

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

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGHANGAT  
SUSU BAYI OTOMATIS BERBASIS  
MIKROKONTROLLER AT89S51**

**Disusun Oleh :  
SUGIANTO  
02.17.135**

**MARET 2007**



# LEMBAR PERSETUJUAN

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGHANGAT SUSU BAYI OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51

### SKRIPSI

*Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

*Disusun Oleh :*

**SUGIANTO**  
**02.17.135**

**Diperiksa dan disetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

  
**Joseph Dedi Irawan ST, MT.**  
**NIP.132 315 178**

**Dosen Pembimbing II**

  
**M. Ashar ST, MT.**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1**  
  
**Ir. E. Yadi Limpraptono, MT.**  
**NIP.Y. 103 950 0274**

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



---

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : SUGIANTO  
NIM : 02.17.135  
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Penghangat Susu Bayi  
Otomatis Berbasis Mikrokontroller AT89S51

Dipertahankan Dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Jumat  
Tanggal : 16 Maret 2007  
Dengan Nilai : 78,1(B+) *by*

Panitia Ujian Skripsi,



Ir. Mochtar Asroni, MSME  
NIP. Y. 101 810 0036

Sekretaris

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.  
NIP. Y. 103 950 0274

Anggota Penguji,

Penguji I

Ir. Widodo Pudi Mulyanto, MT.  
NIP. Y. 102 870 017

Penguji II

DR. Cahyo Chrysdian, MSC.  
NIP. 103 040 0412

---

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat dan karunia serta kesabaran kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Perancangan dan Pembuatan Penghangat Susu Bayi Otomatis Berbasis Mikrokontroller AT89S51**" ini. Laporan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Program Studi Elektronika di Institut Teknologi Nasional Malang.

Keberhasilan penyusunan laporan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. DR. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Joseph Dedi Irawan ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak M. Ashar ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Sekretaris Jurusan T.Elektro-S1 dan Dosen Wali.
7. Semua pihak yang telah banyak membantu terselesaikannya penyusunan skripsi ini.

Dengan segala i'tikad, kemampuan dan saran yang ada, laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya. Namun karena keterbatasan waktu dan faktor lain yang dihadapi sehingga menyebabkan laporan skripsi ini tidak lepas dari banyaknya kekurangan. Karena itu sejumlah koreksi dan masukan konstruktif

---

## ABSTRAKSI

**JUDUL : Perancangan dan Pembuatan Penghagat Susu Bayi Otomatis Berbasis Mikokontroller AT89S51**

**Tugas Akhir, Teknik Elektro S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.**

**Disusun Oleh : Sugianto, 02.17.135.**

**Dosen Pembimbing : 1. Joseph Dedi Irawan ST, MT.**

**2. M. Ashar ST, MT.**

---

**Kata Kunci : Penghangat Susu Bayi, Keypad, LCD, LM 35, ADC 0804, Pengkondisi Sinyal .Triac, Detektor Nol, Mikrokontroller AT89S51, Pemrograman Bahasa C.**

Penghangat susu bayi ini menawarkan suatu sistem pengatuan penghangatan baik secara semi otomatis maupun otomatis, dimana *user* bisa mengeset daya, waktu dan suhu yang diinginkan untuk melakukan penghangatan.

Pada penghangat ini, terdapat *keypad* sebagai sarana untuk menginput data dan LCD sebagai penampil data. Sebagai pengatur kerja sistem, digunakan IC mikrokontroler AT89S51. Pada penghangat ini digunakan sensor suhu LM 35 sebagai variabel umpan balik dalam pengaturan penghangatan secara otomatis, kemudian digunakan pengkondisi sinyal untuk menguatkan tegangan keluaran sensor agar dapat dibaca oleh ADC 0804, untuk melakukan pengaturan daya penghangatan digunakan triac, dimana mikrokontroller memerlukan detektor nol sebagai referensi untuk menentukan titik awal pada saat triac berkonduksi untuk menghasilkan daya yang variabel.

*Heater* akan melakukan penghangatan sesuai dengan suhu, daya atau waktu yang telah dimasukkan oleh *user* melalui papan *keypad*, jika variabel-variabel diatas belum terpenuhi, maka *heater* akan melakukan penghangatan, kemudian *heater* akan berhenti melakukan penghangatan ketika variabel-variabel tersebut telah terpenuhi.

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAKSI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi .....	3
1.6. Sistematika Pembahasan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Proses Pemanasan .....	6
2.2. Sistem Pengaturan .....	8
2.2.1. Sistem Pengaturan Lup Terbuka .....	9
2.2.2. Sistem Pengaturan Lup Tertutup.....	10
2.3. Unit Mikrikontroller.....	11
2.3.1. Umum.....	11
2.3.2. Mikrokontroller AT89S51 .....	12
2.3.3. Arsitektur AT9S51 .....	13
2.3.4. Konfigurasi Pin-Pin AT89S51 .....	15
2.3.5. Organisasi Memori AT89S51 .....	19
2.3.5.1. Memori Data Internal .....	19
2.3.5.2. Memoi Data Eksternal.....	20
2.3.5.3. Register Fungsi Khusus (SFR).....	20

2.3.6. Sistem Interrupt.....	24
2.3.7. Timer / Counter.....	26
2.3.8. Rangkaian Osilator.....	29
2.4. Sensor Suhu Elektronik.....	30
2.5. Penguat Operasional.....	34
2.5.1. Penguat Operasional Tak Membalik.....	32
2.6. Detektor Nol.....	34
2.7. Pengubah Analog Ke Digital.....	35
2.8. Optocoupler.....	38
2.9. Triac.....	38

### **BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

3.1. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras.....	43
3.1.1. Diagram Blok Rangkaian.....	43
3.1.2. Diagram Blok Pengaturan.....	45
3.1.2.1. Pengaturan Semi Otomatis.....	45
3.1.2.2. Pengaturan Otomatis.....	46
3.1.3. Cara Kerja Rangkaian.....	47
3.1.4. Diagram Rangkaian.....	49
3.1.4.1. Sensor Suhu.....	50
3.1.4.2. Pengkodisi Sinyal.....	51
3.1.4.3. Konvesi Analog Ke Digital (ADC).....	53
3.1.4.4. Kcypad.....	57
3.1.4.5. LCD (Liquid Crystal Display).....	57
3.1.4.6. Driver.....	60
3.1.4.7. Pemanas (Heater).....	64
3.1.4.8. Detektor Nol.....	65
3.1.4.9. Mikrokontroller AT89S51.....	68
3.2. Perangkat Lunak.....	71
3.2.1. Perancangan Dan Pembuatan Perangkat Lunak.....	72

