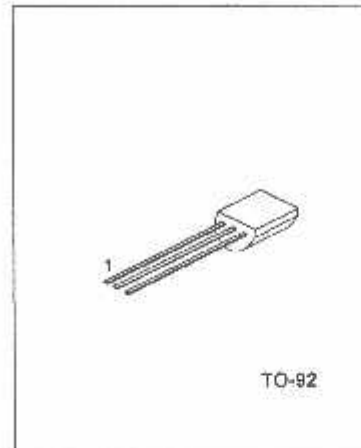
Package Type	
<b>44A</b>	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
<b>44J</b>	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
<b>40P6</b>	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)
<b>42PS6</b>	42-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)



### 1W OUTPUT AMPLIFIER OF PORTABLE RADIOS IN CLASS B PUSH-PULL OPERATION

#### FEATURES

- \*High total power dissipation. (825mW)
- \*High collector current. (-500mA)
- \*Excellent hFE linearity
- \*Complementary to UTC 9013



TO-92

1:EMITTER 2:BASE 3:COLLECTOR

#### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta=25°C, unless otherwise specified)

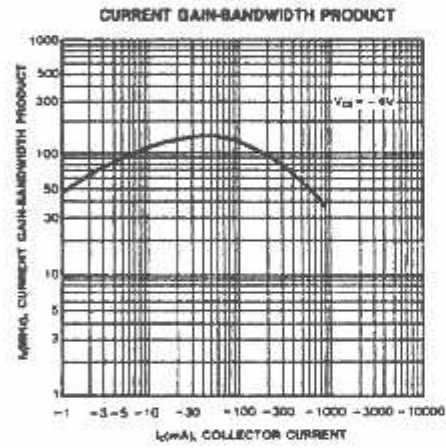
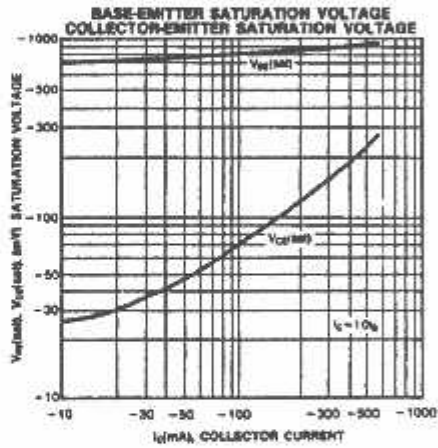
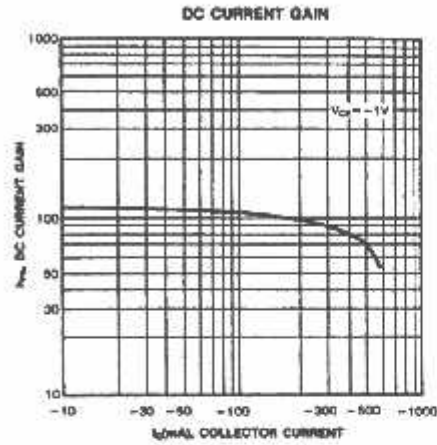
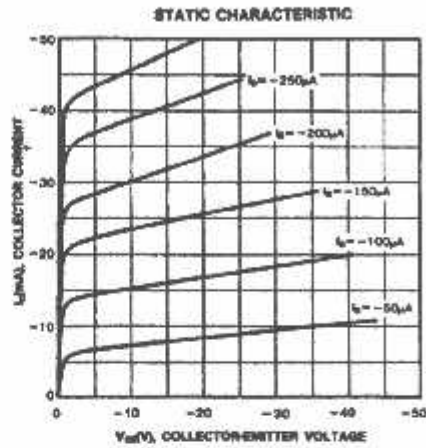
PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-base voltage	V <sub>CB0</sub>	-40	V
Collector-emitter voltage	V <sub>CE0</sub>	-20	V
Emitter-base voltage	V <sub>EB0</sub>	-5	V
Collector current	I <sub>c</sub>	-500	mA
Collector dissipation	P <sub>c</sub>	825	mW
Junction Temperature	T <sub>j</sub>	150	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	-55 - +150	°C

#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=25°C, unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Collector-base breakdown voltage	BV <sub>CB0</sub>	I <sub>c</sub> =-100μA, I <sub>E</sub> =0	-40			V
Collector-emitter breakdown voltage	BV <sub>CE0</sub>	I <sub>c</sub> =-1mA, I <sub>B</sub> =0	-20			V
Emitter-base breakdown voltage	BV <sub>EB0</sub>	I <sub>E</sub> =-100μA, I <sub>c</sub> =0	-5			V
Collector cutoff current	I <sub>CB0</sub>	V <sub>CB</sub> =-25V, I <sub>E</sub> =0			-100	nA
Emitter cutoff current	I <sub>EB0</sub>	V <sub>EB</sub> =-3V, I <sub>c</sub> =0			-100	nA
DC current gain	hFE1	V <sub>CE</sub> =-1V, I <sub>c</sub> =-50mA	64	120	300	
	hFE2	V <sub>CE</sub> =-1V, I <sub>c</sub> =-500mA	40	90		
Collector-emitter saturation voltage	V <sub>CE(sat)</sub>	I <sub>c</sub> =-500mA, I <sub>B</sub> =-50mA		-0.18	-0.8	V
Base-emitter saturation voltage	V <sub>BE(sat)</sub>	I <sub>c</sub> =-500mA, I <sub>B</sub> =-50mA		-0.95	-1.2	V
Base-emitter on voltage	V <sub>BE(on)</sub>	V <sub>CE</sub> =-1V, I <sub>c</sub> =-10mA	-0.8	-0.87	-0.7	V

#### CLASSIFICATION OF hFE1

RANK	D	E	F	G	H	I
RANGE	64-91	79-112	96-135	112-165	144-202	180-300



UTC assumes no responsibility for equipment failures that result from using products at values that exceed, even momentarily, rated values (such as maximum ratings, operating condition ranges, or other parameters) listed in products specifications of any and all UTC products described or contained herein. UTC products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can be reasonably expected to result in personal injury. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner. The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice.

## DM74LS138 • DM74LS139 Decoder/Demultiplexer

### General Description

These Schottky-clamped circuits are designed to be used in high-performance memory-decoding or data-routing applications, requiring very short propagation delay times. In high-performance memory systems these decoders can be used to minimize the effects of system decoding. When used with high-speed memories, the delay times of these decoders are usually less than the typical access time of the memory. This means that the effective system delay introduced by the decoder is negligible.

The DM74LS138 decodes one-of-eight lines, based upon the conditions at the three binary select inputs and the three enable inputs. Two active-low and one active-high enable inputs reduce the need for external gates or inverters when expanding. A 24-line decoder can be implemented with no external inverters, and a 32-line decoder requires only one inverter. An enable input can be used as a data input for demultiplexing applications.

The DM74LS139 comprises two separate two-line-to-four-line decoders in a single package. The active-low enable input can be used as a data line in demultiplexing applications.

All of these decoders/demultiplexers feature fully buffered inputs, presenting only one normalized load to its driving circuit. All inputs are clamped with high-performance Schottky diodes to suppress line-ringing and simplify system design.

### Features

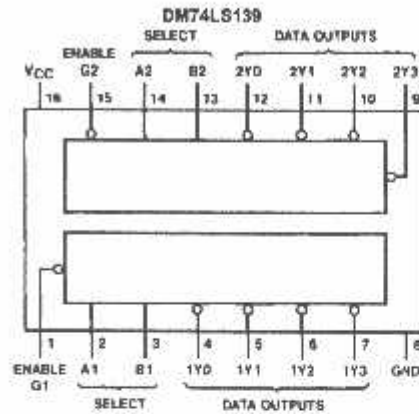
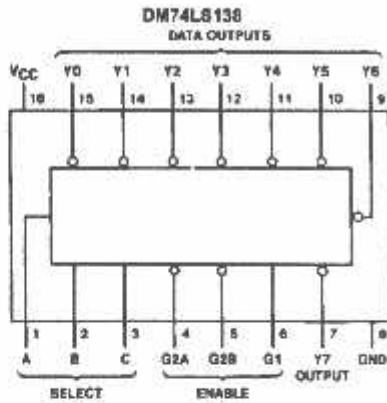
- Designed specifically for high speed:
  - Memory decoders
  - Data transmission systems
- DM74LS138 3-to-8-line decoders incorporates 3 enable inputs to amplify cascading and/or data reception
- DM74LS139 contains two fully independent 2-to-4-line decoders/demultiplexers
- Schottky clamped for high performance
- Typical propagation delay (3 levels of logic)
  - DM74LS138 21 ns
  - DM74LS139 21 ns
- Typical power dissipation
  - DM74LS138 32 mW
  - DM74LS139 34 mW

### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS138M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM74LS138SJ	M16D	16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS138N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide
DM74LS139M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM74LS139SJ	M16D	16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS139N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

### Connection Diagrams



### Function Tables

**DM74LS138**

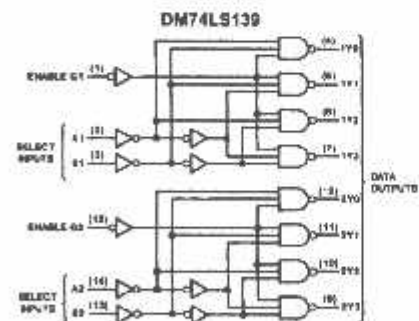
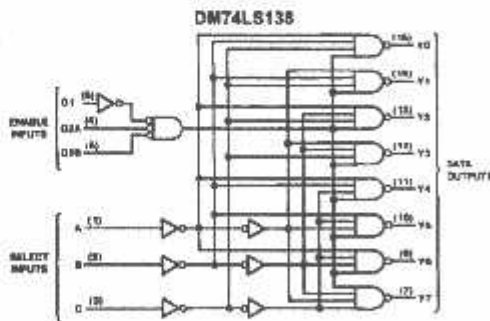
Inputs			Outputs							
Enable	Select		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
G1	G2 (Note 1)	C B A								
X	H	X X X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X X X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L L L	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L L H	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L L H	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L H L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L H L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L H H	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	H L L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	H L H	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	H H L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	H H H	H	H	L	H	H	H	H	L

**DM74LS139**

Inputs			Outputs			
Enable	Select		Y0	Y1	Y2	Y3
G	B	A				
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

H = HIGH Level  
L = LOW Level  
X = Don't Care  
Note 1: G2 = G2A + G2B

### Logic Diagrams



**Absolute Maximum Ratings** (Note 2)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note 2: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

**DM74LS138 Recommended Operating Conditions**

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
$V_{CC}$	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
$V_{IH}$	HIGH Level Input Voltage	2			V
$V_{IL}$	LOW Level Input Voltage			0.8	V
$I_{OH}$	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
$I_{OL}$	LOW Level Output Current			8	mA
$T_A$	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

**DM74LS138 Electrical Characteristics**

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 3)	Max	Units
$V_I$	Input Clamp Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_I = -16 \text{ mA}$			-1.5	V
$V_{OH}$	HIGH Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OH} = \text{Max}, V_{IL} = \text{Max}, V_{IH} = \text{Min}$	2.7	3.4		V
$V_{OL}$	LOW Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OL} = \text{Max}, V_{IL} = \text{Max}, V_{IH} = \text{Min}$		0.35	0.5	V
$I_I$	Input Current @ Max Input Voltage	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 7V$			0.1	mA
$I_{IH}$	HIGH Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 2.7V$			20	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	LOW Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 0.4V$			-0.36	mA
$I_{OS}$	Short Circuit Output Current	$V_{CC} = \text{Max}$ (Note 4)	-20		-100	mA
$I_{CC}$	Supply Current	$V_{CC} = \text{Max}$ (Note 5)		8.3	10	mA

Note 3: All typicals are at  $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ\text{C}$ .

Note 4: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Note 5:  $I_{CC}$  is measured with all outputs enabled and OPEN.

**DM74LS138 Switching Characteristics**

at  $V_{CC} = 5V$  and  $T_A = 25^\circ\text{C}$

Symbol	Parameter	From (Input) To (Output)	Levels of Delay	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$				Units
				$C_L = 15 \text{ pF}$		$C_L = 50 \text{ pF}$		
				Min	Max	Min	Max	
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Select to Output	2		18		27	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Select to Output	2		27		40	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Select to Output	3		18		27	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Select to Output	3		27		40	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Enable to Output	2		18		27	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Enable to Output	2		24		40	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Enable to Output	3		18		27	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Enable to Output	3		28		40	ns

## Dual JK flip-flop

## HEF4027B flip-flops

### DESCRIPTION

The HEF4027B is a dual JK flip-flop which is edge-triggered and features independent set direct ( $S_D$ ), clear direct ( $C_D$ ), clock (CP) inputs and outputs ( $O, \bar{O}$ ). Data is accepted when CP is LOW, and transferred to the output on the positive-going edge of the clock. The active HIGH asynchronous clear-direct ( $C_D$ ) and set-direct ( $S_D$ ) are independent and override the J, K, and CP inputs. The outputs are buffered for best system performance. Schmitt-trigger action in the clock input makes the circuit highly tolerant to slower clock rise and fall times.

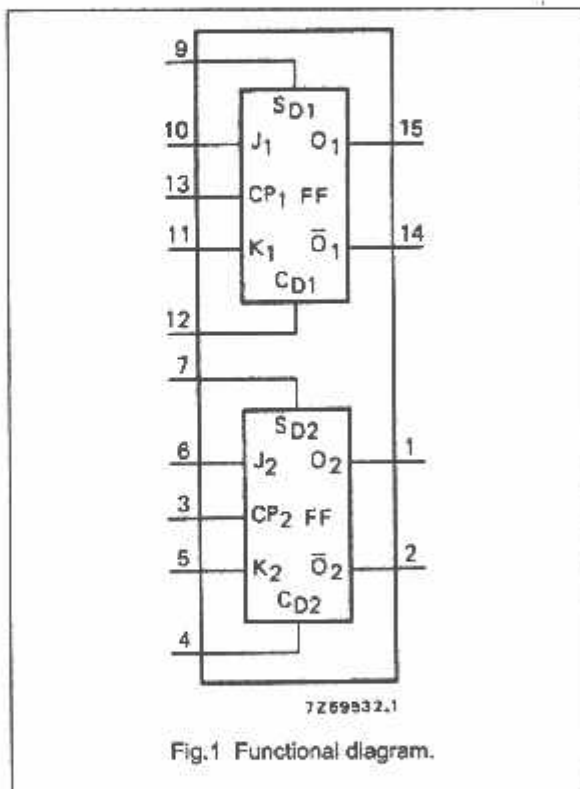


Fig.1 Functional diagram.

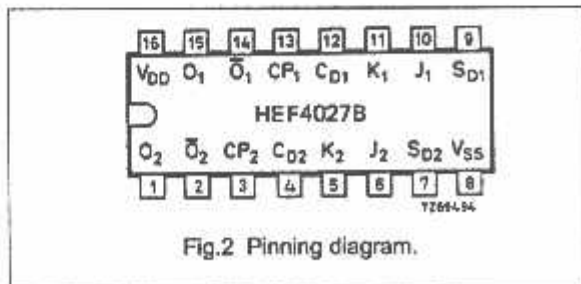


Fig.2 Pinning diagram.

