

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



**SISTEM KEAMANAN BERKENDARAAN DENGAN
MEMANFAATKAN GARIS TENGAH DAN GARIS PINGGIR
JALAN BERBASISKAN MIKROKONTROLLER AT89C51**

SKRIPSI

**Disusun Oleh :
SANI BUDI YUNIAR
9917119**



SEPTEMBER 2005

LEMBAR PERSETUJUAN

SISTEM KEAMANAN BERKENDARAAN DENGAN MEMANFAATKAN GARIS TENGAH DAN GARIS PINGGIR JALAN BERBASISKAN MIKROKONTROLLER AT89C51

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

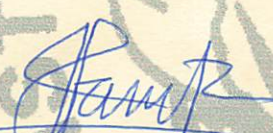
SANI BUDI YUNIAR

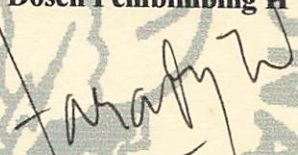
9917119

Malang, September 2005

**Disetujui
Dosen Pembimbing I**

**Disetujui
Dosen Pembimbing II**


Ir. M. Luqman, MS


Irmalia Suryani Faradisa, ST
NIP.Y. 1030100365


**Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1**

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

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2005**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : Sani Budi Yuniar
NIM : 99.17.119
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : System Keamanan Berkendaraan Dengan Memanfaatkan
Garis Tengah Dan Garis Pinggir Jalan Berbasiskan
Mikrokontroler AT89C51

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

Hari : Jumat
Tanggal : 07 Oktober 2005
Nilai : 80,4



Ketua
Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP. Y. 1018100036

Panitia Ujia Skripsi

Sekretaris

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

Anggota Penguji

Penguji Pertama

Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. Y. 1039800324

Penguji Kedua

M. Ibrahim Ashari, ST

LEMBAR PERSEMBAHAN

Ayahanda and Ibunda

atau Sayangnya

Keluargaku Terdinta

Ayah, Ibu (Umarhamah) Alhamdulillah Leni Budi Lunarianti terima kasih atas doa dan semangat yang hada hentinya yang selalu tercurah untukku

Special Fank's

Yang tersayang Maya Tias Kaisy makasih atas cinta doa and kasih sayangn kamu selalu memberikan yang terbaik serta selalu pengertian aka, aku selalu sayang kamu.

Kepada Pak Luqman, Ibu Irma, sebagai dosen pembimbing makasih tel, membimbing saya dengan sabar

Temen-temen Elka 3-4 99 HIN selama 5,5 tahun bersama sama belajar dikampus tercinta (Bakhamat, Aedi, Andi (Cooler), serta teman-teman dan Akper UMM Erval, Dedi, abak-abak kos 390 dan Hummi - alumni Elka 3 99 HIN makasih atas doa dan dorongan semangat kepada saya..... So nggak bisa menyebutin semua) I Love You All.

Temen-temen seperjuangan ngeginin skripsi (Dofir, Zadi, Budi (broden), miki, emon, arif (moncerot), Khafis, Imam, dodi.....and yang semuanya).

Wahid Huda Technology

ABSTRAKSI

SISTEM KEAMANAN BERKENDARAAN DENGAN MEMANFAATKAN GARIS TENGAH DAN GARIS PINGGIR JALAN BERBASISKAN MIKROKONTROLLER AT89C51

(Sani Budi Yuniar, 9917119, Teknik Elektro/Teknik Elektronika S-1)
(Dosen Pembimbing : Ir. M.Lukman,MS dan Irmalia Suryani Faradisa,ST)

Di dalam tugas akhir ini, dibahas tentang sistem keamanan berkendara dengan memanfaatkan garis tengah dan garis pinggir jalan berbasis mikrokontroler AT89C51. Sensor infra merah digunakan sebagai pendeteksi garis putih pada jalan. Apabila sensor infra merah mendeteksi garis putih pada jalan maka akan diteruskan ke mikrokontroler.

Fitur

Alat ini berfungsi sebagai peringatan jika :

1. Kecepatan lebih dari 50 km/jam dan mendeteksi marka jalan maka system akan aktif, yaitu mengaktifkan buzzer dan motor sebagai penggetar pada kursi pengemudi.
2. Dalam posisi kendaraan belok tidak berpengaruh terhadap system (tidak aktif).

Spesifikasi Alat

1. LED Neon dan LDR sebagai sensor pendeteksi marka jalan (garis putih)
2. LED dan LDR Mempunyai kemampuan membaca garis putih dengan jarak ± 1 cm.
3. Buzzer serta Motor dc digunakan sebagai tanda dan alarm bila kendaraan melewati marka jalan.
4. Battery 9 Volt.
5. Sistem dengan panjang 35 cm x lebar 10 cm x 8 cm

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat Rahmat dan karunia-Nya disertai segala cobaan dan rintangan serta keterbatasan waktu, yang semua itu penulis menganggap sebagai tantangan dan rintangan yang harus terjawab akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul :

“ SISTEM KEAMANAN BERKENDARAAN DENGAN MEMANFAATKAN GARIS TENGAH DAN GARIS PINGGIR JALAN BERBASISKAN MIKROKONTROLLER AT89C51 “

Tujuan penulisan Skripsi ini antara lain untuk memenuhi persyaratan mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro S1, Konsentrasi Teknik Elektronika, di Institut Teknologi Nasional Malang.

Sehubungan dengan itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSME, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. I Made wartana, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F.Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu Ir. Mimien Mustikawati selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S-1 Program Studi Teknik Elektronika Institut Teknologi Nasional Malang.

5. Bapak Ir. M.Luqman, MS selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah banyak meluangkan waktu, arahan dan juga tuntunan yang progresif dalam penyusunan skripsi ini sampai selesai.
6. Ibu Irmalia Suryani Faradisa, ST selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah banyak meluangkan waktu, arahan dan juga tuntunan yang progresif dalam penyusunan skripsi ini sampai selesai.
7. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bekal ilmu selama penulis kuliah di ITN Malang.

Akhir kata penulis mohon maaf sebesar-besarnya bila ada kata-kata atau kesalahan dalam penulisan laporan ini tentunya tanpa ada unsur kesengajaan dari penulis. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca dan harapan saya semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua . "Amin".

Malang, September 2005

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
 BAB I: PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Metodologi Perencanaan.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
 BAB II : DASAR TEORI	
2.1. Mikrokontroler AT89C51	5
2.1.1. Pendahuluan.....	5
2.1.2. Perangkat keras Mikrokontroler AT89C51	6
2.1.3. Konfigurasi Pin-Pin Mikrokontroler AT89C51.....	8

2.1.4.	Organisasi Memory.....	11
2.1.5.	SFR (Special Function Register)	12
2.1.6.	Sistem interupsi.....	15
2.2.	LED (light emitting dioda).....	16
2.3.	LDR.....	19
2.4.	Penguat Op-Amp	20
2.5.	Transistor Sebagai Switching	28
2.6.	Relay	30
2.7.	Motor Arus Searah (Motor DC).....	34
2.8.	Buzzer	35
2.9.	Optocoupler.....	36

BAB III : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1.	Perancangan Perangkat Keras.....	36
3.1.1	Diagram Blok.....	36
3.1.2	Prinsip Kerja Alat	37
3.1.3	Rangkaian Pendeteksi Garis Tengah Pada Jalan	38
3.1.4	Rangkaian Pendeteksi Kecepatan Kendaraan	39
3.1.5	Perancangan Driver Relay Motor	43
3.1.6	Perancangan Driver Buzzer	45
3.1.7	Sistem Mikrokontroler.....	46
3.1.7.1.	Mikrokontroler AT89C51	47
3.1.7.2.	Rangkaian Clock.....	47

3.1.7.3. Rangkaian Reset.....	48
3.2. Perancangan Perangkat Lunak.....	50

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1. Pendahuluan.....	52
4.2. Pengujian Pendeteksi Garis putih Pada Jalan	52
4.3. Pengujian Optocoupler.....	55
4.4. Pengujian Rangkaian Sistem Mikrokontroller.....	56
4.5. Pengujian Rangkaian Relay	59
4.6. Pengujian rangkaian Driver	60
4.7. Pengujian Keseluruhan Sistem	65

BAB V : PENUTUP

5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Blok Diagram Mikrokontroler AT89C51	7
Gambar 2.2. Pin-Pin AT89S51	8
Gambar 2.3. Rangkaian Power On Reset.....	11
Gambar 2.4. Bentuk pola radiasi led	18
Gambar 2.5. Bentuk pola radiasi led di pasaran	19
Gambar 2.6. LDR.....	19
Gambar 2.7. Simbol Op-Amp.....	20
Gambar 2.8 Rangkaian Penguat Pembalik.....	21
Gambar 2.9. Rangkaian Penguat Tak Membalik	23
Gambar 2.10. Rangkaian Pengikut Tegangan.....	25
Gambar 2.11. Rangkaian Penguat Differensial.....	26
Gambar 2.12. Komparator	27
Gambar 2.13 Rangkaian Switching Transistor	29
Gambar 2.14 Karakteristik I_C - V_{CE} Transistor Bipolar.....	29
Gambar 2.15. Relay SPST	33
Gambar 2.16. Relay SPDT.....	33
Gambar 2.17. Relay DPST.....	33
Gambar 2.18. Relay DPDT	34
Gambar 2.19 Prinsip kerja motor DC	35
Gambar 2.20 Simbol buzzer	36

Gambar 2.21. Simbol Optocoupler	36
Gambar 3.1 Gambar rencana penempatan sensor.....	38
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem.....	39
Gambar 3.3 Rangkaian Pendeteksi Garis Tengah Pada Jalan Raya	41
Gambar 3.4 Rangkaian Optocoupler.....	42
Gambar 3.5 Gambar piringan optocoupler	43
Gambar 3.6 Rangkaian <i>Driver motor</i>	46
Gambar 3.10. Rangkaian Reset.....	47
Gambar 3.8. Rangkaian <i>Mikrokontroler</i> AT89C51	48
Gambar 3.9. Rangkaian Clock minimum system	50
Gambar 3.7. Rangkaian <i>Driver Buzzer</i>	51
Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Pendeteksi Garis	53
Gambar 4.2. Prosedur Pengujian Optocoupler	57
Gambar 4.3 Diagram Blok Pengujian Mikrokontroller	59
Gambar 4.4. Pengujian Rangkaian <i>Driver</i>	62
Gambar 4.5. Rangkaian Keseluruhan	66

Gambar 3.21. Simbol Optocoupler.....	30
Gambar 3.1 Gambar rencana penempatan sensor.....	38
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem.....	39
Gambar 3.3 Rangkaian Pendeteksi Garis Tengah Pada Jalan Raya.....	41
Gambar 3.4 Rangkaian Optocoupler.....	43
Gambar 3.5 Gambar piringan optocoupler.....	43
Gambar 3.6 Rangkaian Driver motor.....	46
Gambar 3.10. Rangkaian Reset.....	47
Gambar 3.8. Rangkaian Mikrokontroler AT89C51.....	48
Gambar 3.9. Rangkaian Clock minimum system.....	50
Gambar 3.7. Rangkaian Driver Buzzer.....	51
Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Pendeteksi Garis.....	53
Gambar 4.2. Prosedur Pengujian Optocoupler.....	57
Gambar 4.3. Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler.....	59
Gambar 4.4. Pengujian Rangkaian Driver.....	63
Gambar 4.5. Rangkaian Keseluruhan.....	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Fungsi Khusus Pada Port 3	9
Tabel 2.2 Special Function Register	12
Tabel 2.3 Alamat Sumber Interupsi	16
Tabel 2.4 Pengaruh Posisi Sumber Cahaya X terhadap jari-jari r	18
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pendeteksi Garis putih.....	55
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pendeteksi warna hitam.....	56
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Optocoupler.....	57
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroller	59
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Relay.....	61
Tabel 4.6 Data Hasil Pengukuran Arus Basis (I_b) dan Arus Kolektor (I_c) Pada Rangkaian Driver	63
Tabel 4.7 Data Hasil Perhitungan dan Pengukuran Arus Basis (I_b) Pada Rangkaian Driver	64
Tabel 4.8 Data hasil Perhitungan Dan Pengukuran Arus Kolektor (I_c) Pada Rangkaian Driver.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia elektronika saat ini semakin pesat. Hampir seluruh aspek kehidupan manusia berhubungan dengan elektronika. Pekerjaan yang dahulu harus dilakukan oleh manusia kini mulai digantikan dengan sistem elektronik. Perkembangan – perkembangan seperti ini secara tidak langsung telah merubah pola hidup manusia.

Untuk masyarakat modern, transportasi cepat, tepat, dan aman udah merupakan suatu kebutuhan. Transportasi yang ada tidak selalu aman, sering sekali diberitakan terjadinya kecelakaan yang melibatkan kendaraan – kendaraan umum ataupun pribadi dan tidak jarang berakibat fatal terutama bila peristiwanya terjadi di jalan Tol, dimana kendaraan pada umumnya melaju dengan kecepatan tinggi. Di jalan Tol misalnya, keadaan jalan yang mulus lurus tanpa banyak *variasi* tikungan sering menimbulkan rasa bosan dan kantuk dalam mengemudi sehingga membuat para pengemudi menjadi kurang waspada. Menurut data statistik kecelakaan – kecelakaan sebagian besar disebabkan oleh faktor *human error*.

Pada perancangan dan pembuatan sistem keamanan ini akan diaplikasikan pada kendaraan roda empat yang sering mngalami kecelakaan akibat *human error*, sehingga diharapkan dengan adanya alat ini akan memperkecil dampak kecelakaan yang terjadi akibat *human error*.

1.2. Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang ada maka rumusan masalah dapat ditekankan pada:

- 1). Bagaimana membuat unit masukan berupa sensor yang akan mengaktifkan sistem bila sensor mengenai garis tengah dan pinggir jalan raya.
- 2). Bagaimana merencanakan dan membuat perangkat keras dengan menggunakan mikrokontroler AT89C51.
- 3). Bagaimana merencanakan dan membuat perangkat lunak yang dapat mengendalikan sistem.

1.3. Batasan Masalah

Dalam batasan masalah ini, permasalahan yang akan dibahas meliputi:

1. Mikrokontroler AT89C51 sebagai pengendali utama sistem.
2. Sensor yang dipakai untuk mendeteksi garis menggunakan Infra merah.
3. Menggunakan jalan raya yang perawatan rambu – rambu lalu lintasnya terjaga seperti pada jalan Tol.
4. Tidak membahas jenis kendaraan yang dipakai.

1.4. Tujuan

Tujuan pokok dari penulisan ini adalah merancang dan merealisasikan peralatan elektronika yang dapat digunakan sebagai sistem keamanan dalam berkendara di jalan.

1.5. Metodologi

Adapun langkah – langkah yang diambil untuk menyelesaikan perubahan teoritis pada perencanaan dan pembuatan sistem keamanan berkendara dengan memanfaatkan garis tengah dan pinggir jalan raya berbasis mikrokontroler AT89C51 adalah:

1. Studi literatur tentang teori sistem kontrol menggunakan mikrokontroler secara umum, kemudian mempelajari teori mikrokontroler.
2. Setelah melakukan pengumpulan literatur, maka dilakukan perencanaan perangkat keras dan lunak.
3. Pengujian terhadap peralatan serta pengukuran data hasil pemantauan peralatan.
4. Penyusunan laporan tugas akhir.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini dibagi menjadi 5 bab yaitu sebagai berikut:

- Bab I** : PENDAHULUAN
Menjelaskan tentang latar belakang permasalahan, rumusan dan ruang lingkup masalah, serta tujuan, metodologi dan sistematika penulisan.
- Bab II** : LANDASAN TEORI
Membahas teori beserta pustaka yang relevan dan menunjang perancangan dan pembuatan rangkaian yang digunakan.
- Bab III** : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT
Membahas perancangan dan pembuatan perangkat keras dan

perangkat lunak pada sistem keamanan berkendara.

Bab IV : PENGUJIAN ALAT

Membahas tentang pengujian – pengujian terhadap sistem yang telah dibuat.

Bab V : PENUTUP

Merupakan bagian – bagian penutup yang berisi kesimpulan dan saran yang bermanfaat bagi pengembangan lebih lanjut

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Mikrokontroler AT89C51

2.1.1. Pendahuluan

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

Mikrokontroler AT89C51 adalah mikrokontroler ATMEL yang kompatibel penuh dengan mikrokontroler keluarga MCS – 51, membutuhkan daya rendah, memiliki performance yang tinggi dan merupakan mikrokomputer 8 bit yang dilengkapi 4 Kbyte EEPROM (*Electrical Erasable and Programmable Read Only Memory*) dan 128 Byte RAM internal. Program memory dapat diprogram berulang – ulang atau dengan menggunakan Programmer Nonvolatile Memory.

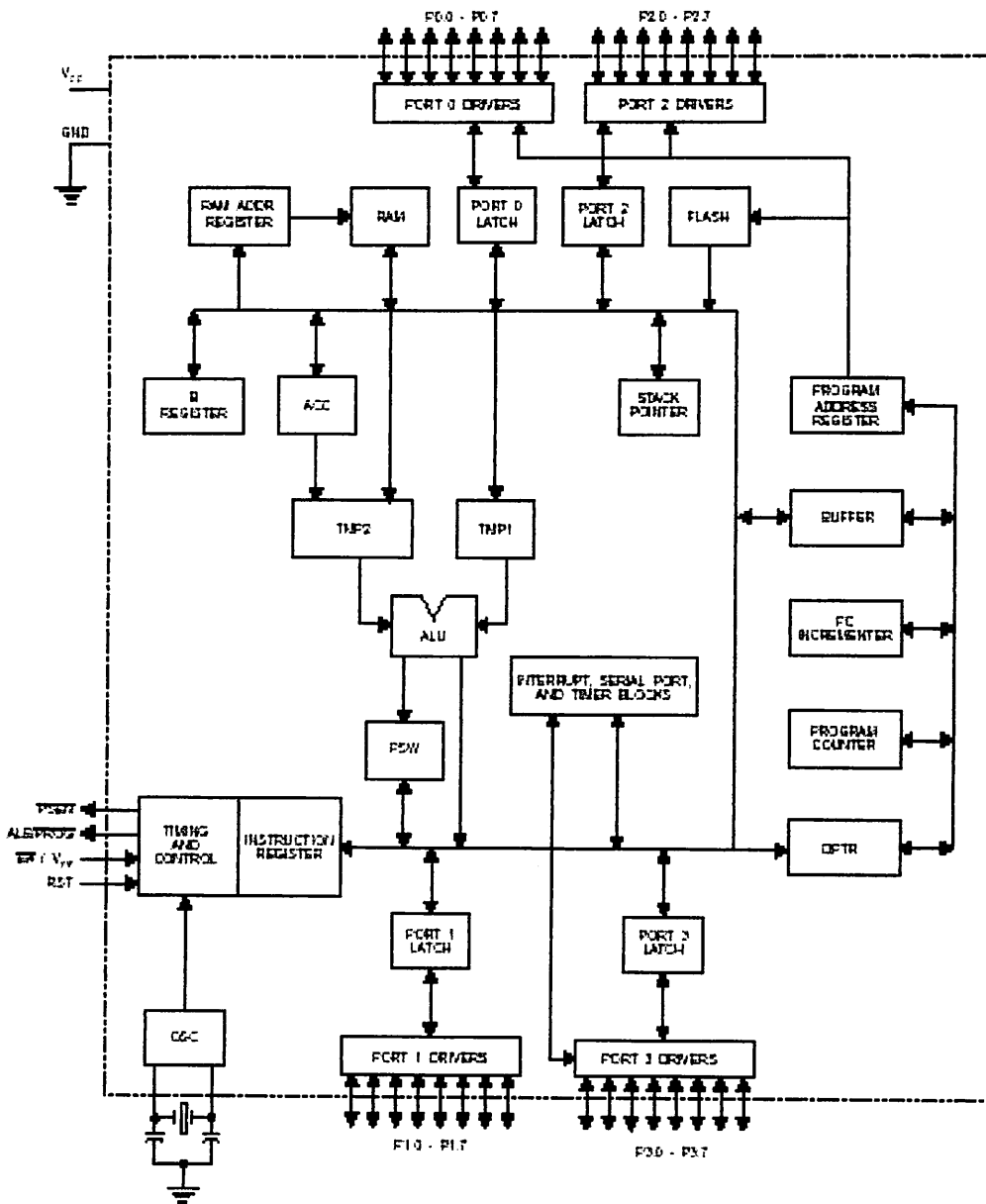
Dalam sistem mikrokontroler terdapat dua hal yang mendasar, yaitu: perangkat lunak dan perangkat keras yang keduanya saling terkait dan mendukung.

2.1.2. Perangkat keras mikrokontroler AT89C51

Secara umum Mikrokontroler AT89C51 memiliki :

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

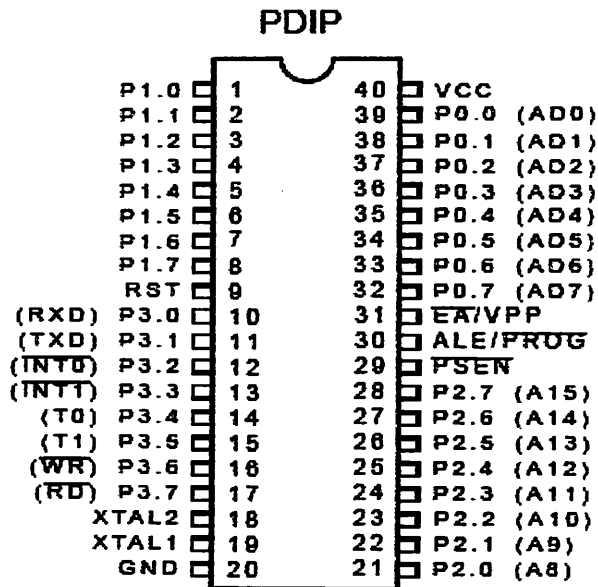
Dengan keistimewaan diatas pembuatan alat menggunakan AT89C51 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Adapun Blok Diagram dari Mikrokontroler AT89C51 adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1. Blok Diagram Mikrokontroler AT89C51 ¹⁾

2.1.3. Konfigurasi Pin-Pin Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 terdiri dari 40 pin dengan konfigurasi sebagai berikut:



Gambar 2.2. Konfigurasi Pin-Pin AT89C51 ¹⁾

Fungsi tiap pin-nya adalah sebagai berikut :

1. **GND** pin 20

Dihubungkan dengan Ground Rangkaian.

2. **VCC** pin 40

Dihubungkan dengan sumber tegangan +5V.

3. **Port 0** pin 32-39

Port 0 (P0.0 – P0.7) merupakan port I/O 8 bit dua arah. Port ini digunakan sebagai multipleks bus alamat rendah (A0 – A7) dan bus data selama pengaksesan ke memori eksternal.

4. **Port 1** pin 1-8

Port 1 (P1.0 – P1.7) Merupakan port input – output dua arah dengan *pull-up*. Port ini berfungsi sebagai input atau output dan bekerja baik untuk operasi bit maupun byte, tergantung dari pengaturan software.

5. **Port 2** pin 21-28

Port 2 (P2.0 – P2.7) Merupakan input – output dua arah dengan *pull-up*. Port 2 mengeluarkan *high order address byte* selama pengambilan (*fetch*) program memori eksternal dan selama mengakses data memori eksternal. Port 2 juga menerima *high order address bit* dan beberapa sinyal kontrol selama pemrograman dan verifikasi.

6. **Port 3** pin 10-17

Port 3 (P3.0 – P3.7) Merupakan port input-output dengan internal pull-up, dimana Port 3 juga memiliki fungsi khusus dan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.1.

Fungsi Khusus Pada Port 3 ¹⁾

Pin Port	Fungsi Khusus
Port 3.0	RxD (Port masukan serial)
Port 3.1	TxD (Port keluaran Serial)
Port 3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (Masukan Interupsi Eksternal 0)
Port 3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (Masukan Interupsi Eksternal 1)
Port 3.4	T0 (masukan pewaktu eksternal 0)

Port 3.5	T1 (masukan pewaktu eksternal 1)
Port 3.6	\overline{WR} (sinyal tulis memori data eksternal)
Port 3.7	\overline{RW} (sinyal baca memori data eksternal)

7. **RST (Reset), pin 9**

Input Reset merupakan reset master untuk AT89C51.

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

Digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan intruksi.

9. **PSEN (Program Strobe Enable), pin 29**

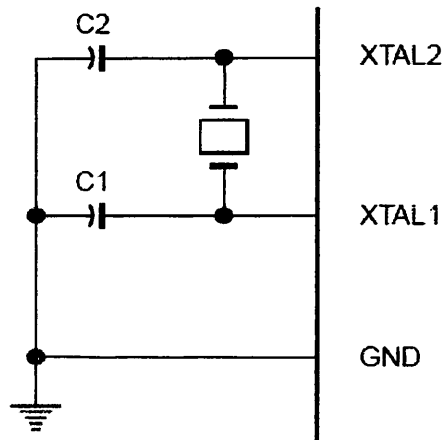
Merupakan sinyal pengontrol yang memperbolehkan program memori eksternal masuk kedalam bus.

10. **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.

11. **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.



Gambar 2.3. Osilator Eksternal AT89C51¹⁾

2.1.4. Organisasi Memory

Organisasi memori pada mikrokontroler AT89C51 dapat dibagi menjadi dua bagian besar yaitu memori program dan memori data. Pembagian tersebut didasarkan atas fungsi dari penyimpanan data maupun program. Memori program digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi yang akan dijalankan oleh mikrokontroler, sedangkan memori data digunakan sebagai tempat yang sedang diolah mikrokontroler.

Program mikrokontroler disimpan dalam memori program berupa ROM. Mikrokontroler 89C51 dilengkapi dengan ROM internal, sehingga untuk menyimpan program tidak digunakan ROM eksternal yang terpisah dari mikrokontroler. Agar tidak menggunakan memori program eksternal, penyemat/EA dihubungkan dengan Vcc (logika 1).

Memori program mikrokontroler menggunakan alamat 16 bit mulai 0000_H-0FFF_H, sehingga kapasitas penyimpanan program maksimal adalah 4Kb. Sinyal

$\overline{\text{PSEN}}$ (*Program Store Enable*) tidak digunakan jika digunakan memori program internal.

Selain program mikrokontroler 89C51 juga memiliki data internal 128 *byte* dan mampu mengakses memori data eksternal sebesar 64 Kb. Semua memori data internal dapat dialamatkan dengan data langsung atau tidak langsung. Ciri dari pengalamatan langsung adalah *operand* adalah alamat *register* yang berisi alamat data yang akan diolah. Sebagian memori tersebut dapat dialamatkan dengan pengalamatan register, dan sebagian lagi dapat dialamatkan dengan memori satu bit. Untuk membaca data digunakan sinyal $\overline{\text{RD}}$ sedangkan untuk menulis digunakan sinyal $\overline{\text{WR}}$.

2.1.5. SFR (Special Function Register)

Register Fungsi Khusus (*Special Function Register*) terletak pada 128 *byte* bagian atas memori data internal dan berisi register-register untuk pelayanan latch port, timer, program status words, control peripheral dan sebagainya. Alamat register fungsi khusus ditunjukkan pada tabel 2-2

Tabel 2.2.