### **BAB IV PENGUJIAN ALAT**

4.1. Pengujian Sensor, Pengkondisi Sinyal, dan ADC 0804.....	74
--	----

4.1.1. Tujuan Pengujian .....	74
4.1.2. Peralatan yang Digunakan.....	74
4.1.3. Prosedur Pengujian .....	75
4.1.4. Analisa.....	76
4.2. Pengujian Setting Waktu.....	76
4.2.1. Tujuan Pengujian .....	76
4.2.2. Peralatan yang Digunakan.....	77
4.2.3. Prosedur Pengujian .....	77
4.2.4. Analisa.....	77
4.3. Pengujian Setting Daya.....	78
4.3.1. Tujuan Pengujian .....	78
4.3.2. Peralatan yang Digunakan.....	78
4.3.3. Prosedur Pengujian .....	78
4.3.4. Analisa.....	82
4.3. Pengujian Keseluruhan Sistem.....	83
4.4.1. Tujuan Pengujian .....	83
4.4.2. Peralatan Yang digunakan.....	83
4.4.3. Prosedur Pengujian .....	83

## **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan .....	87
5.2. Saran .....	87

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan Energi Pemanasan Terhadap Suhu .....	7
Gambar 2.2	Hubungan Suhu Kerja Bahan Penghantar Panas Terhadap Waktu... ..	8
Gambar 2.3	Diagram Blok Sistem Pengaturan Lup Terbuka .....	9
Gambar 2.4	Diagram Blok Sistem Pengaturan Lup Tertutup.....	10
Gambar 2.5	Blok Diagram AT89S51 .....	14
Gambar 2.6	Konfigurasi Pin AT89S51.....	15
Gambar 2.7	Register IE.....	25
Gambar 2.8	Register IP.....	26
Gambar 2.9	Register TMOD.....	27
Gambar 2.10	Register TCON .....	28
Gambar 2.11	Rangkaian Osilator.....	29
Gambar 2.12	Penguat Operasional.....	31
Gambar 2.13	Penguat Operasional Tak Membalik .....	33
Gambar 2.14	Detektor Nol Tak Membalik .....	34
Gambar 2.15	ADC Metode Pendekatan Berturut-turut. ....	36
Gambar 2.16	Triac .....	39
Gambar 2.17	Pengendalian Fasa pada Gelombang Sinus.....	40
Gambar 3.1	Diagram Blok Rangkaian Keseluruhan Sistem.....	44
Gambar 3.2	Pengaturan secara Semi Otomatis.....	46
Gambar 3.3	Pengaturan secara Otomatis .....	47
Gambar 3.4	Sensor Suhu.....	50
Gambar 3.5	Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	51
Gambar 3.6	Rangkaian ADC 0804 .....	53
Gambar 3.7	Rangkaian <i>Keypad</i> .....	57
Gambar 3.8	Rangkaian Tampilan <i>LCD</i> .....	59
Gambar 3.9	Rangkaian <i>Driver</i> .....	60
Gambar 3.10	Rangkaian Detektor Nol.....	65
Gambar 3.11	Keluaran Dioda Jembatan .....	65
Gambar 3.12	Gelombang Pulsa Keluaran Detektor Nol.....	67
Gambar 3.13	Rangkaian Mikrokontroller.....	68
Gambar 3.14	<i>Flowchart</i> program.....	72

Gambar 3.15.	<i>Flowchart</i> Program Lanjutan.....	73
Gambar 4.1	Hasil Pengamatan Detektor Nol.....	79
Gambar 4.2	Hasil Pengamatan Picuan Pada Masukan <i>Gate</i> Triac.....	80
Gambar 4.3	Tampilan Mode Penghangatan Semi Otomatis.....	84
Gambar 4.4	Tampilan Mode Penghangatan Otomatis.....	85
Gambar 4.5	Tampilan Menu Pilihan Utama.....	86

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Keluarga MCS-51 .....	11
Tabel 2.2	Fungsi Lain Port 3.....	17
Tabel 2.3	Bank Register.....	21
Tabel 2.4	Pembagian Alamat Pada SFR.....	22
Tabel 2.5	Alamat Awal Instruksi Interrupt .....	24
Tabel 2.6	Mode Selection.....	28
Tabel 4.1	Hasil Pengamatan dan Perhitungan Sensor, Pengkondisi Sinyal, dan ADC 0804 .....	76
Tabel 4.2	Hasil Pengujian dan Pengamatan <i>Setting</i> Waktu.....	77
Tabel 4.3	Hasil Pengamatan dan Perhitungan <i>Setting</i> Daya.....	80



## BAR I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Susu merupakan bahan makanan yang bergizi tinggi karena mengandung zat-zat makanan yang lengkap dan seimbang seperti protein, lemak, karbohidrat, mineral, dan vitamin yang sangat dibutuhkan oleh manusia.

Seiring dengan berjalannya waktu seiring juga dengan pertumbuhan teknologi yang sangat pesat, hal ini ditunjukkan dengan munculnya banyak alat yang bekerja secara otomatis sehingga alat tersebut bekerja dengan efektif dan efisien.

Sebagai contoh kebanyakan seorang ibu rumah tangga melakukan penghangatan susu bayi hanya dilakukan dengan menggunakan heater atau kompor, hanya sebagian saja yang menggunakan alat khusus untuk penghangatan susu bayi, dimana pada alat tersebut besarnya daya, suhu dan waktu yang dibutuhkan dalam proses penghangatan tidak dapat ditentukan sehingga alat tersebut tidak bekerja dengan efektif dan efisien.

Berdasarkan beberapa faktor tersebut diatas, akan dirancang dan dibuat alat penghangat susu bayi baik secara manual atau otomatis. Pada alat ini dapat diatur daya, suhu, dan waktu yang dibutuhkan selama proses penghangatan dimana pengaturan sistemnya dilakukan dengan mikrokontroler.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, maka beberapa hal yang perlu dirumuskan dalam perancangan dan pembuatan penghangat susu bayi berbasis mikrokontroler AT89S51 ini adalah:

- a. Bagaimana merancang sistem yang dapat menerima masukan dari keypad dan menampilkannya pada LCD (*Liquid Crystal Display*).
- b. Bagaimana merancang sistem sensoran (*sensing*) yang diperlukan dalam alat ini.
- c. Bagaimana merancang rangkaian *driver* pada pemanas sehingga dapat menghasilkan energi panas yang variabel.
- d. Bagaimana merancang sistem yang berbasiskan mikrokontroler AT89S51.
- e. Bagaimana merancang software untuk menjalankan keseluruhan sistem.