### FUNCTION TABLES

INPUTS					OUTPUTS	
$S_D$	$C_D$	CP	J	K	O	$\bar{O}$
H	L	X	X	X	H	L
L	H	X	X	X	L	H
H	H	X	X	X	H	H

INPUTS					OUTPUTS	
$S_D$	$C_D$	CP	J	K	$O_{n+1}$	$\bar{O}_{n+1}$
L	L	↗	L	L	no change	
L	L	↗	H	L	H	L
L	L	↗	L	H	L	H
L	L	↗	H	H	$\bar{O}_n$	$O_n$

### Notes

- H = HIGH state (the more positive voltage)  
L = LOW state (the less positive voltage)  
X = state is immaterial  
↗ = positive-going transition  
 $O_{n+1}$  = state after clock positive transition

### PINNING

- J,K synchronous inputs
- CP clock input (L to H edge-triggered)
- $S_D$  asynchronous set-direct input (active HIGH)
- $C_D$  asynchronous clear-direct input (active HIGH)
- O true output
- $\bar{O}$  complement output

- HEF4027BP(N): 16-lead DIL; plastic (SOT38-1)
- HEF4027BD(F): 16-lead DIL; ceramic (cerdip) (SOT74)
- HEF4027BT(D): 16-lead SO; plastic (SOT109-1)
- ( ): Package Designator North America

### FAMILY DATA, $I_{DD}$ LIMITS category FLIP-FLOPS

See Family Specifications

Dual JK flip-flop

HEF4027B  
flip-flops

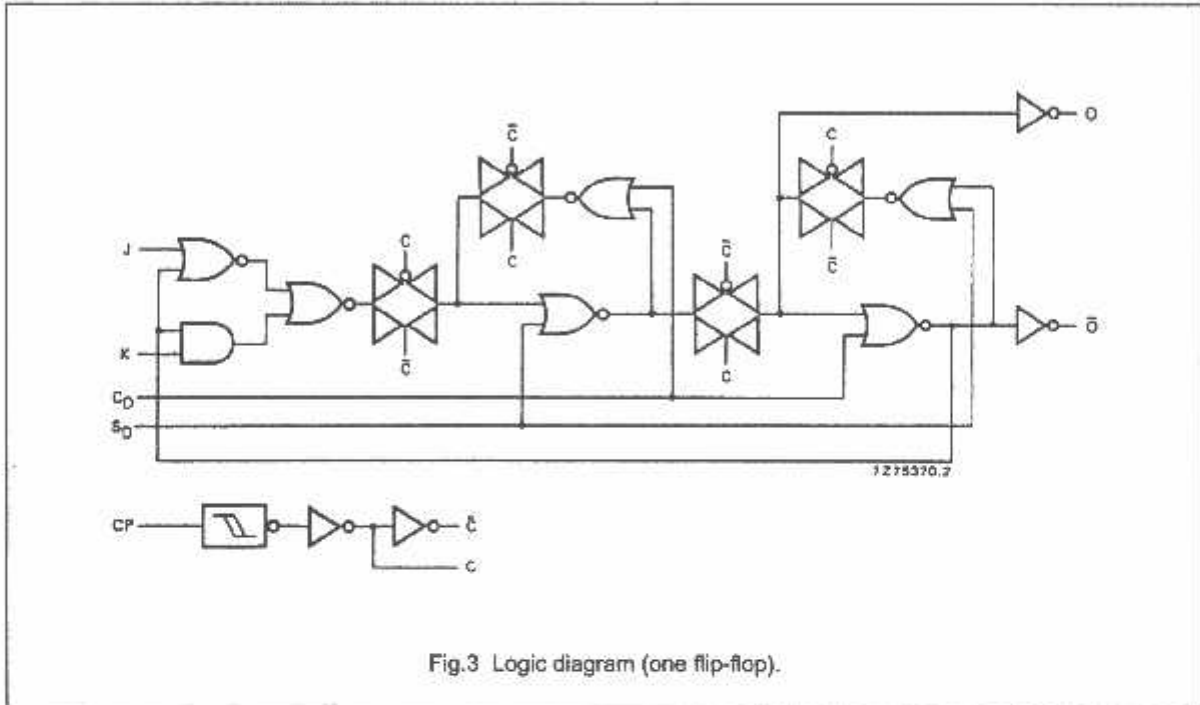


Fig.3 Logic diagram (one flip-flop).

AC CHARACTERISTICS

V<sub>SS</sub> = 0 V; T<sub>amb</sub> = 25 °C; C<sub>L</sub> = 50 pF; input transition times ≤ 20 ns

	V <sub>DD</sub> V	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	TYPICAL EXTRAPOLATION FORMULA
Propagation delays						
CP → Q, Q̄	5			105	210 ns	78 ns + (0,55 ns/pF) C <sub>L</sub>
HIGH to LOW	10	t <sub>PHL</sub>		40	80 ns	29 ns + (0,23 ns/pF) C <sub>L</sub>
	15			30	60 ns	22 ns + (0,16 ns/pF) C <sub>L</sub>
LOW to HIGH	5			85	170 ns	58 ns + (0,55 ns/pF) C <sub>L</sub>
	10	t <sub>PLH</sub>		35	70 ns	27 ns + (0,23 ns/pF) C <sub>L</sub>
	15			30	60 ns	22 ns + (0,16 ns/pF) C <sub>L</sub>
S <sub>D</sub> → Q	5			70	140 ns	43 ns + (0,55 ns/pF) C <sub>L</sub>
LOW to HIGH	10	t <sub>PLH</sub>		30	60 ns	19 ns + (0,23 ns/pF) C <sub>L</sub>
	15			25	50 ns	17 ns + (0,16 ns/pF) C <sub>L</sub>
C <sub>D</sub> → Q	5			120	240 ns	93 ns + (0,55 ns/pF) C <sub>L</sub>
HIGH to LOW	10	t <sub>PHL</sub>		45	90 ns	33 ns + (0,23 ns/pF) C <sub>L</sub>
	15			35	70 ns	27 ns + (0,16 ns/pF) C <sub>L</sub>
S <sub>D</sub> → Q̄	5			140	280 ns	113 ns + (0,55 ns/pF) C <sub>L</sub>
HIGH to LOW	10	t <sub>PHL</sub>		55	110 ns	44 ns + (0,23 ns/pF) C <sub>L</sub>
	15			40	80 ns	32 ns + (0,16 ns/pF) C <sub>L</sub>

## Dual JK flip-flop

HEF4027B  
flip-flops

	V <sub>DD</sub> V	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	TYPICAL EXTRAPOLATION FORMULA
C <sub>D</sub> → $\bar{O}$ LOW to HIGH	5	t <sub>PLH</sub>		75	150 ns	48 ns + (0,55 ns/pF) C <sub>L</sub>
	10			35	70 ns	24 ns + (0,23 ns/pF) C <sub>L</sub>
	15			25	50 ns	17 ns + (0,16 ns/pF) C <sub>L</sub>
Output transition times HIGH to LOW	5	t <sub>THL</sub>		60	120 ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C <sub>L</sub>
	10			30	60 ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C <sub>L</sub>
	15			20	40 ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C <sub>L</sub>
LOW to HIGH	5	t <sub>TLH</sub>		60	120 ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C <sub>L</sub>
	10			30	60 ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C <sub>L</sub>
	15			20	40 ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C <sub>L</sub>
Set-up time J,K → CP	5	t <sub>su</sub>	50	25	ns	see also waveforms Figs 4 and 5
	10		30	10	ns	
	15		20	5	ns	
Hold time J,K → CP	5	t <sub>hold</sub>	25	0	ns	
	10		20	0	ns	
	15		15	5	ns	
Minimum clock pulse width; LOW	5	t <sub>WCPL</sub>	80	40	ns	
	10		30	15	ns	
	15		24	12	ns	
Minimum S <sub>D</sub> , C <sub>D</sub> pulse width; HIGH	5	t <sub>WSDH</sub> , t <sub>WCDH</sub>	90	45	ns	
	10		40	20	ns	
	15		30	15	ns	
Recovery time for S <sub>D</sub> , C <sub>D</sub>	5	t <sub>rsD</sub> , t <sub>rcD</sub>	20	-15	ns	
	10		15	-10	ns	
	15		10	-5	ns	
Maximum clock pulse frequency J = K = HIGH	5	f <sub>max</sub>	4	8	MHz	see also waveforms Fig.4
	10		12	25	MHz	
	15		15	30	MHz	

	V <sub>DD</sub> V	TYPICAL FORMULA FOR P (μW)	
Dynamic power dissipation per package (P)	5	900 f <sub>i</sub> + ∑ (f <sub>o</sub> C <sub>L</sub> ) × V <sub>DD</sub> <sup>2</sup>	where f <sub>i</sub> = input freq. (MHz) f <sub>o</sub> = output freq. (MHz) C <sub>L</sub> = load capacitance (pF) ∑ (f <sub>o</sub> C <sub>L</sub> ) = sum of outputs V <sub>DD</sub> = supply voltage (V)
	10	4 500 f <sub>i</sub> + ∑ (f <sub>o</sub> C <sub>L</sub> ) × V <sub>DD</sub> <sup>2</sup>	
	15	13 200 f <sub>i</sub> + ∑ (f <sub>o</sub> C <sub>L</sub> ) × V <sub>DD</sub> <sup>2</sup>	



Dual JK flip-flop

HEF4027B  
flip-flops

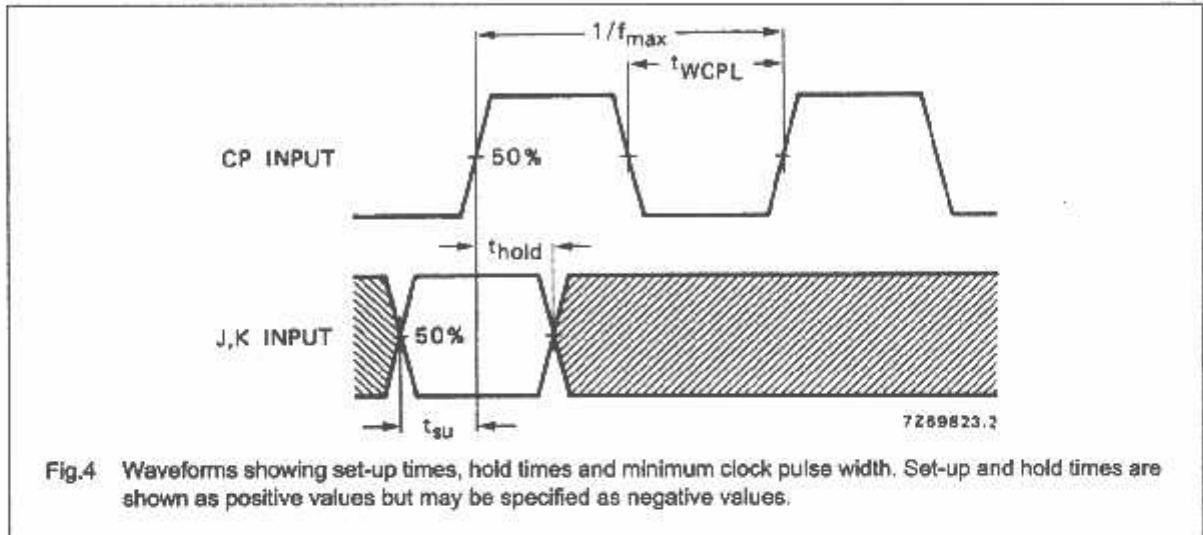


Fig.4 Waveforms showing set-up times, hold times and minimum clock pulse width. Set-up and hold times are shown as positive values but may be specified as negative values.

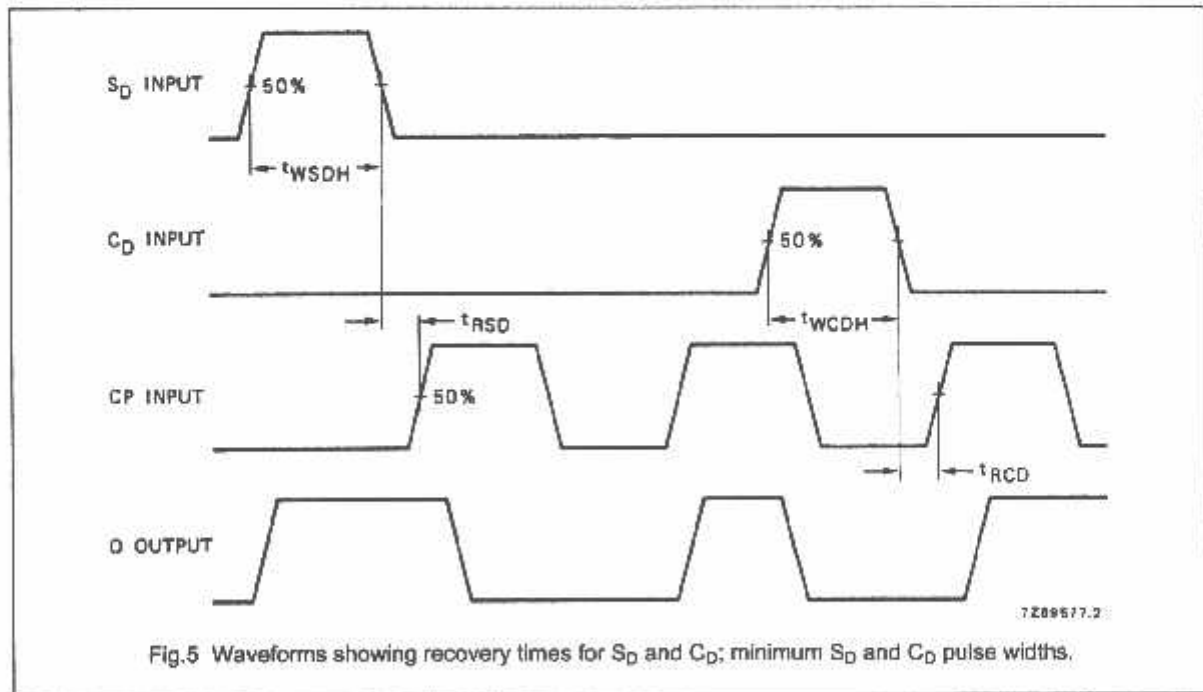


Fig.5 Waveforms showing recovery times for S<sub>D</sub> and C<sub>D</sub>; minimum S<sub>D</sub> and C<sub>D</sub> pulse widths.

APPLICATION INFORMATION

Some examples of applications for the HEF4027B are:

- Registers
- Counters
- Control circuits

**3.5A, 200V, 1.500 Ohm, P-Channel Power MOSFET**

This P-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor is an advanced power MOSFET designed, tested and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17502.

**Ordering Information**

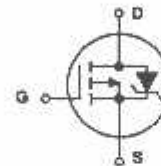
PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRF9620	TO-220AB	IRF9620

NOTE: When ordering, use the entire part number.

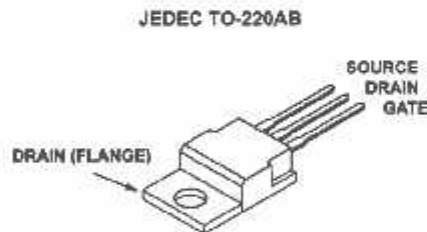
**Features**

- 3.5A, 200V
- $r_{DS(ON)} = 1.500\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance

**Symbol**



**Packaging**



## IRF9620

### Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

	IRF9620	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage (Note 1)	$V_{DS}$	-200 V
Drain to Gate Voltage ( $R_{GS} = 20\text{k}\Omega$ ) (Note 1)	$V_{DGR}$	-200 V
Continuous Drain Current	$I_D$	-3.5 A
$T_C = 100^\circ\text{C}$	$I_D$	-2 A
Pulsed Drain Current (Note 3)	$I_{DM}$	-14 A
Gate to Source Voltage	$V_{GS}$	$\pm 20$ V
Maximum Power Dissipation (Figure 1)	$P_D$	40 W
Linear Derating Factor (Figure 1)		0.32 $\text{W}/^\circ\text{C}$
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	$E_{AS}$	290 mJ
Operating and Storage Temperature	$T_J, T_{STG}$	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering		
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s	$T_L$	300 $^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334	$T_{pkg}$	260 $^\circ\text{C}$

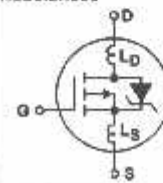
CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

#### NOTE:

- $T_J = 25^\circ\text{C}$  to  $T_J = 125^\circ\text{C}$ .

### Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	$BV_{DSS}$	$I_D = -250\mu\text{A}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$ , (Figure 10)	-200	-	-	V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}$ , $I_D = -250\mu\text{A}$	-2	-	-4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	$I_{DSS}$	$V_{DS} = \text{Rated } BV_{DSS}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$	-	-	-25	$\mu\text{A}$
		$V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$ , $T_C = 125^\circ\text{C}$	-	-	-250	$\mu\text{A}$
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}$ , $V_{GS} = -10\text{V}$	-3.6	-	-	A
Gate to Source Leakage Current	$I_{GSS}$	$V_{GS} = \pm 20\text{V}$	-	-	$\pm 100$	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$I_D = -1.5\text{A}$ , $V_{GS} = -10\text{V}$ , (Figures 8, 9)	-	1.000	1.500	$\Omega$
Forward Transconductance (Note 2)	$g_{fs}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}$ , $I_D = -1.5\text{A}$ , (Figure 12)	1	1.8	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{DD} = 0.5 \times \text{Rated } BV_{DSS}$ , $I_D = -3.5\text{A}$ , $R_G = 50\Omega$ , $R_L = 26\Omega$ , for $BV_{DSS} = 200\text{V}$	-	30	50	ns
Rise Time	$t_r$	$R_L = 20\Omega$ for $BV_{DSS} = 150\text{V}$	-	50	100	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$	(Figures 17, 18) MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature	-	80	120	ns
Fall Time	$t_f$		-	50	75	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate to Drain)	$Q_g(TOT)$	$V_{GS} = -10\text{V}$ , $I_D = -3.5\text{A}$ , $V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$ , $I_{G(REF)} = 1.5\text{mA}$ , (Figures 14, 19, 20)	-	16	22	nC
Gate to Source Charge	$Q_{gs}$	Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature	-	9	-	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	$Q_{gd}$		-	7	-	nC
Input Capacitance	$C_{ISS}$	$V_{DS} = -25\text{V}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$ , $f = 1\text{MHz}$ , (Figure 11)	-	350	-	pF
Output Capacitance	$C_{OSS}$		-	100	-	pF
Reverse Transfer Capacitance	$C_{RSS}$		-	30	-	pF
Internal Drain Inductance	$L_D$	Measured From the Contact Screw on Tab To Center of Die	-	3.5	-	nH
		Measured From the Drain Lead, 6mm (0.25in) from Package to Center of Die	-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	$L_S$	Measured From the Source Lead, 6mm (0.25in) from Header to Source Bonding Pad	-	7.5	-	nH
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		-	-	3.12	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Typical Socket Mount	-	-	80	$^\circ\text{C}/\text{W}$



# IRF9620

## Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	$I_{SD}$	Modified MOSFET Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Diode	-	-	-3.5	A
Pulse Source to Drain Current (Notes 3)	$I_{SDM}$		-	-	-14	A
Source to Drain Diode Voltage (Notes 2)	$V_{SD}$	$T_C = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = -3.5\text{A}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 13)	-	-	-1.5	V
Reverse Recovery Time	$t_{rr}$	$T_J = 150^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = -3.5\text{A}$ , $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	300	-	ns
Reverse Recovery Charge	$Q_{RR}$	$T_J = 150^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = -3.5\text{A}$ , $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	1.9	-	$\mu\text{C}$

### NOTES:

- Pulse test: pulse width  $\leq 300\mu\text{s}$ , duty cycle  $\leq 2\%$ .
- Repetitive rating: pulse width limited by maximum junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
- $V_{DD} = 50\text{V}$ , starting  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $L = 35.5\text{mH}$ ,  $R_G = 25\Omega$ , peak  $I_{AS} = 3.5\text{A}$  (Figures 15, 16).

## Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

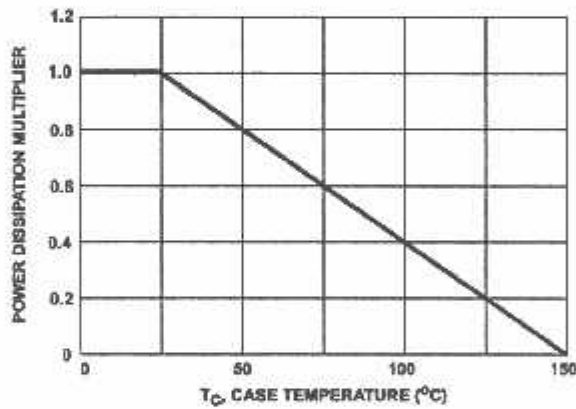


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

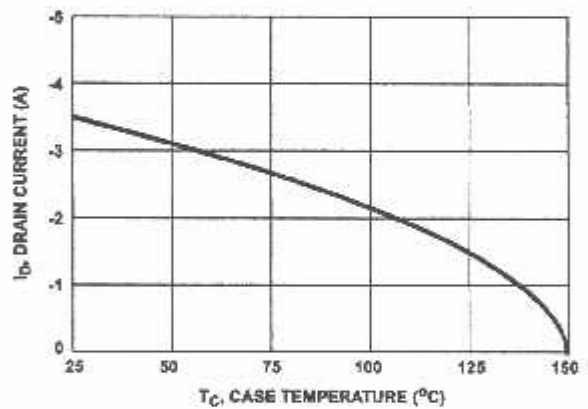


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

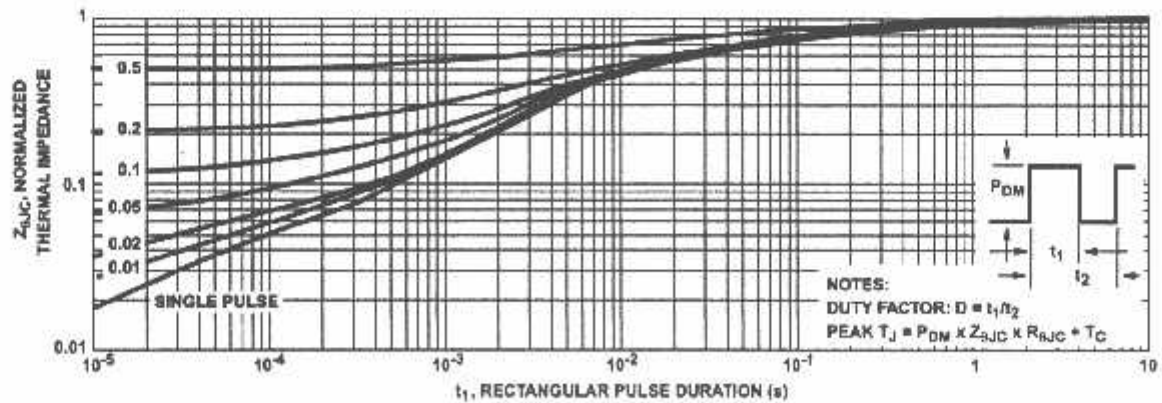


FIGURE 3. NORMALIZED MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

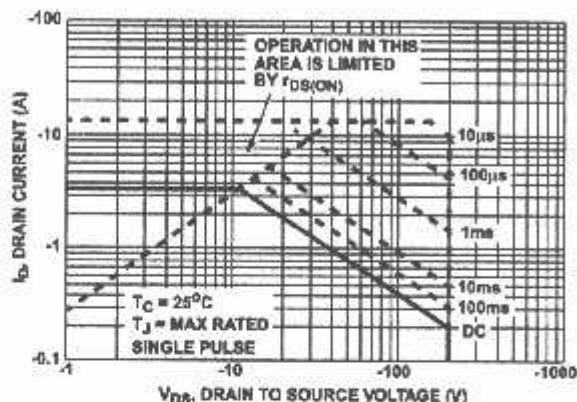


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

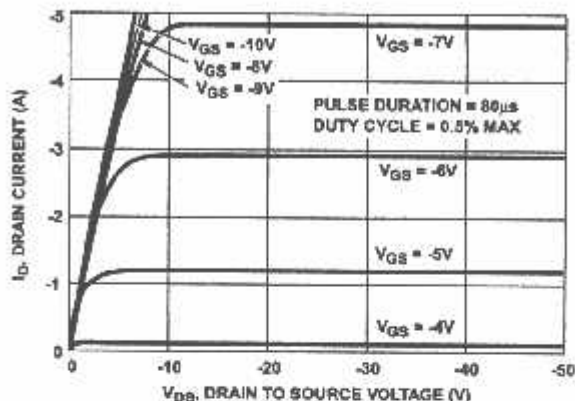


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

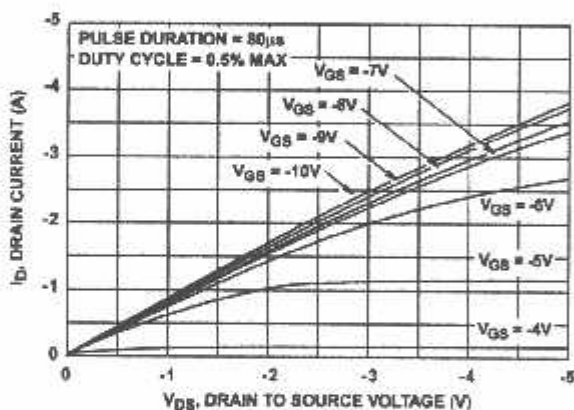


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

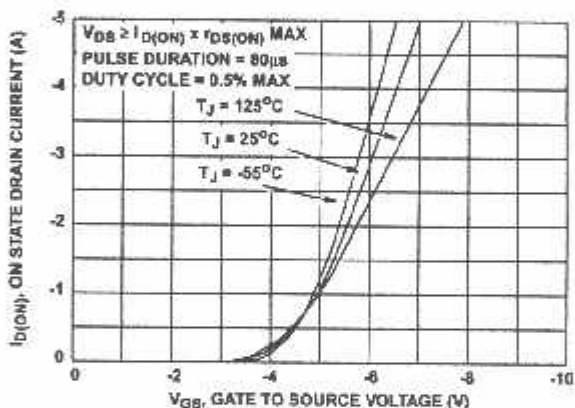
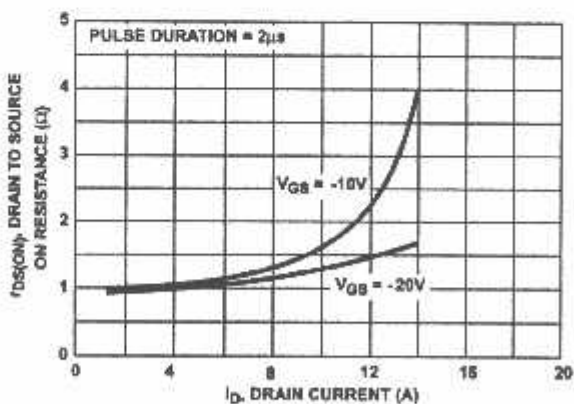


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS



NOTE: Heating effect of 2µs pulse is minimal.

FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs. GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

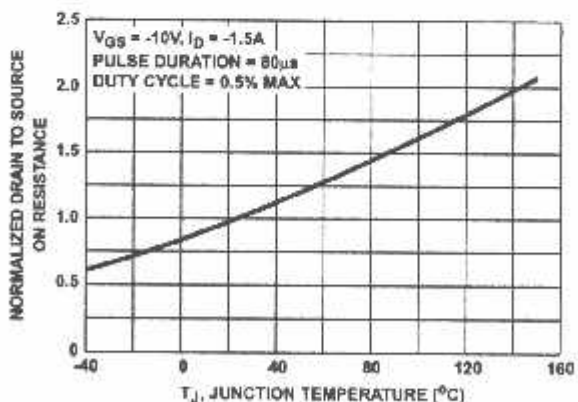


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs. JUNCTION TEMPERATURE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

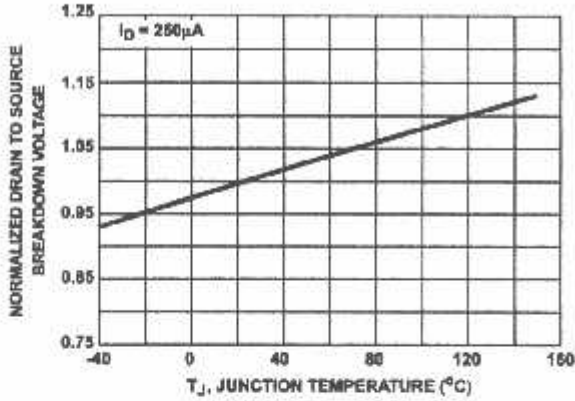


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

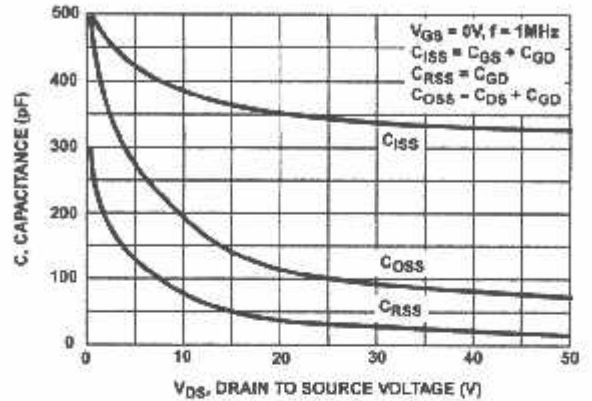


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

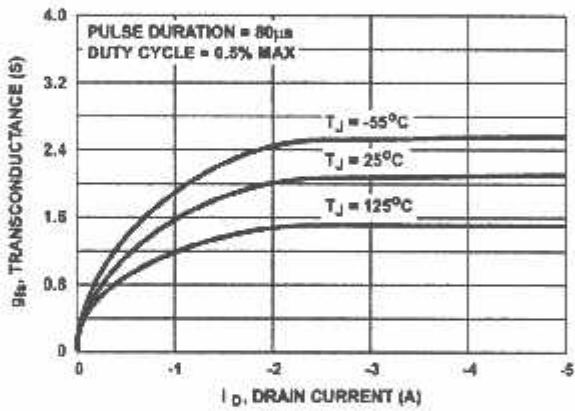


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

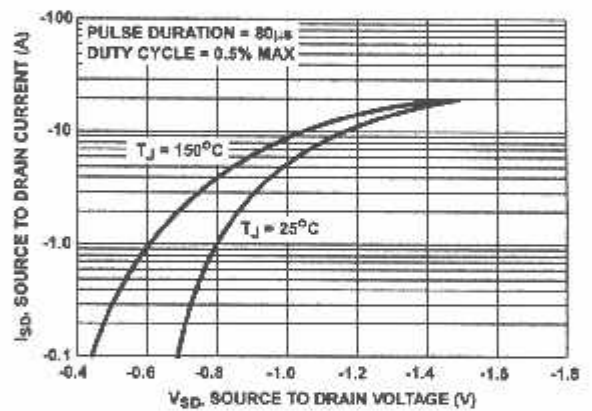


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

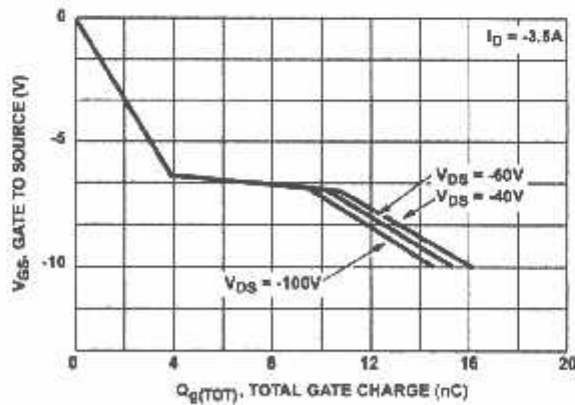


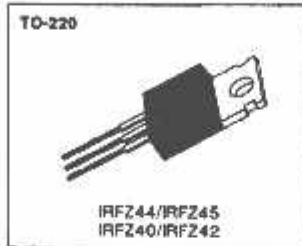
FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

**IRFZ44/45  
IRFZ40/42**

**N-CHANNEL  
POWER MOSFETS**

**FEATURES**

- Lower  $R_{DS(on)}$
- Improved inductive ruggedness
- Fast switching times
- Rugged polysilicon gate cell structure
- Lower input capacitance
- Extended safe operating area
- Improved high temperature reliability