Special Function Register ²⁾

Simbol	Nama Register	Alamat
ACC	Accumulator	E0 _H
B	Register B	F0 _H
PSW	Program Status Word	D0 _H
SP	Stack Pointer	81 _H

DPTR	Data Pointer 2 Byte	
DPL	Bit rendah	82 _H
DPH	Bit Tinggi	83 _H
P0	Port 0	80 _H
P1	Port 1	90 _H
P2	Port 2	A0 _H
P3	Port 3	B0 _H
IP	Interupt Periority Control	D8 _H
IE	Interupt Enable Control	A8 _H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89 _H
TCON	Timer/Counter Control	88 _H
TH0	Timer/Counter 0 High Control	8C _H
TL0	Timer/Counter 0 Low Control	8A _H
TH1	Timer/Counter 1 High Control	8D _H
TL1	Timer/Counter 1 Low Control	8B _H
SCON	Serial Control	98 _H
SBUF	Serial Data Buffer	99 _H
PCON	Power Control	87 _H

Beberapa macam register fungsi khusus yang sering digunakan adalah sebagai berikut ini :

- *Accumulator* (ACC) merupakan register untuk penambahan dan pengurangan. Perintah *mnemonic* untuk mengakses akumulator disederhanakan sebagai A.
- *Register B* merupakan register khusus yang berfungsi melayani operasi perkalian dan pembagian.
- *Stack Pointer* (SP) merupakan register 8 bit yang dapat diletakkan di alamat manapun pada RAM internal.
- *Data Pointer* (DPTR) terdiri dari dua register, yaitu untuk byte tinggi (Data Pointer High, DPH) dan byte rendah (Data Pointer Low, DPL) yang berfungsi untuk mengunci alamat 16 bit.
- *Port 0* sampai *Port 3* merupakan register yang berfungsi untuk membaca dan mengeluarkan data pada port 0, 1, 2, 3. Masing-masing register ini dapat dialamati per-byte maupun per-bit.
- *Control Register* terdiri dari register yang mempunyai fungsi kontrol. Untuk mengontrol sistem interupsi, terdapat dua register khusus, yaitu register IP (*Interrupt Priority*) dan register IE (*Interrupt Enable*). Untuk mengontrol pelayanan timer/counter terdapat register khusus, yaitu register TCON (*timer/counter control*) serta pelayanan port serial menggunakan register SCON (*Serial Port Control*).

2.1.6. Sistem Interupsi

Mikrokontroler AT89C51 mempunyai 5 buah sumber interupsi yang dapat membangkitkan permintaan interupsi, yaitu INT0, INT1, T1, T2 dan Port Serial.

Saat terjadinya interupsi mikrokontroler secara otomatis akan menuju ke subrutin pada alamat tersebut. Setelah interupsi selesai dikerjakan, mikrokontroler akan mengerjakan program semula. Tiap-tiap sumber interupsi dapat enable atau disable secara software.

Tingkat prioritas semua sumber *interrupt* dapat diprogram sendiri-sendiri dengan *set* atau *clear* bit pada (*Interrupt Priority*). Jika dua permintaan interupsi dengan tingkat prioritas yang berbeda diterima secara bersamaan, permintaan interupsi dengan prioritas tertinggi yang akan dilayani. Jika permintaan interupsi dengan prioritas yang sama diterima bersamaan, akan dilakukan polling untuk menentukan mana yang akan dilayani. Bit-bit pada IP adalah sebagai berikut:

-	-	-	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
---	---	---	----	-----	-----	-----	-----

Priority bit = 1 menandakan prioritas tinggi

Priority bit = 0 menandakan prioritas rendah

Simbol	Posisi	Fungsi
-	IP.7	Kosong
-	IP.6	Kosong
-	IP.5	Kosong
PS	IP.4	Bit prioritas interupsi port serial

PT1	IP.3	Bit prioritas interupsi Timer 1
PX1	IP.2	Bit prioritas interupsi $\overline{INT1}$
PT0	IP.1	Bit prioritas interupsi Timer 0
PX0	IP.0	Bit prioritas interupsi $\overline{INT0}$

Tabel 2.3.

Alamat Sumber Interupsi ²⁾

Sumber interupsi	Alamat Awal
Interupt Luar 0 (INT 0)	03 _H
Pewaktu / pencacah 0 (T0)	0B _H
Interupt Luar 1 (INT 0)	13 _H
Pewaktu / pencacah 0 (T0)	1B _H
Port Serial	23 _H

2.2. LED (Light Emiting Dioda)

Keluaran cahaya LED bervariasi dengan jenis chip, encapsulation, efisiensi dan variabel yang lain. Beberapa LED pabrikan menggunakan terminologi seperti "super-bright," dan "ultra-bright" untuk menguraikan intensitas LED. Jumlah cahaya yang dipancarkan dari suatu LED terukur oleh titik tunggal, on-axis nilai intensitas cahaya (I_v). LED intensitas ditetapkan dalam kaitan dengan millicandela (mcd). Intensitas cahaya adalah sebanding dengan sejumlah arus yang disediakan LDR. Semakin besar arusnya, lebih tinggi intensitasnya. Tentu

saja, ada batas disain secara umum, LED memiliki arus sebesar 20 milliamps (mA).

Spektrum frekuensi cahaya secara umum dibagi menjadi tiga bagian yaitu [Wilson & Hawkes,1989:2]:

- a. Inframerah, mempunyai panjang gelombang 0,3 mm–0,7 μm .
- b. Cahaya tampak, mempunyai panjang gelombang 0,7 μm – 0,4 μm .
- c. *Ultra Violet*, mempunyai panjang gelombang 0,4 μm – 0,03 μm .

Gelombang elektromagnetik merupakan penyusun dari cahaya yang berada dalam spektrum elektromagnetik yang mempunyai jangkauan sangat lebar. Pada jarak yang sama, seluruh spektrum elektromagnetik tersebut mempunyai kecepatan yang sama tetapi frekuensinya berbeda sesuai dengan panjang gelombangnya

Dalam hal ini berlaku:

$$e = \lambda \cdot f$$

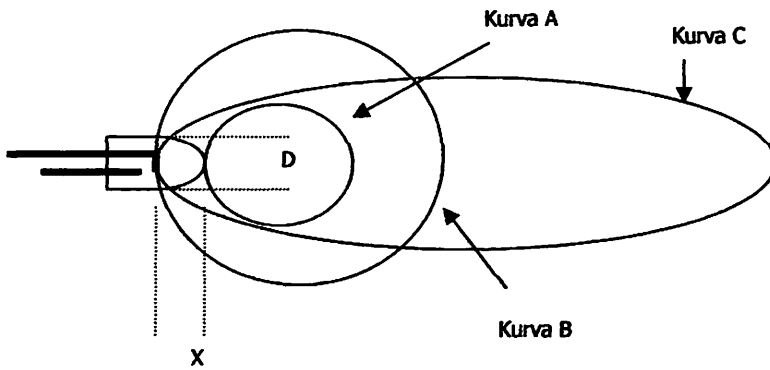
dengan:

e = kecepatan cahaya (m/s)

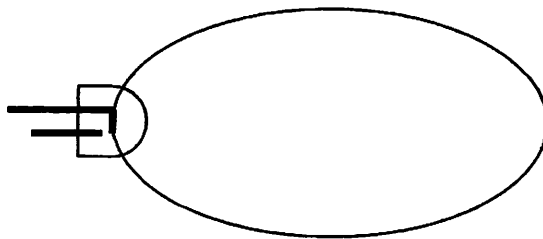
λ = panjang gelombang (m)

f = frekuensi (Hz)

Pola radiasi menggambarkan intensitas yang dipancarkan LED dari segala arah. Kebanyakan sumber cahaya mempunyai bentuk radiasi yang simetri disekitar pusat sumbu. Terdapat beberapa macam pola radiasi LED seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 2.4. Sedangkan bentuk pola radiasi LED yang biasa terdapat dipasaran dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.5. [data sheet book].



Gambar 2.4. Beberapa Bentuk Pola Radiasi



Gambar 2.5. Bentuk Pola Radiasi Led Dipasaran

Bentuk pola radiasi dipengaruhi oleh posisi sumber cahaya terhadap pusat kelengkungan pembungkus (*package*) gelas atau plastik LED. Hubungan antara pola radiasi LED dengan posisi sumber cahaya dapat di lihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Pengaruh Posisi Sumber Cahaya X terhadap jari-jari r

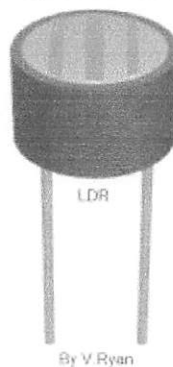
Kurva	Jarak X	Pola radiasi
A	≈ 0	Bulat
B	$D/2 = r$	Bulat

C	$> D/2$	Lonjong
---	---------	---------

2.3. LDR

LDR atau Resistor yang dependent ringan adalah sangat bermanfaat terutama di tempat gelap sebagai sensor. Secara normal pembatasan dari suatu LDR adalah sangat tinggi, kadang-kadang setinggi 1000 000 ohm, tetapi ketika diterangi akan turun secara dramatis hambatan cahayanya. Gambar Dari LDR adalah seperti dibawah :

LIGHT DEPENDENT RESISTOR

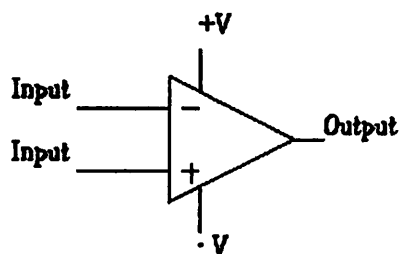


Suatu resistor bergantung ringan adalah suatu semi-conducting material (melainkan seperti Silikon). Dengan kilauan suatu cahaya ke suatu LDR, cahaya "memancarkan" energi ke dalam semipenghantar yang mana diserap oleh covalently yang terikat elektron. Energi ini memecahkan ikatan antar atom. Elektron yang dijadikan delocalised dan bebas pindah gerakkan di dalam LDR. Ini memimpin ke arah suatu sekarang lebih besar (pembalasan yang lebih kecil) mengalir di semi penghantar.

2.4. Penguat (Op-Amp)

Amplifier atau lazimnya disebut sebagai penguat, dalam suatu rangkaian dapat difungsikan sebagai penguat sinyal input, rangkaian penjumlah tegangan input, rangkaian pembanding antara dua sinyal input, rangkaian filter dan masih banyak lagi.

Rangkaian penguat ini sangat sederhana dalam pemakaiannya baik cara merangkainya maupun dalam penggunaannya. Rangkaian ini terdiri dari kombinasi antara Penguat Operasional (Op-amp) yang dirangkai bersama komponen pasif tahanan atau condensator. Dengan kombinasi tersebut diatas maka Op-amp dapat dikembangkan lagi menjadi rangkaian yang mempunyai spesifikasi khusus seperti rangkaian instrumentasi, rangkaian oscillator dan lain sebagainya. Gambar 2-7 menunjukkan simbol dari Op-amp dengan lima terminal dasar yang terdiri dari 2 terminal catu daya, 2 terminal input atau masukan yaitu (+) dan (-) dan 1 buah terminal output atau keluaran dari Op-amp.

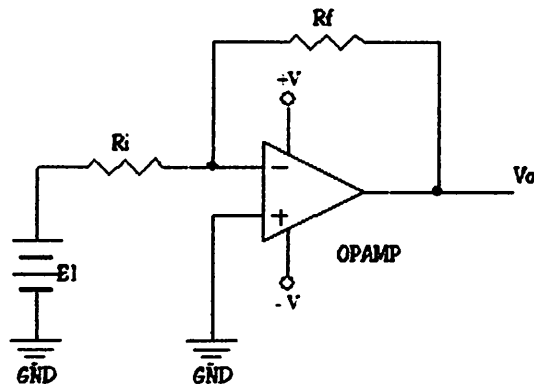


Gambar 2.7. Simbol Op-Amp

2.4.1. Penguat Pembalik (*Inverting Amplifier*)

Telah diterangkan diatas bahwa salah satu pemakaian Op-amp adalah sebagai penguat. Penguat adalah suatu rangkaian yang menerima sinyal input dan menghasilkan sinyal output yang tidak berubah serta menjadi lebih besar.

Dasar dari rangkaian penguat ini adalah dengan memberikan tahanan umpan balik antara terminal output dengan terminal input. Dengan demikian penguatan tidak lagi mengandalkan karakteristik dari Op-amp, tetapi sudah tergantung dari besar tahanan umpan balik terhadap input yang ada di terminal input. Gambar 2.8 memperlihatkan rangkaian dasar dari penguat pembalik (*Inverting Amplifier*).



Gambar 2.8 Rangkaian Penguat Pembalik

Arus yang melewati tahanan R_i dihitung berdasarkan hukum Kirchoff sebesar:

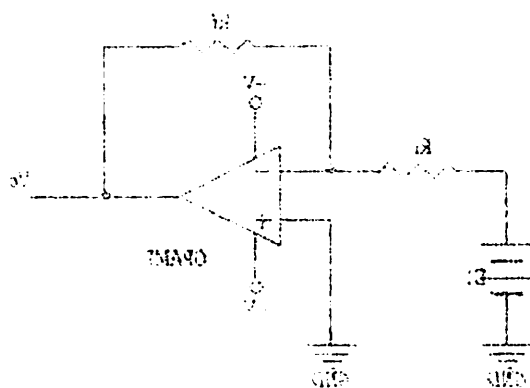
$$I = \frac{E_1}{R_i} \text{ Ampere} \dots\dots\dots(1)$$

2.4.1. Penguat Pembalik (Inverting Amplifier)

Telah ditunjukkan diatas bahwa salah satu pemaksaan Op-amp adalah sebagai penguat. Penguat adalah suatu rangkaian yang menerima sinyal input dan menghasilkan sinyal output yang tidak berubah serta menjadi lebih besar.

Dasar dari rangkaian penguat ini adalah dengan memberikan tabanan umpan balik antara terminal output dengan terminal input. Dengan demikian penguatan tidak lagi mengandalkan karakteristik dari Op-amp tetapi sudah tergantung dari besar tabanan umpan balik terhadap input yang ada di terminal input. Gambar 2.8 memperlihatkan rangkaian dasar dari penguat pembalik

(Inverting Amplifier).



Gambar 2.8 Rangkaian Penguat Pembalik

Arus yang melewati tabanan R_f dihitung berdasarkan hukum Kirchhoff sebagai

$$I = \frac{V_i}{R_1} \text{ ampere} \dots \dots \dots (1)$$

Arus I akan melewati tahanan umpan balik R_f menuju terminal output, dengan melewati tahanan R_f ini, maka besar tegangan di tahanan R_f dapat diketahui sebesar:

$$V_{Rf} = I \cdot R_f \text{ Volt} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 1 dan 2 maka akan dihasilkan:

$$V_{Rf} = \frac{E_1}{R_i} \cdot R_f \text{ Volt} \dots\dots\dots(3)$$

Dari gambar 2.8 bahwa ujung R_f dan R_i saling berhubungan menjadi satu menyebabkan besar tegangan V_o mempunyai polaritas terbalik terhadap tegangan V_{Rf} bila diukur terhadap ground dengan besar tegangan sama, maka tegangan V_o mempunyai nilai sebesar:

$$V_o = - V_{Rf} = - \frac{E_1}{R_i} \cdot R_f \text{ Volt} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan mengambil definisi dari penguatan A_{o1} yaitu tegangan output (V_o) dibagi tegangan input (E_1) maka besarnya A_{o1} :

$$A_{o1} = \frac{V_o}{E_1} = - \frac{R_f}{R_i} \dots\dots\dots(5)$$

Tanda minus pada persamaan 4 dan 5 menunjukkan bahwa polaritas tegangan V_o berlawanan dengan polaritas tegangan input (E_1). Oleh sebab itu rangkaian ini disebut dengan rangkaian penguat pembalik (Inverting Amplifier).

2.4.2. Penguat Tidak Membalik (Non Inverting Amplifier)

Selain digunakan sebagai rangkaian Op-amp dapat pula digunakan sebagai rangkaian penguat tak membalik (Non Inverting Amplifier) yaitu sebagai penguat dimana tegangan output sefasa dengan tegangan inputnya seperti yang

Arus I akan melewati tabung hantaran umpan balik R_f menuju terminal output dengan melewati tabung R_f ini maka besar tegangan di tabung R_f dapat diketahui sebagai:

$$I_{R_f} = -I_{R_f} \text{ Volt} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 1 dan 2 maka akan dihasilkan:

$$V_o = -\frac{R_f}{R_i} \cdot R_f \text{ Volt} \dots \dots \dots (3)$$

Dari gambar 2.8 diatas tingg R_f dan R_i saling berhubungan menjadi satu menyebabkan besar tegangan V_o mempunyai polaritas terbalik terhadap tegangan V_i bila diukur terhadap ground dengan besar tegangan sama, maka tegangan V_o mempunyai nilai sebesar:

$$V_o = -I_{R_f} \cdot R_f \text{ Volt} \dots \dots \dots (4)$$

Dengan mengambil definisi dari besaran A_{vL} yaitu tegangan output (V_o) dibagi tegangan input (E_i) maka besarnya A_{vL} :

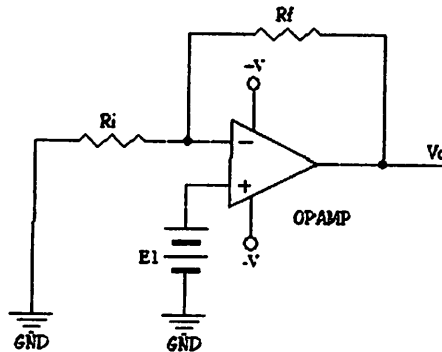
$$A_{vL} = \frac{V_o}{E_i} = -\frac{R_f}{R_i} \dots \dots \dots (5)$$

Tanda minus pada persamaan 4 dan 5 menunjukkan bahwa polaritas tegangan V_o berlawanan dengan polaritas tegangan input (E_i). Oleh sebab itu rangkaian ini disebut dengan rangkaian penguat terbalik (Inverting Amplifier).

2.4.2. Penguat Tidak Terbalik (Non Inverting Amplifier)

Selain digunakan sebagai rangkaian Op-amp dapat pula digunakan sebagai rangkaian penguat tak terbalik (Non Inverting Amplifier) yaitu sebagai penguat dimana tegangan output setara dengan tegangan inputnya seperti yang

ditunjukkan pada gambar 2.9. Bila tegangan antara terminal input (-) dengan terminal input (+) menunjukkan nol Volt, maka akan menyebabkan besar tegangan input (-) sama dengan besar tegangan input (+) terhadap ground yaitu sebesar E_1 Volt.



Gambar 2.9. Rangkaian Penguat Tak Membalik

Apabila tegangan antara terminal input (-) dengan terminal input (+) menunjukkan 0 (nol) Volt, maka besar tegangan input (-) sama dengan tegangan input (+) terhadap ground (GND) yaitu sebesar E_1 Volt. Arus yang melewati tahanan R_i sebesar:

$$I = \frac{E_1}{R_i} \text{ Ampere} \dots\dots\dots(6)$$

Arah arus tergantung pada polaritas tegangan E_1 . Arus akan melewati tahanan umpan balik R_f sehingga tegangan pada tahanan R_f diperoleh:

$$V_{RF} = I \cdot R_f \text{ Volt} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (6) dan (7) maka akan didapatkan:

$$V_{RF} = \frac{E_1}{R_i} \cdot R_f \text{ Volt} \dots\dots\dots(8)$$

Tegangan output (V_o) diperoleh dari penjumlahan tegangan pada R_i dengan tegangan pada R_f , yaitu:

$$V_o = E_1 + V_{RF}$$

$$V_o = E_1 + \frac{R_f}{R_i} \cdot E_1 \text{ Volt}$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_i}\right) \cdot E_1 \text{ Volt} \dots\dots\dots(9)$$

Besar penguatan didapatkan dari tegangan output berbanding dengan tegangan input, yaitu :

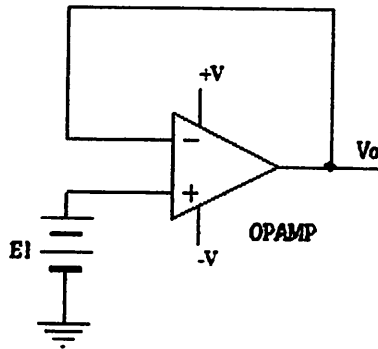
$$A_o = \frac{V_o}{E_1}$$

$$A_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_i}\right) \dots\dots\dots(10)$$

2.4.3. Pengikut Tegangan (Voltage Follower)

Pembebanan dari suatu rangkaian terhadap input rangkaian lain apabila tidak seimbang artinya lebih tinggi dari yang diisyaratkan oleh pabrik pembuat komponen akan mempengaruhi kerja dari komponen bahkan rangkaiannya sendiri.

Untuk mengatasi masalah beban ini dapat dipergunakan suatu rangkaian pengikut tegangan (Voltage Follower) sebagai pengaman rangkaian tersebut. Rangkaian pengikut tegangan ini disebut juga sebagai rangkaian penguatan satu, penguatan isolasi atau penguat penyangga seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Rangkaian Pengikut Tegangan

Tegangan input dihubungkan ke terminal input (+), antara tegangan terminal input (+) dan terminal input (-) mempunyai besar yang sama. Sehingga besar tegangan output V_o adalah:

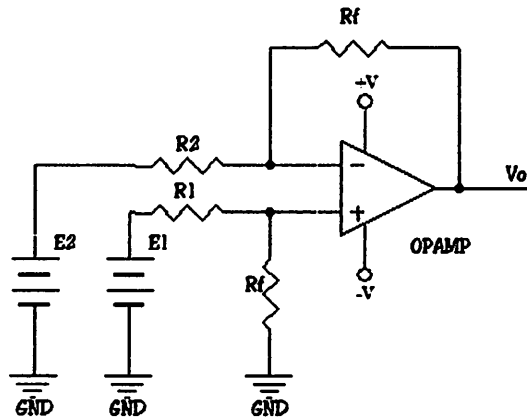
$$V_o = E_1 \dots\dots\dots(11)$$

Dari persamaan di atas terlihat jelas bahwa besar tegangan output sama besarnya dengan tegangan inputnya maka rangkaian ini disebut rangkaian pengikut tegangan (Voltage Follower). Penguatan (Gain) diperoleh berdasarkan tegangan output dibandingkan dengan tegangan input atau dapat dituliskan:

$$A_o = \frac{V_o}{E_1} = 1 \dots\dots\dots(12)$$

2.4.4. Penguat Differensial

Penguat differensial akan menghasilkan sinyal output yang sebanding dengan selisih pada kedua inputnya. Gambar 2.11 berikut adalah rangkaian dari penguat differensial.



Gambar 2.11. Rangkaian Penguat Differensial

Dengan memasukkan $E_2 = 0$ diperoleh:

$$V_{o1} = E_1 \cdot \frac{R_f}{R_1} \dots\dots\dots(13)$$

Bila memasukkan $E_1 = 0$, maka didapatkan:

$$V_{o1} = - E_2 \cdot \frac{R_f}{R_2} \dots\dots\dots(14)$$

Tegangan output (V_o) diperoleh dari penjumlahan kedua persamaan di atas:

$$V_o = (E_1 \cdot \frac{R_f}{R_1}) - (E_2 \cdot \frac{R_f}{R_2})$$

Karena $R_1 = R_2$ maka:

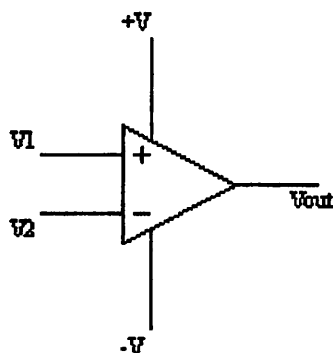
$$V_o = (E_1 - E_2) \cdot \frac{R_f}{R_1} \dots\dots\dots(15)$$

Untuk penguatannya diperoleh:

$$A_0 = \frac{R_f}{R} \dots\dots\dots(16)$$

2.4.5. Comparator

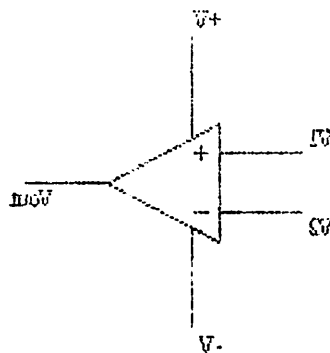
Cara yang termudah untuk menggunakan suatu penguat operatif adalah loop terbuka (Tidak ada resistor umpan balik), seperti diperlihatkan pada gambar 2.12. karena penguatan yang tinggi dari penguat operatif tegangan kesalahan yang sedikit (secara tipikal dalam mikro volt) menimbulkan ayunan (swing) output maksimum. Misalnya jika tegangan pada masukan (+) lebih besar dari tegangan pada masukan (-), tegangan kesalahan positif dan tegangan output menuju keharga positif maksimumnya secara tipikal 1 sampai 2 volt. Kurang dari tegangan catu daya dipihak lain jika tegangan pada masukan (+) kurang dari tegangan pada masukan (-), tegangan output berayun keharga negatif maksimum untuk lebih ringkasnya tegangan kesalahan positif mendorong output ke $+V_{sat}$, harga positif maksimum dari tegangan output. Tegangan kesalahan negatif membalikkan tegangan output ($-V_{sat}$). Jika sebuah penguat operatif digunakan seperti ini, maka disebut komparator karena yang dapat dilakukan adalah membandingkan tegangan pada masukan (+) dengan tegangan pada masukan (-) yang menghasilkan output positif atau negatif jenuh. Tergantung pada apakah tegangan pada masukan sama dengan lebih besar atau lebih kecil dari pada tegangan pada masukan (-).



Gambar 2.12. Komparator

2.4.2. Komparator

Cara yang termudah untuk mengkonstruksi suatu perkuat operatif adalah loop terbuka (Tidak ada resistor umpan balik) seperti diperlihatkan pada gambar 2.12. karena penguatan yang tinggi dari perkuat operatif terhadap keselisihan yang sedikit (secara tipikal dalam mikro volt) menimbulkan arus (swing) output maksimum. Misalnya jika tegangan pada masukan (+) lebih besar dari tegangan pada masukan (-), tegangan keselisihan positif dan tegangan output menjadi keselisihan positif maksimumnya secara tipikal 1 sampai 2 volt kurang dari tegangan catu daya dihilik lain jika tegangan pada masukan (+) kurang dari tegangan pada masukan (-), tegangan output berubah keselisihan negatif maksimum untuk lebih tingkanya tegangan keselisihan positif mendorong output ke $+V_{cc}$ pada positif maksimum dan tegangan output keselisihan negatif menghasilkan tegangan output $-V_{cc}$ jika sebuah perkuat operatif digunakan seperti ini maka disebut komparator karena yang dapat dilakukannya adalah membandingkan tegangan pada masukan (+) dengan tegangan pada masukan (-) yang menghasilkan output positif atau negatif penuh. Tegangan pada kedua tegangan pada masukan sama dengan lebih besar atau lebih kecil dari beda tegangan pada masukan (-).



Gambar 2.12. Komparator

Tegangan keluaran (V_{out}) tergantung pada selisih tegangan (E_d) antara tegangan masukan tak membalik (V_{ref}) dan tegangan masukan pembaliknya (V_2).