## 1.3 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah untuk merancang dan membuat suatu penghangat susu yang dapat dipergunakan secara semi otomatis maupun otomatis, agar dapat memudahkan ibu rumah tangga dalam pemberian susu bayi.

## 1.4. Batasan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang ada, maka diperlukan adanya batasan-batasan masalah dalam pembahasannya, yaitu:

1. Unit pemroses utama yang digunakan adalah Mikrokontroler AT89S51
2. Media yang digunakan untuk memanaskan susu bayi adalah air biasa.

3. Batas suhu maksimum pada penghangat susu bayi ini adalah  $80^{\circ}\text{C}$ .
4. Tidak dilakukan pembahasan pada perancangan catu daya yang dipergunakan didalam sistem pengaturan penghangat susu bayi ini.
5. Tidak membahas karakteristik (ukuran, bentuk, bahan) dari tempat atau botol yang dipergunakan dalam proses penghangatan.

Sehubungan dengan permasalahan diatas maka Skripsi ini diberi judul :

**“ PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGHANGAT SUSU BAYI OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51 “**

### **1.5. Metodologi**

Metodologi yang dipergunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

- Metode Literatur  
Mengumpulkan bahan dari berbagai sumber buku acuan, majalah, karya tulis dan lain-lain.
- Metode Diskusi  
Informasi yang diperoleh dari konsultasi dengan pembimbing, staf pengajar, dan rekan-rekan mahasiswa.
- Perancangan Alat Secara Fungsional  
Perancangan ini disesuaikan dengan fungsi dari komponen-komponen yang akan digunakan sesuai dengan literatur yang dipelajari sehingga terbentuk rangkaian elektronik yang siap dicalisasikan. Dalam perancangan ini perlu dianalisis secara cermat, sehingga arus yang lewat tidak terlalu besar dan tegangan keluaran sesuai dengan yang diinginkan.

## **1.6. Sistematika Pembahasan**

Sistematika yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Menjelaskan tentang latar belakang pembahasan, rumusan masalah, tujuan, batasan permasalahan, dan sistematika pembahasan dari tugas akhir ini.

### **BAB II : DASAR TEORI**

Menjelaskan tentang dasar teori yang menunjang perancangan dan pembuatan alat ini.

### **BAB III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Menjelaskan spesifikasi, diagram blok, prinsip kerja dari alat yang dirancang ini

### **BAB IV : PENGUJIAN ALAT**

Berisi tentang hasil pengujian alat dan analisis terhadap data hasil pengujian menggunakan teori yang ada.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan yang dapat diambil dan saran terhadap hasil yang diperoleh dalam perancangan dan pembuatan alat ini.





## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. Proses Pemanasan

Dua buah benda yang saling berdekatan dan suhu benda-benda tersebut berbeda maka akan terjadi perpindahan panas dari benda yang panas ke benda yang dingin, hingga suhu keduanya menjadi sama.

Hantaran panas terjadi karena molekul-molekul suatu bahan saling berbenturan dan dengan demikian saling meneruskan energi panas yang dimiliki bahan-bahan tersebut. Tidak semua bahan dapat menghantarkan panas sama baiknya. Umumnya penghantar-penghantar listrik yang baik juga merupakan penghantar panas yang baik.

Suatu bahan pemanas akan terus meningkat sampai tercapai keseimbangan antara energi pemanasan atau energi listrik ( $P$ ) dan arus panas ( $\phi$ ) yang diberikan oleh bahan pemanas. Dalam keadaan normal suhu akhir merupakan suhu kerja bahan pemanas tersebut. Persamaan yang menyatakan hubungan antara energi pemanasan atau energi listrik ( $P$ ) terhadap perubahan suhu atau temperatur yang dihasilkan oleh bahan pemanas dapat diketahui dari Persamaan (2-1).

$$P = A \cdot \alpha \cdot t_e \tag{2-1}$$

dengan :

$P$  = Energi pemanasan atau energi listrik (watt)

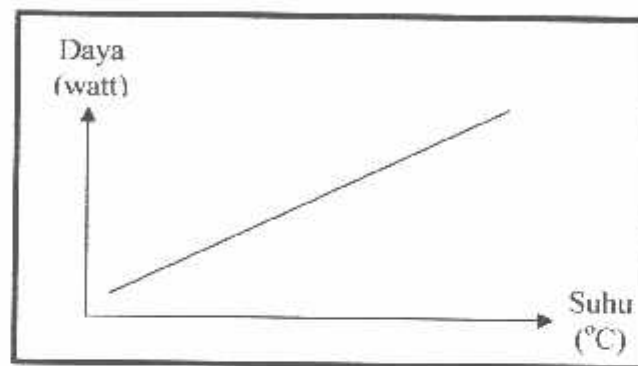
$A$  = Luas permukaan bahan pemanas ( $m^2$ )

$\alpha$  = Koefisien perpindahan panas ( $J/m^2s^{\circ}C$ )

$t_v$  = Perubahan suhu atau temperatur ( $^{\circ}C$ )

Persamaan (2-1) merupakan suatu persamaan yang menyatakan bahwa jika diberikan energi pemanasan yang lebih tinggi kepada bahan pemanas maka kenaikan perubahan suhu atau temperatur pada bahan pemanas tersebut semakin meningkat.

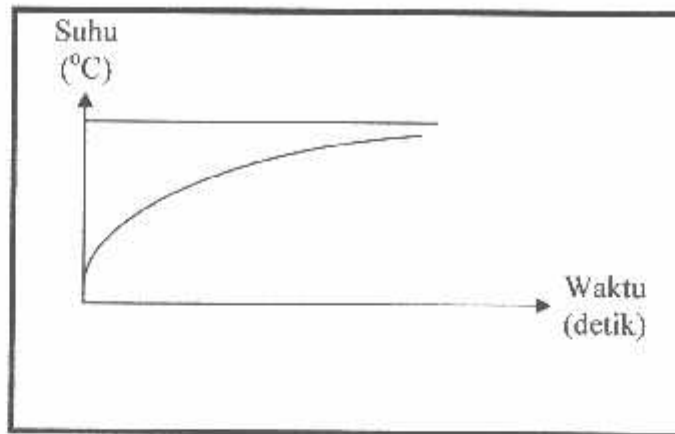
Hubungan antara parameter tersebut dapat dilihat dalam Gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Hubungan energi pemanasan terhadap suhu .....