**PRODUCT SUMMARY**

Part Number	V <sub>DS</sub>	R <sub>DS(on)</sub>	I <sub>D</sub>
IRFZ44	80V	0.028 Ω	35A
IRFZ45	80V	0.035 Ω	35A
IRFZ40	50V	0.028 Ω	35A
IRFZ42	50V	0.035 Ω	35A

\* Current limited by wire & pin diameter

**MAXIMUM RATINGS**

Characteristic	Symbol	IRFZ44	IRFZ45	IRFZ40	IRFZ42	Unit
Drain-Source Voltage (1)	V <sub>DS</sub>	80		50		Vdc
Drain-Gate Voltage (R <sub>GS</sub> =1.0MΩ)(1)	V <sub>DGS</sub>	60		50		Vdc
Gate-Source Voltage	V <sub>GS</sub>	±20				Vdc
Continuous Drain Current T <sub>D</sub> =25°C	I <sub>D</sub>	35	35	35	35	Adc
Continuous Drain Current T <sub>C</sub> =100°C	I <sub>D</sub>	35	33	35	33	Adc
Drain Current—Pulsed (3)	I <sub>DM</sub>	210	190	210	190	Adc
Gate Current—Pulsed	I <sub>GM</sub>	±1.5				Adc
Single Pulsed Avalanche Energy (4)	E <sub>AS</sub>	53				mJ
Avalanche Current	I <sub>AS</sub>	35				A
Total Power Dissipation at T <sub>C</sub> =25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	150 1.2				Watts W/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	-55 to 175*				°C
Maximum Lead Temp. for Soldering Purposes, 1/8" from case for 5 seconds	T <sub>L</sub>	300				°C

- Notes: (1) T<sub>J</sub>=25°C to 175°C  
 (2) Pulse test. Pulse width<300μs, Duty Cycle<2%  
 (3) Repetitive rating: Pulse width limited by max. junction temperature  
 (4) L=50μH, V<sub>GS</sub>=25V, R<sub>D</sub>=25Ω, Starting T<sub>J</sub>=25°C



2

**IRFZ44/45**  
**IRFZ40/42**

**N-CHANNEL**  
**POWER MOSFETS**

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_C=25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

Symbol	Characteristic	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
$BV_{DSS}$	Drain-Source Breakdown Voltage IRFZ44/45 IRFZ40/42	80 50	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$
$I_{GSS}$	Gate-Source Leakage Forward	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
$I_{GSR}$	Gate-Source Leakage Reverse	—	—	-100	nA	$V_{GS}=-20V$
$I_{DSS}$	Zero Gate Voltage Drain Current	—	—	250 1000	$\mu A$	$V_{DS}=\text{Max. Rating}, V_{GS}=0V$ $V_{GS}=0.8\text{Max. Rating}, V_{DS}=0V, T_C=150^\circ\text{C}$
$I_{D(on)}$	On-State Drain-Source Current (2)	35	—	—	A	$V_{DS}>1.2V, V_{GS}=10V$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-Source On-State Resistance IRFZ44/40 IRFZ45/42	—	—	0.028 0.035	$\Omega$	$V_{GS}=10V, I_D=33A$
$g_{fs}$	Forward Transconductance (2)	15	—	—	S	$V_{DS}>50V, I_D=33A$
$C_{iss}$	Input Capacitance	—	2450	—	pF	$V_{DS}=0V$
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	740	—	pF	$V_{DS}=25V$
$C_{riss}$	Reverse Transfer Capacitance	—	360	—	pF	$f=1.0\text{MHz}$
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	—	32	ns	$V_{DD}=0.5 BV_{DSS}, I_D=52A, Z_{\theta}=8.1\Omega$ (MOSFET switching times are essentially independent of operating temperature)
$t_r$	Rise Time	—	—	210	ns	
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	—	75	ns	
$t_f$	Fall Time	—	—	130	ns	
$Q_g$	Total Gate Charge (Gate-Source Pulse Gate-Drain)	—	—	100	nC	$V_{DS}=10V, I_D=52A, V_{GS}=0.8\text{Max. Rating}$ (Gate charge is essentially independent of operating temperature)
$Q_{gs}$	Gate-Source Charge	—	—	21	nC	
$Q_{gd}$	Gate-Drain ("Miller") Charge	—	—	58	nC	

**THERMAL RESISTANCE**

$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	MAX	1.0	K/W	
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink	TYP	0.5	K/W	Mounting surface flat smooth, and greased
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	MAX	80	K/W	Free Air Operation

- Notes: (1)  $T_J=25^\circ\text{C}$  to  $175^\circ\text{C}$   
 (2) Pulse test Pulse width $\leq 300\mu s$ , Duty Cycle $\leq 2\%$   
 (3) Repetitive rating Pulse width limited by max junction temperature

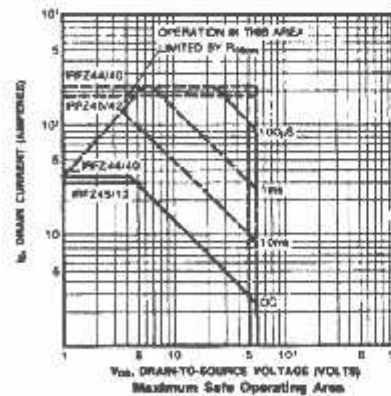
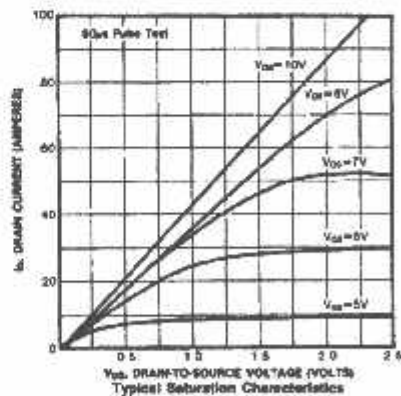
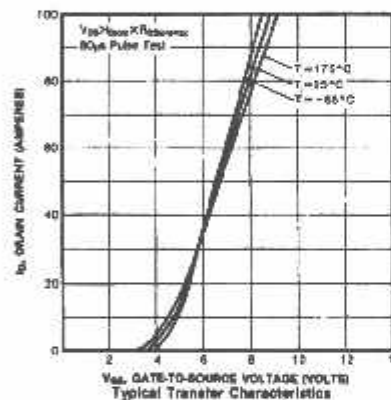
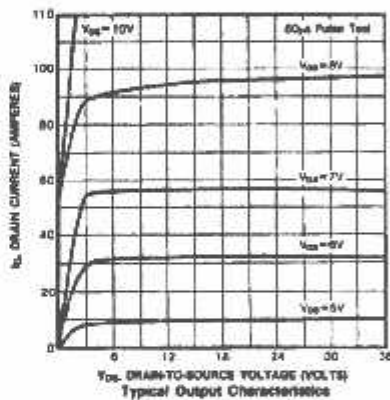


SOURCE-DRAIN DIODE RATINGS AND CHARACTERISTICS

Symbol	Characteristic	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions	
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	IRFZ44/40	—	—	35	A	Modified MOSFET integral reverse P-N junction rectifier
		IRFZ45/42	—	—	35	A	
$I_{SM}$	Pulse-Source Current (3)	IRFZ44/40	—	—	210	A	
		IRFZ45/42	—	—	190	A	
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	All	—	—	2.5	V	$T_C = 25^\circ\text{C}$ , $I_S = 35\text{A}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	—	—	250	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_S = 35\text{A}$ , $di/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$

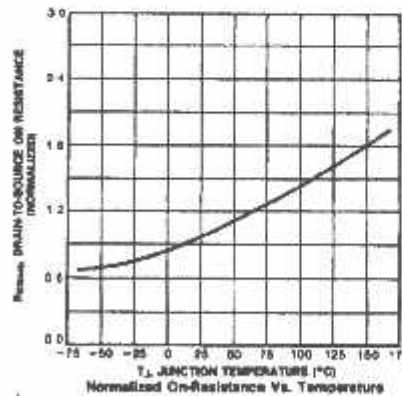
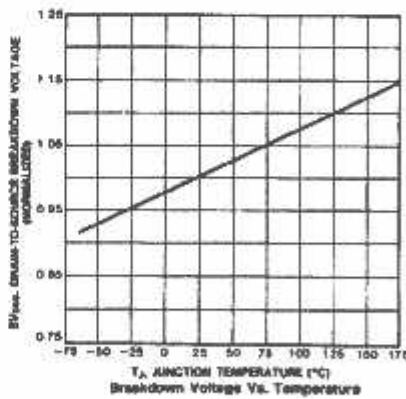
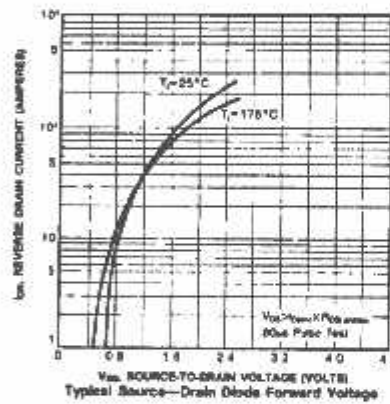
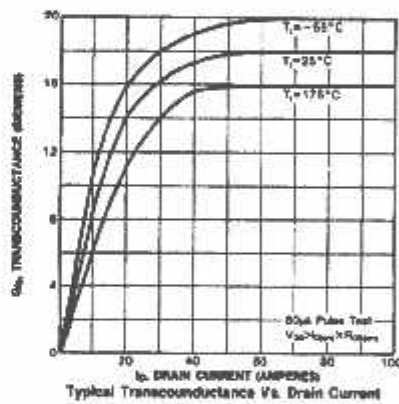
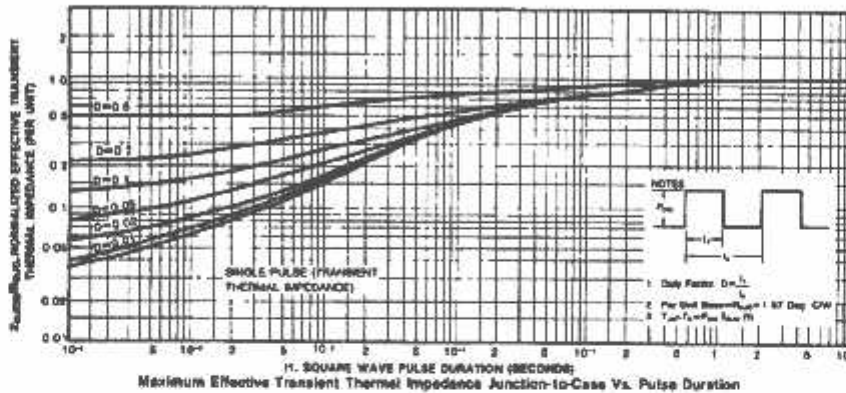


- Notes: (1)  $T_J = 25^\circ\text{C}$  to  $175^\circ\text{C}$   
 (2) Pulse test Pulse width  $\leq 300\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$   
 (3) Repetitive rating Pulse with limited by max junction temperature



IRFZ44/45  
IRFZ40/42

N-CHANNEL  
POWER MOSFETS



## Quad voltage comparator

LM139/239/239A/339/339A/  
LM2901/MC3302

### DESCRIPTION

The LM139 series consists of four independent precision voltage comparators, with an offset voltage specification as low as 2.0 mV max for each comparator, which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground, even though they are operated from a single power supply voltage.

The LM139 series was designed to directly interface with TTL and CMOS. When operated from both plus and minus power supplies, the LM139 series will directly interface with MOS logic where their low power drain is a distinct advantage over standard comparators.

### FEATURES

- Wide single supply voltage range 2.0 V<sub>DC</sub> to 32 V<sub>DC</sub> or dual supplies  $\pm 1.0$  V<sub>DC</sub> to  $\pm 16$  V<sub>DC</sub>
- Very low supply current drain (0.8 mA) independent of supply voltage (1.0 mW/comparator at 5.0 V<sub>DC</sub>)
- Low input biasing current 25 nA
- Low input offset current  $\pm 5$  nA and offset voltage
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Low output 250 mV at 4 mA saturation voltage
- Output voltage compatible with TTL, DTL, ECL, MOS and CMOS logic systems

### APPLICATIONS

- A/D converters
- Wide range VCO
- MOS clock generator
- High voltage logic gate
- Multivibrators

### ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55 °C to +125 °C	LM139N	SOT27-1
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-25 °C to +85 °C	LM239D	SOT108-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-25 °C to +85 °C	LM239N	SOT27-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-25 °C to +85 °C	LM239AN	SOT27-1
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40 °C to +125 °C	LM2901D	SOT108-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40 °C to +125 °C	LM2901N	SOT27-1
14-Pin Plastic Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)	-40 °C to +125 °C	LM2901DH	SOT402-1
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 °C to +70 °C	LM339AD	SOT108-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 °C to +70 °C	LM339AN	SOT27-1
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 °C to +70 °C	LM339D	SOT108-1
14-Pin Plastic Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)	0 °C to +70 °C	LM339DH	SOT402-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 °C to +70 °C	LM339N	SOT27-1
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40 °C to +85 °C	MC3302D	SOT108-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40 °C to +85 °C	MC3302N	SOT27-1

### PIN CONFIGURATION

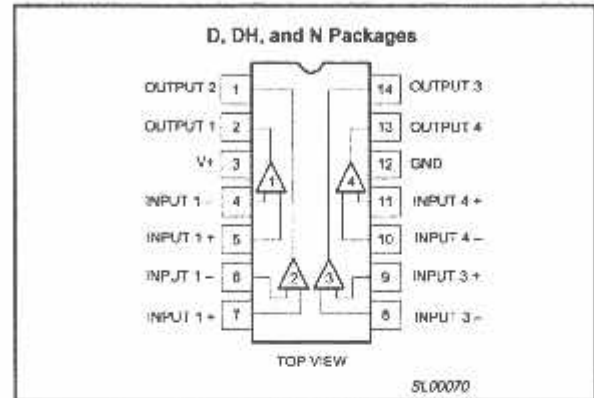


Figure 1. Pin Configuration

### EQUIVALENT CIRCUIT

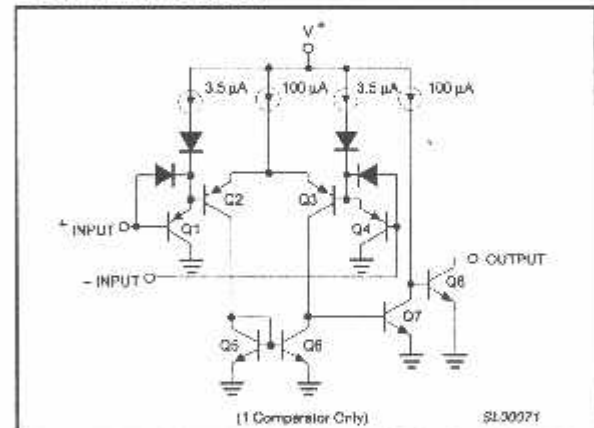


Figure 2. Equivalent Circuit

## Quad voltage comparator

LM139/239/239A/339/339A/  
LM2901/MC3302

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
$V_{CC}$	$V_{CC}$ supply voltage	32 or $\pm 18$	$V_{DC}$
$V_{DIFF}$	Differential input voltage	32	$V_{DC}$
$V_{IN}$	Input voltage	-0.3 to +32	$V_{DC}$
$P_D$	Maximum power dissipation, $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ (still-air) <sup>1</sup>		
	N package	1420	mW
	D package	1040	mW
	DH package	762	mW
	Output short-circuit to ground <sup>2</sup>	Continuous	
$I_{IN}$	Input current ( $V_{IN} < -0.3 V_{DC}$ ) <sup>3</sup>	50	mA
$T_{amb}$	Operating temperature range		
	LM139	-55 to +125	$^\circ\text{C}$
	LM239/239A	-25 to +85	$^\circ\text{C}$
	LM339/339A	0 to +70	$^\circ\text{C}$
	LM2901	-40 to +125	$^\circ\text{C}$
MC3302	-40 to +85	$^\circ\text{C}$	
$T_{stg}$	Storage temperature range	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
$T_{sld}$	Lead soldering temperature (10 sec max)	230	$^\circ\text{C}$

## NOTES:

- Derate above 25  $^\circ\text{C}$ , at the following rates:

N Package at 11.4 mW/ $^\circ\text{C}$

D Package at 8.3 mW/ $^\circ\text{C}$

DH Package at 6.1 mW/ $^\circ\text{C}$

- Short circuits from the output to  $V+$  can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 20 mA independent of the magnitude of  $V+$ .
- This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the comparators to go to the  $V+$  voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will reestablish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than  $-0.3 V_{DC}$ .