Selisih tegangan masukan dapat dicari dengan :

$$E_d = V_1 - V_2 \dots\dots\dots(17)$$

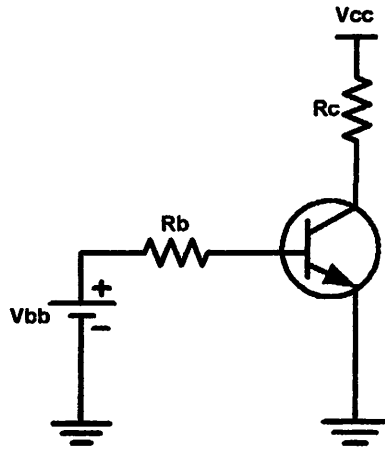
$$V_{ref} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V \dots\dots\dots(18)$$

$$R_3 = R_1 // R_2 \dots\dots\dots(19)$$

Dalam penerapan yang tak kritis R_3 boleh ditiadakan, jika E_d positif, maka $V_{out} = +V_{sat}$ dan jika E_d negatif maka $V_{out} = -V_{sat}$. Tapi perlu diingat bahwa V_{out} tidak akan melampaui $+V_{sat}$ dan $-V_{sat}$.

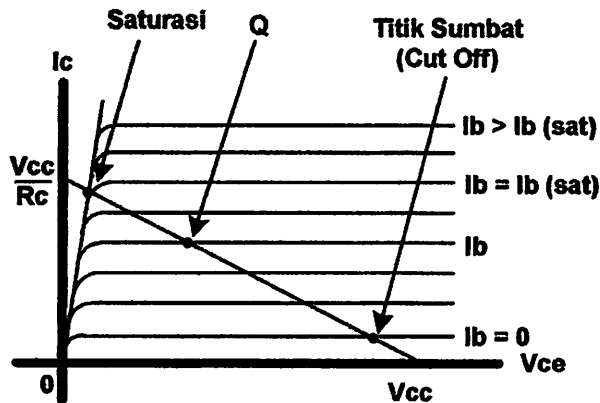
2.5. Transistor Sebagai Switching

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

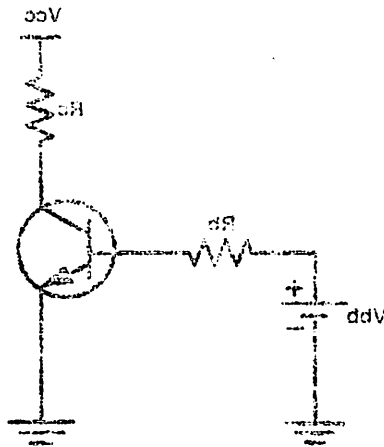


Gambar 2.13 Rangkaian Switching Transistor

Garis beban akan memotong sekelompok kurva arus basis constant I_B dengan I_B tertentu (yang diatur rangkaian bias), garis beban akan memotong kurva I_B tersebut dititik Q yang disebut titik kerja transistor. Titik kerja ini menjadi kondisi awal dari pengoperasian transistor kelak dimana transistor tersebut mempunyai tiga daerah kerja yaitu aktif (active), jenuh (saturation), dan tersumbat (cut-off).



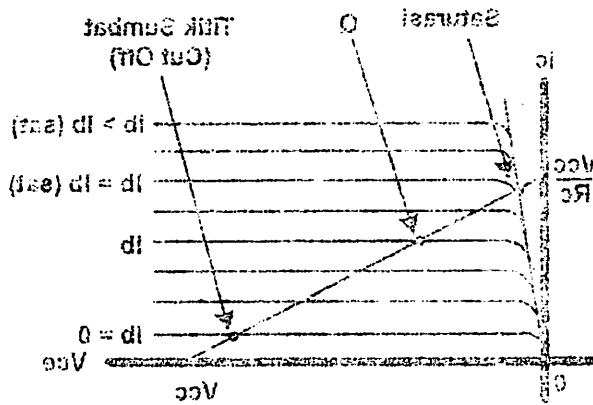
Gambar 2.14 Karakteristik I_C - V_{CE} Transistor Bipolar



Gambar 2.13 Rangkaian Switching Transistor

Untuk beban akan memotong sekedudukan kurva arus basis constant I_B dengan I_B tertentu (yang ditentu rangkaian bias). Untuk beban akan memotong kurva I_B tersebut titik Q yang disebut titik kerja ini menjadi kondisi awal dari pengoperasian transistor. Kelak dimana transistor tersebut mempunyai tiga daerah kerja yaitu aktif (active), jenuh (saturation), dan terputus

(cut-off).



Gambar 2.14 Karakteristik I_C - V_{CE} Transistor Bipolar

Pada gambar diatas dapat dilihat, titik dimana garis beban memotong kurva $I_B = 0$ disebut sebagai titik sumbat (cut-off). Pada titik ini arus kolektor (I_C) sangat kecil (hanya arus bocor) sehingga dapat diabaikan, disini transistor kehilangan kerja normalnya. Disini dapat dikatakan bahwa tegangan kolektor-emitor sama dengan ujung dari garis beban tersebut.

$$V_{CE(\text{cut-off})} \cong V_{CC}$$

Perpotonga garis beban dengan kurva $I_B = I_{B(\text{sat})}$ disebut titik jenuh (saturation). Pada titik ini arus kolektor maksimum atau dapat dikatakan bahwa arus kolektor sama dengan ujung dari garis beban.

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

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

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

2.6. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang umumnya digunakan untuk menghidupkan rangkaian kontrol dan peralatan listrik lainnya yang memerlukan arus relatif kecil, namun demikian relay dapat mengontrol tegangan dan arus yang lebih besar dengan menggunakan efek penguatan. Efek penguatan ini didapat dengan dengan memanfaatkan tegangan kecil (5-24 Volt) untuk mengoperasikan

Pada gambar diatas dapat dilihat titik dimana garis beban menotong kurva $I_E = 0$ disebut sebagai titik sumber (cut-off). Pada titik ini arus kolektor (I_C) sangat kecil (hanya arus bocor) sehingga dapat diabaikan. disini transistor kehilangan kerja normalnya. Disini dapat dikatakan bahwa tegangan kolektor-emitor sama dengan tujang dari garis beban tersebut.

$$V_{(cut-off)} = V_{CC}$$

Perpotongan garis beban dengan kurva $I_E = I_{E(sat)}$ disebut titik jenuh (saturation). Pada titik ini arus kolektor maksimum akan dapat dikatakan bahwa arus kolektor sama dengan tujang dari garis beban.

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

Jika arus basis I_B lebih kecil dari $I_{B(sat)}$ maka transistor akan beroperasi pada daerah aktif yaitu titik ketertanya terletak disebelah garis beban jadi disimpulkan bahwa transistor dipolar bekerja sesuai sumber arus (penguat) dimana saja sepanjang garis beban. Keenam titik jenuh (saturation) dan titik sumber (cut-off) dimana transistor tidak bekerja sebagai sumber arus (penguat) melainkan sebagai saklar (switching).

3.6. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang umumnya digunakan untuk menghubungkan rangkaian kontrol dan petisian listrik lainnya yang memerlukan arus relatif kecil. namun demikian relay dapat mengontrol tegangan dan arus yang lebih besar dengan menggunakan efek pengalasan. Efek pengalasan ini didapat dengan dengan memanfaatkan tegangan kecil (2-24 Volt) untuk mengoperasikan

koil dari relay, kemudian relay tersebut digunakan untuk mengubah-ubah posisi kontak. Kontak pada relay dapat digunakan untuk mensaklar (switching) tegangan yang lebih besar. Sebuah relay terdiri dari satu kumparan dan inti, yang mana bila dialiri arus listrik, kumparan tersebut akan menjadi magnet dan menutup atau membuka kontak – kontak.

Pada dasarnya relay dapat dikatakan sebagai kontak beban elektrik yang mengontrol suatu rangkaian elektrik dengan cara membuka dan menutup kontak pada rangkaian lain. Apabila kontak relay adalah Normaly Open (NO), maka akan terbuka bila relay tidak dialiri arus listrik. Sebaliknya, pada titik kontak relay yang tergolong Normaly Close (NC) akan tertutup bila relay tidak dialiri arus listrik. Pada kedua kondisi tersebut kontak–kontak pada relay akan berubah keadaannya apabila relay dialirai arus listrik.

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

- Normaly open (normal terbuka)

Yaitu kontak – kontak tertutup pada saat kumparan relay dialiri arus listrik

- Normaly Close (normal tertutup)

Yaitu kontak – kontak terbuka pada saat kumparan relay dialiri arus listrik.

Adapun karakteristik dari sebuah relay adalah sebagai berikut :

- Tegangan operasi, yaitu tegangan koil minimum yang diperlukan oleh koil untuk dapat mengaktifkan kontak saklar relay dari posisi normal ke posisi operasi
- Tegangan lepas, yaitu tegangan koil minimum yang diperlukan oleh koil untuk dapat mengaktifkan kontak saklar dari posisi operasi ke posisi normal
- Tegangan maksimum yaitu, tegangan maksimum yang diperlukan koil untuk dapat bekerja tanpa merusak koil itu sendiri.
- Tegangan normal, adalah tegangan kerja nominal sehingga koil dapat bekerja secara normal.

Prinsip kerja dari sebuah relay adalah apabila lilitan terisolasi dari sebuah relay diberikan tegangan maka pada relay tersebut akan timbul induksi, dengan adanya induksi ini maka besi (inti) yang diselubungi oleh lilitan akan berubah sifatnya menjadi magnet yang bersifat sementara, karena besi (inti) tersebut bersifat magnet maka akan dapat menarik besi lain yang berfungsi sebagai kontak sehingga relay menjadi aktif. Jika tegangan pada relay dihilangkan, maka besi (inti) akan kembali seperti sifat semula sehingga relay akan menjadi tidak aktif.

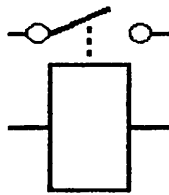
Adapun karakteristik dari sebuah relay adalah sebagai berikut :

- Tegangan operasi yaitu tegangan koil minimum yang dibutuhkan oleh koil untuk dapat mengaktifkan kontak saklar relay dari posisi normal ke posisi operasi
- Tegangan lepas yaitu tegangan koil minimum yang dibutuhkan oleh koil untuk dapat mengaktifkan kontak saklar dari posisi operasi ke posisi normal
- Tegangan maksimum yaitu tegangan maksimum yang dibutuhkan koil untuk dapat bekerja tanpa merusak koil itu sendiri.
- Tegangan normal adalah tegangan koil nominal sehingga koil dapat bekerja secara normal.

Prinsip kerja dari sebuah relay adalah apabila lilitan terdorong dari sebuah relay diberikan tegangan maka pada relay tersebut akan timbul induksi dengan adanya induksi ini maka besi (inti) yang dikelilingi oleh lilitan akan berubah situsnya menjadi magnet yang bersifat sementara . karena besi (inti) tersebut bersifat magnet maka akan dapat menarik besi lain yang berfungsi sebagai kontak sehingga relay menjadi aktif . jika tegangan pada relay dihentikan maka besi (inti) akan kembali seperti sifat semula sehingga relay akan menjadi tidak aktif.

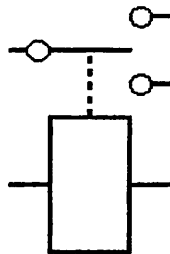
o Macam – macam relay :

1. SPST (Single Pin Single Terminal)



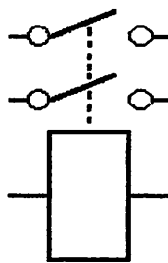
Gambar 2.15. Relay SPST

2. SPDT (Single Pin single Dual Terminal)



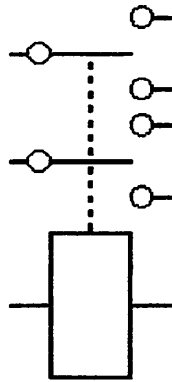
Gambar 2.16. Relay SPDT

3. DPST (Dual Pin Single Terminal)



Gambar 2.17. Relay DPST

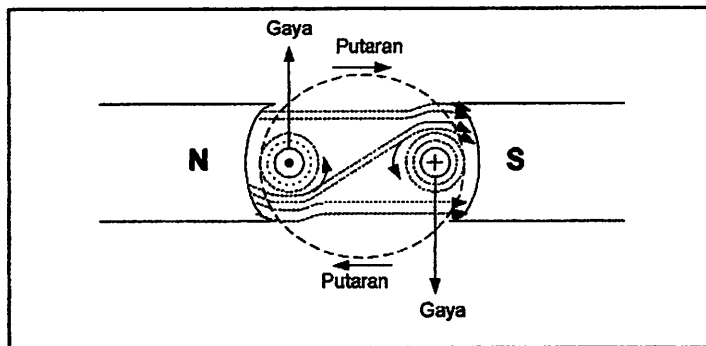
4. DPDT (Dual Pin Dual Terminal)



Gambar 2.18. Relay DPDT

2.7. Motor DC

Sebuah motor listrik adalah berfungsi untuk mengubah daya listrik menjadi daya mekanik, prinsip kerja motor dc dapat dijelaskan sebagai berikut: jika kawat penghantar dialiri arus listrik terletak diantara dua kutub magnet utara dan selatan, maka kawat tersebut terkena gaya Lorentz. Arus yang mengalir pada lilitan armatur akan menghasilkan medan magnet yang berinteraksi dengan medan utama dan akan memperkuat medan disatu sisi konduktor tetapi melemahkan di sisi lain, interaksi ini menyebabkan adanya gaya dorong pada konduktor armatur. Arah dari gerakan armatur sesuai dengan kaidah tangan kiri. Arah gerakan dan gaya armatur dapat dilihat dalam gambar 2.19.



Gambar 2.19 Prinsip kerja motor DC ³⁾

Gaya yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada penghantar yang di tempatkan dalam medan magnet dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = B I L$$

Keterangan:

F = Gaya Lorentz (Newton)

B = Kecepatan flux magnet (weber/m²)

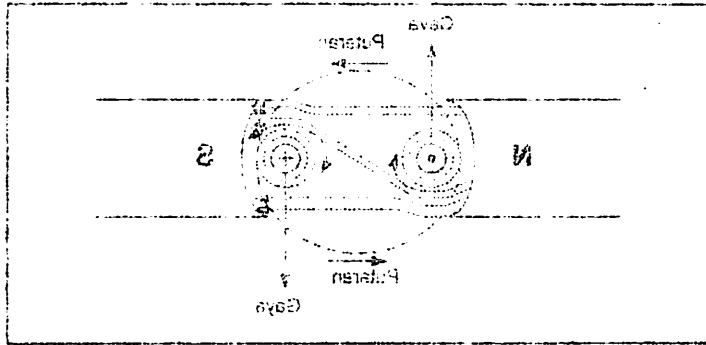
I = Arus listrik (Ampere)

L = Panjang sisi kumparan rotor (m)

2.8. Buzzer

Buzzer mempunyai fungsi sebagai tanda atau isarat dalam bentuk suara sehingga akan dengan cepat mengetahui akan adanya isarat.

Buzzer yang dulu dipakai adalah buzzer yang berupa koil yang bila diberi arus akan menarik pemukul kelogam dan menghasilkan bunyi, tetapi saat ini buzzer sudah berupa komponen kecil yang hanya menggunakan speaker kecil berupa dua



Gambar 3.19 Prinsip kerja motor DC³⁾

Gaya yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada penghantar yang di tempatkan dalam medan magnet dapat dijelaskan dengan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

F = Gaya Lorentz (Newton)

B = Kecepatan flux magnet (weber/m²)

I = Arus listrik (Ampere)

L = Panjang sisi konduktor (m)

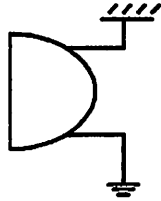
3.8. Buzzer

Buzzer mempunyai fungsi sebagai tanda atau isyarat dalam bentuk suara

sehingga akan dengan cepat diketahui akan adanya isyarat.

Buzzer yang dulu dipakai adalah buzzer yang berupa koin yang bila diberi arus akan menarik pemukul logam dan menghasilkan bunyi, tetapi saat ini buzzer sudah berupa komponen kecil yang hanya menggunakan speaker kecil berupa dua

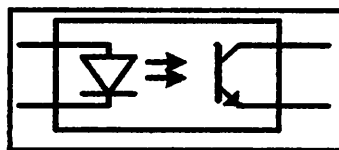
buah lapisan elektroda yang biasa disebut dengan piezoelektrik yang banyak dipakai untuk tweeter salon.



Gambar 2.20 Simbol buzzer

2.9. Sensor Optocoupler

Optocoupler juga dikenal sebagai optoisolator yaitu alat yang memancarkan foton yang fluxnya dikopling melalui bahan insulator yang transparan sejenis detector. Alat pemancar foton ini merupakan lampu-lampu pijar neon atau led insulator transparan dapat berupa fotokonduktor, fotodiode, fototransistor, fototriac, foto scr atau fotodiode/amplifier terpadu. Berbagai kombinasi dari elemen-elemen ini mengakibatkan bermacam-macam karakteristik output dan karakteristik ini mengakibatkan bermacam-macam karakteristik output dan karakteristik kopling.



Gambar 2.21. Simbol Optocoupler

Isolasi merupakan parameter yang paling penting pada optokoupler tiga parameter isolasi kritis adalah resistansi, kapasitas dan isolasi/tahanan dielektrik. Resistansi isolasi dengan nilai 10 Mohm adalah umum, nilai ini mungkin lebih

tinggi dari pada resistansi antar titik. Penempatan PCB harus hati-hati agar singkat parameter tidak menurun.

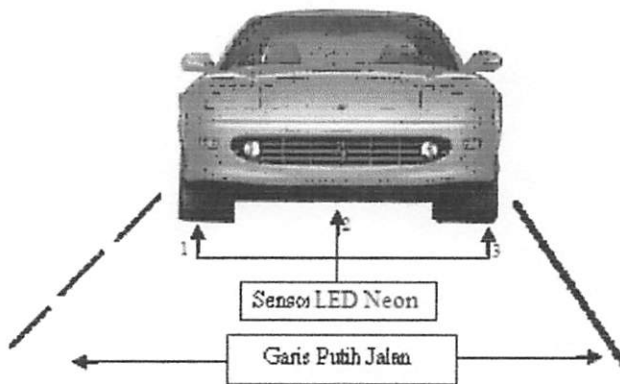
BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini menjelaskan mengenai spesifikasi alat keamanan berkendara dengan memanfaatkan garis tengah dan garis pinggir jalan, diagram blok rangkaian, penjelasan per blok rangkaian serta cara kerja sistem. Selain penjelasan perangkat keras (*Hardware*) akan dijelaskan juga mengenai perangkat lunak (*Software*).

3.1. Perangkat Keras

Pada tahap ini akan menjelaskan mengenai perangkat keras apa saja yang akan digunakan dalam Alat. Peletakan sensor ditunjukkan pada gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Gambar rencana penempatan sensor

3.1.1 Diagram Blok Rangkaian

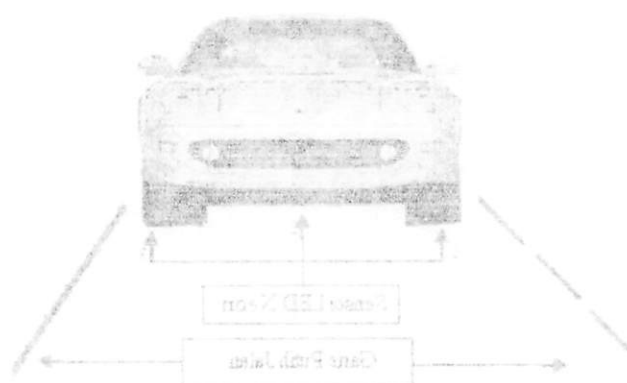
Diagram blok rangkaian merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan system ini, karena dari diagram blok rangkaian dapat diketahui cara

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini menjelaskan mengenai spesifikasi alat keselamatan berkendara dengan memanfaatkan garis touch dan garis penggir jalan, diagram blok rangkaian perijelasan per blok rangkaian serta cara kerja sistem. Selain perijelasan perangkat keras (Hardware) akan dijelaskan juga mengenai perangkat lunak (Software).

3.1. Perangkat Keras

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai perangkat keras apa saja yang akan digunakan dalam Alat Pelatikan sensor ditunjukkan pada gambar 3.1 :

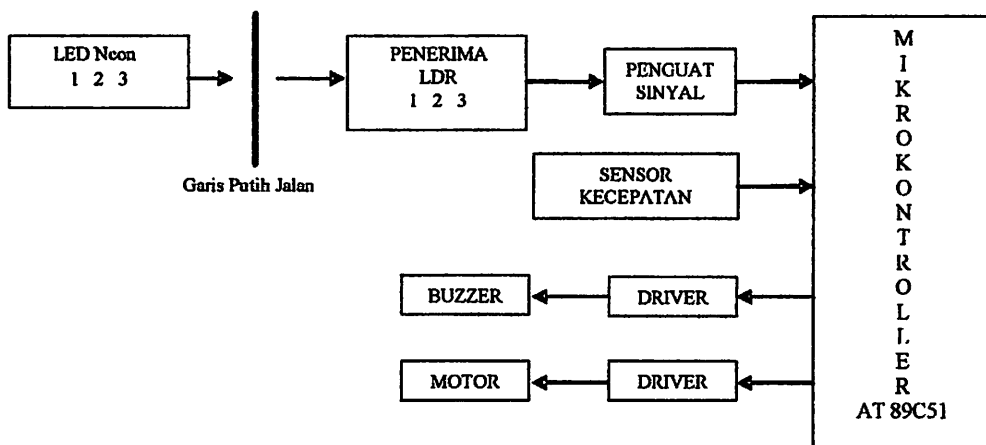


Gambar 3.1 Gambar rencana pemipatan sensor

3.1.1. Diagram Blok Rangkaian

Diagram blok rangkaian merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan sistem ini karena dari diagram blok rangkaian dapat diketahui cara

kerja (prinsip kerja) keseluruhan rangkaian. Sehingga keseluruhan diagram blok rangkaian tersebut akan menghasilkan suatu system yang dapat difungsikan atau system yang bekerja sesuai dengan perancangan. Keseluruhan blok diagram rangkaian dapat dilihat dalam Gambar 3.2.

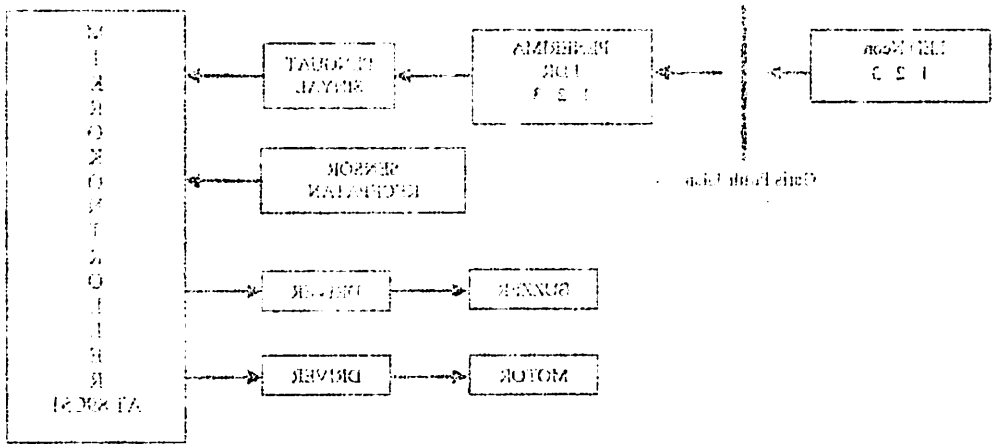


Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

3.1.2 Prinsip Kerja Rangkaian

Pertama, alat ini akan melakukan inisialisasi semua sensor yang digunakan. Setelah kecepatan dari kendaraan diatas 50 km/jam dan sensor penerima LDR berlogika tinggi dimana mendeteksi adanya warna putih sebagai pembatas tengah jalan maka mikrokontroler sebagai pengolah data dari system ini akan memberikan logika tinggi pada kedua driver yang mengakibatkan bunyi pada buzzer dan getar yang disebabkan motor DC berputar. Sementara, jika kecepatan kendaraan kurang dari 50 km/jam walaupun sensor mendeteksi warna

tanpa akan menghasilkan suatu sistem yang dapat ditugaskan atau bekerja sesuai dengan perencanaan. Keseluruhan blok diagram tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang dapat ditugaskan atau bekerja sesuai dengan perencanaan. Keseluruhan blok diagram tersebut dapat dilihat dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

3.1.2 Prinsip Kerja Keagkalian

Pertama, alat ini akan melakukan inisialisasi sensor yang digunakan. Setelah kecepatan dari kendaraan diatas 50 km/jam dan sensor kecepatan LDR berotasi untuk mendeteksi adanya warna putih sebagai pembatas tengah jalan maka mikrokontroler sebagai pengolah data dari sistem ini akan memberikan logic tinggi pada kedua driver yang mengakibatkan bunyi pada buzzer dan getas yang disuplai motor DC berputar. Sementara, jika kecepatan kendaraan kurang dari 50 km/jam walaupun sensor mendeteksi warna

putih di tengah jalan maka mikrokontroler tetap akan memberikan logika rendah pada kedua driver.

3.1.3 Rangkaian Pendeteksi Garis Tengah Pada Jalan Raya

LED mendapat arus (I_{led}) sebesar 20 mA dan tegangan (V_{led}) sebesar 1,2 Volt . dengan adanya V_{cc} sebesar 5 Volt, maka besarnya R_1 dapat dihitung sebagai berikut :

$$R1 = \frac{V_{cc} - V_{led}}{I_{led}}$$

$$R1 = \frac{5 - 1,2}{20 \cdot 10^{-3}}$$

$$R1 = 190$$

Nilai 190 Ω dipasaran tidak ada, maka diambil nilai terdekatnya yaitu 220 Ω .

Sedangkan untuk arus LDR dapat dicari nilainya yaitu:

$$I_{LDR} = \frac{V_{cc}}{R_{LDR}}$$

$$= \frac{5}{10k}$$

$$= 0,5mA$$

Jika V_{out} yang diinginkan pada saat terkena cahaya adalah 2,5V, maka nilai dari R_2 adalah :

$$V_{out} = \frac{R_2}{(R_2 + R_{LDR})} \times V_{cc}$$

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

$$(2,5V \times R_2) + (2,5V \times 10k\Omega) = 5V \times R_2$$

$$2,5V \times 10k\Omega = (5V \times R_2) - (2,5V \times R_2)$$

$$R_2 = 10k\Omega$$

pinch di tengah jalan maka mikrokontroler tetap akan memberikan logika rendah pada kedua driver.