Sumber : Harter, 1981 : 101

Sebuah bahan penghantar panas memerlukan waktu untuk mencapai suhu atau temperatur kerjanya, seperti terlihat dalam Gambar 2.2. Semakin besar variabel suhu suatu bahan penghantar panas maka waktu yang dibutuhkan bahan penghantar panas untuk mencapai suhu kerjanya semakin lama, dan demikian pula sebaliknya.



**Gambar 2.2.** Hubungan suhu kerja bahan penghantar panas terhadap waktu

Sumber : Harter, 1981 : 102

## 2.2. Sistem Pengaturan

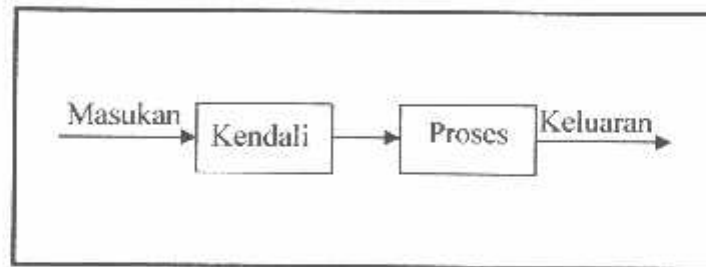
Sistem pengaturan adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu rangkaian harga (*range*) tertentu. Tujuan utama dari suatu pengontrolan adalah untuk mendapatkan optimalisasi dimana hal ini dapat diperoleh berdasarkan fungsi daripada kontrol itu sendiri, yaitu pengukuran (*measurement*), membandingkan (*comparison*), pencatatan dan perhitungan (*computation*), serta perbaikan (*correction*).

Pada dasarnya sistem pengaturan digolongkan dalam dua kategori umum, yaitu :

1. Sistem pengaturan lup terbuka (*open loop control system*)
2. Sistem pengaturan lup tertutup (*close loop control system*)

### 2.2.1. Sistem Pengaturan Lup Terbuka

Sistem pengaturan lup terbuka adalah sistem pengaturan dimana keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variabel yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Gambar 2.3 memperlihatkan diagram blok sistem pengaturan lup terbuka.



**Gambar 2.3.** Diagram blok sistem pengaturan lup terbuka

Sumber : Ogata, 1989 : 7

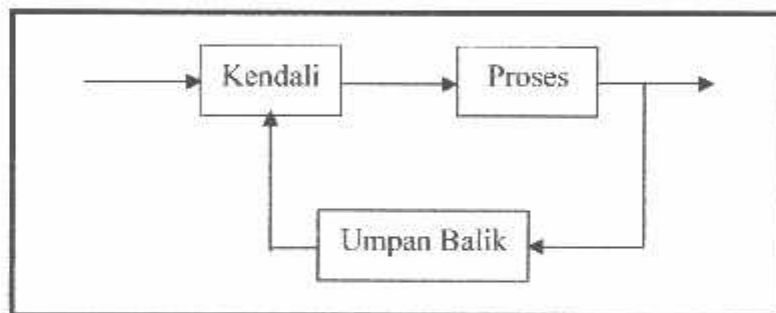
Beberapa parameter-parameter pokok yang terdapat pada sistem pengaturan lup terbuka, diantaranya adalah:

- Masukan merupakan isyarat luar yang diterapkan ke sistem kendali untuk memerintahkan tindakan tertentu kepada bagian kendali yang didalamnya terdapat variabel yang dikendalikan.
- Kendali sering disebut juga elemen pengendali yang terdiri dari komponen yang diperlukan untuk memberi isyarat pengendalian yang tepat kepada proses.
- Proses merupakan bagian dari sistem pengaturan yang didalamnya terdapat *plant*, benda atau mesin, yang mana besaran atau keadaan tertentu harus dikendalikan.

- Keluaran adalah hasil dari variabel yang dikendalikan atau yang diinginkan dari diterapkannya variabel masukan.

### 2.2.2. Sistem Pengaturan Lup Tertutup

Sistem pengaturan lup tertutup adalah sistem pengaturan dimana besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan melalui alat pencatat (*indicator* atau *recorder*). Selanjutnya perbedaan harga yang terjadi antara besaran yang dikontrol dan penunjuk alat pencatat digunakan sebagai koreksi yang pada gilirannya akan merupakan sasaran pengontrolan.



**Gambar 2.4.** Diagram blok sistem pengaturan lup tertutup.

Sumber : Ogata, 1989 : 4

Pengaturan lup tertutup terdapat beberapa parameter pokok yang hampir sama dengan parameter pengaturan lup terbuka, hanya saja pada pengaturan lup tertutup terdapat tambahan parameter umpan balik. Parameter umpan balik ini merupakan komponen yang diperlukan untuk menetapkan hubungan fungsional antara isyarat dari pengendalian dengan keluaran terkendali dari proses.

## 2.3. Unit Mikrokontroller

### 2.3.1. Umum

Mikrokontroller keluarga MCS-51 seperti ditunjukkan oleh tabel di bawah, semua berbasis pada arsitektur MCS-51. Untuk tipe 8032 dan 8052 memiliki jumlah memori yang lebih banyak dan ditambah dengan 1 kanal 16 bit *counter* atau *timer*, dan memiliki jalur interupsi 6 buah. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel berikut :

\*[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/DOC1259.PDF](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC1259.PDF)

Tabel 2.1. Keluarga MCS-51

Perangkat	Memori Internal		Timer/Counter	Interrupt
	Program	Data		
8051H	4K x 8	128 x 8	2 x 16 Bit	5
8031	Tidak ada	128 x 8	2 x 16 Bit	5
8751H	4K x 8	128 x 8	2 x 16 Bit	5
80C51	4K x 8	128 x 8	2 x 16 Bit	5
80C31	Tidak ada	128 x 8	2 x 16 Bit	5
8052	8K x 8	256 x 8	2 x 16 Bit	6
8032	Tidak ada	256 x 8	2 x 16 Bit	6
AT89S51	4K x 8	128 x 8	2 x 16 Bit	5