## Quad voltage comparator

LM139/239/239A/339/339A/  
LM2901/MC3302

## DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_+ = 5 V_{DC}$ ; LM139:  $-55\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +125\text{ }^\circ\text{C}$ ; LM239/239A:  $-25\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +85\text{ }^\circ\text{C}$ ; LM339/339A:  $0\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +70\text{ }^\circ\text{C}$ ;  
LM2901:  $-40\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +125\text{ }^\circ\text{C}$ ; MC3302:  $-40\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +85\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM239A/339A			UNIT
			Min	Typ	Max	
$V_{OS}$	Input offset voltage <sup>2</sup>	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		$\pm 1.0$	$\pm 2.0$	mV
		Over temp.			$\pm 4.0$	mV
$V_{CM}$	Input common-mode voltage range <sup>3</sup>	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	0		$V_+ - 1.5$	V
		Over temp.	0		$V_+ - 2.0$	V
$V_{DR}$	Differential input voltage <sup>1</sup>	Keep all $V_{IN} \geq 0 V_{DC}$ (or $V_-$ if needed)			$V_+$	V
$I_{BIAS}$	Input bias current <sup>4</sup>	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with output in linear range $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		25	250	nA
		Over temp.			400	nA
$I_{OS}$	Input offset current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$ $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ Over temp.		$\pm 5.0$	$\pm 50$ $\pm 150$	nA nA
$I_{OL}$	Output sink current	$V_{IN(-)} \geq 1 V_{DC}$ ; $V_{IN(+)} = 0$ ; $V_O \leq 1.5 V_{DC}$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	6.0	16		mA
	Output leakage current	$V_{IN(+)} \geq 1 V_{DC}$ ; $V_{IN(-)} = 0$ $V_O = 5 V_{DC}$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $V_O = 30 V_{DC}$ ; over temp.		0.1	1.0	nA $\mu\text{A}$
$I_{CC}$	Supply current	$R_L = \infty$ on comparators; $V_+ = 30\text{ V}$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.8	2.0	mA
$A_v$	Voltage gain	$R_L \geq 15\text{ k}\Omega$ ; $V_+ = 15 V_{DC}$	50	200		V/mV
$V_{OL}$	Saturation voltage	$V_{IN(-)} \geq 1 V_{DC}$ ; $V_{IN(+)} = 0$ ; $I_{SINK} \leq 4\text{ mA}$ $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ Over temp.		250	400 700	mV mV
$t_{LSR}$	Large-signal response time	$V_{IN} = \text{TTL logic swing}$ ; $V_{REF} = 1.4 V_{DC}$ ; $V_{RL} = 5 V_{DC}$ ; $R_L = 5.1\text{ k}\Omega$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		300		ns
$t_R$	Response time <sup>5</sup>	$V_{RL} = 5 V_{DC}$ ; $R_L = 5.1\text{ k}\Omega$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		1.3		$\mu\text{s}$

See notes at the end of the Electrical Characteristics.

## Quad voltage comparator

LM139/239/239A/339/339A/  
LM2901/MC3302

## DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

$V_+ = 5 V_{DC}$ ; LM139:  $-55\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +125\text{ }^\circ\text{C}$ ; LM239/239A:  $-25\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +85\text{ }^\circ\text{C}$ ; LM339/339A:  $0\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +70\text{ }^\circ\text{C}$ ;  
LM2901:  $-40\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +125\text{ }^\circ\text{C}$ ; MC3302:  $-40\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +85\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM139			LM239/339			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
$V_{OS}$	Input offset voltage <sup>2</sup>	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		$\pm 2.0$	$\pm 5.0$		$\pm 2.0$	$\pm 5.0$	mV
		Over temp.			$\pm 9.0$			$\pm 9.0$	mV
$V_{CM}$	Input common-mode voltage range <sup>3</sup>	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	0		$V_+ - 1.5$	0		$V_+ - 1.5$	V
		Over temp.	0		$V_+ - 2.0$	0		$V_+ - 2.0$	V
$V_{IDR}$	Differential input voltage <sup>1</sup>	Keep all $V_{IN} \geq 0 V_{DC}$ (or $V_-$ if needed)			$V_+$			$V_+$	V
$I_{BIAS}$	Input bias current <sup>4</sup>	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with output in linear range							
		$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ Over temp.		25	100 300		25	250 400	nA nA
$I_{OS}$	Input offset current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$ $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ Over temp.		$\pm 3.0$	$\pm 25$ $\pm 100$		$\pm 5.0$	$\pm 50$ $\pm 150$	nA nA
$I_{OL}$	Output sink current	$V_{IN(-)} \geq 1 V_{DC}$ ; $V_{IN(+)} = 0$ ; $V_O \leq 1.5 V_{DC}$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	6.0	16		6.0	16		mA
		$V_{IN(+)} \geq 1 V_{DC}$ ; $V_{IN(-)} = 0$ $V_O = 5 V_{DC}$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $V_C = 30 V_{DC}$ ; Over temp.		0.1	1.0		0.1	1.0	nA $\mu\text{A}$
$I_{CC}$	Supply current	$R_L = \infty$ on comparators; $V_+ = 30\text{ V}$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.8	2.0		0.8	2.0	mA
$A_V$	Voltage gain	$R_L \geq 15\text{ k}\Omega$ ; $V_+ = 15 V_{DC}$	50	200		50	200		V/mV
$V_{OL}$	Saturation voltage	$V_{IN(-)} \geq 1 V_{DC}$ ; $V_{IN(+)} = 0$ ; $I_{SINK} \leq 4\text{ mA}$ $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ Over temp.		250	400 700		250	400 700	mV mV
		$V_{IN} = \text{TTL logic swing}$ ; $V_{REF} = 1.4 V_{DC}$ ; $V_{RL} = 5 V_{DC}$ ; $R_L = 5.1\text{ k}\Omega$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		300			300		
$t_R$	Response time <sup>5</sup>	$V_{RL} = 5 V_{DC}$ ; $R_L = 5.1\text{ k}\Omega$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		1.3			1.3		$\mu\text{s}$

See notes on following page.

## Quad voltage comparator

LM139/239/239A/339/339A/  
LM2901/MC3302

## DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

$V_+ = 5 V_{DC}$ ; LM139:  $-55\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +125\text{ }^\circ\text{C}$ ; LM239/239A:  $-25\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +85\text{ }^\circ\text{C}$ ; LM339/339A:  $0\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +70\text{ }^\circ\text{C}$ ;  
LM2901:  $-40\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +125\text{ }^\circ\text{C}$ ; MC3302:  $-40\text{ }^\circ\text{C} \leq T_{amb} \leq +85\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM2901			MC3302			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
$V_{OS}$	Input offset voltage <sup>2</sup>	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		±2.0	±7.0		±3.0	±20	mV
		Over temp.		±9	±15			±40	mV
$V_{CM}$	Input common-mode voltage range <sup>3</sup>	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	0		$V_+ - 1.5$	0		$V_+ - 1.5$	V
		Over temp.	0		$V_+ - 2.0$	0		$V_+ - 2.0$	V
$V_{IDR}$	Differential input voltage <sup>1</sup>	Keep all $V_{IN} \geq 0 V_{DC}$ (or $V_-$ if needed)			$V_+$			$V_+$	V
$I_{IAS}$	Input bias current <sup>4</sup>	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with output in linear range $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		25	250		25	500	nA
		Over temp.		200	500			1000	nA
$I_{OS}$	Input offset current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$ $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		±5	±50		±5	±100	nA
		Over temp.		±50	±200			±300	nA
$I_{OL}$	Output sink current	$V_{IN(-)} \geq 1 V_{DC}$ ; $V_{IN(+)} = 0$ ; $V_O \leq 1.5 V_{DC}$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	6.0	16		6	16		mA
	Output leakage current	$V_{IN(+)} \geq 1 V_{DC}$ ; $V_{IN(-)} = 0$ $V_O = 5 V_{DC}$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $V_O = 30 V_{DC}$ ; Over temp.		0.1		0.1		1.0	nA µA
		$R_L = \infty$ on all comparators, $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$				0.8	1.8		mA
$I_{CC}$	Supply current	$R_L = \infty$ on all comparators, $V_+ = 30\text{ V}$		1.0	2.5				mA
		$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.8	2.0				
$A_V$	Voltage gain	$R_L \geq 15\text{ k}\Omega$ ; $V_+ = 15 V_{DC}$	25	100		2	100		V/mV
$V_{OL}$	Saturation voltage	$V_{IN(-)} \geq 1 V_{DC}$ ; $V_{IN(+)} = 0$ ; $I_{SINK} \leq 4\text{ mA}$ $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$			400		150	400	mV
		Over temp.		400	700			700	mV
$t_{LSR}$	Large-signal response time	$V_{IN} = \text{TTL logic swing}$ ; $V_{REF} = 1.4 V_{DC}$ ; $V_{RL} = 5 V_{DC}$ ; $R_L = 5.1\text{ k}\Omega$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		300			300		ns
$t_R$	Response time <sup>5</sup>	$V_{RL} = 5 V_{DC}$ ; $R_L = 5.1\text{ k}\Omega$ ; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$		1.3			1.3		µs

## NOTES:

- Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level by 17 V. As long as the other voltage remains within the common-mode range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than  $-0.3 V_{DC}$  (or  $0.3 V_{DC}$  below the magnitude of the negative power supply, if used).
- At output switch point,  $V_O = 1.4 V_{DC}$ ,  $R_S = 0\text{ }\Omega$  with  $V_+$  from  $5 V_{DC}$  to  $30 V_{DC}$ ; and over the full input common-mode range ( $0 V_{DC}$  to  $V_+ - 1.5 V_{DC}$ ). Inputs of unused comparators should be grounded.
- The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common-mode voltage range is  $V_+ - 1.5\text{ V}$ , but either or both inputs can go to  $30 V_{DC}$  without damage.
- The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the reference or input lines.
- The response time specified is for a 100 mV input step with a 5 mV overdrive. For larger overdrive signals, 300 ns can be obtained (see Figure 4, Typical performance characteristics).

Quad voltage comparator

LM139/239/239A/339/339A/  
LM2901/MC3302

EQUIVALENT CIRCUIT

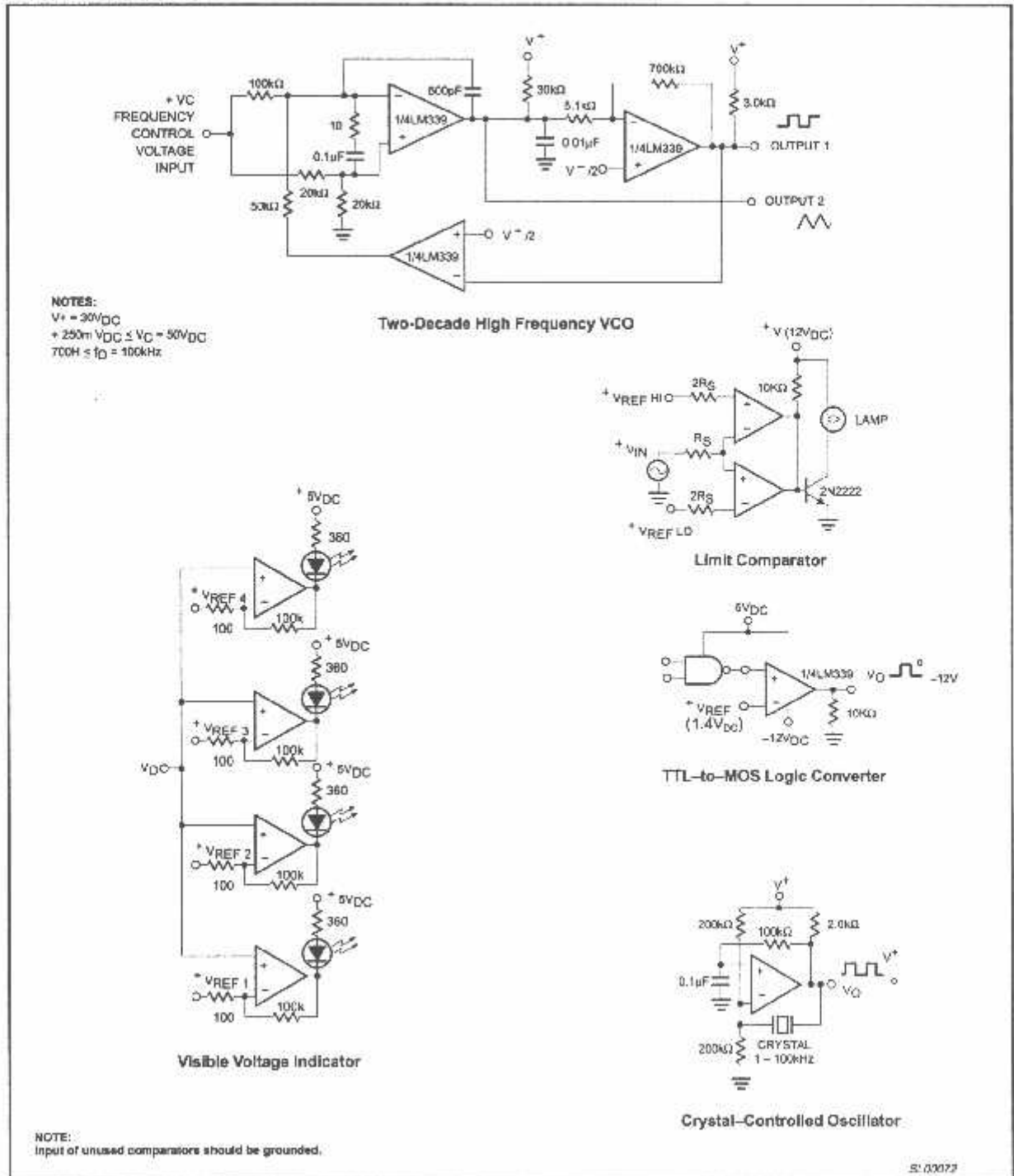


Figure 3. Equivalent circuit.