3.1.3 Rangkaian Pengaliran Garis Tengah Pada Jalur Raza

LED mendapat arus (I_{LED}) sebesar 30 mA dan tegangan (V_{LED}) sebesar 1,2 Volt. dengan adanya V_{CC} sebesar 5 Volt, maka besarnya R_1 dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

$$R_1 = \frac{5 - 1,2}{30 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_1 = 120$$

Nilai 120 Ω dibasarkan tidak ada, maka diambil nilai terdapatnya yaitu 220 Ω . Sedangkan untuk arus LED dapat dicari nilainya yaitu:

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

$$= \frac{5}{10k}$$

$$= 0,2mA$$

Jika Volt yang diinginkan pada saat terkonca adalah 2,2V, maka nilai dari R_2 adalah :

$$V_{out} = \frac{R_2}{(R_2 + R_{10k})} \cdot V_{CC}$$

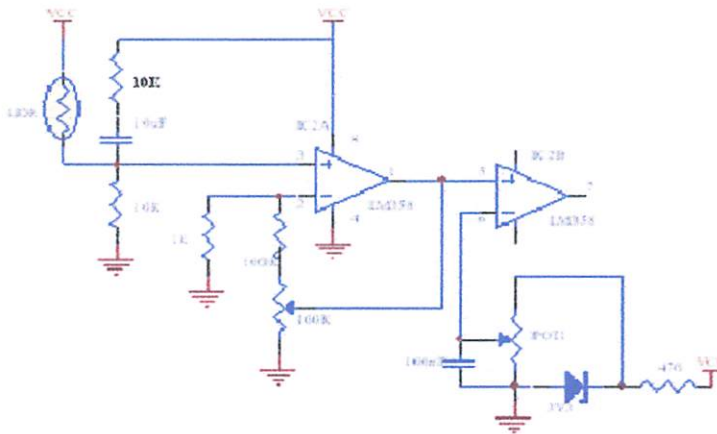
$$2,2V = \frac{R_2}{(R_2 + 10k\Omega)} \cdot 5V$$

$$(2,2V \times R_2) + (2,2V \times 10k\Omega) = 2V \times R_2$$

$$2,2V \times 10k\Omega = (2V \times R_2) - (2,2V \times R_2)$$

$$R_2 = 10k\Omega$$

Jadi nilai R2 yang dipasang adalah $10k\Omega$



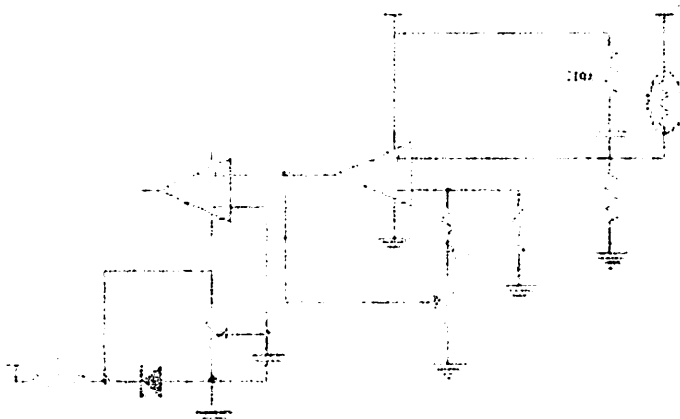
Gambar 3.3 Rangkaian Pendeteksi Garis Tengah Pada Jalan Raya

Keluaran dari LDR diatas belum tentu memiliki nilai logika yang akurat. Untuk menanggulangi hal tersebut, maka diperlukan rangkaian komparator dimana komparator akan mengeluarkan tegangan berbentuk logika *high/low* hanya dengan menanggapi sedikit selisih antara masukan membalik dan masukan tidak membalik. selisih ini sudah mewakili ada dan tidaknya penghalang diantara keduanya. Dengan demikian akan dilengkapi dengan tegangan referensi yang diletakkan pada kaki 6 dari LM 358. penempatan tegangan referensi pada kaki 6 adalah untuk mendapatkan tegangan referensi negatif sehingga output dari LM358 akan berlogika *low*.

3.1.4. Rangkaian Pendeteksi Kecepatan Kendaraan

Untuk rangkaian pendeteksi kecepatan kendaraan ini menggunakan komponen optocoupler.

Jadi nilai R2 yang dipasang adalah 10kΩ



Gambar 3.3 Rangkaian Pendeteksi Cara Tergang Pada Jalur Raya

Keluaran dari LDR diatas belum tentu memiliki nilai logika yang akurat. Untuk menanggunngi hal tersebut maka diperlukan rangkaian komparator dimana komparator akan mengeluarkan tegangan berbanduk logika yang low hanya dengan menanggapi sedikit selisih antara masukan analogik dan masukan tidak analogik. selisih ini sudah mewakili ada dan tidaknya pengalangan diantara keduanya. Dengan demikian akan dienkripsi dengan tegangan referensi yang diberikan pada kaki 6 dari LM 328. perbandingan tegangan referensi pada kaki 6 adalah untuk mendapatkan tegangan referensi negatif sehingga output dari LM328 akan berlogika low.

3.1.4 Rangkaian Pendeteksi Kecepatan Kendaraan

Untuk ungsikan pendeteksi kecepatan kendaraan ini menggunakan komponen optocoupler.

Dengan memberikan arus sebesar 15 mA pada LED optocoupler maka diperoleh nilai resistansi R_1 sebesar:

$$R_1 = \frac{V}{I_{led}} = \frac{5 \text{ Volt}}{15 \times 10^{-3}} = 333 \Omega$$

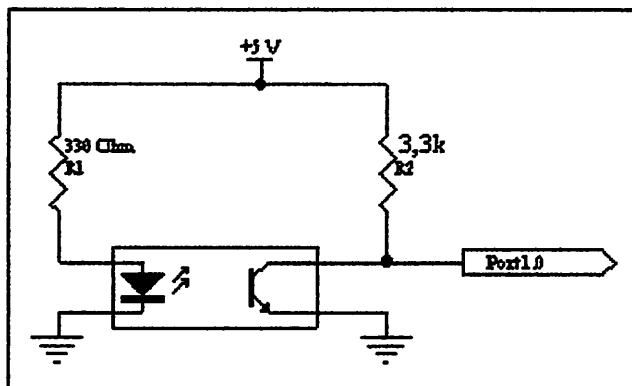
Nilai resistansi R_1 yang digunakan sebesar 330 Ω

Dengan melihat lembar data AT89C51 $I_{OL}=1,6 \text{ mA}$ dan $V_{OL}= 0,45 \text{ V}$, maka nilai R_2 minimum dapat dihitung:

$$R_2 = \frac{V_{CC} - V_{OL}}{I_{OL}}$$

$$R_2 = \frac{5 - 0,45}{1,6 \times 10^{-3}} = 2843,75 \Omega$$

Jadi dengan nilai $R_2 = 3,3k\Omega$, maka arus yang terserap ketika masukan rendah tidak lebih besar dari batas arus I_{OL} nya.

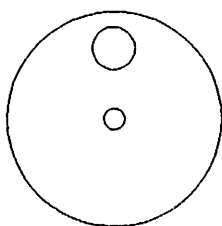


Gambar 3.4 Rangkaian Optocoupler

Piringan untuk sensor kecepatan kendaraan

Pada optocoupler yang difungsikan sebagai pengukur kecepatan kendaraan dipasang piringan yang berbentuk silindris dengan jari-jari 1,6 cm dan diameter 3.2 cm terdiri dari 1 lubang yang akan menghasilkan 1 buah pulsa keluaran dalam 1 putaran. Banyaknya putaran tergantung pada kencang lambatnya kecepatan putaran motor dc, semakin kencang motor dc maka semakin banyak putaran dan pulsa yang dihasilkan.

Pulsa yang dihasilkan optocoupler ini akan dicounter oleh mikrokontroller. Dari hasil counter ini akan diketahui berapa banyak pulsa yang dihasilkan oleh piringan optocoupler yang diasumsikan sebagai kecepatan kendaraan.



Gambar 3.5 Gambar piringan optocoupler

Frekuensi dari pulsa yang dihasilkan oleh piringan optocoupler dan dengan mengabaikan gaya gesek pada poros, maka :

$$f = \frac{n \cdot \omega}{60}$$

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

$$T = \frac{60}{n \cdot \omega}$$

$$K = 2 \cdot \pi \cdot r$$

Dimana :

f = frekuensi (Hertz)

n = jumlah lubang pada piringan

ω = kecepatan sudut (rpm)

T = periode (detik)

K = Keliling lingkaran (cm)

$\pi = 3,14$

r = jari-jari piringan (cm)

Sedangkan untuk persamaan kecepatan dinyatakan :

$$V = \frac{S}{t}$$

Karena jarak yang ditempuh berupa lingkaran maka dalam persamaan diatas $S =$

K dan $t = T$. Akan didapat persamaan :

$$V = \frac{2.\pi.r}{T} \text{ Atau}$$

$$V = 2.\pi.r.f$$

Untuk kecepatan kendaraan 50 km/jam adalah :

$$V = 50 \text{ km/jam}$$

$$= \frac{50000m}{3600 \text{ detik}}$$

$$= 13,8 \text{ m/detik}$$

$$K = 2.\pi.r$$

$$= 2.3,14.0,02$$

$$= 0,1256 \text{ m}$$

$$V = 2.\pi.r.f$$

$$\begin{aligned} \Lambda &= 5 \pi r^2 l \\ &= 0.1329 \text{ m} \\ &= 53.14 \text{ '05} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= 5 \pi r \\ &= 13.8 \text{ m} \sqrt{\text{գերկ}} \\ &= \frac{3900 \text{ գերկ}}{20000 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$\Lambda = 20 \text{ կմ} \sqrt{\text{գերկ}}$$

Ուսույթ կատարելու կարգադրումը 20 կմ-ը արժեքը :

$$\Lambda = 5 \pi r^2 l$$

$$K = \frac{1}{5 \pi r} \sqrt{\text{գերկ}}$$

Կ գերկ = 1. Այսպես արժեքը Բեռնանան :

Կարելի է նաև գտնելու Բեռնանան արժեքը Բեռնանան գերկը 2 =

$$K = \frac{1}{2}$$

Չեղանդան ուսույթ Բեռնանան կատարելու գերկը :

r = շառ-ձառ Բեռնանան (շառ)

π = 3.14

K = Կերպի Բեռնանան (շառ)

L = Բեռնան (գերկ)

ω = կատարելու արժեք (շառ)

n = շառի արժեքը Բեռնանան

λ = Բեռնան (շառ)

$$f = V/K$$

$$= 13,8/0,1256$$

$$= 110,5 \text{ Hertz}$$

$$f = 1/T$$

$$T = 1/110,5 = 9,04 \cdot 10^{-3} \text{ detik}$$

$$T = \frac{60}{n \cdot \omega}$$

$$9,04 \cdot 10^{-3} = \frac{60}{\omega}$$

$$\omega = \frac{60}{9,04 \cdot 10^{-3}}$$

$$\omega = 6630 \text{ rpm}$$

Didalam perencanaan putaran motor DC saat mengaktifkan system dibuat sebesar 240 rpm, maka diasumsikan bahwa 240 rpm menyatakan kecepatan 50km/jam (6630 rpm),sehingga :

Satuan rpm = rotasi per menit menyatakan satuan dari frekwensi

$$240 \text{ rpm} = 240 \text{ putaran / menit}$$

$$= 240 \text{ putaran / 60 detik}$$

$$= 4 \text{ putaran / detik}$$

$$\text{jadi } f = 4 \text{ Hz}$$

3.1.5. Rangkaian *Driver*

Rangkaian ini menggunakan komponen utama transistor dan *relay*. Diode dipasang reverse berfungsi untuk melindungi transistor dari tegangan induksi yang

dikeluarkan oleh kumparan relay pada saat transfer dari off ke on atau sebaliknya. Nilai resistansi dalam dari *relay* sebesar 200Ω . Berdasarkan lembar data dari transistor (BD 139) yang digunakan H_{fe} sebesar 120 dan $V_{be} = 0,7\text{ V}$. Maka I_B sebesar:

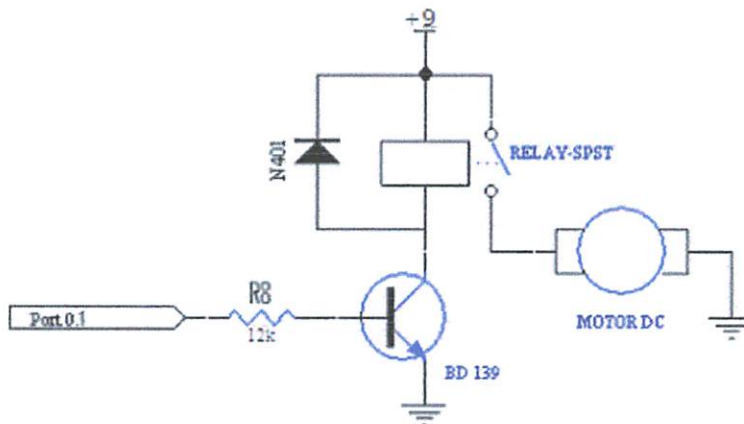
$$I_C = \frac{V_{cc}}{r_{\text{dalam}} + r_{\text{tan}}} = \frac{9}{200} = 0,045\text{ A}$$

$$I_B = \frac{I_C}{H_{fe}} = \frac{0,045\text{ A}}{120} = 0,000375\text{ A}$$

Sehingga nilai R_B sebesar:

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0,7}{0,000375} = 11447\Omega$$

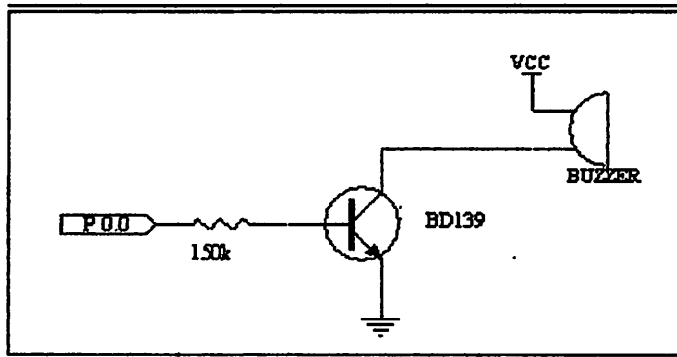
Karena untuk $R = 11447\Omega$ tidak terdapat di pasaran maka digunakan yang lebih mendekati yaitu $R = 12\text{ K}\Omega$



Gambar 3.6 Rangkaian Driver motor

3.1.6. Perancangan Driver Buzzer

Driver Buzzer diperlukan untuk mengaktifkan buzzer karena keluaran dari mikrokontroller AT89C51 tidak mampu untuk langsung mengaktifkan buzzer.



Gambar 3.7. Rangkaian Driver Buzzer

Jika diketahui :

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

$$H_{fe} \text{ BD139} = 100$$

$$R_{buzzer} = 160 \Omega$$

Maka nilai R_b dapat dicari dengan :

$$\begin{aligned} I_{buzzer} &= \frac{V_{cc}}{R_{buzzer}} \\ &= \frac{5}{160} = 3,125 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_b &= \frac{I_c}{H_{fe}} \\ &= \frac{3,125}{100} = 0,03125 \text{ mA} \end{aligned}$$

Nilai R_b Dapat dicari dengan :

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

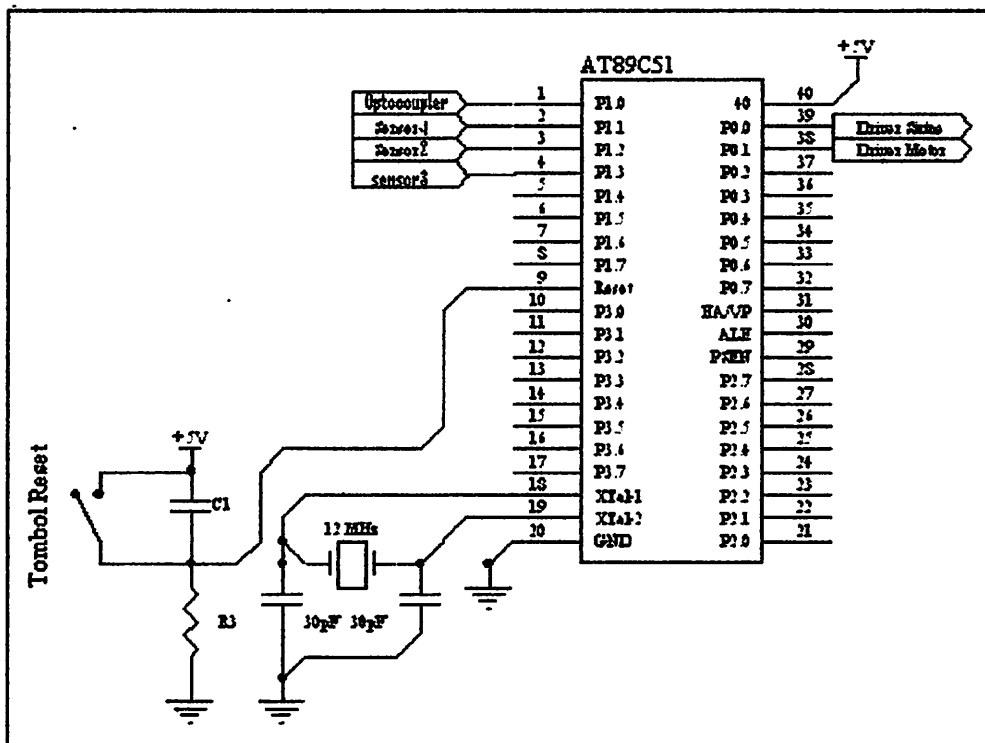
$$= \frac{5 - 0,7}{0,03125\text{mA}}$$

$$= 137,6\text{K}\Omega \cong 150\text{K}$$

Jadi besar nilai Rb yang dipasang sebesar = 150 K Ω

3.1.7. Mikrokontroler AT89C51

Agar mikrokontroler AT89C51 berfungsi sebagai *single chip* maka kaki EA (Eksternal Address Enable) dihubungkan ke Vcc sehingga pada saat reset program diambil dari internal memori program. Karena tidak memerlukan eksternal memori program dan eksternal RAM maka Port P0.0 – P0.7 dan port P2.0 – P2.7 difungsikan sebagai *general purpose port*. Rangkaian mikrokontroler AT89C51 ditunjukkan dalam Gambar 3.8



Gambar 3.8. Rangkaian Mikrokontroler AT89C51

- Port 1.0 digunakan untuk sensor optocoupler sebagai pendeteksi kecepatan kendaraan.
- Port 1.1 digunakan untuk input sensor infra merah yang pertama.
- Port 1.2 digunakan untuk input sensor infra merah yang kedua.
- Port 1.3 digunakan untuk input sensor infra merah yang ketiga
- Port 0.0 digunakan untuk output driver Buzzer
- Port 0.1 digunakan untuk output driver Motor
- Pin 9 (RST) dihubungkan kerangkaian reset untuk mereset hardware.
- Pin 18 (XTAL 2) dan kaki pin 19 (XTAL 1) dihubungkan ke rangkaian Osilator Crystal untuk memberikan clock inputan yang dibutuhkan oleh mikrokontroler AT89C51.
- Pin 20 (GND) dihubungkan ke ground.
- Pin 40 (VCC) dihubungkan ke sumber tegangan 5V DC.

3.1.7.1. Rangkaian *Clock*

Kecepatan proses pengolahan data pada mikrokontroler ditentukan oleh Clock (waktu) yang dikendalikan oleh Mikrokontroler tersebut. Pada Mikrokontroler AT 89C51 terdapat internal Clock. Internal Clock generator berfungsi sebagai sumber Clock, tapi masih memerlukan rangkaian tambahan untuk membangkitkan Clock yang diperlukan. Rangkaian Clock ini terdiri dari dua buah kapasitor dan sebuah kristal yang dirangkai sedemikian rupa dan kemudian dihubungkan dengan Pin 18 dan 19 pada AT 89C51.

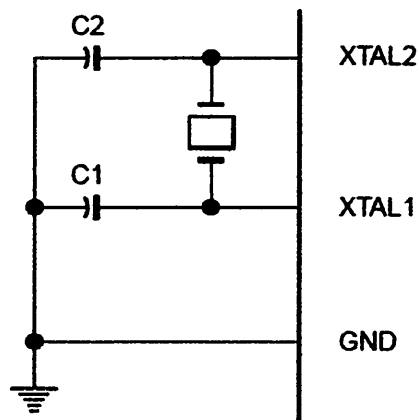
- Port I.0 digunakan untuk sensor optocoupler sebagai pendeteksi kecepatan kendaraan.
- Port I.1 digunakan untuk input sensor infra merah yang pertama.
- Port I.2 digunakan untuk input sensor infra merah yang kedua.
- Port I.3 digunakan untuk input sensor infra merah yang ketiga.
- Port O.0 digunakan untuk output driver Banner.
- Port O.1 digunakan untuk output driver Motor.
- Pin 9 (RST) dihubungkan ketangkaiannya reset untuk mereset hardware.
- Pin 18 (XTAL 2) dan kaki pin 19 (XTAL 1) dihubungkan ke tangkaiannya Oscilator Crystal untuk memberikan clock inputan yang dibutuhkan oleh mikrokontroler AT89C51.
- Pin 20 (GND) dihubungkan ke ground.
- Pin 40 (VCC) dihubungkan ke sumber tegangan 5V DC.

3.1.7.1. Rangkaian Clock

Kecepatan proses pengolahan data pada mikrokontroler ditentukan oleh Clock (waktu) yang dikembalikan oleh Mikrokontroler tersebut. Pada Mikrokontroler AT 89C51 terdapat internal Clock Internal Clock generator berfungsi sebagai sumber Clock tapi masih memerlukan tangkaiannya tambahan untuk membangkitkan Clock yang diperlukan. Rangkaian Clock ini terdiri dari dua buah kapasitor dan sebuah kristal yang digunakan sebagaimana urut dan kemudian dihubungkan dengan Pin 18 dan 19 pada AT 89C51.

Dalam Perancangan rangkaian ini menggunakan.

1. $C = 30 \text{ } \mu\text{F}$. Penentuan besarnya kapasitansi disesuaikan dengan spesifikasi pada data sheet AT 89C51.
2. Kristal 12 MHz (berdasarkan data sheet AT89C51) adapun gambar rangkaian clock tampak seperti pada gambar 3.9.



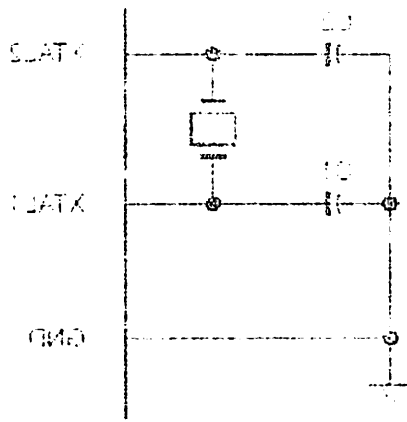
Gambar 3.9. Rangkaian Clock minimum system

3.1.7.2. Rangkaian *Reset*

Reset pada Mikrokontroler merupakan masukkan aktif High '1' Pulsa transisi dari rendah '0' ke tinggi '1' akan mereset Mikrokontroler menuju alamat 0000H. Pin reset dihubungkan dengan rangkaian power on reset seperti pada gambar 3.10.

Dalam perencanaan rangkaian ini menggunakan:

1. $C = 30$ pF. Penentuan besarnya kapasitansi didasarkan dengan spesifikasi pada data sheet AT89C21.
2. Kristal 12 MHz (didasarkan data sheet AT89C21) sebagai gambar rangkaian clock tampak seperti pada gambar 3.9.

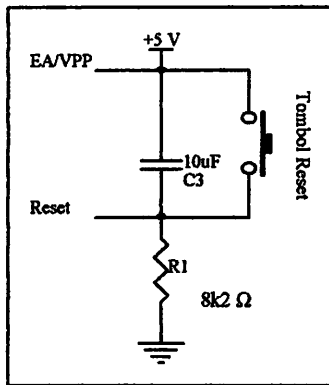


Gambar 3.9. Rangkaian Clock minimum system

3.1.3.2. Rangkaian Reset

Reset pada Mikrokontroler merupakan masukkan skali High. Pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan mereset Mikrokontroler menjadi alamat 0000H. Pin reset dihubungkan dengan rangkaian power on reset seperti pada

gambar 3.10.



Gambar 3.10. Rangkaian Reset

Rangkaian reset bertujuan agar Mikrokontroler dapat menjalankan proses dari awal. Rangkaian reset untuk Mikrokontroler dirancang agar mempunyai kemampuan power on reset, yaitu reset yang terjadi pada saat sistem dinyalakan untuk pertama kalinya. Reset juga dapat dilakukan secara manual dengan menekan tombol reset yang berupa switch push button.

Rangkaian Reset terbentuk oleh komponen R dan C yang sudah baku (ditetapkan oleh perusahaan pembuat IC AT 89C51). Nilai R1 yang dipakai adalah 8,2 Kohm dan C3 10 µF.

Sedangkan untuk mencari frekuensi dari reset tersebut dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F_o = \frac{1}{1,1RC}$$

Sehingga dengan komponen resistor dengan nilai 8,2 Kohm serta kapasitor dengan nilai 10 µF akan dihasilkan frekuensi.

$$f_o = \frac{1}{1,1.RC}$$

$$= \frac{1}{1,1.8,2.10^3.10.10^{-6}}$$

$$f_o = 2,77 \text{ Hz}$$

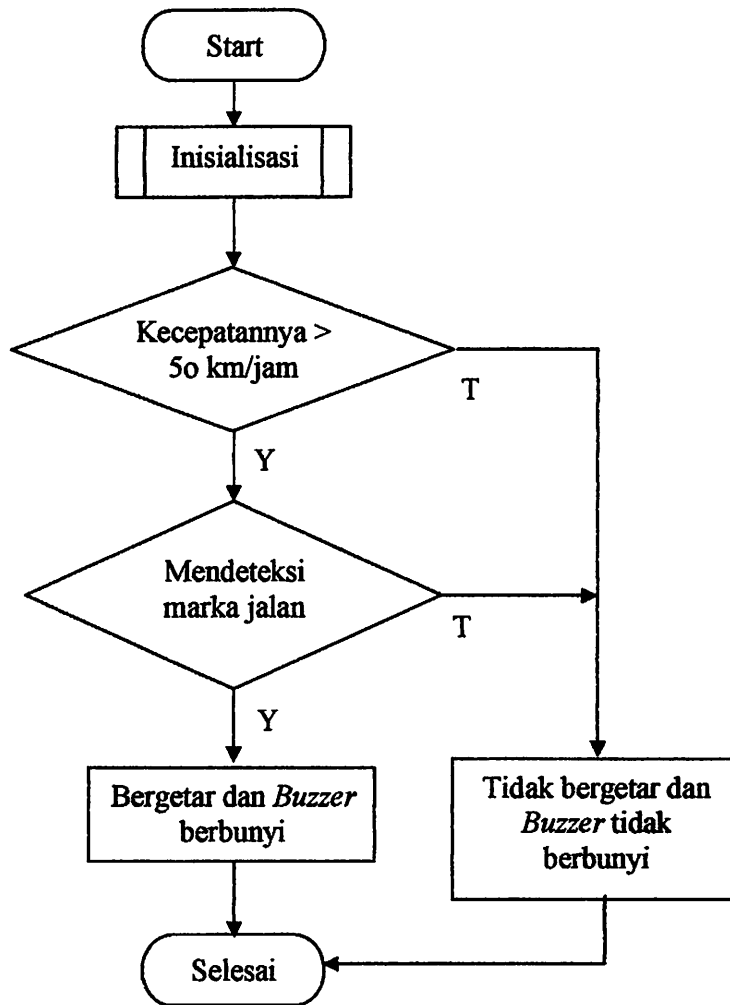
Maka Periode Clock $= \frac{1}{T}$

$$T = \frac{1}{2,77}$$

$$= 0,36 \text{ detik}$$

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Sistem ini menggunakan *mikrokontroler* AT89C51 sebagai unit komputasi dari alat. Oleh karena itu segala pengolahan data dan fungsi sistem diatur oleh perangkat lunak dalam *mikrokontroler* AT89C51, perangkat lunak merupakan urutan perintah yang harus dilaksanakan oleh MCU (*Microcontroller Unit*). Semua program disimpan dalam *EEPROM* (*Electrical Eraseable Program Read Only Memory*). Perencanaan perangkat lunak dari alat ini dapat dijelaskan dengan sistem *flowchart* (diagram alir) dalam Gambar 3.11:



Gambar 3.12 Flowchart Program

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

4.1. Pendahuluan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana peralatan dapat bekerja sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan melalui dua tahap, yakni pengujian pada setiap blok dan pengujian pada sistem secara keseluruhan. Tahap pertama dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana blok-blok rangkaian dapat berjalan, sedangkan tahap kedua dilakukan setelah diperoleh kepastian bahwa tiap blok rangkaian telah berjalan sesuai rencana. Pada tahap ini setiap blok rangkaian diintegrasikan menjadi sebuah sistem untuk kemudian dilakukan pengujian secara menyeluruh.