Jenis mikrokontroller yang ada di dalam tabel di atas memiliki arsitektur dasar yang sama, serta memiliki instruksi yang sama, yang membedakan adalah tipe bahan semikonduktor, kapasitas memori, dan jenis memori ROM internalnya. Untuk tipe AT89S51 produksi Atmel tetapi tetap berbasis pada arsitektur MCS-51, mikrokontroller tipe ini menggunakan *on-chip memory* program jenis EEPROM atau

*flash* ROM yang mudah cara menghapusnya serta memiliki harga relatif murah dibandingkan dengan tipe EPROM. Untuk tipe 8031 dan 8032 tidak memiliki ROM *internal*, sehingga harus selalu dipergunakan eksternal ROM. (Paulus Andi Nalwan, 2003:18).

### 2.3.2. Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 merupakan mikrokontroler 8 bit kompatibel dengan standart industri MCS-51 baik dari segi pemrograman dan kaki tiap pin. Mikrokontroler AT89S51 mempunyai 4 kbyte PROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*). Pada dasarnya mikrokontroler terdiri dari mikroprosesor, *timer*, dan *counter*. Perangkat I/O dan *internal memory*. Mikrokontroler mempunyai fungsi yang sama dengan mikroprosesor yaitu untuk mengontrol kerja dari suatu sistem. Selain itu mikrokontroler juga dikemas dalam satu *chip* (*Single Chip*). Di dalam mikrokontroler juga terdapat CPU, ALU, PC, SP dan *register* seperti dalam mikroprosesor, tapi juga ditambah dengan perangkat-perangkat lain seperti ROM, RAM, PIO, SIO, *Counter* dan sebuah rangkaian *clock*. Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi digunakan untuk membaca data instruksi dari *internal memory* ke ALU. Banyak instruksi yang digabung dengan pin-pin dalam *chip*-nya. Pin tersebut adalah pin yang dapat diprogram (*Programmable*) yang mempunyai fungsi berbeda tergantung pada kehendak pembuat program (*Programmer*). Sedangkan mikroprosesor sangat fleksibel dan mempunyai banyak *byte* instruksi. Semua instruksi bekerja didesain dalam satu konfigurasi perangkat keras yang membutuhkan banyak ruang *memory*



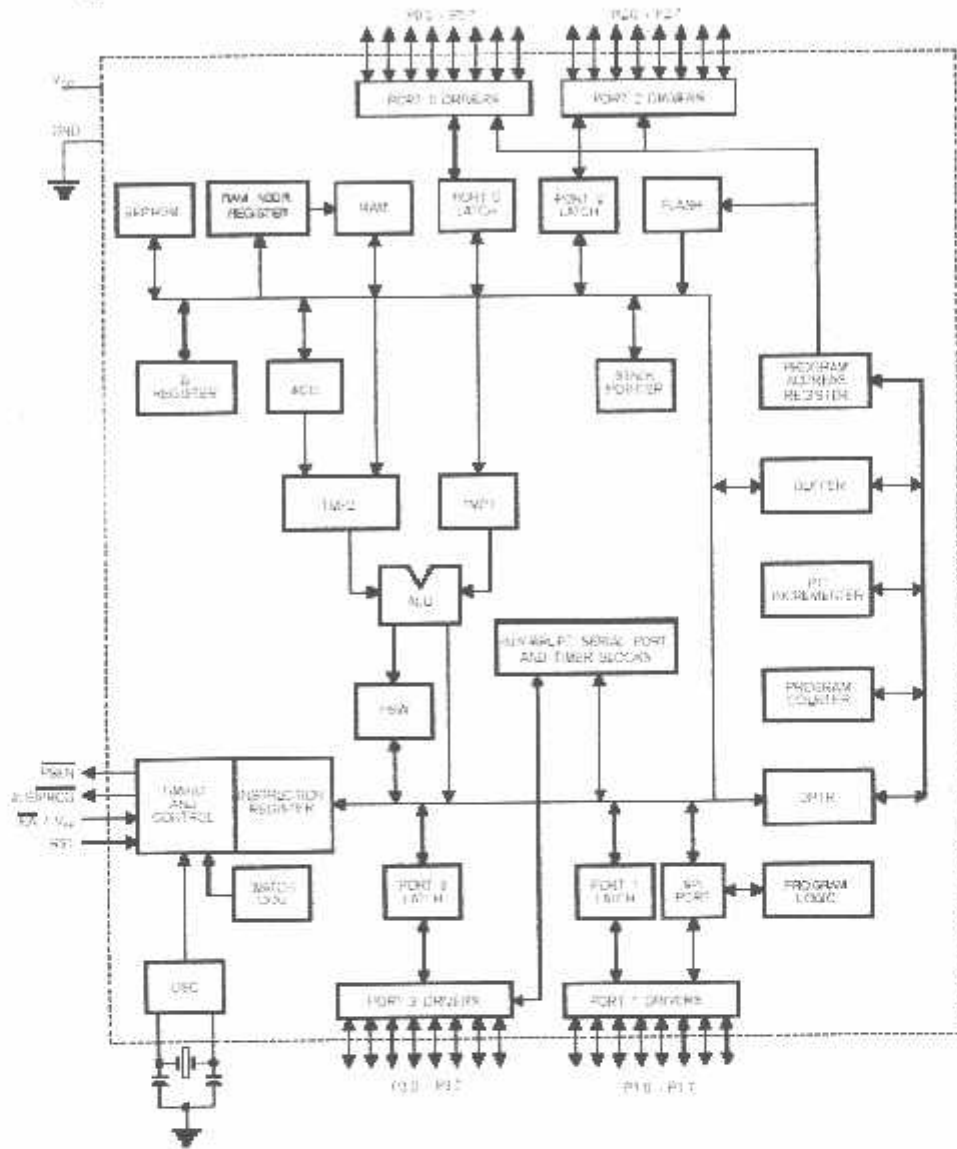
I/O dihubungkan ke alamat dan pin-pin data *bus* pada *chip*. Sebagian aktifitas pada mikroprosesor bekerja dengan kode instruksi dan data dari memori luar ke CPU.