Quad voltage comparator

LM139/239/239A/339/339A/  
LM2901/MC3302

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

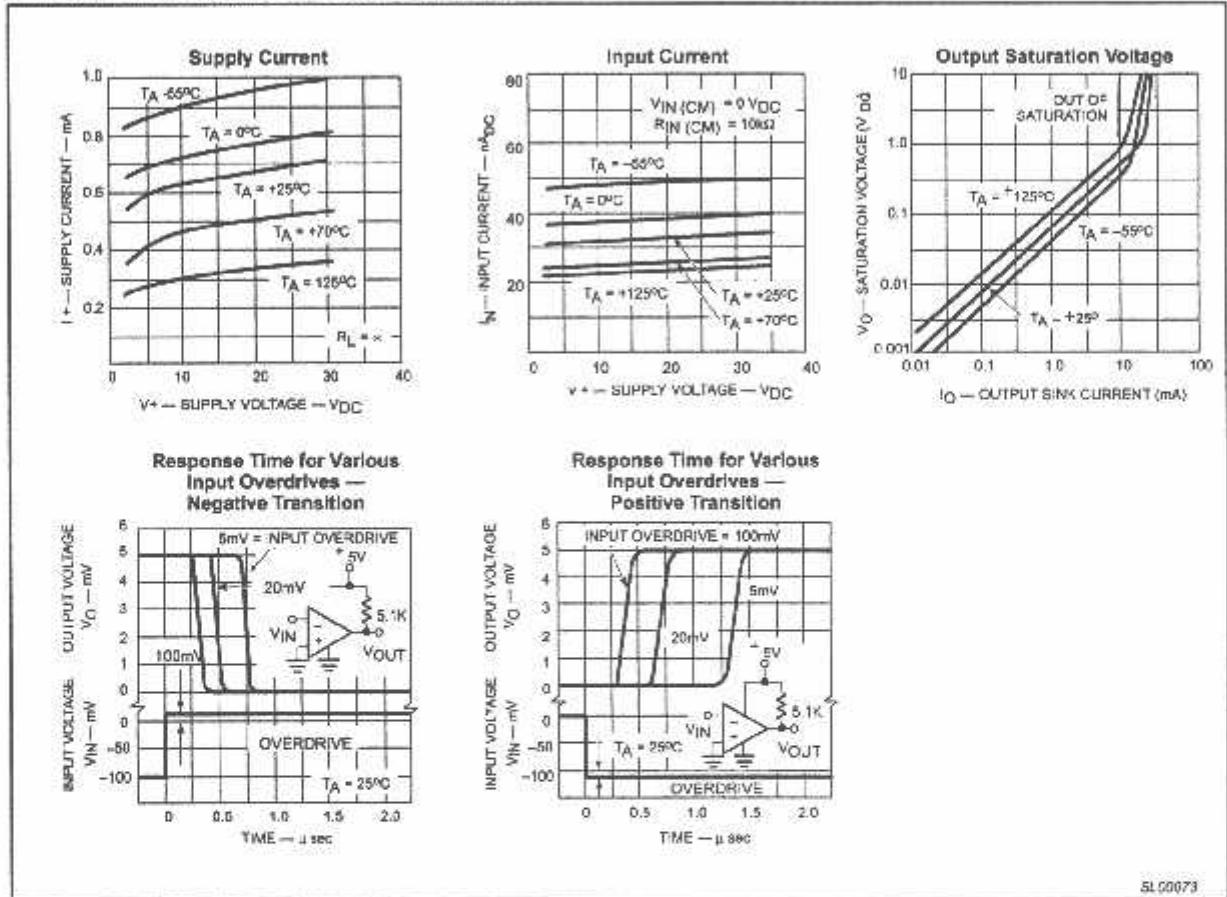


Figure 4. Typical performance characteristics.

## LM555 Timer

### General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200mA or drive TTL circuits.

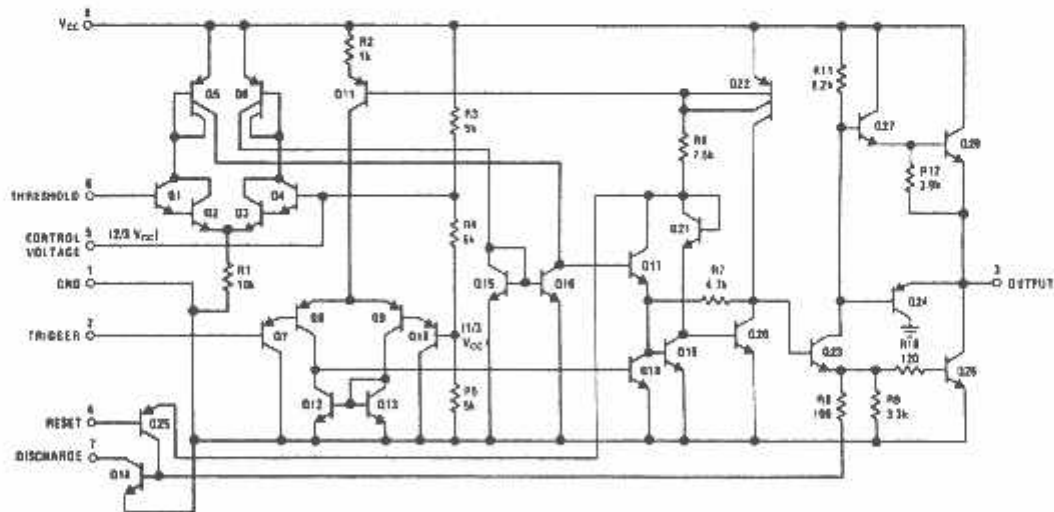
### Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8-pin MSOP package

### Applications

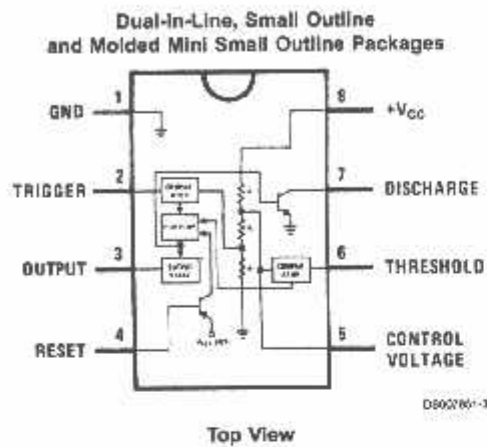
- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

### Schematic Diagram



DS007851-1

## Connection Diagram



## Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	NSC Drawing
8-Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Rails	M08A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LM555CMM	Z55	1k Units Tape and Reel	MUA08A
	LM555CMMX	Z55	3.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Rails	N08E

**Absolute Maximum Ratings** (Note 2)

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

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

## Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2)

( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = +5\text{V}$  to  $+15\text{V}$ , unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$ , $R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}$ , $R_L = \infty$ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable					
Initial Accuracy			1		%
Drift with Temperature	$R_A = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\mu\text{F}$ , (Note 5)		50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5		%
Drift with Supply			0.1		%/V
Timing Error, Astable					
Initial Accuracy			2.25		%
Drift with Temperature	$R_A, R_B = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\mu\text{F}$ , (Note 5)		150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			3.0		%
Drift with Supply			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$		5 1.67		V V
Trigger Current			0.5	0.9	$\mu\text{A}$
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	$\mu\text{A}$
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	9 2.6	10 3.33	11 4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)					
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$ , $I_T = 15\text{mA}$		180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}$ , $I_T = 4.5\text{mA}$		80	200	mV

**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2) (Continued) $(T_A = 25^\circ\text{C}, V_{CC} = +5\text{V to } +15\text{V}, \text{ unless otherwise specified})$ 

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$				
	$I_{\text{SINK}} = 10\text{mA}$		0.1	0.25	V
	$I_{\text{SINK}} = 50\text{mA}$		0.4	0.75	V
	$I_{\text{SINK}} = 100\text{mA}$		2	2.5	V
	$I_{\text{SINK}} = 200\text{mA}$		2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$				
Output Voltage Drop (High)	$I_{\text{SOURCE}} = 200\text{mA}, V_{CC} = 15\text{V}$		12.5		V
	$I_{\text{SOURCE}} = 100\text{mA}, V_{CC} = 15\text{V}$	12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100		ns
Fall Time of Output			100		ns

Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 3: For operating at elevated temperatures the device must be derated above  $25^\circ\text{C}$  based on a  $+150^\circ\text{C}$  maximum junction temperature and a thermal resistance of  $108^\circ\text{C/W}$  (DIP),  $170^\circ\text{C/W}$  (SO-8), and  $204^\circ\text{C/W}$  (MSOP) junction to ambient.

Note 4: Supply current when output high typically 1 mA less at  $V_{CC} = 5\text{V}$ .

Note 5: Tested at  $V_{CC} = 5\text{V}$  and  $V_{CC} = 15\text{V}$ .

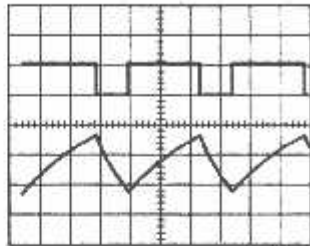
Note 6: This will determine the maximum value of  $R_A + R_B$  for 15V operation. The maximum total ( $R_A + R_B$ ) is  $20\text{M}\Omega$ .

Note 7: No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

Note 8: Refer to RET555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

## Applications Information (Continued)

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.



08007661-4  
 $V_{CC} = 8V$   
 TIME = 20 $\mu$ s/DIV.  
 $R_A = 3.9k\Omega$   
 $R_B = 3k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$   
 Top Trace: Output 5V/DIV.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/DIV.

**FIGURE 5. Astable Waveforms**

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

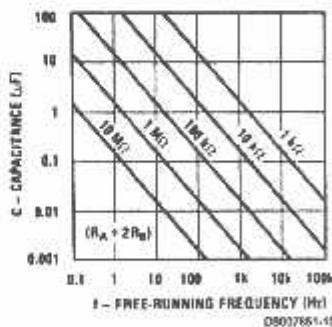
The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is:

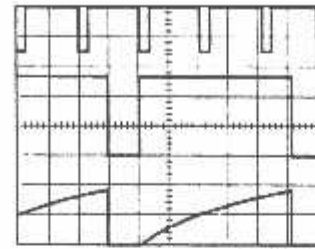
$$D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$



08007661-10  
**FIGURE 6. Free Running Frequency**

### FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.

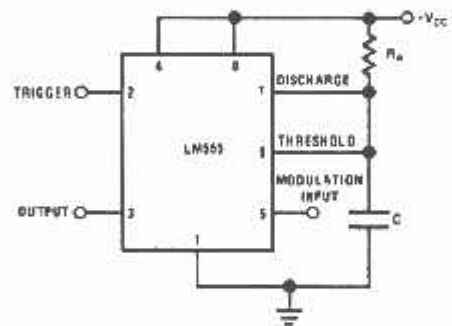


08007661-11  
 $V_{CC} = 5V$   
 TIME = 20 $\mu$ s/DIV.  
 $R_A = 9.1k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$   
 Top Trace: Input 4V/DIV.  
 Middle Trace: Output 2V/DIV.  
 Bottom Trace: Capacitor 2V/DIV.

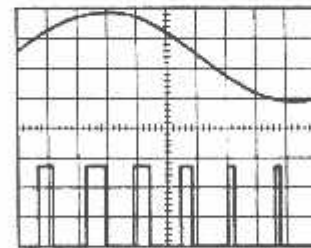
**FIGURE 7. Frequency Divider**

### PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.



08007661-12  
**FIGURE 8. Pulse Width Modulator**



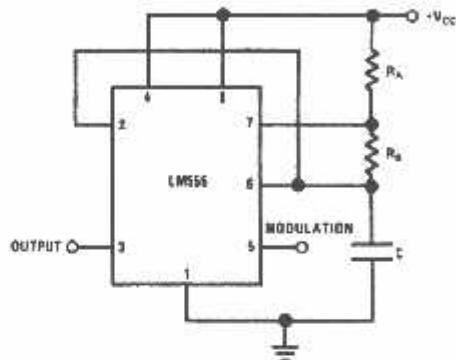
08007661-13  
 $V_{CC} = 5V$   
 TIME = 0.2 ms/DIV.  
 $R_A = 9.1k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$   
 Top Trace: Modulation 1V/DIV.  
 Bottom Trace: Output Voltage 2V/DIV.

**FIGURE 9. Pulse Width Modulator**

**Applications Information (Continued)**

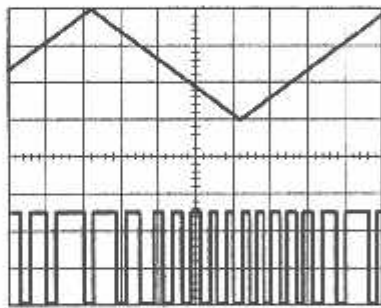
**PULSE POSITION MODULATOR**

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.



D8007851-14

**FIGURE 10. Pulse Position Modulator**



D8007851-15

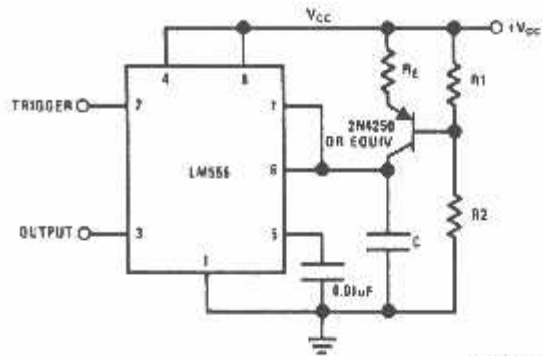
$V_{CC} = 5V$   
 TIME = 0.1 ms/DIV.  
 $R_A = 3.9k\Omega$   
 $R_B = 3k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

Top Trace: Modulation Input 1V/DIV.  
 Bottom Trace: Output 2V/DIV.

**FIGURE 11. Pulse Position Modulator**

**LINEAR RAMP**

When the pullup resistor,  $R_A$ , in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.



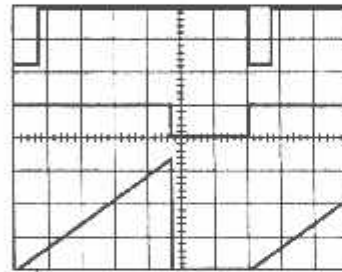
D8007851-18

**FIGURE 12.**

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$V_{BE} \approx 0.6V$   
 $V_{BE} = 0.6V$



D8007851-17

$V_{CC} = 5V$   
 TIME = 20μs/DIV.  
 $R_1 = 47k\Omega$   
 $R_2 = 100k\Omega$   
 $R_E = 2.7 k\Omega$   
 $C = 0.01 \mu F$

Top Trace: Input 3V/DIV.  
 Middle Trace: Output 5V/DIV.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/DIV.

**FIGURE 13. Linear Ramp**

# PC817 Series

## High Density Mounting Type Photocoupler

\* Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (PC817I/PC817P)  
 \*\* TÜV (VDE0884) approved type is also available as an option.