4.2. Pengujian Pendeteksi Garis putih Pada jalan

4.2.1. Tujuan

Untuk mengetahui apakah sensor penerima tersebut dapat mendeteksi sinyal pemancar led terhadap marka jalan.

4.2.2. Peralatan Yang Digunakan

1. Rangkaian pendeteksi marka.
2. Multitester.
3. Catu daya 5 volt.

BAB IV PENGUJIAN ALAT

4.1. Pendahuluan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana peralatan dapat bekerja sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan melalui dua tahap, yakni pengujian pada setiap blok dan pengujian pada sistem secara keseluruhan. Tahap pertama dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana blok-blok rangkaian dapat berjalan sedangkan tahap kedua dilakukan setelah diperoleh kepastian bahwa tiap blok rangkaian telah berjalan sesuai rencana. Pada tahap ini setiap blok rangkaian diintegrasikan menjadi sebuah sistem untuk kemudian dilakukan pengujian secara menyeluruh.

4.2. Pengujian Pendeteksi Garis Putih Pada Jalan

4.2.1. Tujuan

Untuk mengetahui apakah sensor penerima tersebut dapat mendeteksi sinyal pemancar led terhadap marka jalan.

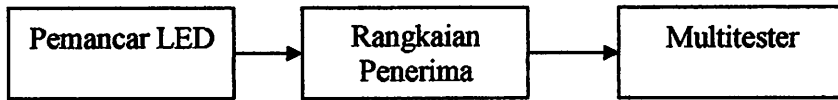
4.2.2. Peralatan Yang Digunakan

1. Rangkaian pendeteksi marka.

2. Multimeter.

3. Catu daya 5 volt.

4.2.3. Prosedur Pengujian



Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Pendeteksi Garis

1. Merangkai peralatan yang digunakan sesuai Gambar 4.1.
2. Memberikan tegangan 5 volt pada rangkaian pemancar Led dan penerima serta *Multitester*.
3. Menempatkan pemancar Led yang diarahkan ke garis putih dengan jarak 1 cm dan sudut 0°
4. Mengamati keluaran *Multitester*.

4.2.4. Hasil Pengujian

Untuk hasil perhitungan tegangan output (V_o) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R2}{(R2 + R_{LDR})} \times Vin$$

$$\text{Diketahui } R_{LDR} = 10k\Omega$$

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

$$R2 = 10k\Omega$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= \frac{R_2}{(R_2 + R_{LDR})} \times V_{CC} \\
 &= \frac{10k}{(10k + 10k)} \times 5 \\
 &= \frac{10k}{20k} \times 5 \\
 &= 2,5V
 \end{aligned}$$

- Error didapat dari selisih antara V out pengujian dan V out perhitungan

$$\text{\% error} = \frac{\text{selisih}}{V_{out\text{perhitungan}}} \times 100$$

Dan hasilnya adalah seperti pada tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pendeteksi Garis warna putih

Jarak (cm)	R _{LDR} (Ω)	Tegangan out put (Volt)		Error %
		Pengujian	Perhitungan	
1	10k	2,45	2,5	2
1,5	14k	2	2	0
2	20k	1,5	1,6	6,2
2,5	25k	1,4	1,42	1,4
Σ error				9,6 %

Untuk kesalahan relatif rata-rata dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kesalahan Relatif Rata - Rata} = \frac{\sum \text{error}}{X}$$

Dimana : Σ error = Jumlah error

X = Banyaknya Sampel

Jadi apabila Σ error = 9,6 % , maka :

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Relatif Rata - Rata} &= \frac{9,6}{4} \\ &= 2,4 \% \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pendeteksi warna hitam

Jarak (cm)	R _{LDR} (Ω)	Tegangan out put (Volt)		Error %
		Pengujian	Perhitungan	
1	35k	1	1,11	9,9
1,5	47k	0,85	0,87	2,2
2	60k	0,6	0,7	14,2
2,5	95k	0,45	0,47	4,2
Σ error				30 %

Untuk kesalahan relatif rata-rata dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kesalahan Relatif Rata - Rata} = \frac{\Sigma \text{ error}}{X}$$

Dimana : Σ error = Jumlah error

X = Banyaknya Sampel

Jadi apabila $\Sigma \text{ error} = 30\%$, maka :

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Relatif Rata - Rata} &= \frac{30}{4} \\ &= 7,5\% \end{aligned}$$

4.2.5. Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian di atas, terlihat bahwa led neon dan LDR sebagai sensor saat mendeteksi warna putih masih terdapat kesalahan relatif rata-rata sebesar 2,4 % serta pada warna hitam terdapat kesalahan relatif sebesar 7,5 %

4.3. Pengujian Optocoupler

4.3.1. Tujuan

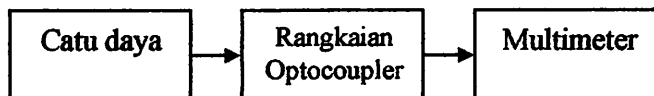
Untuk mengetahui apakah optocoupler dapat bekerja sesuai dengan perencanaan.

4.3.2. Peralatan Yang Digunakan

1. Catu Daya.
2. Rangkaian Optocoupler.
3. Multimeter Digital.

4.3.3. Prosedur pengujian

Prosedur pengujian rangkaian optocoupler ditunjukkan pada Gambar 4.2. dibawah :



Gambar 4.2. Prosedur Pengujian Optocoupler

1. Merangkai peralatan yang digunakan sesuai Gambar 4.2.
2. Memberikan tegangan 5 volt pada rangkaian optocoupler.
3. Mengamati keluaran Multimeter.

4.3.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian optocoupler ditunjukkan dalam Tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Optocoupler

No	Perlakuan pada sensor	Tegangan keluaran (volt)	Logika
1	Ada penghalang	0,005	Low
2	Tidak ada penghalang	3,5	High

4.3.5. Analisis Hasil Pengujian

Pada system digital ini logika low mempunyai interval 0 volt - 0,8 volt dan logika high mempunyai interval 3 volt - 5 volt. Hubungan kecepatan dengan besaran listrik adalah bahwa dalam hal ini besar listriknya berupa pulsa (0 dan 5V) yaitu kecepatan sama dengan banyak lubang dikali dengan jumlah pulsa yang masuk

4.4. Pengujian Sistem Mikrokontroler

4.4.1. Tujuan

Untuk mengetahui kondisi awal dari mikrokontroler apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan.

Gambar 4.2. Prosedur Pengujian Optocoupler

1. Menangkai peralatan yang digunakan sesuai Gambar 4.2.
2. Memberikan tegangan 5 volt pada rangkaian optocoupler.
3. Mengamati keluaran Arduino.

4.3.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian optocoupler ditunjukkan dalam Tabel 4.3 berikut ini :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Optocoupler

No	Perilaku pada sensor	Tegangan keluaran Logika (volt)	Logika
1	Ada pengalangan	0,005	low
2	Tidak ada pengalangan	3,2	High

4.3.5. Analisis Hasil Pengujian

Pada sistem digital ini logika low mempunyai interval 0 volt - 0,8 volt dan logika high mempunyai interval 3 volt - 5 volt. Hubungan kecepatan dengan besaran listrik adalah bahwa dalam hal ini besar elektranya berupa pulsa (0 dan 5V) yang kecepatan sama dengan banyak inbang dikali dengan jumlah pulsa yang masuk

4.4. Pengujian Sistem Mikrokontroler

4.4.1. Tujuan

Tujuan mengetahui kondisi awal dari mikrokontroler apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan.

4.4.2. Peralatan Yang Dibutuhkan

1. Komputer (PC).
2. Led Display.

4.4.3. Prosedur Pengujian

1. Membuat program yang digunakan dalam pengujian mikrokontroler.

Program yang digunakan dalam pengujian mikrokontroler ini merupakan program sederhana yang meletakkan 0FH dan F0H pada ACC secara bergantian kemudian memindahkannya pada *Port 1* 89C51. Program yang dibuat adalah sebagai berikut :

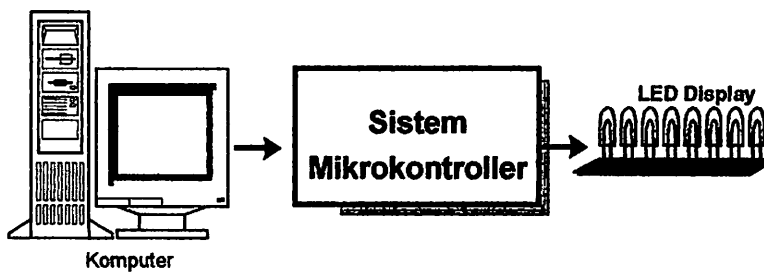
```
ORG 0000H

                JMP    START

START:  MOV    A,#0FH
        MOV    P1,A
        CALL  TUNDA
        MOV    A,#F0H
        MOV    P1,A
        JMP    START

TUNDA:  MOV    R3,#0FFH
TUNDA1: MOV    R2,#0FFH
        DJNZ  R2,$
        MOV    R1,#0FH
        DJNZ  R1,$
        DJNZ  R3,TUNDA1
        RET
        END
```

2. Rangkaian dibuat seperti Gambar 4-3.
3. Memasang catu rangkaian sebesar 5 volt.
4. Download program diatas .
5. Mengamati keluaran pada LED Display .



Gambar 4.3 Diagram Blok Pengujian Mikrokontroller

4.4.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

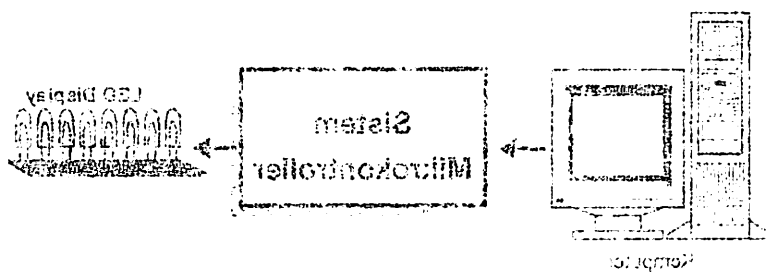
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroller

Kondisi	Keluaran pada LED Display							
	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
Satu	1	1	1	1	0	0	0	0
Dua	0	0	0	0	1	1	1	1

4.4.5. Analisis Pengujian

Dari hasil pengujian dalam tabel 4-3 dapat dilihat bahwa *port 1* memberikan logika $0F_H$ dan $F0_H$ secara bergantian sesuai dengan isi program.

2. Mengetahui keluaran pada LED Display.
4. Download program diatas.
3. Memasang cara rangkai in seperti 2 volt.
5. Rangkaian dibuat seperti Gambar 4-3.



Gambar 4.3. Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler

4.4.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler

Kondisi	Keluaran pada LED Display						
	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 7
Satu	1	1	1	0	0	0	0
Dua	0	0	0	1	1	1	1

4.4.5. Analisis Pengujian

Dari hasil pengujian dalam tabel 4-3 dapat dilihat bahwa volt 1

memberikan logika 0H dan F0H secara bergantian sesuai dengan isi program.

4.5. Pengujian Relay

4.5.1. Tujuan

Tujuan pengujian relay adalah untuk mengetahui unjuk relay sebelum dioperasikan.

4.5.2. Peralatan yang digunakan

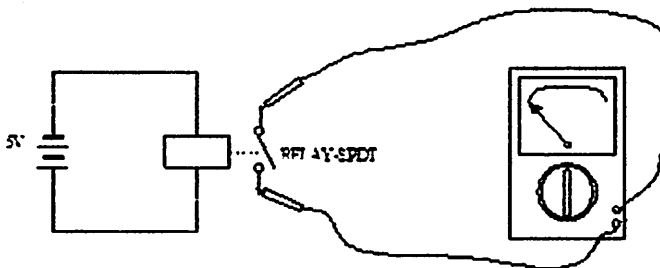
1. AVOMeter
2. Catu daya 5 volt.

4.5.3. Prosedur pengujian

1. Merangkai peralatan yang digunakan sesuai gambar



2. Merangkai peralatan yang digunakan sesuai gambar



3. Mengamati perubahan AVOMeter.

4.5.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian Relay ditunjukkan dalam Tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Relay

Relay	Contact
	<i>Normally Open</i> (NO)
Ada Tegangan	1
Tidak Ada Tegangan	0

4.6. Pengujian Rangkaian Driver

4.6.1. Tujuan Pengujian.

1. Untuk mengetahui besarnya arus basis (I_b) pada transistor BD 139
2. Untuk mengetahui besarnya arus kolektor (I_c) pada transistor BD 139
3. Untuk membandingkan hasil pengukuran dan hasil perhitungan sehingga diperoleh kesalahan relatif rata-rata.

4.6.2. Peralatan yang digunakan

Adapun peralatan yang digunakan pada pengujian rangkaian driver adalah sebagai berikut :

1. Rangkaian driver

3. Mengamati perubahan AVOMeter.

4.2.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian Relay ditunjukkan dalam Tabel 4.5 berikut ini :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Relay

Relay	Contact
Relay	Normally Open (NO)
	1
Relay	1
	0

4.6. Pengujian Rangkaian Driver

4.6.1. Tujuan Pengujian

1. Untuk mengetahui besarnya arus basis (I_b) pada transistor BCD 139
2. Untuk mengetahui besarnya arus kolektor (I_c) pada transistor BCD 139
3. Untuk membandingkan hasil pengukuran dan hasil perhitungan sehingga diperoleh kesalahan relatif rata-rata.

4.6.2. Peralatan yang digunakan

Adapun peralatan yang digunakan pada pengujian rangkaian driver adalah

sebagai berikut :

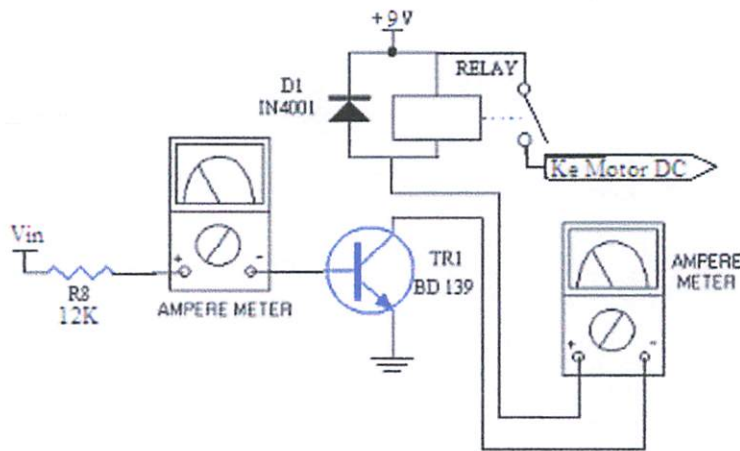
1. Rangkaian driver

2. Multimeter digital
3. Catu daya 5 Volt DC
4. Catu daya 9 Volt DC

4.6.3. Langkah-langkah pengujian.

Langkah-langkah yang harus diperhatikan pada pengujian rangkaian driver adalah sebagai berikut :

1. Merangkai rangkaian seperti pada gambar 4.4. sebagai berikut :



Gambar 4.4. Pengujian Rangkaian Driver

2. Memberikan tegangan catu daya pada rangkaian.
3. Mengukur arus basis(I_b) dan arus kolektor (I_c) pada rangkaian driver
4. Mencatat hasil pengukuran.

Dari hasil pengukuran arus basis(I_b) dan arus kolektor (I_c) pada rangkaian driver adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.6. Data Hasil Pengukuran Arus Basis (I_b) dan Arus Colektor (I_c)
Pada Rangkaian Driver**

No.	Arus Basis (I_b) (mA)	Arus Colektor (I_c) (mA)
1.	0,364	44,5
2.	0,365	44,9
3.	0,366	44,4
4.	0,362	44,0
5.	0,363	44,7

4.6.4. Analisa hasil pengujian rangkaian driver

Diketahui : $V_{ce(sat)} = 0,5 \text{ V}$

$$V_{cc} = 9 \text{ V}$$

$$H_{fe} = 120$$

$$R_{relay} = 200 \Omega$$

Sehingga

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_{relay}} = \frac{9}{200} = 45 \text{ mA}$$

$$I_b = \frac{I_c}{H_{fe}} = \frac{45 \text{ mA}}{120} = 0,375 \text{ mA}$$

Tabel 4.6. Data Hasil Pengukuran Arus Basis (I_b) dan Arus Kolektor (I_c) Pada Rangkaian Driver

No.	Arus Basis (I_b) (mA)	Arus Kolektor (I_c) (mA)
1.	0,364	44,2
2.	0,362	44,9
3.	0,366	44,4
4.	0,362	44,0
5.	0,363	44,7

4.6.4. Analisis hasil pengujian rangkaian driver

$$\text{Diketahui: } V_{\text{cc(sat)}} = 0,5 \text{ V}$$

$$V_{\text{ce}} = 9 \text{ V}$$

$$H_{\text{fe}} = 150$$

$$R_{\text{c(sat)}} = 200 \Omega$$

Sehingga

$$I_c = \frac{I_{\text{cc}}}{R_{\text{c(sat)}}} = \frac{9}{200} = 45 \text{ mA}$$

$$I_b = \frac{I_c}{H_{\text{fe}}} = \frac{45 \text{ mA}}{150} = 0,3 \text{ mA}$$

**Tabel 4.7. Data Hasil Perhitungan dan Pengukuran Arus Basis (I_b)
Pada Rangkaian Driver**

No.	Arus Basis (I _b)		Kesalahan Relatif (%)
	Hasil Perhitungan (mA)	Hasil Pengukuran (mA)	
1.	0,375	0,364	2,93
2.	0,375	0,365	2,66
3.	0,375	0,366	2,4
4.	0,375	0,362	3,46
5.	0,375	0,363	3,46
	Σ error		14,91

sehingga untuk kesalahan relatifnya adalah :

$$Kesalahan\ Relatif / error = \left| \frac{Perhitungan - pengukuran}{Perhitungan} \right| \times 100 \%$$

Sedangkan untuk kesalahan relatif rata-rata dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Kesalahan\ Relatif\ Rata - Rata = \frac{\sum error}{X}$$

Dimana : Σ error = jumlah error

X = Banyaknya Sampel

Jadi apabila Σ error = 14,91%

$$Kesalahan\ Relatif\ Rata - Rata = \frac{14,91}{5} = 10 \%$$

**Tabel 4.8. Data hasil Perhitungan Dan Pengukuran Arus Kolektor (I_c)
Pada Rangkaian Driver**

No.	Arus Kolektor (I_c)		Kasalahan Relatif (%)
	Hasil Perhitungan (mA)	Hasil Pengukuran (mA)	
1.	45	44,5	1,11
2.	45	44,9	0,22
3.	45	44,4	1.33
4.	45	44,0	2.22
5.	45	44,7	0,66
Σ error			5.54

Sehingga untuk kesalahan relatifnya adalah :

$$Kesalahan\ Relatif\ / \ error = \left| \frac{Perhitungan - pengukuran}{Perhitungan} \right| \times 100\%$$

Sedangkan Untuk kesalahan relatif rata-rata dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Kesalahan\ Relatif\ Rata - Rata = \frac{\sum error}{X}$$

Dimana : Σ error = jumlah error

X = Banyaknya Sampel

Jadi apabila Σ error = 5.54% , maka :

$$Kesalahan\ Relatif\ Rata - Rata = \frac{5.54}{5} = 1,10\%$$

4.7. Pengujian Keseluruhan System

4.7.1. Tujuan

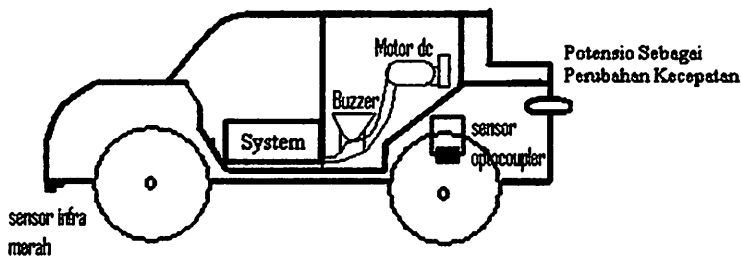
Untuk mengetahui kerja system secara keseluruhan, apakah berhasil sesuai dengan yang diharapkan.

4.7.2. Peralatan Yang Digunakan

1. Rangkaian system mikrokontroller keseluruhan.
2. Komponen-komponen pendukung
3. Tegangan 9 Volt.

4.7.3. Prosedur Pengujian

1. Membuat program untuk menjalankan system secara keseluruhan sesuai dengan spesifikasi yang telah dibuat.
2. Merangkai keseluruhan modul seperti pada gambar



Gambar 4.5. Rangkaian Keseluruhan

3. Menghubungkan dengan Tegangan 9 volt
4. menekan tombol on untuk mengaktifkan system.

4.7.4. Hasil Pengujian

Dalam pengujian ini pada saat menekan tombol on maka system akan dapat bekerja sesuai perencanaan yaitu apabila salah satu sensor menyentuh garis putih maka motor dc sebagai penggetar dan buzzer sebagai bunyi akan aktif.

4.7. Pengujian Keseluruhan System

4.7.1. Tujuan

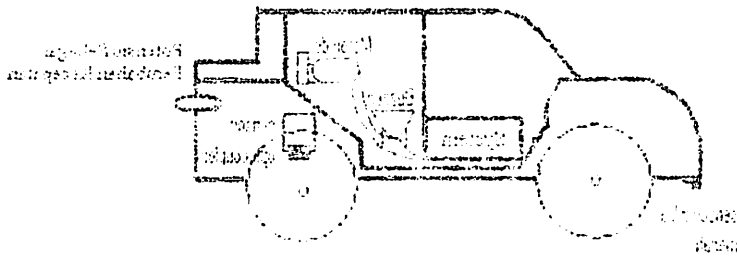
Tidak mengontrol kerja system secara keseluruhan apakah berhasil sesuai dengan yang diharapkan.

4.7.2. Perlatan Yang Digunakan

1. Rangkaian system mikrokontroler keseluruhan.
2. Komponen-komponen pendukung.
3. Tegangan 9 Volt.

4.7.3. Prosedur Pengujian

1. Membuat program untuk menjalankan system secara keseluruhan sesuai dengan spesifikasi yang telah dibuat.
2. Menjalankan keseluruhan modul seperti pada gambar.



Gambar 4.2. Rangkaian Keseluruhan

3. Menghubungkan dengan Tegangan 9 volt.
4. menekan tombol on untuk mengaktifkan system.

4.7.4. Hasil Pengujian

Dalam pengujian ini pada saat menekan tombol on maka system akan dapat bekerja sesuai perencanaan yaitu apabila salah satu sensor menyentuh garis putih maka motor dc sebagai penggerak dan bunyinya sebagai alarm akan aktif.

Sebaliknya apabila ketiga sensor menyentuh garis putih bersamaan maka system tidak akan aktif.

Fitur

Alat ini berfungsi sebagai peringatan jika :

1. Kecepatan lebih dari 50 km/jam dan mendeteksi marka jalan maka system akan aktif, yaitu mengaktifkan buzzer dan motor sebagai penggetar pada kursi pengemudi.
2. Dalam posisi kendaraan belok tidak berpengaruh terhadap system (tidak aktif).

Spesifikasi Alat

1. LED dan LDR sebagai sensor pendeteksi marka jalan (garis putih), mempunyai kemampuan membaca garis putih.
2. Buzzer serta Motor dc digunakan sebagai tanda dan alarm bila kendaraan melewati marka jalan.
3. Battery accumulator 9 Volt.
4. Sytem dengan panjang 35 cm x lebar 10 cm x 8 cm

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah tahap demi tahap dilalui, perancangan system keamanan berkendara dengan memanfaatkan garis tengah dan garis pinggir jalan dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Dalam pengujian pendeteksi garis jarak yang dapat dicapai adalah antara 1 sampai 5 centimeter.
2. Untuk pengujian pendeteksi garis warna putih jarak berpengaruh terhadap hambatan pada LDR, semakin jauh jaraknya hambatannya semakin besar sehingga tegangan V_{out} yang keluar semakin kecil. dari hasil pengukuran dan perhitungan terdapat kesalahan relatif rata-rata yang dihasilkan adalah 2,4 %.
3. Dalam pengujian pendeteksi warna hitam jarak juga berpengaruh terhadap hambatan LDR. Dari pengukuran dan perhitungan terdapat kesalahan relatif sebesar 7,5 %
4. Pada rangkaian driver, transistor akan bekerja sebagai saklar pada saat kaki basis mendapatkan sinyal input, sehingga pada transistor akan timbul arus basis (I_b) dan arus kolektor (I_c) dengan demikian relay akan aktif. Dari hasil pengukuran dan perhitungan untuk arus basis (I_b) kesalahan relatif rata – rata yang dihasilkan adalah 10 % sedangkan

BAB V PENUTUP

2.1. Kesimpulan

Setelah tahap demi tahap dilakukan perancangan sistem keamanan berdasarkan dengan memanfaatkan garis tengah dan garis pinggir jalan dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Dalam pengujian pendeteksi garis jarak yang dapat dipakai adalah antara 1 sampai 2 centimeter.
2. Untuk pengujian pendeteksi garis warna putih jarak bebengannya terdapat hambatan pada LDR, semakin jauh jaraknya hambatannya semakin besar sehingga tegangan V_{out} yang keluar semakin kecil, dari hasil pengukuran dan perhitungan terdapat kesalahan relatif rata-rata yang dihasilkan adalah 2,4 %.
3. Dalam pengujian pendeteksi warna hitam jarak juga bebengannya terdapat hambatan LDR. Dari pengukuran dan perhitungan terdapat kesalahan relatif sebesar 7,2 %.
4. Pada rangkaian driver transistor akan bekerja sebagai saklar pada saat kaki basis mendapatkan sinyal input, sehingga pada transistor akan timbul arus basis (I_b) dan arus kolektor (I_c) dengan demikian relay akan aktif. Dari hasil pengukuran dan perhitungan untuk arus basis (I_b) kesalahan relatif rata - rata yang dihasilkan adalah 10 % sedangkan

pada arus kolektor (I_c) kesalahan relatif rata – rata yang dihasilkan adalah 1,10 %

5.1. Saran

Adapun saran dari penulis agar tercapainya efisiensi dan perkembangan alat ini antara lain :

1. Untuk menekan semua nilai kesalahan atau error-error yang terjadi dalam perancangan alat, disarankan untuk menggunakan komponen yang berkualitas mempunyai nilai yang presisi dan nilai toleransi yang rendah.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut sistem keamanan berkendara ini bisa ditambahkan sensor jarak kendaraan didepan.

bagas atau kolektor (I) kesalahan relatif rata - rata yang dihasilkan

adalah 1,10%

2.1. Saran

Adapun saran dari penulis agar tercapainya efisiensi dan keberlanjutan

alat ini antara lain :

1. Untuk menekan semua nilai kesalahan atau error-error yang terjadi

dalam perencanaan alat, disarankan untuk menggunakan komponen

yang berkualitas mempunyai nilai yang presisi dan nilai toleransi yang

rendah.