### 2.3.3. Arsitektur AT89S51

Arsitektur dari mikrokontroller AT89S51 adalah sebagai berikut :

1. CPU (*Central Processing Unit*) 8 bit dengan *register A (Accumulator)* dan *register B*, yang optimal untuk aplikasi kontrol.
2. 16 bit program kontrol (PC) dan *data pointer (DPTR)*.
3. 8 bit program *status word (PSW)*.
4. 8 bit *stack pointer (SP)*.
5. 4 Kbyte internal EPROM.
6. RAM internal sebanyak 128 byte internal, yang terdiri dari :
  1. 4 bank *register*, masing-masing bank berisi 8 *register*.
  2. 16 byte yang dapat dialamati pada bit level.
  3. 80 byte *general purpose* memori data.
7. Pin *input-output* sebanyak 32 pin yang tersusun atas P0-P3, masing-masing 8 bit.
8. 2 buah *timer* atau *counter* masing-masing 16 bit.
9. *Receiver* atau *transmitter data serial full duplex* : SBUF.
10. Kontrol *register*, yaitu : TCON, TMOD, SCON, PCON, IP, dan IE.
11. Sumber *interrupt* sebanyak 5 buah (2 buah sumber *interrupt eksternal* dan 3 buah sumber *interrupt internal*).
12. Osilator dan *clock internal*.

Block Diagram



Gambar 2.5. Blok Diagram AT89S51<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup><http://www.ATMEL.com>

### 2.3.4. Konfigurasi pin-pin AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 memiliki jumlah pin 40 seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

AT89S51			
3	P1.0	PO.0	39
4	P1.1	PO.1	38
5	P1.2	PO.2	37
6	P1.3	PO.3	36
7	P1.4	PO.4	35
8	P1.5	PO.5	34
9	P1.6	PO.6	33
10	P1.7	PO.7	32
19	RN10/P3.0	P2.0	26
18	TD/P3.1	P2.1	27
17	INT0/P3.2	P2.2	28
16	INT1/P3.3	P2.3	29
15	TO/P3.4	P2.4	30
14	T1/P3.5	P2.5	31
13	WE/P3.6	P2.6	25
12	RD/P3.7	P2.7	24
11	EA/VPP	AT10P*	23
		PSION	22
1	RESET	X1	19
		X2	20

Gambar 2.6. Konfigurasi Pin AT89S51)

<sup>\*)</sup><http://www.ATMEL.com>

Fungsi pin-pin MCU AT89S51 :

1. Vcc merupakan pin positif sumber tegangan 5 volt DC.
2. Vss merupakan pin *grounding* sumber tegangan.
3. Port 0

Merupakan port 8 bit *open drain* 2 arah. Jika port 0 sebagai keluaran, maka pada kondisi rendah mampu menyerap arus sebanyak 8 unit masukan TTL dengan label LS. Jika diinginkan port 0 sebagai masukan, maka logika 1 harus dituliskan terlebih dahulu untuk membuat kondisi *float*, sehingga membuat port masukan berada pada kondisi impedansi tinggi. Port 0 juga dimultipleks sebagai *low address* dan *data bus*. Selama mengakses eksternal program memori (ROM) dan data

memori (RAM). Dalam pemakaian ini pada saat port 0 mengeluarkan logika 1 dibutuhkan *eksternal pull-up* yang besar, dan pada saat logika 0 dapat menyerap arus sebanyak 8 unit masukkan TTL dengan label LS.

#### 4. Port 1

Port 1 adalah terminal *input* atau *output* dua arah dengan *pull-up internal*. *Buffer output* port 1 dapat menyerap arus sebanyak 4 unit masukkan TTL dengan label LS. Jika port 1 dipergunakan sebagai masukkan logika 1 harus dituliskan terlebih dahulu pada *latch* untuk membuat FET dalam kondisi *off*, sehingga rangkaian eksternal men-*supply* logika 0 atau logika 1.

#### 5. Port 2

Port 2 dapat dipergunakan sebagai *input* atau *output* seperti pada port 1. Alternatif lain dari port 2 dapat dipergunakan sebagai *address bus high byte* pada saat mengakses memori eksternal.

#### 6. Port 3

Port 3 adalah terminal *input* atau *output* dua arah dengan terminal *internal pull-up*. *Buffer output* port 3 dapat menyerap arus sebanyak 4 unit *load input* TTL dengan label LS. Jika port 3 dipergunakan sebagai *input*, logika 1 harus dituliskan pada *latch* untuk membuat FET dalam kondisi *off*, sehingga rangkaian eksternal dapat men-*supply* logika 0 atau logika 1, port 3 juga mempunyai fungsi lain seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.2. Fungsi Lain Port 3

Port Pin	Fungsi Alternatif
Port 3.0	RXD ( <i>Serial Input Data</i> )
Port 3.1	TXD ( <i>Serial Output Data</i> )
Port 3.2	INT0 ( <i>Eksternal Interrupt 0</i> )
Port 3.3	INT1 ( <i>Eksternal Interrupt 1</i> )
Port 3.4	T0 ( <i>Timer 1 Eksternal Input</i> )
Port 3.5	T1 ( <i>Timer 1 Eksternal Input</i> )
Port 3.6	WR ( <i>Eksternal Data Memori Write Strobe</i> )
Port 3.7	RD ( <i>Eksternal Data Memori Read Strobe</i> )

<sup>\*)</sup><http://www.AIMEL.com>

#### 7. RESET (RST)

IC AT89x051 hanya memerlukan tambahan 3 kapasitor, 1 resistor dan 1 kristal serta catu daya 5 volt. Kapasitor 10  $\mu$ F dan resistor 10 K $\Omega$  dipakai untuk membentuk rangkaian *reset*, dengan adanya rangkaian *reset* ini AT89x051 otomatis di-*reset* begitu rangkaian menerima catu daya. X-tal dengan frekuensi maksimum 24 MHz dan 2 kapasitor 30 pF dipakai untuk melengkapi rangkaian *oscillator* pembentuk *clock* yang menentukan kecepatan kerja mikrokontroler. Selama *oscillator* bekerja me-*reset device*, maka pin ini akan tinggi selama 2 *machine cycle*.