### ■ Features

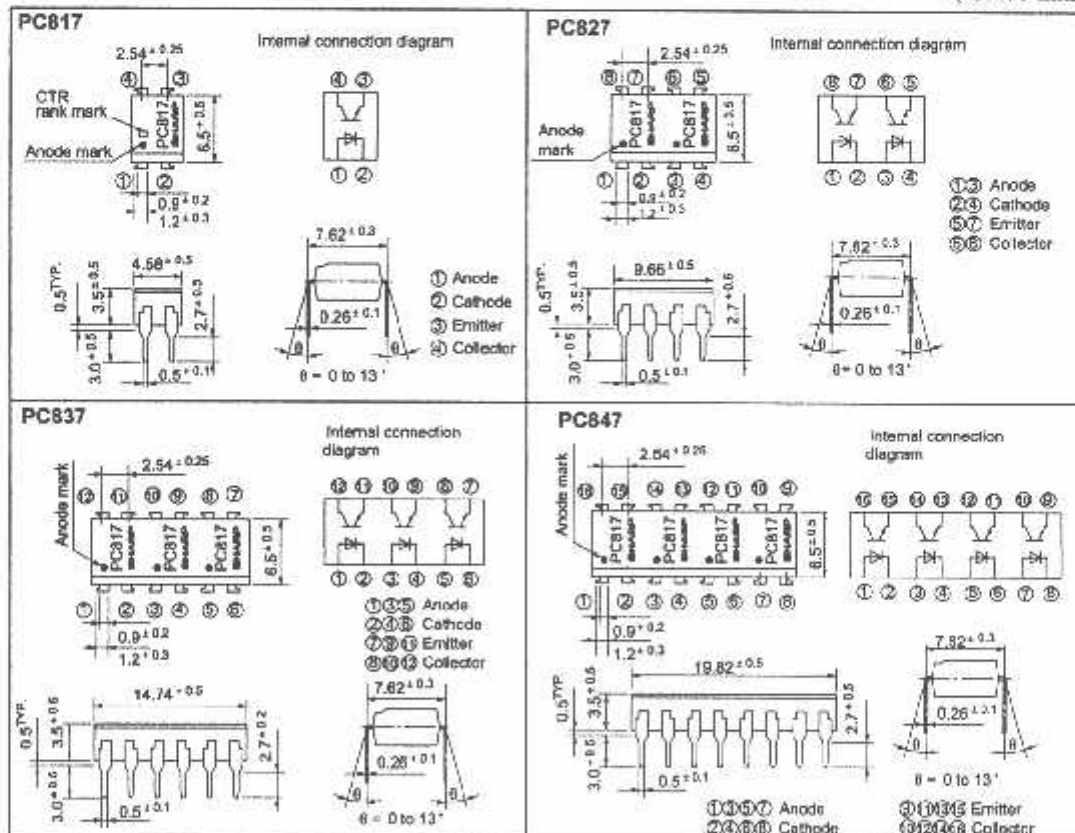
1. Current transfer ratio  
 (CTR: MIN. 50% at  $I_T = 5\text{mA}$ ,  $V_{CE} = 5\text{V}$ )
2. High isolation voltage between input and output ( $V_{bo} : 5000\text{V}_{rms}$ )
3. Compact dual-in-line package  
 PC817 : 1-channel type  
 PC827 : 2-channel type  
 PC837 : 3-channel type  
 PC847 : 4-channel type
4. Recognized by UL, file No. E64380

### ■ Applications

1. Computer terminals
2. System appliances, measuring instruments
3. Registers, copiers, automatic vending machines
4. Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

### ■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



\* In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device.\*



## ■ Absolute Maximum Ratings

(Ta = 25°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	$I_F$	50	mA
	*1 Peak forward current	$I_{FM}$	1	A
	Reverse voltage	$V_R$	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	$V_{CEO}$	35	V
	Emitter-collector voltage	$V_{ECO}$	6	V
	Collector current	$I_C$	50	mA
	Collector power dissipation	$P_C$	150	mW
Total power dissipation		$P_{tot}$	200	mW
*2 Isolation voltage		$V_{iso}$	5 000	V <sub>rms</sub>
Operating temperature		$T_{op}$	-30 to +100	°C
Storage temperature		$T_{stg}$	-55 to +125	°C
*3 Soldering temperature		$T_{sol}$	260	°C

\*1 Pulse width &lt;math&gt;\leq 100\mu s&lt;/math&gt;, Duty ratio : 0.001

\*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute

\*3 For 10 seconds

## ■ Electro-optical Characteristics

(Ta = 25°C)

Parameter		Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit	
Input	Forward voltage	$V_F$	$I_F = 20mA$	-	1.2	1.4	V	
	Peak forward voltage	$V_{FM}$	$I_{FM} = 0.5A$	-	-	3.0	V	
	Reverse current	$I_R$	$V_R = 4V$	-	-	10	$\mu A$	
	Terminal capacitance	C	$V = 0, f = 1kHz$	-	30	250	pF	
Output	Collector dark current	$I_{CDO}$	$V_{CE} = 20V$	-	-	$10^{-7}$	A	
Transfer characteristics	*4 Current transfer ratio	CTR	$I_F = 5mA, V_{CE} = 5V$	50	-	600	%	
	Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F = 20mA, I_C = 1mA$	-	0.1	0.2	V	
	Isolation resistance	$R_{iso}$	DC500V, 40 to 60% RH	$5 \times 10^{11}$	$10^{11}$	-	$\Omega$	
	Floating capacitance	$C_f$	$V = 0, f = 1MHz$	-	0.6	1.0	pF	
	Response time	Cut-off frequency	$f_c$	$V_{CE} = 5V, I_F = 2mA, R_L = 100\Omega, -3dB$	-	80	-	kHz
			Rise time	$t_r$	$V_{CE} = 2V, I_F = 2mA, R_L = 100\Omega$	-	4	18
Fall time	$t_f$	-	3	18		$\mu s$		

\*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8*7AB	A or B	80 to 260
PC8*7BC	B or C	130 to 400
PC8*7CD	C or D	200 to 600
PC8*7AC	A, B or C	80 to 400
PC8*7BD	B, C or D	130 to 600
PC8*7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8*7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

■ : 1 or 2 or 3 or 4

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature

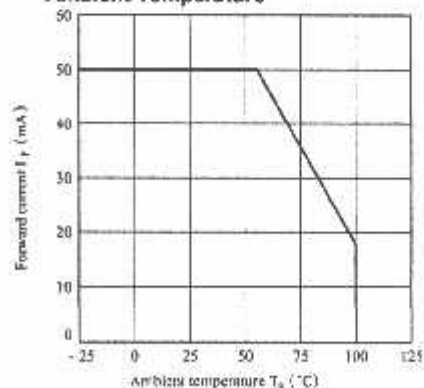


Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

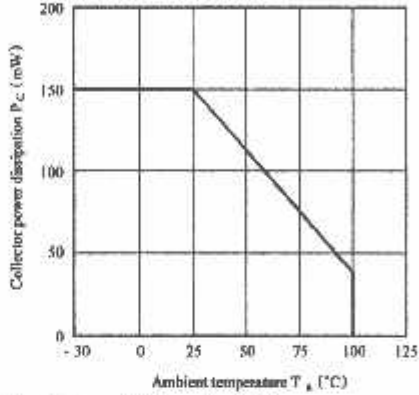


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

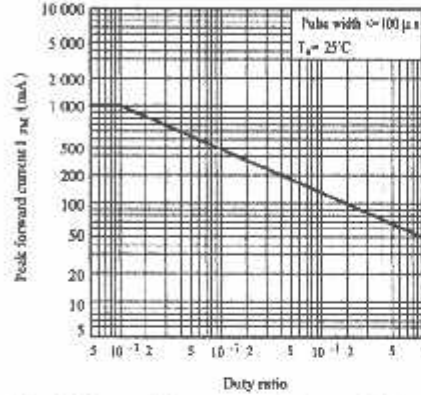


Fig. 4 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

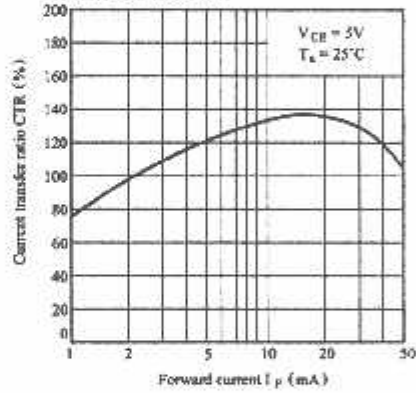


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage

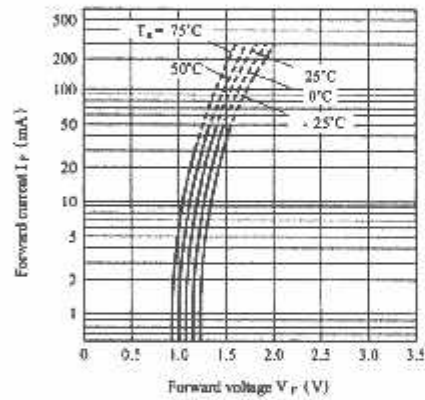


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage

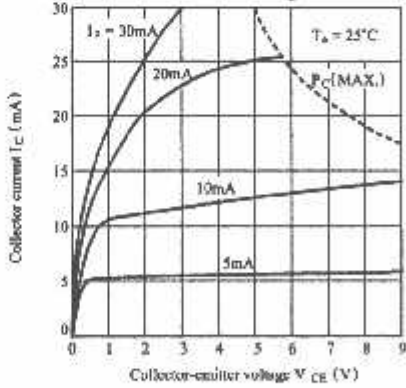
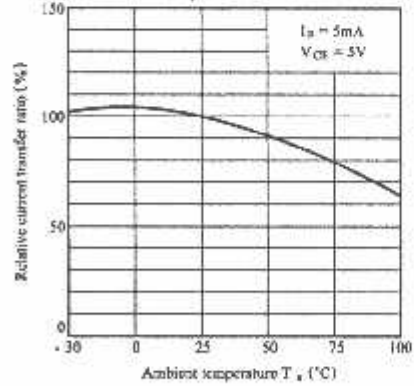


Fig. 7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature



# T-1 3/4 PACKAGE NPN PHOTOTRANSISTOR

## MID-54A22

### Description

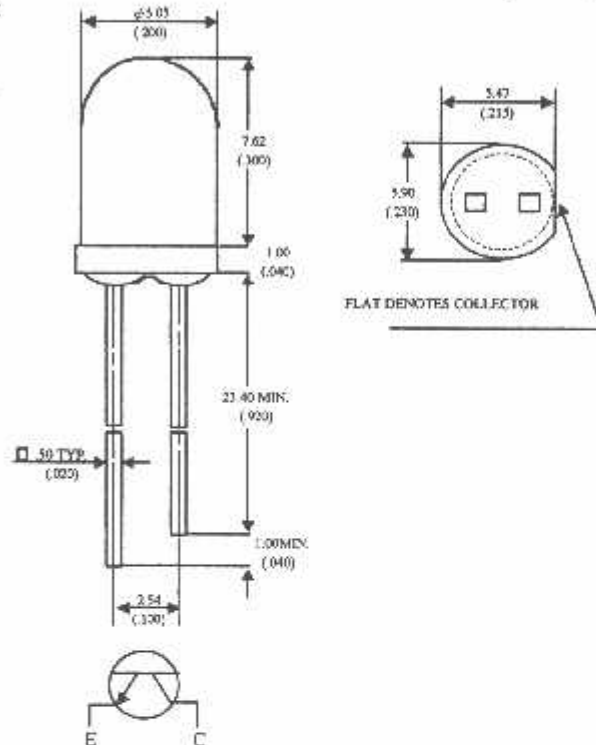
The MID-54A22 is a NPN silicon phototransistor mounted in a lensed, special dark plastic package. The lensing effect of the package allows an acceptance view angle of 40° so that the product performs a high directional characteristic.

### Features

- Wide range of collector current
- Lensed for high sensitivity
- Low cost plastic package
- Standard T-1 3/4 (5mm) package.
- Good spectral matching IRED (940nm) type.
- Acceptance angle :40°

### Package Dimensions

Unit: mm ( inches )



Notes :

1. Tolerance is + 0.25 mm (.010") unless otherwise noted.
2. Protruded resin under flange is 1.0 mm (.040") max.
3. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.

### Absolute Maximum Ratings

@  $T_A = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Maximum Rating	Unit
Power Dissipation	150	mW
Collector-Emitter Voltage	30	V
Emitter-Collector Voltage	5	V
Operating Temperature Range	-55°C to +100°C	
Storage Temperature Range	-55°C to +100°C	
Lead Soldering Temperature	260°C for 5 seconds	

**UNI**

Unity Opto Technology Co., Ltd.

02/04/2002

Optical-Electrical Characteristics

@ T<sub>A</sub>=25°C

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector-Emitter Breakdown Voltage	I <sub>c</sub> =0.1mA E <sub>e</sub> =0	V <sub>(BR)CEO</sub>	30			V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	I <sub>e</sub> =0.1mA E <sub>e</sub> =0	V <sub>(BR)ECO</sub>	5			V
Collector-Emitter Saturation Voltage	I <sub>c</sub> =0.5mA E <sub>e</sub> =0.1mW/cm <sup>2</sup>	V <sub>CE(SAT)</sub>			0.4	V
Rise Time	V <sub>ce</sub> =5V, R <sub>L</sub> =1KΩ	T <sub>r</sub>		15		≥S
Fall Time	I <sub>c</sub> =1mA	T <sub>f</sub>		15		
Collector Dark Current	V <sub>CE</sub> =10V E <sub>e</sub> =0	I <sub>CEO</sub>			100	nA
On State Collector Current	V <sub>CE</sub> =5V E <sub>e</sub> =0.1mW/cm <sup>2</sup>	I <sub>C(ON)</sub>		0.8		mA

Typical Optical-Electrical Characteristic Curves

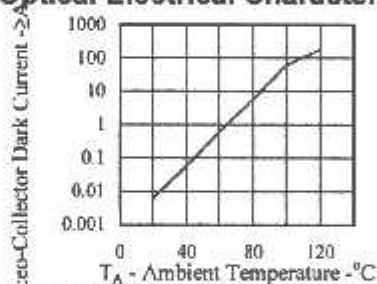


FIG.1 COLLECTOR DARK CURRENT

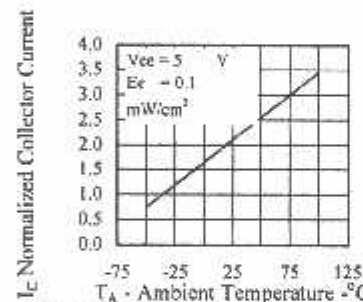


FIG.2 NORMALIZED COLLECTOR CURRENT

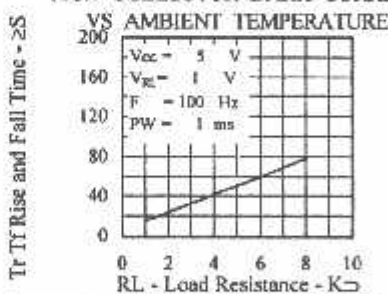


FIG.3 RISE AND FALL TIME VS LOAD RESISTANCE

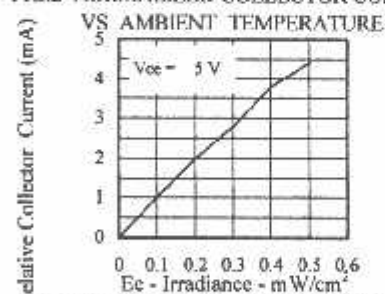


FIG.4 RELATIVE COLLECTOR CURRENT VS IRRADIANCE

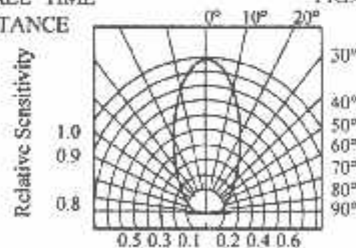


FIG.5 SENSITIVITY DIAGRAM

# FA MOSPEC

## COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

...designed for use in general-purpose amplifier and switching applications

### FEATURES:

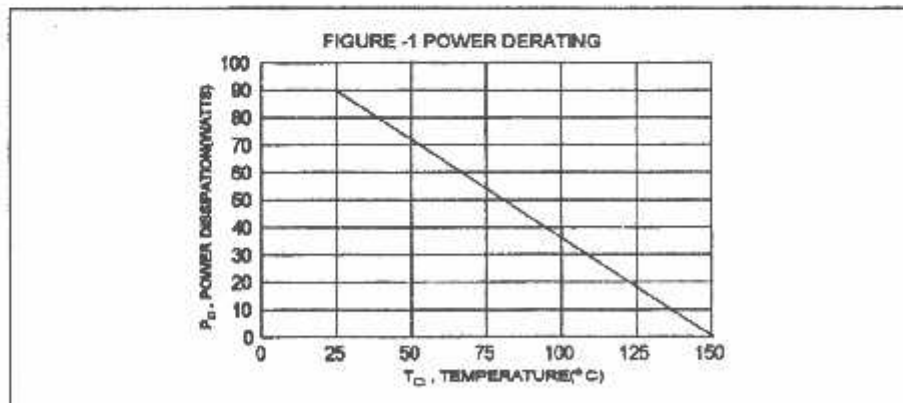
- \* Power Dissipation -  $P_D = 90W @ T_C = 25^\circ C$
- \* DC Current Gain  $hFE = 20 \sim 100 @ I_C = 4.0 A$
- \*  $V_{CE(sat)} = 1.1 V (Max.) @ I_C = 4.0 A, I_B = 400 mA$

### MAXIMUM RATINGS

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	60	V
Collector-Emitter Voltage	$V_{CER}$	70	V
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	100	V
Emitter-Base Voltage	$V_{EBO}$	7.0	V
Collector Current-Continuous	$I_C$	15	A
Base Current	$I_B$	7.0	A
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ C$ Derate above $25^\circ C$	$P_D$	90 0.72	W W/ $^\circ C$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{STG}$	-65 to +150	$^\circ C$

### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta jc}$	1.39	$^\circ C/W$

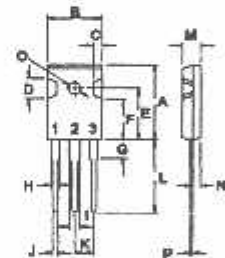


NPN      PNP  
TIP3055   TIP2955

15 AMPERE  
COMPLEMENTARY SILICON  
POWER TRANSISTORS  
60 VOLTS  
90 WATTS



TO-247(3P)



PIN 1: BASE  
2: COLLECTOR  
3: EMITTER

DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	20.83	22.38
B	15.38	18.20
C	1.90	2.70
D	5.10	8.10
E	14.81	15.22
F	11.72	12.84
G	4.20	4.50
H	1.82	2.48
I	2.62	3.23
J	0.89	1.53
K	5.28	5.66
L	18.50	21.50
M	4.68	5.36
N	2.40	2.80
O	3.25	3.85
P	0.55	0.70

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (  $T_c = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted )

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	------

## OFF CHARACTERISTICS

Collector - Emitter Sustaining Voltage (1) ( $I_C = 30\text{ mA}$ , $I_B = 0$ )	$V_{CE(sus)}$	60		V
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 70\text{ V}$ , $R_{SE} = 100\text{ ohm}$ )	$I_{CER}$		1.0	mA
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 30\text{ V}$ , $I_B = 0$ )	$I_{CEO}$		0.7	mA
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 100\text{ V}$ , $V_{BE(off)} = 1.5\text{ V}$ )	$I_{CEV}$		5.0	mA
Emitter Cutoff Current ( $V_{EB} = 7.0\text{ V}$ , $I_C = 0$ )	$I_{EBO}$		5.0	mA

## ON CHARACTERISTICS (1)

DC Current Gain ( $I_C = 4.0\text{ A}$ , $V_{CE} = 4.0\text{ V}$ ) ( $I_C = 10\text{ A}$ , $V_{CE} = 4.0\text{ V}$ )	$h_{FE}$	20 5.0	100	
Collector - Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 4.0\text{ A}$ , $I_B = 0.4\text{ A}$ ) ( $I_C = 10\text{ A}$ , $I_B = 3.3\text{ A}$ )	$V_{CE(sat)}$		1.1 3.0	V
Base - Emitter On Voltage ( $I_C = 4.0\text{ A}$ , $V_{CE} = 4.0\text{ V}$ )	$V_{BE(on)}$		1.8	V

## DYNAMIC CHARACTERISTICS

Current Gain - Bandwidth Product ( $I_C = 500\text{ mA}$ , $V_{CE} = 10\text{ V}$ , $f = 1.0\text{ MHz}$ )	$f_T$	2.5		MHz
Small-Signal Current Gain ( $I_C = 1.0\text{ A}$ , $V_{CE} = 4.0\text{ V}$ , $f = 1\text{ KHz}$ )	$h_{FE}$	15		

(1) Pulse Test: Pulse width =  $300\text{ }\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ (2)  $f_T = |h_{fe}| \cdot f_{mid}$

FIG-2 DC CURRENT GAIN

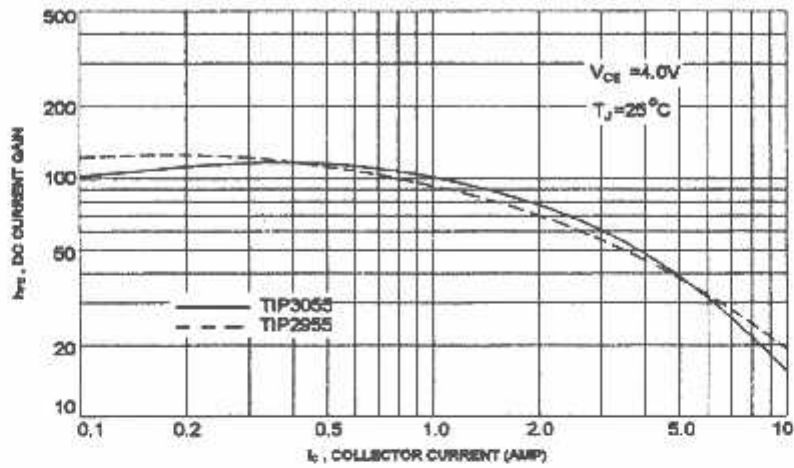
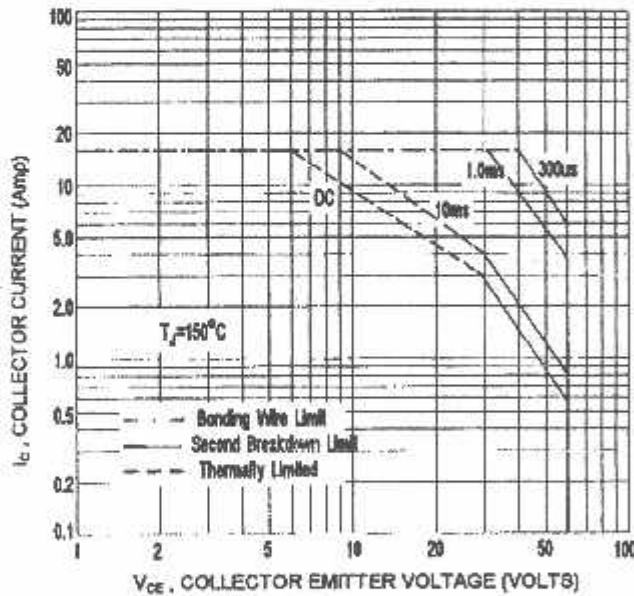


FIG-3 ACTIVE-REGION SAFE OPERATING AREA



There are two limitation on the power handling ability of a transistor: average junction temperature and second breakdown safe operating area curves indicate  $I_C$ - $V_{CE}$  limits of the transistor that must be observed for reliable operation i.e., the transistor must not be subjected to greater dissipation than curves indicate.

The data of FIG-3 is base on  $T_C = 150^\circ C$ ;  $T_{J(pk)}$  is variable depending on power level. second breakdown pulse limits are valid for duty cycles to 10% but must be derated for temperature.



# ULN2001A-ULN2002A ULN2003A-ULN2004A

## SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT

### DESCRIPTION

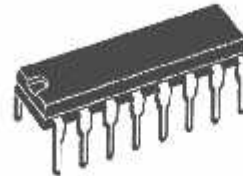
The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

The four versions interface to all common logic families:

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6-15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal print-heads and high power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.



DIP16

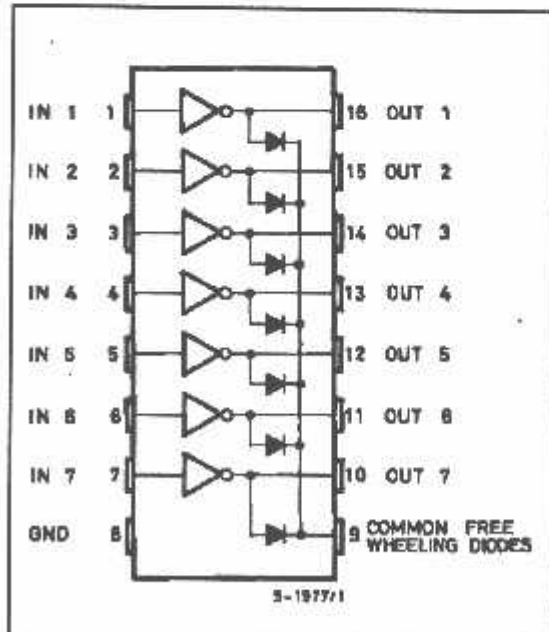
ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A



SO16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

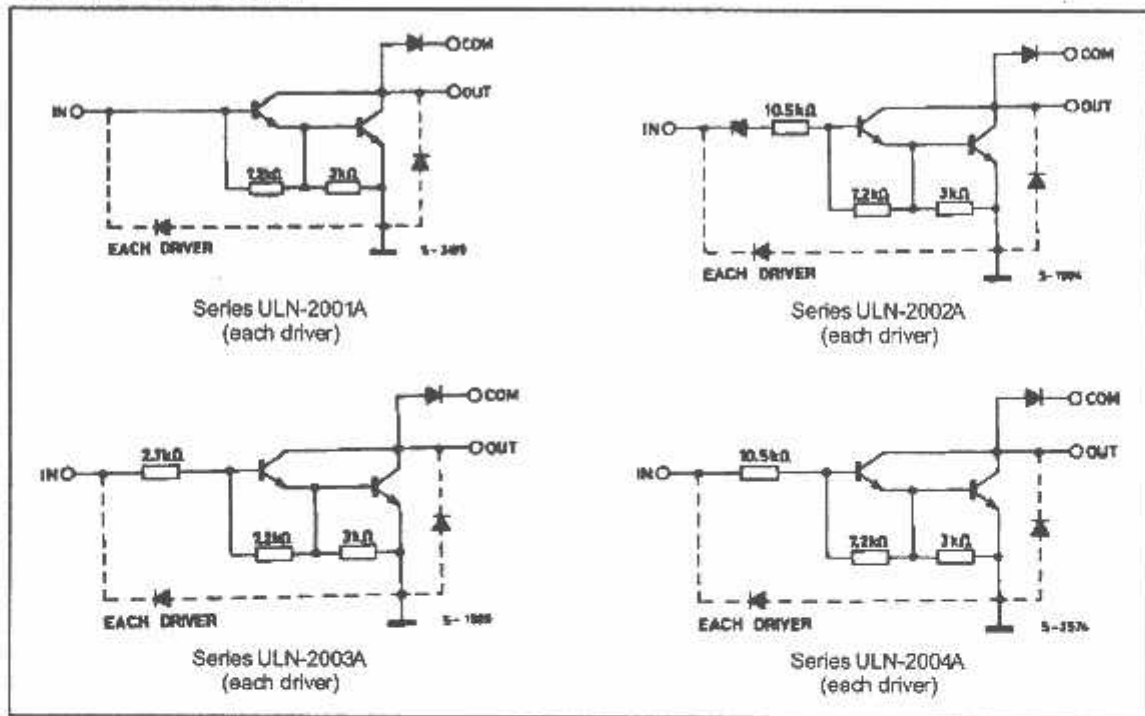
### PIN CONNECTION





ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_o$	Output Voltage	50	V
$V_{in}$	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
$I_c$	Continuous Collector Current	500	mA
$I_b$	Continuous Base Current	25	mA
$T_{amb}$	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
$T_{stg}$	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
$T_j$	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP16	SO16	Unit
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 70	100	°C/W

ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
$I_{CEX}$	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ , $V_{CE} = 50\text{V}$			50 100	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$	1a 1a
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ for ULN2002A $V_{CE} = 50\text{V}$ , $V_I = 6\text{V}$			500	$\mu\text{A}$	1b
		for ULN2004A $V_{CE} = 50\text{V}$ , $V_I = 1\text{V}$			500	$\mu\text{A}$	1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 100\text{mA}$ , $I_B = 250\mu\text{A}$		0.9	1.1	V	2
		$I_C = 200\text{mA}$ , $I_B = 350\mu\text{A}$		1.1	1.3	V	2
		$I_C = 350\text{mA}$ , $I_B = 500\mu\text{A}$		1.3	1.6	V	2
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2002A, $V_I = 17\text{V}$		0.82	1.25	mA	3
		for ULN2003A, $V_I = 3.85\text{V}$		0.93	1.35	mA	3
		for ULN2004A, $V_I = 5\text{V}$		0.35	0.5	mA	3
		$V_I = 12\text{V}$		1	1.45	mA	3
$I_{i(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ , $I_C = 500\mu\text{A}$	50	65		$\mu\text{A}$	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}$ for ULN2002A $I_C = 300\text{mA}$			13	V	5
		for ULN2003A $I_C = 200\text{mA}$			2.4		
		$I_C = 250\text{mA}$			2.7		
		$I_C = 300\text{mA}$			3		
		for ULN2004A $I_C = 125\text{mA}$			5		
		$I_C = 200\text{mA}$			6		
		$I_C = 275\text{mA}$			7		
		$I_C = 350\text{mA}$			8		
$h_{FE}$	DC Forward Current Gain	for ULN2001A $V_{CE} = 2\text{V}$ , $I_C = 350\text{mA}$	1000				2
$C_I$	Input Capacitance			15	25	pF	
$t_{PLH}$	Turn-on Delay Time	$0.5 V_I$ to $0.5 V_O$		0.25	1	$\mu\text{s}$	
$t_{PHL}$	Turn-off Delay Time	$0.5 V_I$ to $0.5 V_O$		0.25	1	$\mu\text{s}$	
$I_R$	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ , $V_R = 50\text{V}$			50 100	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$	6 6
		$I_F = 350\text{mA}$		1.7	2	V	7

## DM7408 Quad 2-Input AND Gates

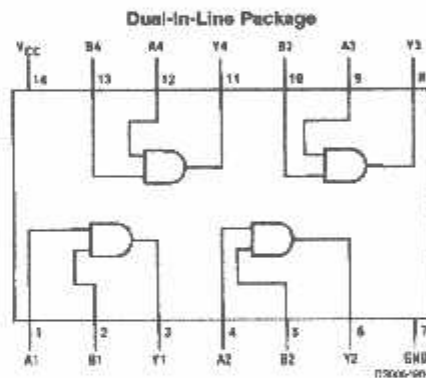
### General Description

This device contains four independent gates each of which performs the logic AND function.

### Features

- Alternate Military/Aerospace device (5408) is available. Contact a Fairchild Semiconductor Sales Office/Distributor for specifications.

### Connection Diagram



Order Number 5408DMQB, 5408FMQB, DM5408J, DM5408W or DM7408N  
See Package Number J14A, N14A or W14B

### Function Table

$$Y = AB$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

H = High Logic Level  
L = Low Logic Level

### Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Supply Voltage	7V	DM54 and 54	-55°C to +125°C
Input Voltage	5.5V	DM74	0°C to +70°C
Operating Free Air Temperature Range		Storage Temperature Range	-85°C to +150°C

### Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM5408			DM7408			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
$V_{CC}$	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
$V_{IH}$	High Level Input Voltage	2			2			V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage			0.8			0.8	V
$I_{OH}$	High Level Output Current			-0.8			-0.8	mA
$I_{OL}$	Low Level Output Current			16			16	mA
$T_A$	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

### Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
$V_I$	Input Clamp Voltage	$V_{CC} = \text{Min}$ , $I_I = -12 \text{ mA}$			-1.5	V
$V_{OH}$	High Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}$ , $I_{OH} = \text{Max}$ $V_L = \text{Max}$	2.4	3.4		V
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}$ , $I_{OL} = \text{Max}$ $V_{IH} = \text{Min}$		0.2	0.4	V
$I_I$	Input Current @ Max Input Voltage	$V_{CC} = \text{Max}$ , $V_I = 5.5 \text{ V}$			1	mA
$I_{IH}$	High Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}$ , $V_I = 2.4 \text{ V}$			40	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	Low Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}$ , $V_I = 0.4 \text{ V}$			-1.6	mA
$I_{OS}$	Short Circuit Output Current	$V_{CC} = \text{Max}$ (Note 3)	DM54 -20 DM74 -18		55 -55	mA
$I_{OCH}$	Supply Current with Outputs High	$V_{CC} = \text{Max}$		11	21	mA
$I_{OCL}$	Supply Current with Outputs Low	$V_{CC} = \text{Max}$		20	33	mA

### Switching Characteristics

at  $V_{CC} = 5 \text{ V}$  and  $T_A = 25^\circ\text{C}$  (See Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Units
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time Low to High Level Output	$C_L = 15 \text{ pF}$ $R_L = 400\Omega$		27	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time High to Low Level Output			19	ns

Note 2: All typicals are at  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time.