2. Untuk pengembangan lebih lanjut sistem keamanan perkembangan ini

dapat ditambahkan sensor jarak kendaraan dibayar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Atmel, 1997. *AT89C51 Flash Microcontroller*. USA, <http://www.atmel.com>.
2. Malik, Moh ibnu & anistardi, 1997. *Bereksperimen dengan Mikrokontroller 8031*, PT. Elexmedia komputindo, Jakarta
3. Eko Putra, Agfianto. "*Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi Edisi 2*", Gava Media, Yogyakarta, 2003.
4. Copper, William David. 1999. *Instrumentasi Elektronik & Teknik Pengukuran*, Erlangga, Jakarta
5. Data Sheet Dioda 1N4002, <http://onsemi.com>.
6. Data Sheet Transistor 9013, www.fairchildsemi.com

LAMPIRAN



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : SANI BUDI Y.
NIM : 9917119
Perbaikan meliputi :

- o) PERBULANAN & PERHITUNGAN & PENYAJIAN RECEPRAW
- o) DRIVER MOTOR DC
- o) JARAK OR TUNBUJIAN PENDETEKSI GARIS & PERHITUNGAN DARI MANN
- o) PERHITUNGAN RANGKAI MOLA
- o) KESIMPULAN

Malang, 7 - 10 - 200 5



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Sani Budi Yunias
N I M : 0917119
Perbaikan meliputi :

Perhubungan driver pada Bab II .
Perhubungan driver motor dan driver
Relay pd bab II .
Suara dari komparator pada Bab II (di
tambahan).

Malang, 7 des 2005


(M. Ibrahim A. ST)



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Telah dilakukan Perbaikan Skripsi Oleh :

1. Nama Mahasiswa : Sani Budi Yuniar
2. NIM : 99.17.119
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentasi : Teknik Elektronika
5. Judul Skripsi : System Keamanan Berkendaraan Dengan Memanfaatkan Garis Tengah Dan Garis Pinggir Jalan Berbasiskan Mikrokontroler AT89C51

Perbaikan meliputi

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	<ul style="list-style-type: none">• Perancangan dan perhitungan dan pengujian kecepatan• Driver motor DC• Jarak dari pengujian pendeteksi garis dan perhitungan• Perhitungan driver relay• Kesimpulan	
2.	<ul style="list-style-type: none">• Perhitungan driver pada BAB III• Perhitungan driver motor dan driver relay pada BAB IV• Teori dari komparator pada BAB II (ditambahkan)	

Dosen Pembimbing I

Ir. M. Luqman, MS

Dosen Pembimbing II

Irmalia Suyani Faradisa, ST
NIP. Y.1030100365

Anggota Penguji

Penguji Pertama

Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. Y. 1039800324

Penguji Kedua

M. Ibrahim Ashari, ST



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : Sani Budi Yuniar
2. Nim : 99.17.119
3. Jurusan : Teknik Elektro (S-1)
4. Konsentrasi : Teknik Elektronika
5. Judul Skripsi : System Keamanan Berkendaraan Dengan Memanfaatkan Garis Tengah Dan Garis Pinggir Jalan Berbasis Mikrokontroler AT89C51
6. Tanggal Pengajuan Skripsi : 28 Mei 2005
7. Selesai Menulis Skripsi : 07 Oktober 2005
8. Dosen Pembimbing : I. Ir. M. Luqman, MS
II. Irmalia Suyani Faradisa, ST
9. Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 80,4

Disetujui
Dosen Pembimbing I

Ir. M. Luqman, MS

Disetujui
Dosen Pembimbing II

Irmalia Suyani Faradisa, ST

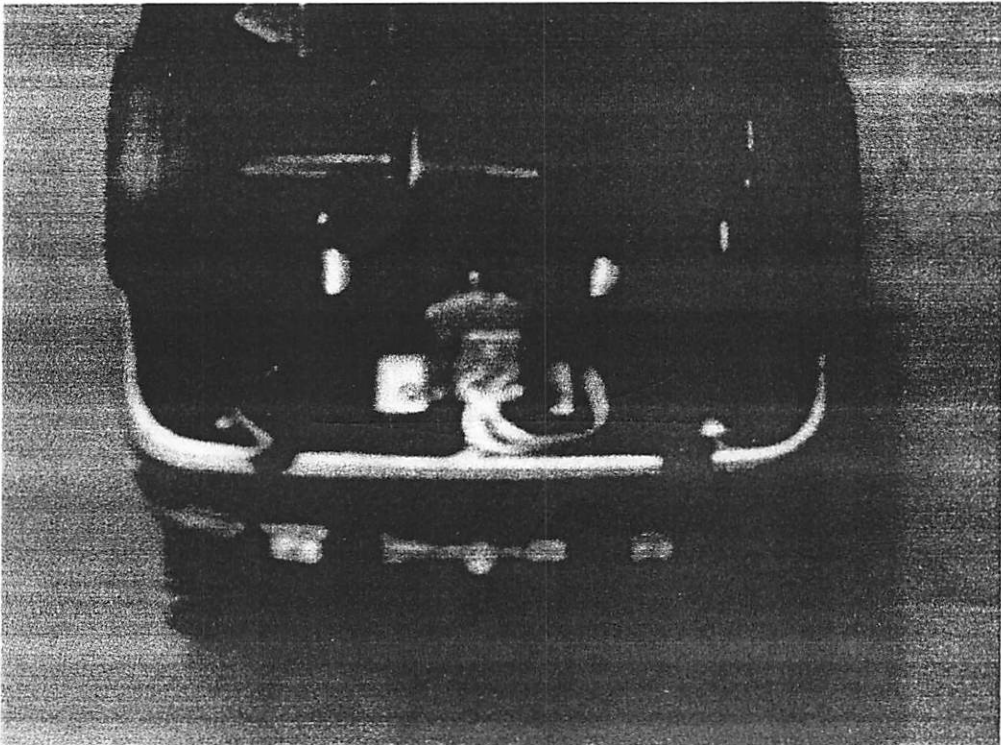
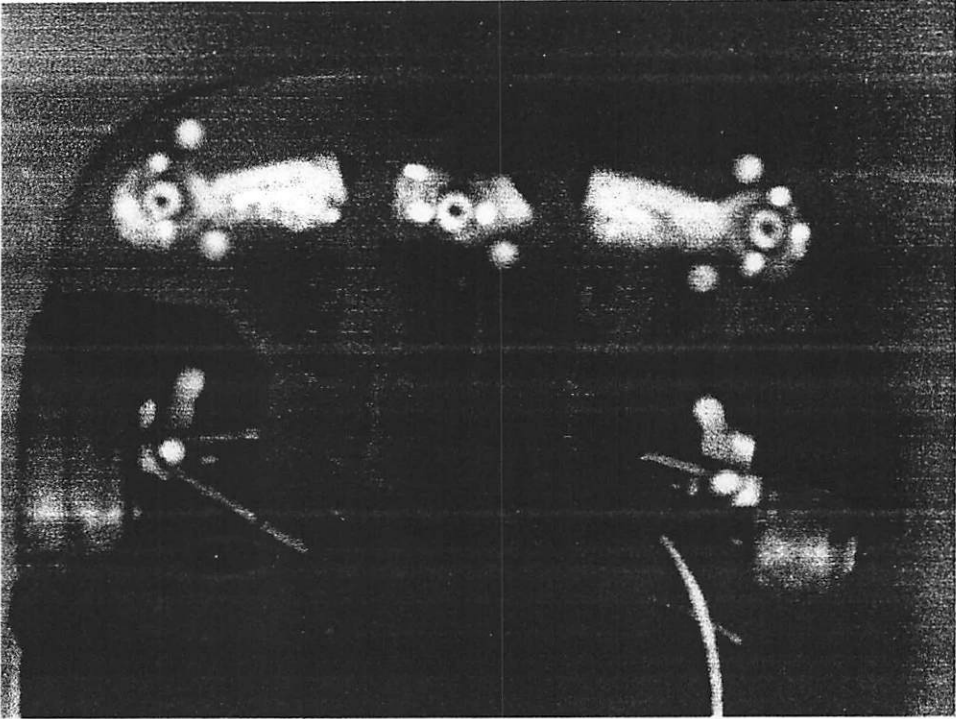
NIP.Y.1030100365

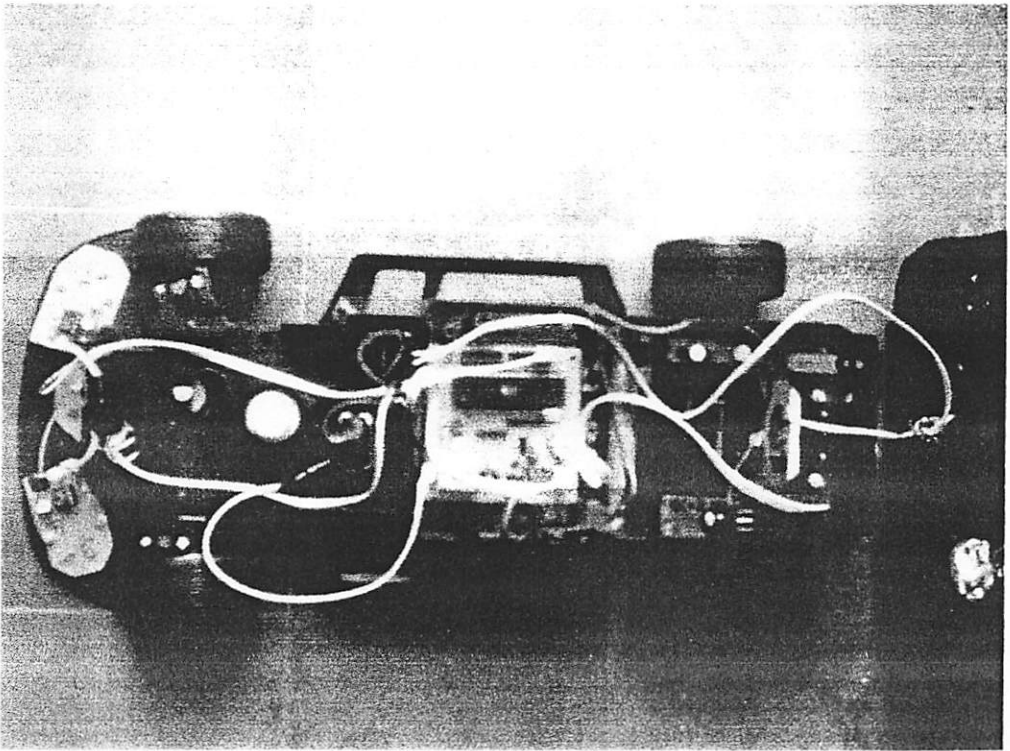
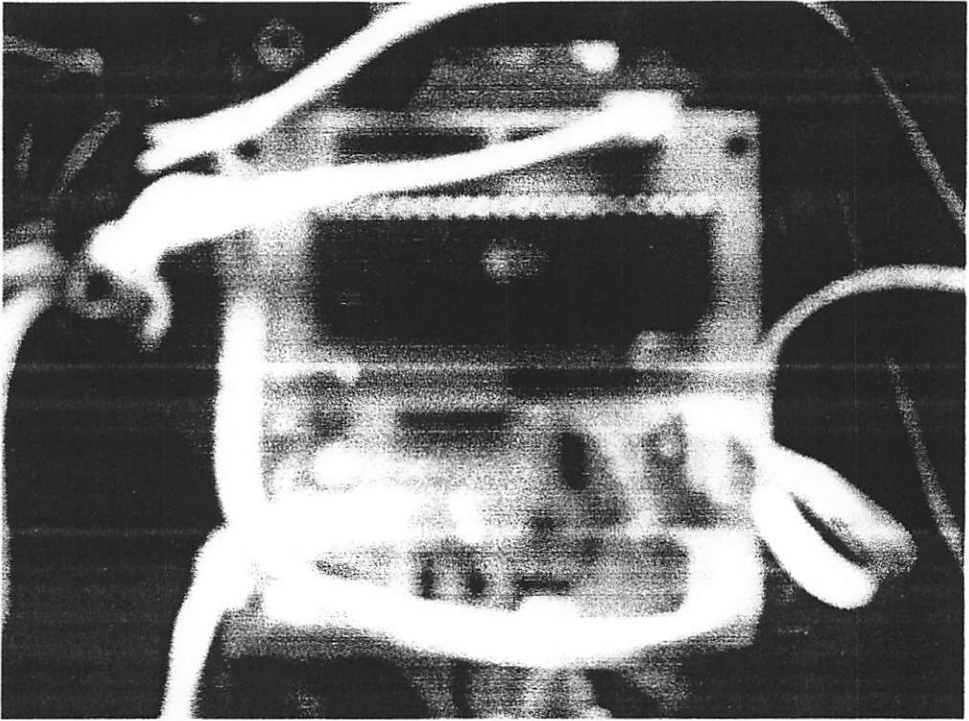
Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro, S-1

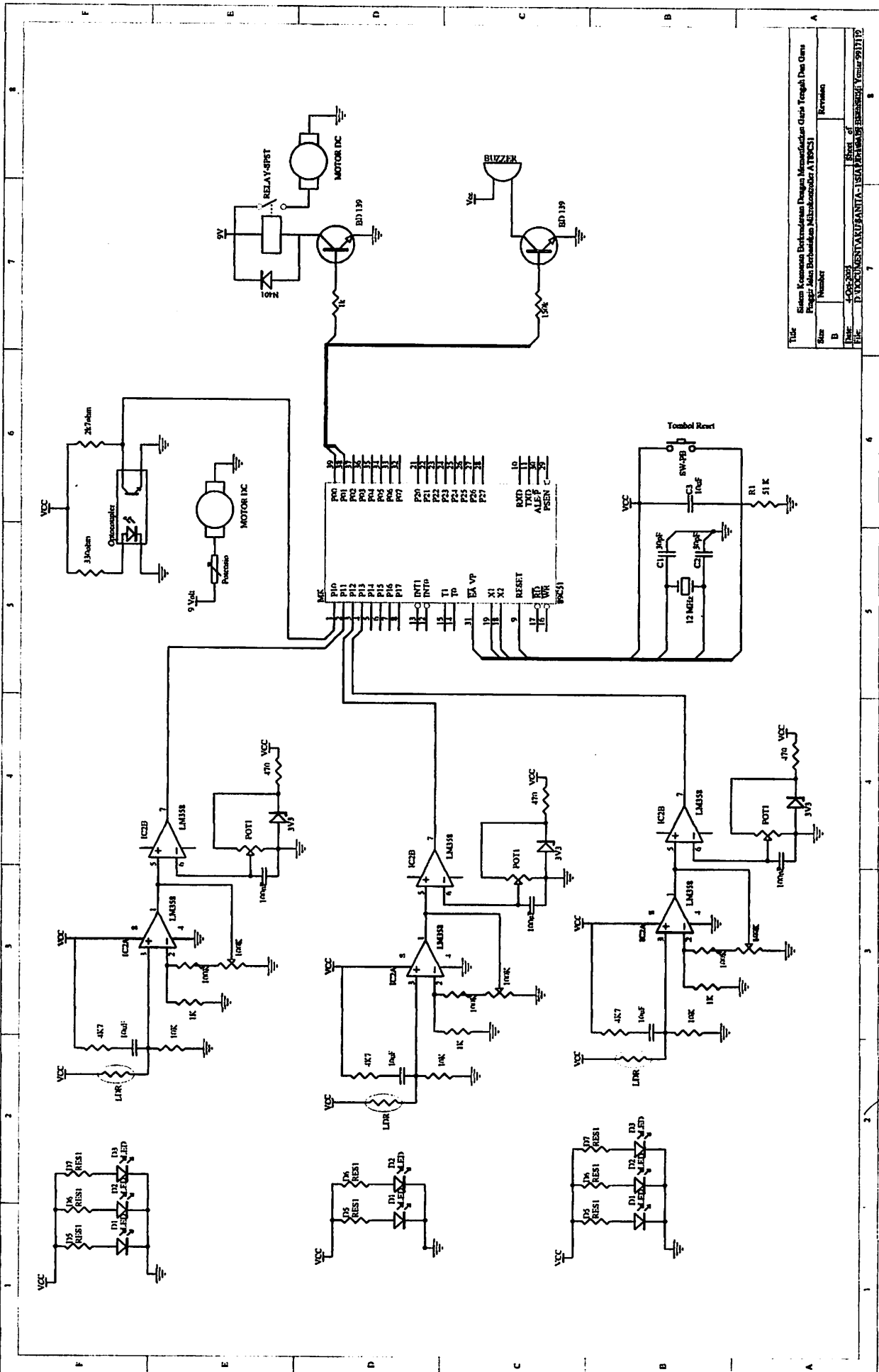
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT

NIP.Y. 103950027.

FOTO ALAT







TITLE	Rangkaian Kontroler Elektronika Dengan Memanfaatkan Gelas Tegangan Dan Osmoskop		
Author	Prinsip Dasar Elektronika Mikrokontroler AT89C51		
B	Number	Revisi	
DATE	4-08-2005	Sheet of	1
FILE	P:\DOCUMENTAR\KUFANTIA-1\SIA\KIRYAWAN\BRANDESHY\Yemas 921112		

Mobil

```
#include <c:\Gaza04X\FileH\reg51.h>
#include <c:\Gaza04X\FileH\DelayW.h>

sbit senkn = P2^0;
sbit sentgh = P2^1;
sbit senkr = P2^2;

sbit ledkn = P1^0;
sbit ledtgh = P1^1;
sbit ledkr = P1^2;

sbit buzzer = P1^4;
sbit motor = P1^3;

sbit rpm = P3^0;

bahaya(){
    buzzer = 1;
    motor = 1;
    delaySEC(1);
}

bit rpmold;
unsigned int e,f,g,mph;

Main(){
    P1 = 0x00;
    P3 = 0xff;

    while(1){
        mph = 0;
        buzzer = 0;
        motor = 0;

        while(1){
            mph = 0;
            for(f=0;f !=131;f++){
                for(e=0;e != 300;e++){
                    ledkn = senkn;
                    ledtgh = sentgh;
                    ledkr = senkr;

                    if(rpmold != rpm){
                        rpmold = rpm;
                        mph++;
                        delayMSEC(1);
                        rpmold = rpm;
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

```
        if(mph >= 240) goto exit;
```

```
    }
```

```
}
```

```
exit:
```

```
    if((senkn == 0)&&(sentgh == 1)&&(senkr == 1))bahaya();
```

```
    if((senkn == 1)&&(sentgh == 1)&&(senkr == 0))bahaya();
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

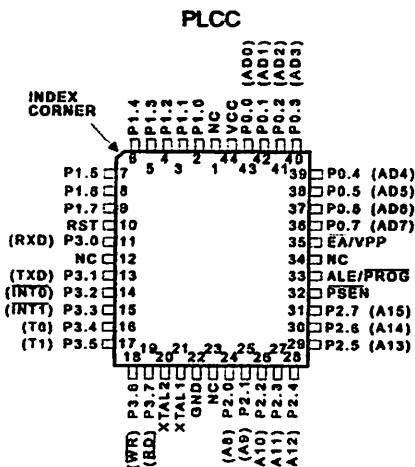
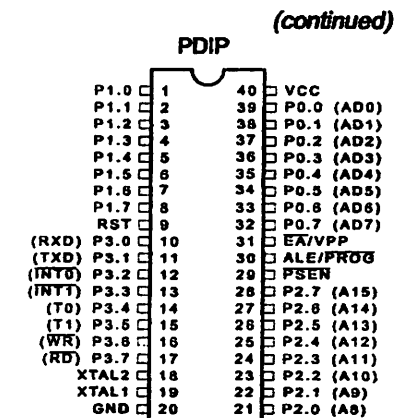
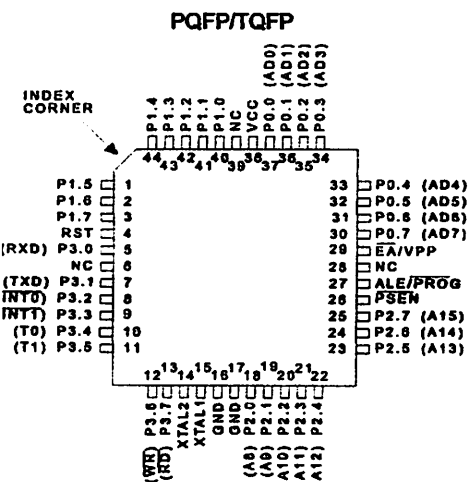

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 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
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ 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 Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations



8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

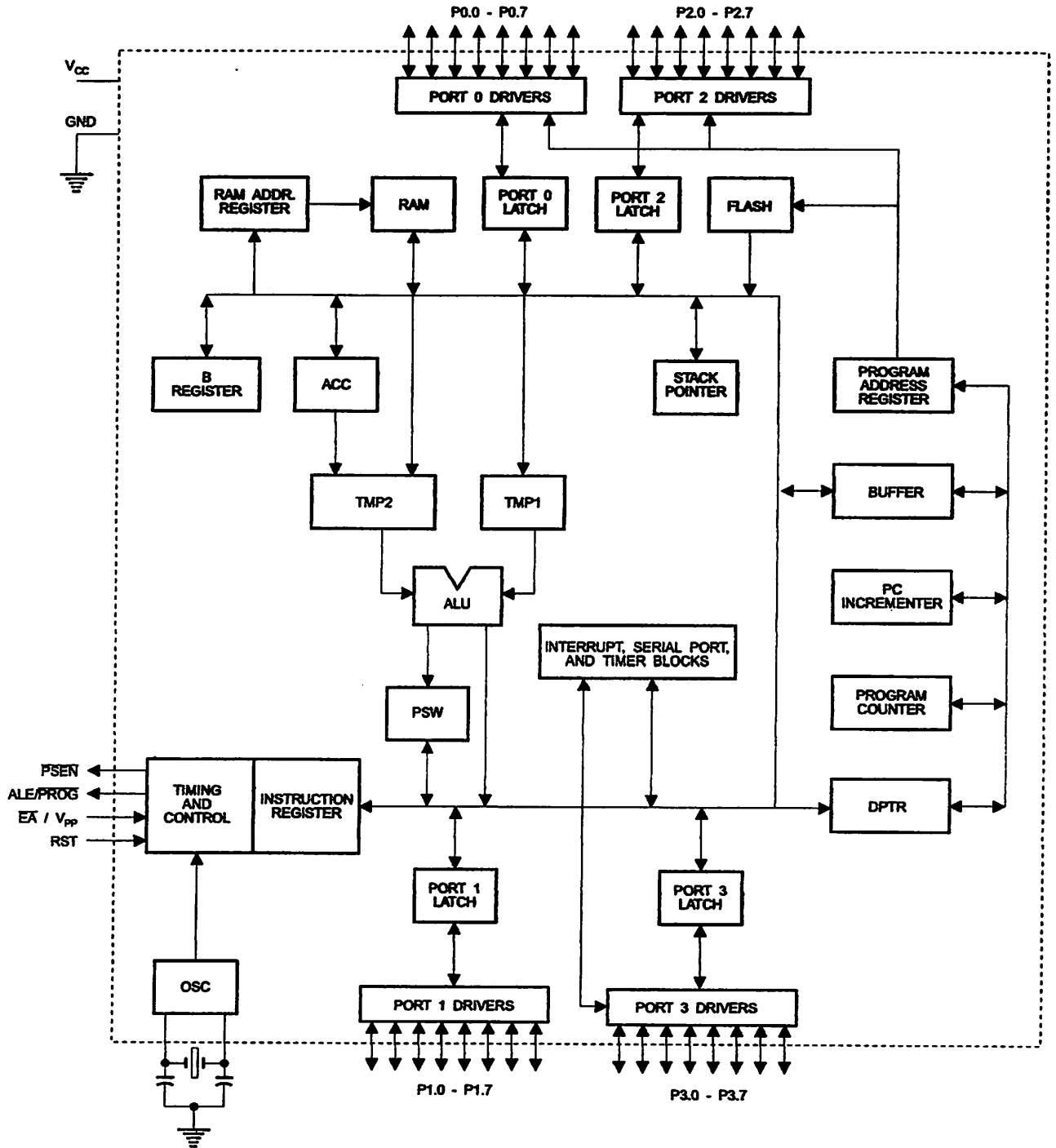
AT89C51

0265F-A-12/97





Block Diagram



The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, 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 AT89C51 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 hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

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

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

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

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

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

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

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ PTR). In this application it uses strong internal pullups

when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

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

Port 3

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

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

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

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

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/ $\overline{\text{PROG}}$

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

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

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

$\overline{\text{PSEN}}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.



When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

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

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

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

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

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. 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 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

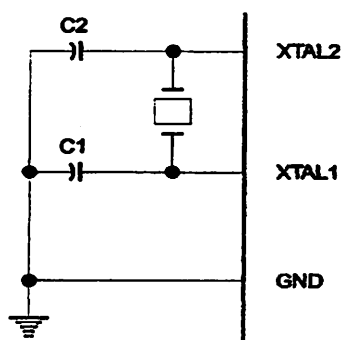
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware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

Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

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

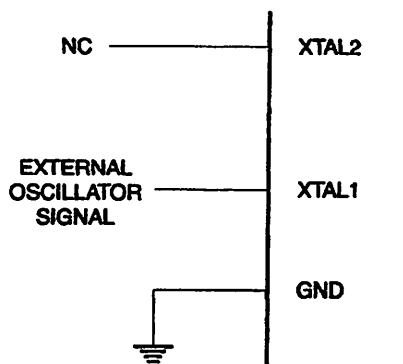
It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port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

Figure 1. Oscillator Connections



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

Figure 2. External Clock Drive Configuration



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. The only exit from power down is a hardware reset. 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.

Lock Bit Protection Modes

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

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

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

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise \overline{EA}/V_{PP} to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse $\overline{ALE}/\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. 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 AT89C51 features \overline{Data} Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. \overline{Data} Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.



Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

- (030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (031H) = 51H indicates 89C51
- (032H) = FFH indicates 12V programming
- (032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

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

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

Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/V _{pp}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H
Chip Erase	H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

Figure 3. Programming the Flash

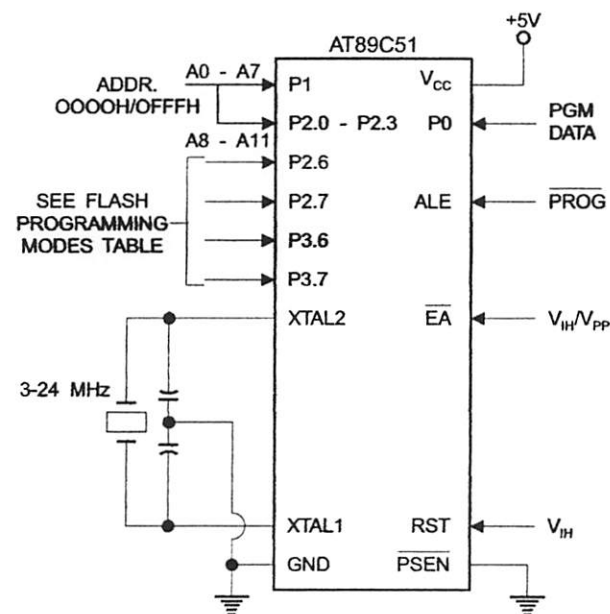
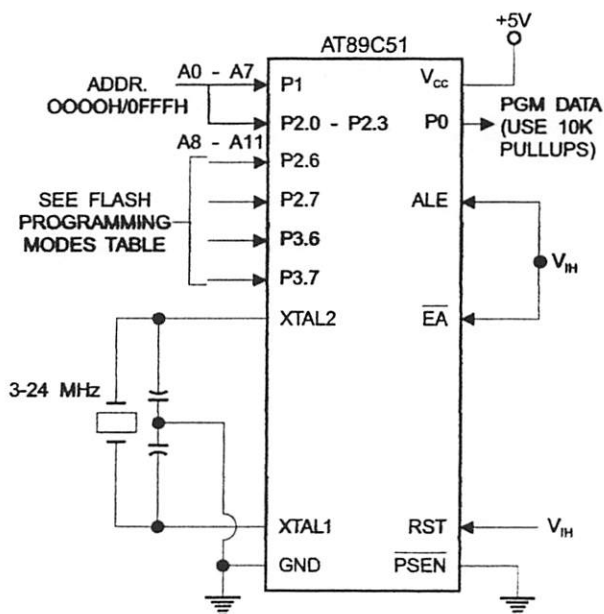


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}, V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

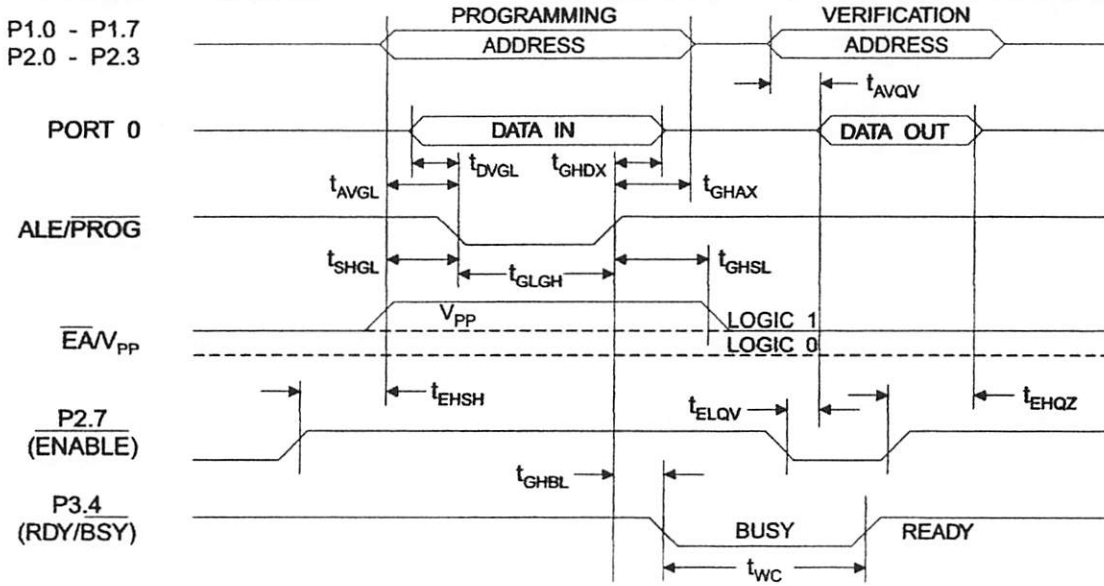
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to \overline{PROG} Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After \overline{PROG}	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to \overline{PROG} Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After \overline{PROG}	$48t_{CLCL}$		
t_{EHS}	P2.7 (\overline{ENABLE}) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to \overline{PROG} Low	10		μs
$t_{GHSL}^{(1)}$	V_{PP} Hold After \overline{PROG}	10		μs
t_{GLGH}	\overline{PROG} Width	1	110	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	\overline{ENABLE} Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After \overline{ENABLE}	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	\overline{PROG} High to \overline{BUSY} Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

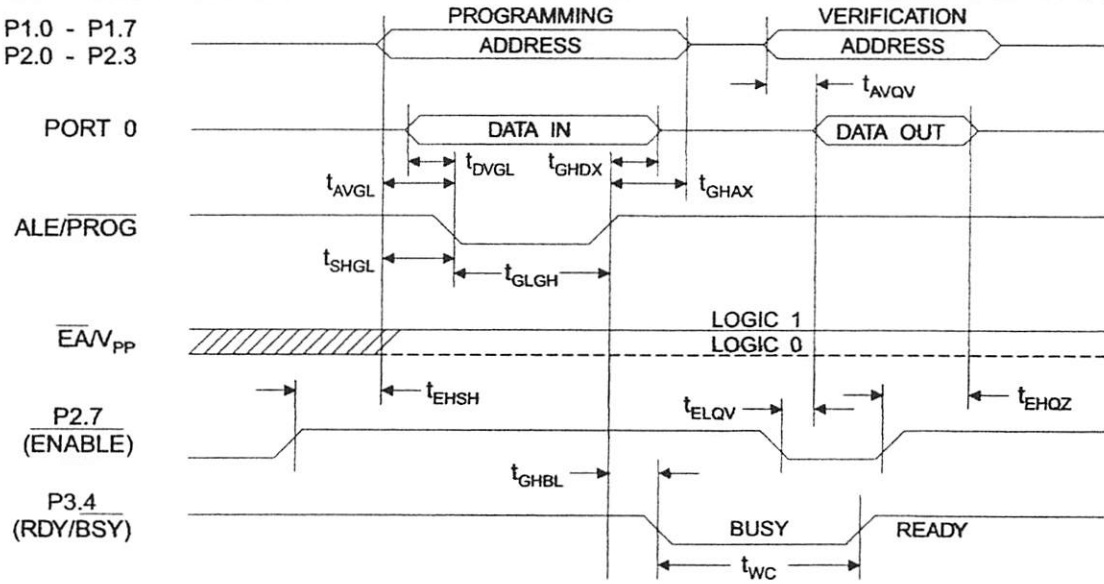




Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode ($V_{PP} = 12V$)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode ($V_{PP} = 5V$)



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

$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$ (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, 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	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{L1}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

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

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA

Ports 1, 2, 3: 15 mA

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

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

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.





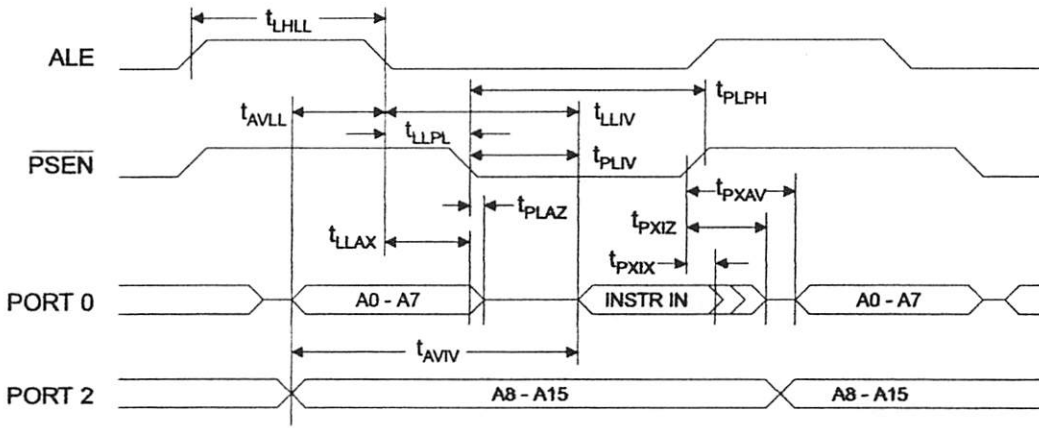
AC Characteristics

(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

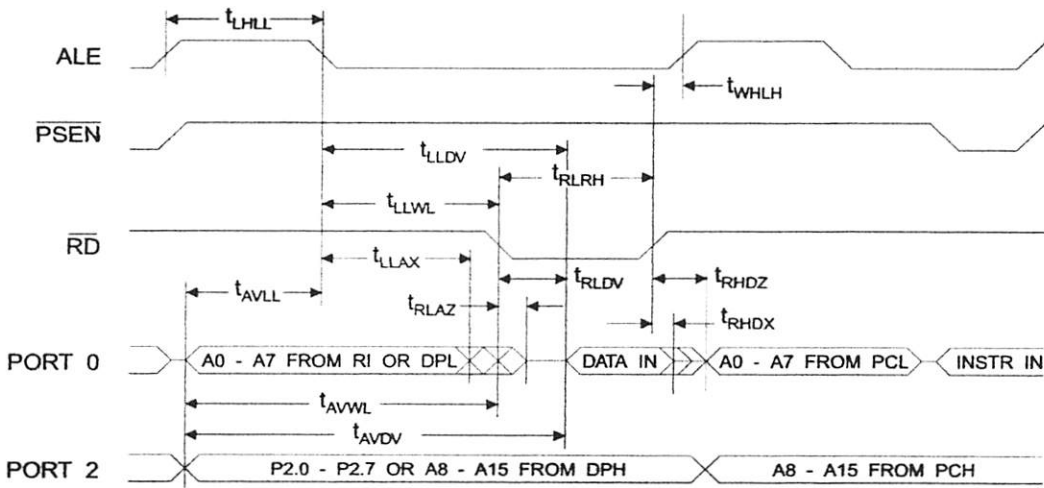
External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/f_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{HLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-20$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns

External Program Memory Read Cycle

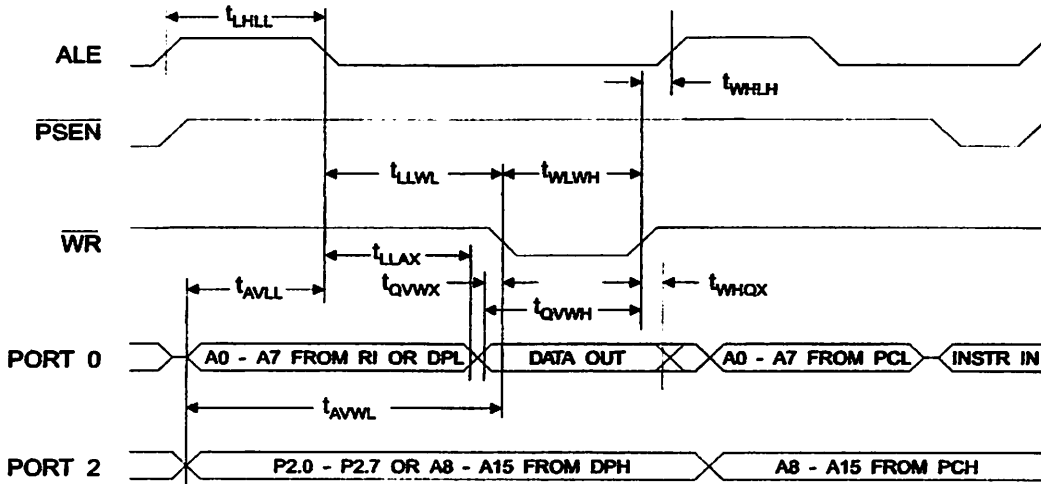


External Data Memory Read Cycle

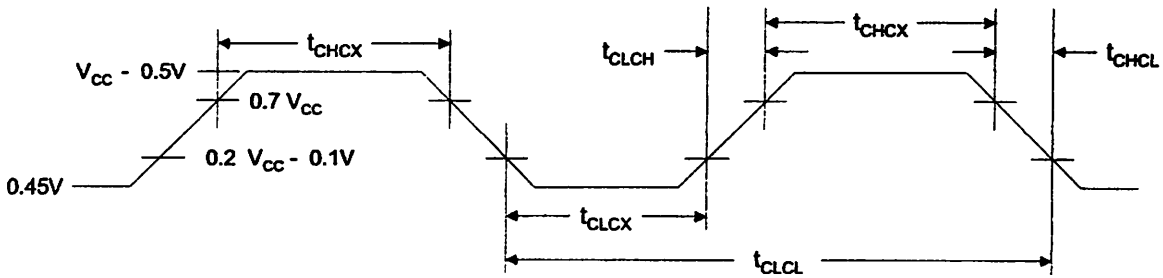




External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

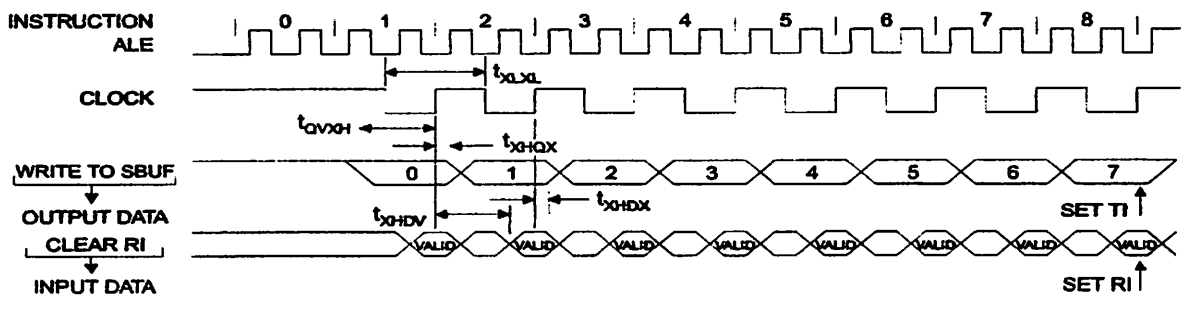
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

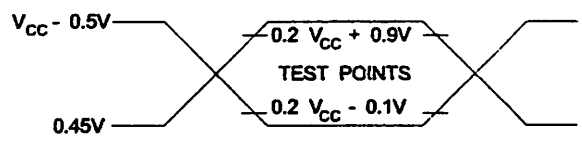
($V_{CC} = 5.0\text{ V} \pm 20\%$; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{LXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		μs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
t_{QHGX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
t_{HXDX}	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

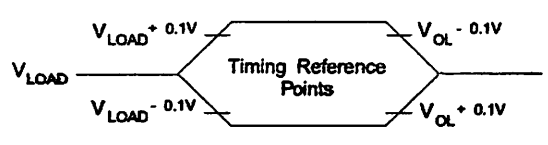


AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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

Float Waveforms⁽¹⁾



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





Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-12JC	44J	
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AJ	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-12JI	44J	
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
		AT89C51-12AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-12JA	44J	
		AT89C51-12PA	40P6	
		AT89C51-12QA	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-16JC	44J	
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AJ	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-16JI	44J	
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
		AT89C51-16AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-16JA	44J	
		AT89C51-16PA	40P6	
		AT89C51-16QA	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-20JC	44J	
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AJ	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-20JI	44J	
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	

AT89C51

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-24JC	44J	
		AT89C51-24PC	44P6	
		AT89C51-24QC	44Q	
		AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-24JI	44J	
		AT89C51-24PI	44P6	
		AT89C51-24QI	44Q	

Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)





LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Dual Low Power Operational Amplifiers

Utilizing the circuit designs perfected for recently introduced Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature 1) low power drain, 2) a common mode input voltage range extending to ground/ V_{EE} , 3) single supply or split supply operation and 4) pinouts compatible with the popular MC1558 dual operational amplifier. The LM158 series is equivalent to one-half of an LM124.

These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V, with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- Similar Performance to the Popular MC1558
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation

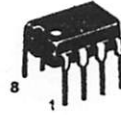
MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM258 LM358	LM2904 LM2904V	Unit
Power Supply Voltages				Vdc
Single Supply	V_{CC}	32	26	
Split Supplies	V_{CC}, V_{EE}	± 16	± 13	
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +125		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A			$^\circ\text{C}$
LM258		-25 to +85	-	
LM358		0 to +70	-	
LM2904		-	-40 to +105	
LM2904V		-	-40 to +125	

- NOTES: 1. Split Power Supplies.
2. For Supply Voltages less than 32 V for the LM258/358 and 26 V for the LM2904, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

DUAL DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

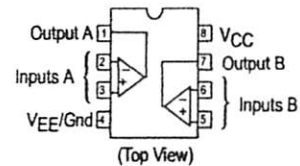


N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2904D	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	SO-8
LM2904N		Plastic DIP
LM2904VD	$T_A = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$	SO-8
LM2904VN		Plastic DIP
LM258D	$T_A = -25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-8
LM258N		Plastic DIP
LM358D	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-8
LM358N		Plastic DIP

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{EE} = \text{Gnd}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM258			LM358			LM2904			LM2904V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ to 30 V (26 V for LM2904, V), $V_{IC} = 0\text{ V}$ to $V_{CC} - 1.7\text{ V}$, $V_O = 1.4\text{ V}$, $R_S = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ (Note 1) $T_A = T_{\text{low}}$ (Note 1)	V_{IO}	-	2.0	5.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	-	-	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	I_{IO}	-	3.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	I_{IB}	-	-	100	-	-	150	-	-	45	200	-	45	200
		-	-45	-150	-	-45	-250	-	-45	-250	-	-45	-250	
		-	-50	-300	-	-50	-500	-	-50	-500	-	-50	-500	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Common Mode Voltage Range (Note 2), $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}	V_{ICR}	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
		0	-	28	0	-	28	0	-	24	0	-	24	
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 15\text{ V}$, For Large V_O Swing, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	A_{VOL}	50	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
		25	-	-	15	-	-	15	-	-	15	-	-	
Channel Separation $1.0\text{ kHz} \leq f \leq 20\text{ kHz}$, Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB
Output Voltage—High Limit ($T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}) (Note 1) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $R_L = 10\text{ k}\Omega$	V_{OH}	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	V
		28	-	-	26	-	-	22	-	-	22	-	-	
		27	28	-	27	28	-	23	24	-	23	24	-	
Output Voltage—Low Limit $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	V_{OL}	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	mV
Output Source Current $V_{ID} = +1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$	I_{O+}	20	40	-	20	40	-	20	40	-	20	40	-	mA
Output Sink Current $V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$ $V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_O = 200\text{ mV}$	I_{O-}	10	20	-	10	20	-	10	20	-	10	20	-	mA
		12	50	-	12	50	-	-	-	-	-	-	-	μA
Output Short Circuit to Ground (Note 3)	I_{SC}	-	40	60	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Power Supply Current ($T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}) (Note 1) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$ $V_{CC} = 5\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$	I_{CC}	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	mA
		-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	

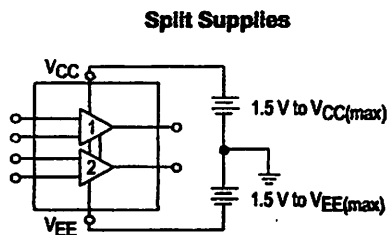
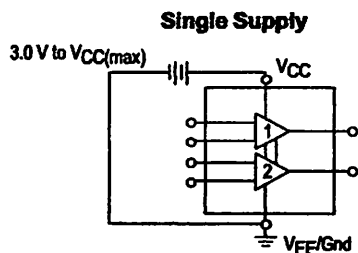
NOTES: 1. $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ for LM2904
 $= -40^\circ\text{C}$ for LM2904V
 $= -25^\circ\text{C}$ for LM258
 $= 0^\circ\text{C}$ for LM358

$T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$ for LM2904
 $= +125^\circ\text{C}$ for LM2904V
 $= +85^\circ\text{C}$ for LM258
 $= +70^\circ\text{C}$ for LM358

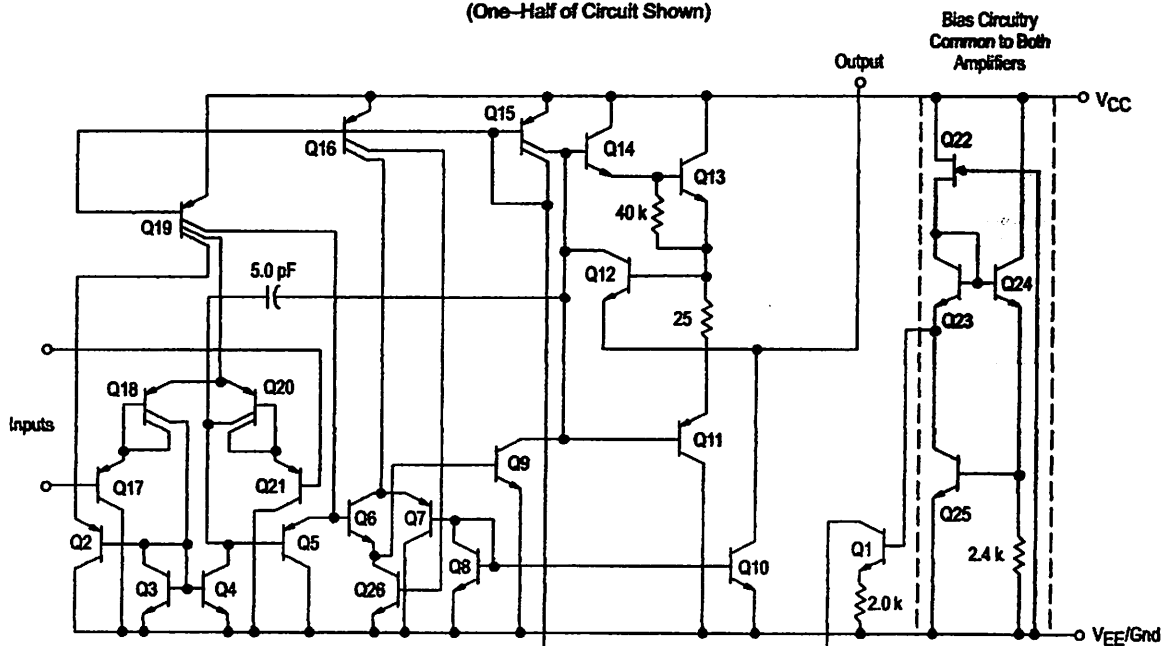
2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is $V_{CC} - 1.7\text{ V}$.

3. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

LM358, LM258, LM2904, LM2904V



Representative Schematic Diagram
(One-Half of Circuit Shown)

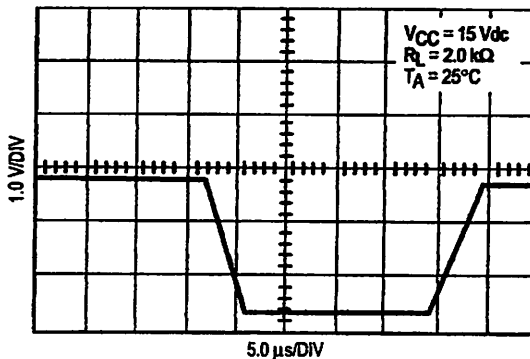


CIRCUIT DESCRIPTION

The LM258 series is made using two internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

Large Signal Voltage Follower Response



LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Figure 1. Input Voltage Range

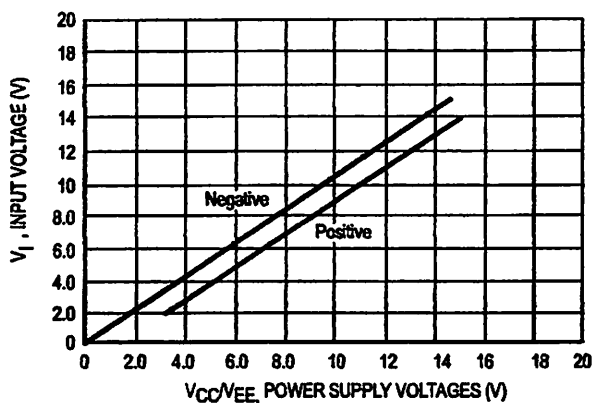


Figure 2. Large-Signal Open Loop Voltage Gain

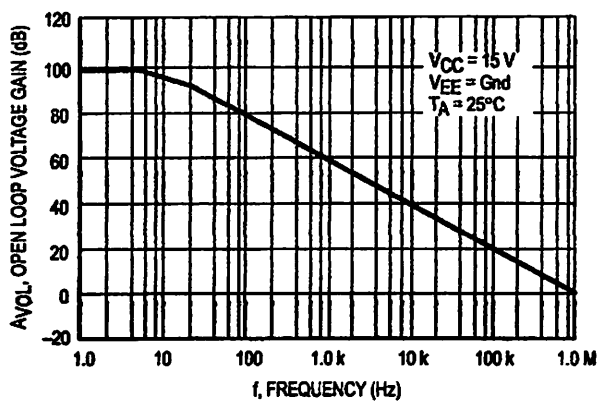


Figure 3. Large-Signal Frequency Response

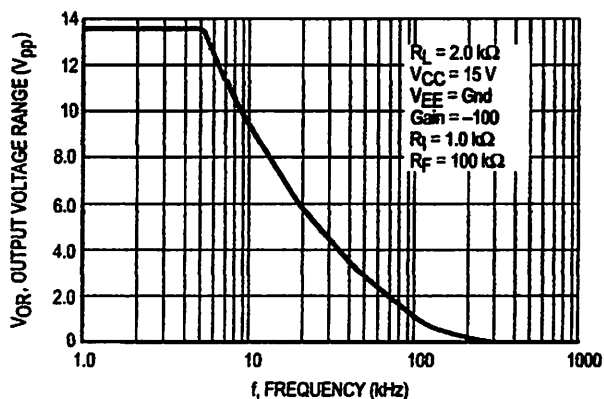


Figure 4. Small Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

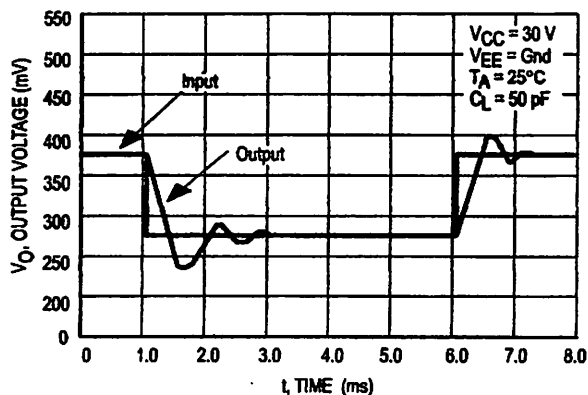


Figure 5. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

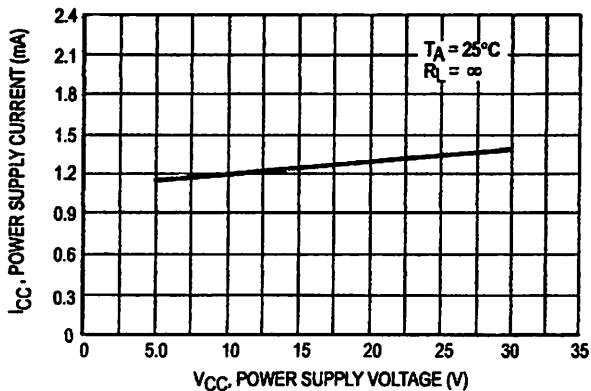
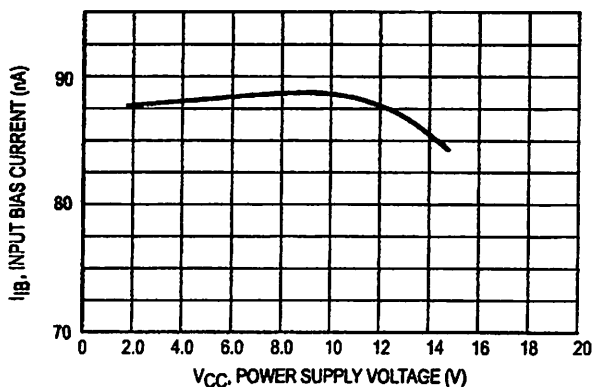


Figure 6. Input Bias Current versus Supply Voltage



LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Figure 7. Voltage Reference