#### 8. Address Latch Enable (ALE)

*Address Latch Enable* untuk menahan bit rendah dari *address* selama mengakses memori eksternal. Pada operasi *normal*, ALE memancarkan pulsa secara

konstan deretan pulsa dengan kecepatan 1/6 frekuensi *oscillator* dan biasanya digunakan untuk pewaktu eksternal atau *clock*. Sebagai catatan bahwa satu pulsa ALE meloncat setiap akses memori data eksternal. Operasi ALE di-*disable*-kan dengan me-*reset* bit 0 melalui SFR pada lokasi 8EH.

Dengan mengeset bit ini maka ALE akan aktif jika diberikan instruksi MOVX dan MOVC. Mengeset *disable* bit pada ALE tidak akan berpengaruh pada mikrokontroler jika mikrokontroler berada dalam keadaan mode eksekusi.

#### 9. Program Strobe Enable (PSEN)

Program *Strobe Enable* merupakan *Strobe output* yang dipergunakan untuk membaca eksternal program memori. PSEN aktif setiap dua siklus mesin.

#### 10. Exsternal Access Enable (EA)/VPP

*Eksternal Access Enable* secara eksternal harus disambung ke logika 0 jika diinginkan MCU 89S51 menjadi *enable* untuk mengakses kode mesin dari program memori eksternal. Jika EA dihubungkan ke logika 1 maka *device* akan mengambil kode mesin dari internal program memori kecuali kalau program *counter* berisi lebih besar dari 0FFFh.

#### 11. XTAL 1

Pin ini merupakan input ke *inverting amplifier* osilator.

#### 12. XTAL 2

Pin ini merupakan output dari *inverting amplifier* osilator.

## 2.3.5. Organisasi Memori AT89S51

### 2.3.5.1. Memori Data Internal

Pada mikrokontroler AT89S51 terdapat internal memori data. Internal memori data dialamati dengan lebar 1 *byte*. *Lower* 128 (00H-7FH) terdapat pada semua anggota MCS 51 pada *lower* 128 lokasi memori terbagi atas 3 bagian penting yaitu :

1. *Register Bank 0-3*

32 *byte* terendah terdiri dari 4 kelompok (*bank*) *register*, dimana pada masing-masing kelompok *register* itu berisi 8 *register* bit (R0-R7) yang masing-masing kelompok *register* dapat dipilih dengan melalui *register* PSW. Pada *register* PSW, RS0 dan RS1 digunakan untuk memilih kelompok *register* yang ada.

2. *Bit Addressable*

16 bit diatas kelompok *register* tersebut membentuk suatu lokasi blok memori yang dapat dialamati dimulai dari 20H-2FH.

3. *Scratch Pad Area*

Dimulai dari alamat 30H-7FH yang digunakan untuk inisialisasi alamat bawah dari *stack pointer*. Jika telah diinisialisasi, alamat bawah dari *Stack Pointer* akan naik ke atas sampai dengan 7FH.

Sedangkan pada 128 *byte* atas (*upper* 128) ditempati oleh suatu *register* yang mempunyai fungsi khusus yang disebut dengan SFR.

### 2.3.5.2. Memori Data Eksternal

Untuk mengakses memori program eksternal, pin EA dihubungkan ke *ground*. 16 jalur I/O (pada port 0 dan port 2) difungsikan sebagai *bus* alamat port 0 mengeluarkan alamat rendah (A0-A7) dari pencacah program (*program counter*). Pada saat port 0 mengeluarkan alamat rendah, maka sinyal ALE (*Address Latch Enable*) akan menahan alamat pada pengunci port 2 yang merupakan alamat tinggi (A8-A15) yang bersama-sama dengan alamat rendah (A0-A7) membentuk alamat 16 bit. Sinyal PSEN digunakan untuk membaca memori program eksternal.

### 2.3.5.3. Register Fungsi Khusus (SFR)

*Register* dengan fungsi khusus (*Spesial Fungsi Register / SFR*) terletak pada 128 *byte* bagian atas memori data *internal*. Wilayah SFR ini terletak pada alamat 80H-FFH. Pengalamatan harus khusus diakses secara langsung baik secara bit atau secara *byte*. *Register-register* khusus dalam MC 8031 yaitu :

#### 1. *Accumulator*

Merupakan *register* penyimpanan hasil suatu operasi ALU.

#### 2. *Register B*

*Register* ini digunakan untuk proses perkalian dan pembagian bersama dengan *accumulator*.

#### 3. *PSW (Program Status Word)*

*Register* ini terdiri dari beberapa bit *status* yang menggambarkan kejadian di *accumulator* sebelumnya, yaitu *carry bit*, *auxiliary carry*, dua buah bit pemilih *bank* (RS0 dan RS1), bendera *overflow*, *parity* bit dan dua buah



bendera yang dapat didefinisi sendiri oleh pemakai. Ada 4 *bank* yang dapat dipilih untuk digunakan dimana semuanya bersifat *addressable*, yaitu :

**Tabel 2.3.** Bank Register

RS1	RS0	Register
0	0	BANK 0
0	1	BANK 1
1	0	BANK 2
1	1	BANK 3

<sup>\*)</sup><http://www.ATMEL.com>

#### 4. *SP (Stack Pointer)*

Merupakan *register* 8 bit. *Register* SP dapat ditempatkan dalam suatu alamat eksternal maupun *internal* RAM. Isi *register* ini ditambah sebelum data disimpan, selama instruksi *PUSH* dan *CALL*. Pada saat *reset register* SP diinisialisasi pada alamat 07H sehingga *stack* akan dimulai pada alamat 08H.

#### 5. *DPTR (Data Pointer Register)*

*Register* yang digunakan untuk pengalamatan tidak langsung. *Register* ini digunakan untuk mengakses memori program baik *internal* maupun eksternal RAM yang digunakan untuk alamat eksternal data. DPTR ini dikontrol oleh 2 buah *register* 8 bit yaitu DPH dan DPL.

#### 6. *Register Port 1 dan Port 3*

*Register-register* P1 dan P3 merupakan SFR yang berfungsi sebagai *Latch* dari port 1 dan port 3.

### 7. SBUF (Serial Data Buffer)

*Serial Data Buffer* (SBUF) sebenarnya merupakan dua buah *register* yang terdiri dari *transmit buffer* dan *receive buffer register*. Pada saat data dipindah ke SBUF, *register* tersebut akan menjadi *transmit buffer register* sedangkan pada saat data dipindahkan dari SBUF maka *register* tersebut akan berubah menjadi *receive buffer register*.