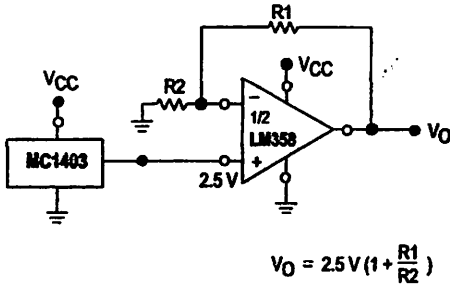


Figure 8. Wien Bridge Oscillator

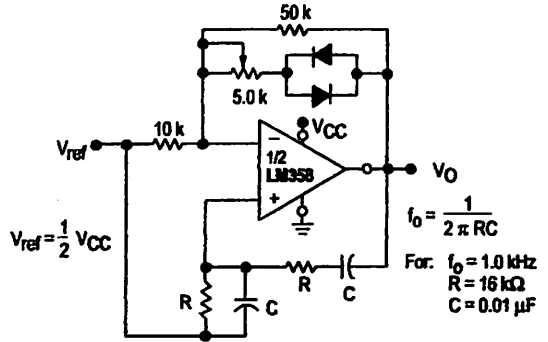


Figure 9. High Impedance Differential Amplifier

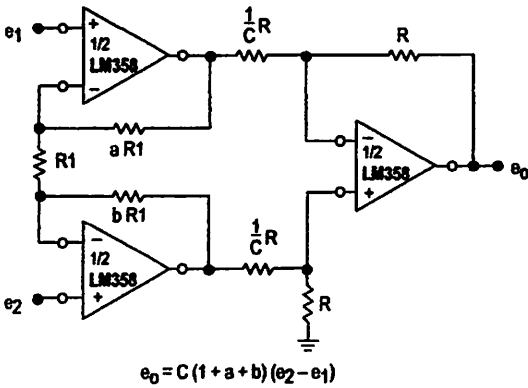


Figure 10. Comparator with Hysteresis

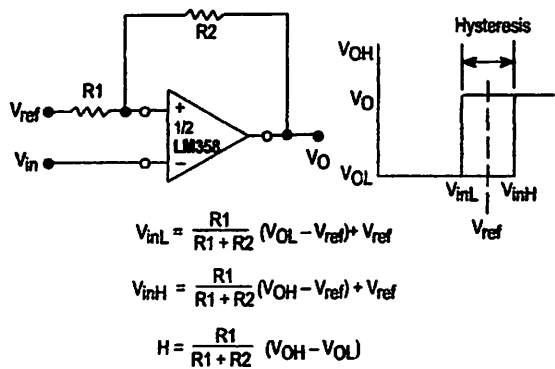
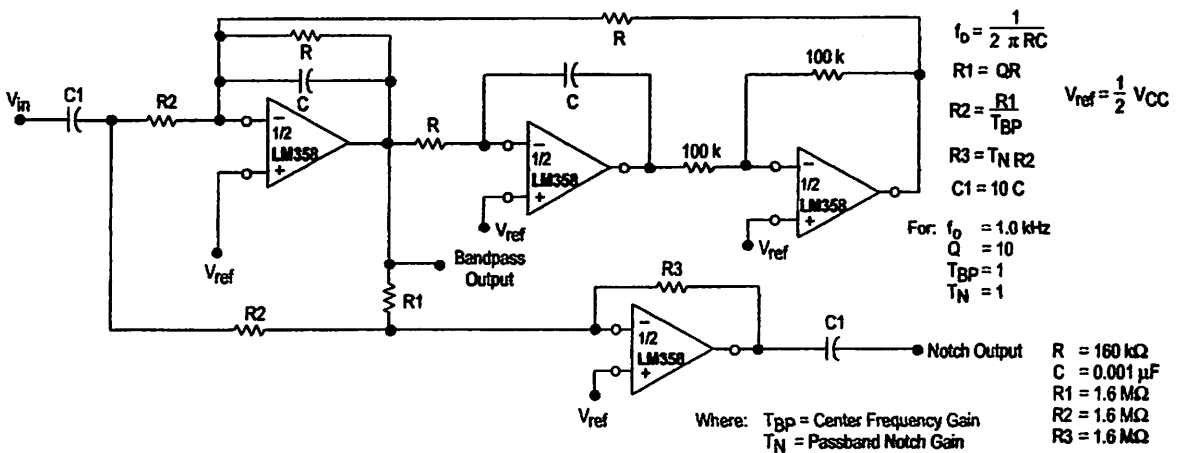


Figure 11. Bi-Quad Filter



LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Figure 12. Function Generator

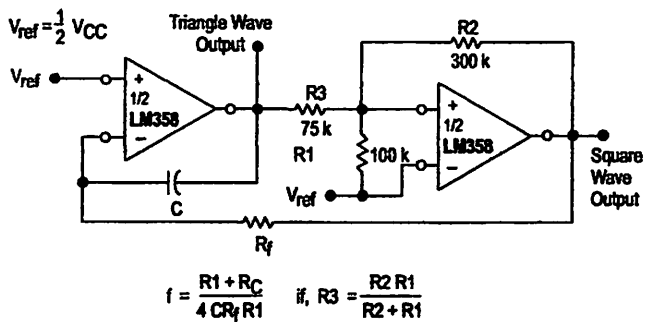
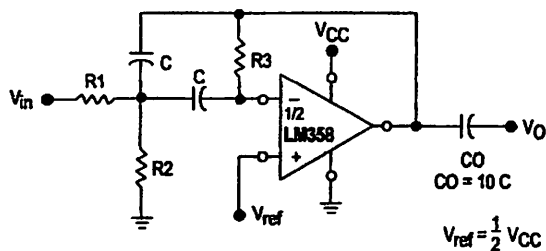


Figure 13. Multiple Feedback Bandpass Filter



Given: f_0 = center frequency
 $A(f_0)$ = gain at center frequency

Choose value f_0, C

Then: $R3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$

$R1 = \frac{R3}{2 A(f_0)}$

$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier. $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$

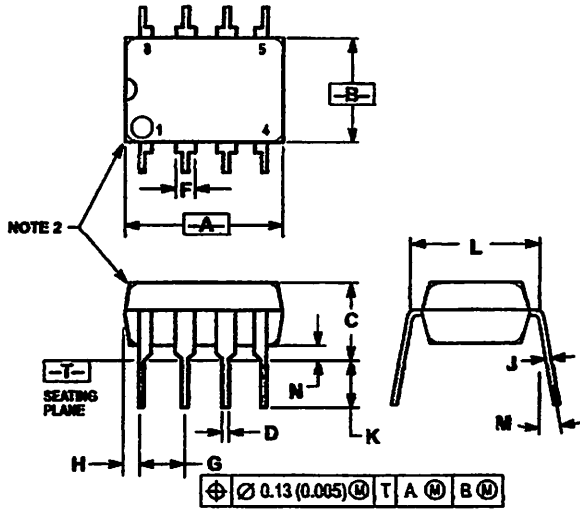
Where f_0 and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

OUTLINE DIMENSIONS

N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 626-05 ISSUE K

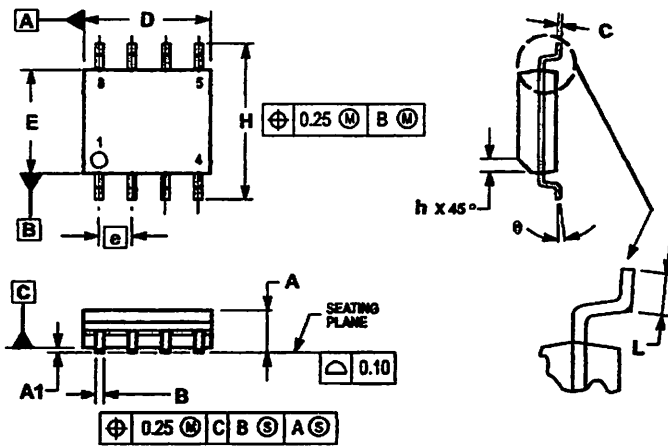


NOTES:

1. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
2. PACKAGE CONTOUR OPTIONAL (ROUND OR SQUARE CORNERS).
3. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.40	10.16	0.370	0.400
B	6.10	8.60	0.240	0.260
C	3.84	4.45	0.155	0.175
D	0.38	0.61	0.015	0.020
F	1.02	1.78	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.76	1.27	0.030	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	10°		10°	
N	0.76	1.01	0.030	0.040

D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751-05 (SO-8) ISSUE R




NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
3. DIMENSION D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 TOTAL IN EXCESS OF THE B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

MILLIMETERS		
DIM	MIN	MAX
A	1.35	1.75
A1	0.10	0.25
B	0.35	0.49
C	0.18	0.25
D	4.80	5.00
E	3.80	4.00
e	1.27 BSC	
H	5.80	6.20
h	0.25	0.50
L	0.40	1.25
θ	0° - 7°	

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and  are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: <http://Design-NET.com>

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Bitsuryu-Center,
3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



MOTOROLA

LM358/D



LIGHT-EMITTING DIODES (LEDs)

INTRODUCTION

Light emitting diodes have largely supplanted light bulbs as indicator lights in electronics; they are more rugged, easier to fabricate, consume less power, and are cheaper. We shall not be concerned here with the physics of LEDs or of diodes in general. The principles, found in many books, should be understandable by someone who has taken Phys 23 or Engs 24. Instead, we shall concentrate on the most important properties of these devices for someone who wants to use one in a design.

THE IDEAL DIODE

The ideal diode is simply a "one way street" for current: it passes current flowing in one direction but not the other. Thus, defining reference directions, as shown below, left, the ideal diode possesses the current-voltage curve shown below, right:



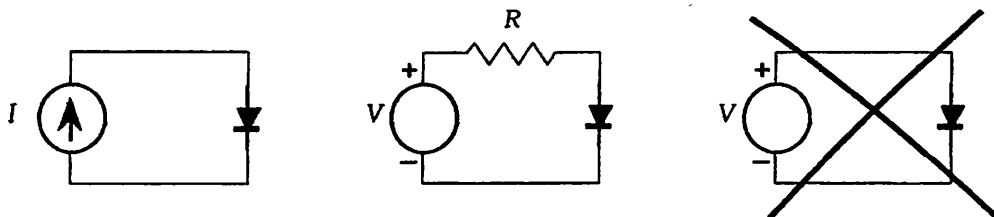
The ideal diode is an *open circuit* (no current flows) as long as v is negative, a condition referred to as *reverse-bias*. Under conditions of *forward bias*, when conditions in the network surrounding the diode attempt to make v positive, the diode becomes a *short circuit* — current flow with zero resistance. For an ideal diode, even infinite forward current will not produce a nonzero voltage drop.

The terminal by which current enters the diode (the triangle) is called the *anode*, and the other terminal (the bar) is called the *cathode*. Current flows "from A to C".

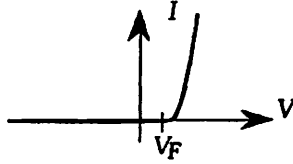
REAL DIODES

Of course, the ideal diode is just that — an idealization. Real diodes have a small, but nonnegligible resistance in the forward direction, so when the diode is forward biased, a finite voltage drop appears across the diode. The energy dissipated in the resistance causes the diode to heat up, and if measures aren't taken to limit the current passing through the diode, it will burn up. For any real diode, the data sheet will specify the maximum safe continuous forward current, denoted $I_F(\text{MAX})$. Often, higher currents are permitted on a pulsed basis, since the diode can cool off between pulses. However, there is then an absolute maximum I_F which will destroy the diode no matter how briefly it flows.

The most common way to limit current is to connect a resistor in series with the diode. There are also circuits which function as nearly ideal current sources, and these may be used to drive a diode as well. Usually, however, if a diode is connected directly to a voltage source, the diode will burn up before the internal current limit of the voltage source is reached. So, of the following three arrangements, the first two are OK, but the third is not:



In addition to the finite resistance of a real diode, it has a forward bias *threshold* voltage which must be exceeded in order for the diode to conduct (this is often referred to as the “diode drop”). The resulting I - V curve for a real diode, therefore, looks like this:



The forward voltage V_F is stated on the data sheet, usually for some specified value of I_F , although for many diodes the I - V curve is so steep that V_F is quoted without specifying I_F . The prime determining factor for V_F is the material from which the diode is made. It is usually between 0.7 and 0.8 volts for silicon diodes, and much higher for light-emitting diodes, which are not made from silicon.

Any real diode also has a maximum safe reverse bias. Exceeding this potential causes reverse breakdown, which can destroy an ordinary diode. The exception is the Zener diode, which is designed to operate in the reverse breakdown mode.

Diodes have many applications in electronics. The one-way street property is useful for converting alternating current (from the wall outlet, for example) into direct current (to power the ICs in a digital system). A diode also provides a convenient way to produce a nearly constant voltage drop, unlike a resistor, for which the voltage drop varies with the current passing through it.

LIGHT-EMITTING DIODES

Diodes can be made in such a way (material and fabrication process) that they emit light when forward current is passing through them. Several wavelengths (colors) are available, but infrared LED's are the easiest to make, closely followed by deep red, which are the ones most frequently used as indicator lights in electronics. Harder to make (and successively more expensive) are shorter wavelength LED's: orange, yellow, green. (Several years ago Volkswagen wanted to convert all of the indicator lamps on their dashboard to LEDs. They had to get special permission to use a green LED to indicate “high-beams” rather than the standard blue, either because they couldn't get blue LEDs or they were too expensive.)

The threshold voltages (forward bias “diode drop”) for common indicator lamp LED's range from 1.5 to 2.0 volts or more, generally increasing as the wavelength decreases. The maximum safe continuous I_F is usually on the order of 50 ma at room temperature, which is quite a lot, but it may be as little as 30 μ a for certain micro-miniature types. At higher temperatures, the maximum I_F rating must be reduced. (At the other end of the scale, by the way, an LED can handle more current, and be surprisingly bright, if it is immersed in liquid nitrogen.)

Reverse breakdown voltages for LED's may be as little as 3.0 volts, or at most only 5.0 volts, so it is important NEVER to wire up an LED backwards!

Most LED I - V curves are much less linear than for other diodes. Therefore, the manufacturer usually specifies a typical V_F at some value of I_F chosen for reasonable brightness. A complete data sheet for an LED will show the full curve, but if you design for the stated conditions you will generally be happy with the results — a 10 mA forward current is usually a sensible choice for use with logic circuits.

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

1N4004 and 1N4007 are Preferred Devices



ON Semiconductor™

<http://onsemi.com>

Axial Lead Standard Recovery Rectifiers

This data sheet provides information on subminiature size, axial lead mounted rectifiers for general-purpose low-power applications.

Mechanical Characteristics

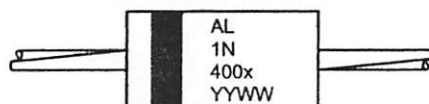
- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 220°C Max. for 10 Seconds, 1/16" from case
- Shipped in plastic bags, 1000 per bag.
- Available Tape and Reeled, 5000 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Available in Fan-Fold Packaging, 3000 per box, by adding a "FF" suffix to the part number
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band
- Marking: 1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

LEAD MOUNTED RECTIFIERS 50–1000 VOLTS DIFFUSED JUNCTION



CASE 59-03
AXIAL LEAD
PLASTIC

MARKING DIAGRAM



AL = Assembly Location
1N400x = Device Number
x = 1, 2, 3, 4, 5, 6 or 7
YY = Year
WW = Work Week

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
*Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
*Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	V_{RSM}	60	120	240	480	720	1000	1200	Volts
*RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	Volts
*Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, $T_A = 75^\circ\text{C}$)	I_O	1.0							Amp
*Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions)	I_{FSM}	30 (for 1 cycle)							Amp
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{stg}	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

*Indicates JEDEC Registered Data

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 2 of this data sheet.

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

ELECTRICAL CHARACTERISTICS*

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop ($I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_F	0.93	1.1	Volts
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$V_{F(AV)}$	–	0.8	Volts
Maximum Reverse Current (rated dc voltage) ($T_J = 25^\circ\text{C}$) ($T_J = 100^\circ\text{C}$)	I_R	0.05 1.0	10 50	μA
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$I_{R(AV)}$	–	30	μA

*Indicates JEDEC Registered Data

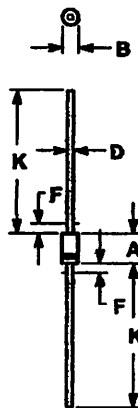
ORDERING & SHIPPING INFORMATION

Device	Package	Shipping
1N4001	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4001FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4001RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4002	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4002FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4002RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4003	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4003FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4003RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4004	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4004FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4004RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4005	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4005FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4005RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4006	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4006FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4006RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4007	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4007FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4007RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

PACKAGE DIMENSIONS

AXIAL LEAD CASE 59-03 ISSUE M




NOTES:

1. ALL RULES AND NOTES ASSOCIATED WITH JEDEC DO-41 OUTLINE SHALL APPLY.
2. POLARITY DENOTED BY CATHODE BAND.
3. LEAD DIAMETER NOT CONTROLLED WITHIN F DIMENSION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.07	5.20	0.160	0.205
B	2.04	2.71	0.080	0.107
D	0.71	0.88	0.028	0.034
F	—	1.27	—	0.050
K	27.94	—	1.100	—

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

NORTH AMERICA Literature Fulfillment:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: ONlit@hibbertco.com
Fax Response Line: 303-675-2167 or 800-344-3810 Toll Free USA/Canada

N. American Technical Support: 800-282-8855 Toll Free USA/Canada

EUROPE: LDC for ON Semiconductor – European Support

German Phone: (+1) 303-308-7140 (Mon-Fri 2:30pm to 7:00pm CET)
Email: ONlit-german@hibbertco.com
French Phone: (+1) 303-308-7141 (Mon-Fri 2:00pm to 7:00pm CET)
Email: ONlit-french@hibbertco.com
English Phone: (+1) 303-308-7142 (Mon-Fri 12:00pm to 5:00pm GMT)
Email: ONlit@hibbertco.com

EUROPEAN TOLL-FREE ACCESS*: 00-800-4422-3781

*Available from Germany, France, Italy, UK, Ireland

CENTRAL/SOUTH AMERICA:

Spanish Phone: 303-308-7143 (Mon-Fri 8:00am to 5:00pm MST)
Email: ONlit-spanish@hibbertco.com
Toll-Free from Mexico: Dial 01-800-288-2872 for Access –
then Dial 866-297-9322

ASIA/PACIFIC: LDC for ON Semiconductor – Asia Support

Phone: 303-675-2121 (Tue-Fri 9:00am to 1:00pm, Hong Kong Time)
Toll Free from Hong Kong & Singapore:
001-800-4422-3781
Email: ONlit-asia@hibbertco.com

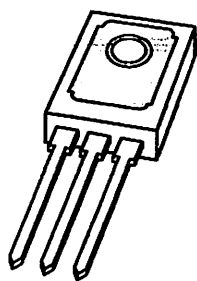
JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center

4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-0031
Phone: 81-3-5740-2700
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

DATA SHEET



BD135; BD137; BD139 NPN power transistors

Product specification
Supersedes data of 1997 Mar 04

1999 Apr 12

NPN power transistors

BD135; BD137; BD139

FEATURES

- High current (max. 1.5 A)
- Low voltage (max. 80 V).

APPLICATIONS

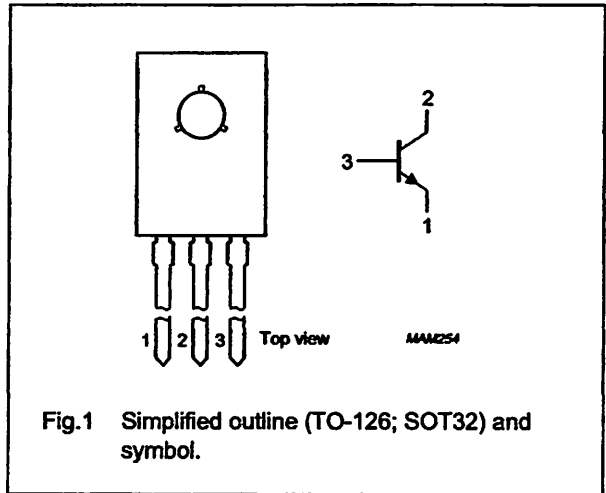
- Driver stages in hi-fi amplifiers and television circuits.

DESCRIPTION

NPN power transistor in a TO-126; SOT32 plastic package. PNP complements: BD136, BD138 and BD140.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	collector, connected to metal part of mounting surface
3	base



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter			
	BD135		–	45	V
	BD137		–	60	V
	BD139		–	100	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base			
	BD135		–	45	V
	BD137		–	60	V
	BD139		–	80	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	5	V
I_C	collector current (DC)		–	1.5	A
I_{CM}	peak collector current		–	2	A
I_{BM}	peak base current		–	1	A
P_{tot}	total power dissipation	$T_{mb} \leq 70\text{ }^\circ\text{C}$	–	8	W
T_{stg}	storage temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		–	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$

NPN power transistors

BD135; BD137; BD139

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	100	K/W
$R_{th(j-mb)}$	thermal resistance from junction to mounting base		10	K/W

Note

1. Refer to TO-126; SOT32 standard mounting conditions.

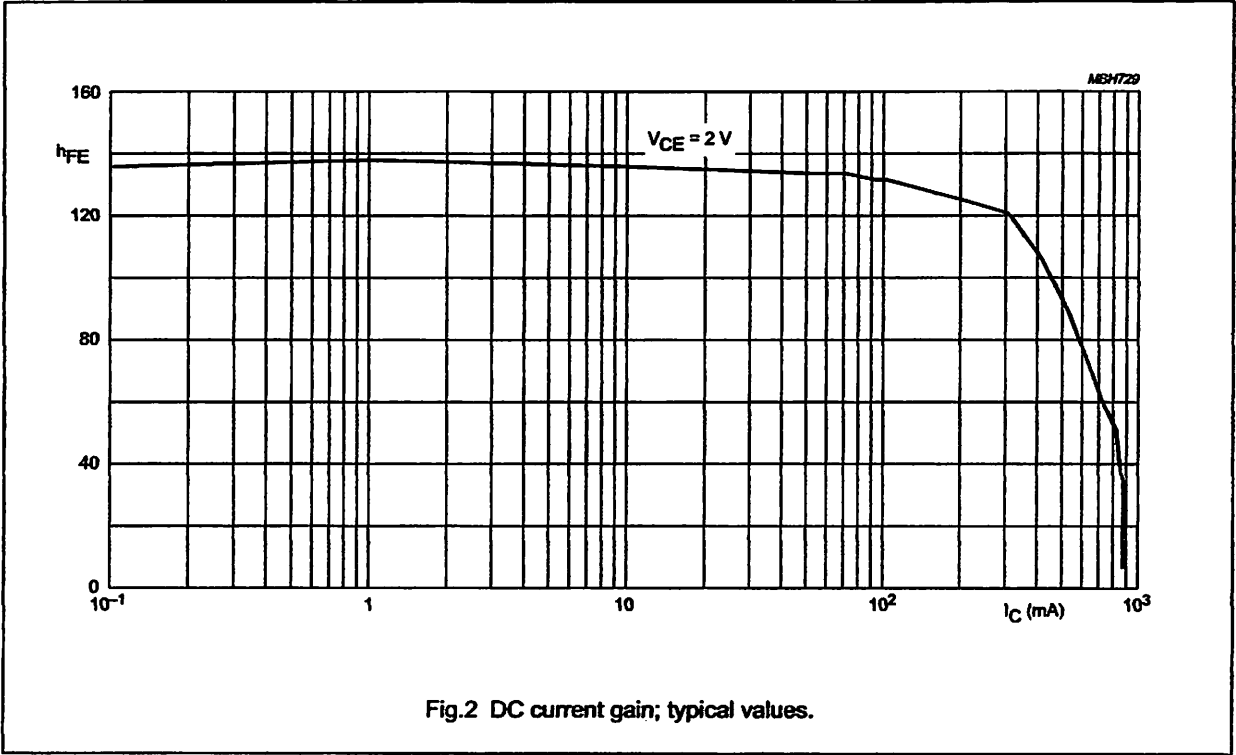
CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CE} = 30\text{ V}$	–	–	100	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = 30\text{ V}; T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	10	μA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 5\text{ V}$	–	–	100	nA
h_{FE}	DC current gain	$V_{CE} = 2\text{ V}$; (see Fig.2)				
		$I_C = 5\text{ mA}$	40	–	–	
		$I_C = 150\text{ mA}$	63	–	250	
	$I_C = 500\text{ mA}$	25	–	–		
	DC current gain	$I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 2\text{ V}$; (see Fig.2)	63	–	160	
		BD135-10; BD137-10; BD139-10	100	–	250	
		BD135-16; BD137-16; BD139-16				
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}$	–	–	0.5	V
V_{BE}	base-emitter voltage	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 2\text{ V}$	–	–	1	V
f_T	transition frequency	$I_C = 50\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$; $f = 100\text{ MHz}$	–	190	–	MHz
h_{FE1} h_{FE2}	DC current gain ratio of the complementary pairs	$ I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 2\text{ V}$	–	1.3	1.6	

NPN power transistors

BD135; BD137; BD139

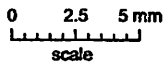
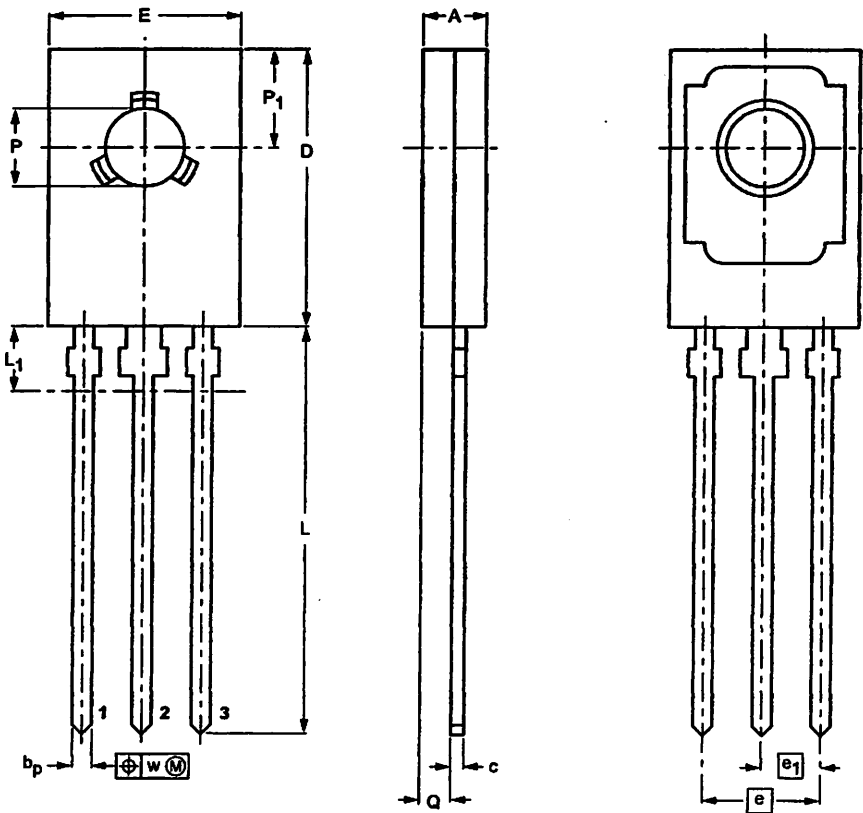


NPN power transistors

BD135; BD137; BD139

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; mountable to heatsink, 1 mounting hole; 3 leads SOT32



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b _p	c	D	E	e	e ₁	L	L ₁ ⁽¹⁾ max	Q	P	P ₁	w
mm	2.7 2.3	0.88 0.65	0.60 0.45	11.1 10.5	7.8 7.2	4.58	2.29	16.5 15.3	2.54	1.5 0.9	3.2 3.0	3.9 3.6	0.254

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT32		TO-126			97-03-04

NPN power transistors**BD135; BD137; BD139****DEFINITIONS**

Data Sheet Status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

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

NPN power transistors

BD135; BD137; BD139

NOTES