### 8. Timer Register

Pasangan *register* TH0, TL0, dan TH1, TL1 merupakan *register* 16 bit yang berfungsi sebagai *register counter* untuk *timer / counter* 0 dan *timer / counter* 1.

### 9. Control Register

*Register* ini terdiri dari IP, IE, TMOD, TCON, SCON, dan PCON yang berisi kontrol dan *status* bit untuk *system interrupt*, *timer / counter* dan *serial port*.

Berikut ini adalah tabel dari pembagian alamat pada *register* fungsi-fungsi khusus :

**Tabel 2.4.** Pembagian alamat pada SFR

SYMBOL	NAME	ADDRESS
*ACC	<i>Accumulator</i>	0E0H
*B	<i>B Register</i>	0F0H
*PSW	<i>Program Status Word</i>	0D0H
SP	<i>Stack Pointer</i>	81H
DPTR	<i>Data Pointer 2 Byte</i>	

DPL	<i>Low Byte</i>	82H
DPH	<i>High Byte</i>	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	0A0H
*P3	Port 3	080H
*IP	<i>Interrupt Priority Control</i>	0B8H
*IE	<i>Interrupt Enable Control</i>	0ABH
TMOD	<i>Timer / Counter Mode Control</i>	89H
*TCON	<i>Timer / Counter Control</i>	88H
*+T2CON	<i>Timer / Counter 2 Control</i>	0C8H
TH0	<i>Timer / Counter 0 High Control</i>	8CH
TL0	<i>Timer / Counter 0 Low Control</i>	8DH
TH1	<i>Timer / Counter 1 High Control</i>	8DH
TL1	<i>Timer / Counter 1 Low Control</i>	8BH
*TH2	Timer/Counter 2 High Control	0CDH
*TL2	<i>Timer / Counter 2 Low Control</i>	0CCH
*RCAP2H	<i>T/C Capture Register High Byte</i>	0CBH
+RCAP2L	<i>T/C Capture Register Low Byte</i>	0CAH
*SCON	<i>Serial Control</i>	98H
SBUF	<i>Serial Data Buffer</i>	99H

<sup>\*)</sup><http://www.ATMEL.com>

SFR yang diberi tanda (\*) adalah SFR yang dapat di-*adres* secara bit atau byte (*bit addressable or byte addressable*).

### 2.3.6. Sistem *Interrupt*

MCS-51 mempunyai 5 buah sumber yang dapat membangkitkan permintaan interupsi, yaitu :

1. INT0 : Permintaan *interrupt* luar dari kaki P3.2
2. INT1 : Permintaan *interrupt* luar dari kaki P3.3
3. *Timer / Counter 0* : bila terjadi *overflow*
4. *Timer / Counter 1* : bila terjadi *overflow*
5. *Port Serial* : bila terjadi pengiriman / penerimaan satu *frame* telah lengkap.

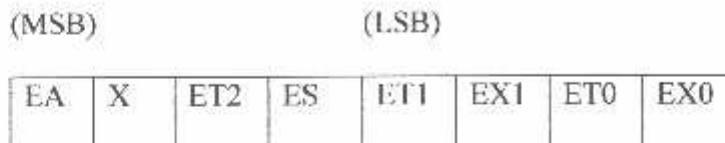
Tiap sumber *interrupt* mempunyai alamat tertentu seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.5. Alamat awal instruksi *Interrupt*

SUMBER INTERUPT	ALAMAT AWAL
IE0	0003H
TF0	000BH
IE1	0013H
TF1	001BH
R1+T1	0023H
TF2+EXF2	002BH

<sup>9)</sup><http://www.ATMEL.com>

Saat terjadi *interrupt* CPU secara otomatis akan menuju ke *subroutin* pada alamat tersebut. Seluruh bit yang membangkitkan interupsi dapat di-*set* atau di-*clear* oleh *software*, sehingga interupsi dapat dibatalkan atau dihalangi didalam *software* dimana pengaturan di atas dilakukan di dalam *Register Interrupt Enable (IE)*.



**Gambar 2.7.** Register IE

<sup>\*)</sup><http://www.ATMEL.com>

Keterangan :

EA = Membuat *disable* semua interupsi. Jika EA = 0 (tidak ada interupsi yang diakui), jika EA = 1 tiap-tiap sumber interupsi secara individu *enable* atau *disable*.

ET2 = *Enable* atau *Disable* interupsi timer 2 overflow.

ES = *Enable* atau *Disable* interupsi port serial.

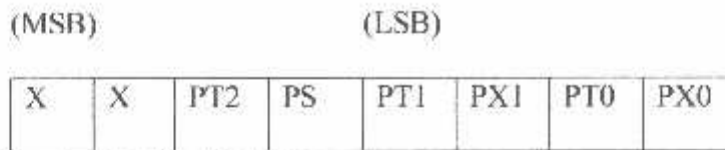
ET1 = *Enable* atau *Disable* interupsi timer 1 overflow.

EX1 = *Enable* atau *Disable* interupsi eksternal 1.

ET0 = *Enable* atau *Disable* interupsi timer 0 overflow.

EX0 = *Enable* atau *Disable* interupsi eksternal 0.

Pengaturan prioritas dari sebuah permintaan *interrupt* terdapat pada register *Interrupt Priority (IP)* seperti ditunjukkan seperti gambar di bawah :



**Gambar 2.8.** Register IP

<sup>\*)</sup><http://www.ATMEL.com>

Keterangan :

PT2 = Menentukan *level* prioritas interupsi *timer 2*.

PS = Menentukan *level* prioritas interupsi port *serial*.

PT1 = Menentukan *level* prioritas interupsi *timer 1*.

PX1 = Menentukan *level* prioritas interupsi eksternal 1.

PT0 = Menentukan *level* prioritas interupsi *timer 0*.

PX0 = Menentukan *level* prioritas interupsi eksternal 0.

### 2.3.7. *Timer / Counter*

*Register-register* yang digunakan sebagai *timer / counter* adalah TH1, TL1 (*timer / counter 1*) dan TH0, TL0 (*timer / counter 0*). Terdapat 4 mode operasi dari *timer / counter*, yaitu :

1) Mode 0

Dalam mode ini *timer / counter* dikonfigurasi sebagai 13 bit *register*.

2) Mode 1

Mode 1 sama dengan mode 0 perbedaannya hanya terletak pada konfigurasi *timer register* yaitu 16 bit *register*.

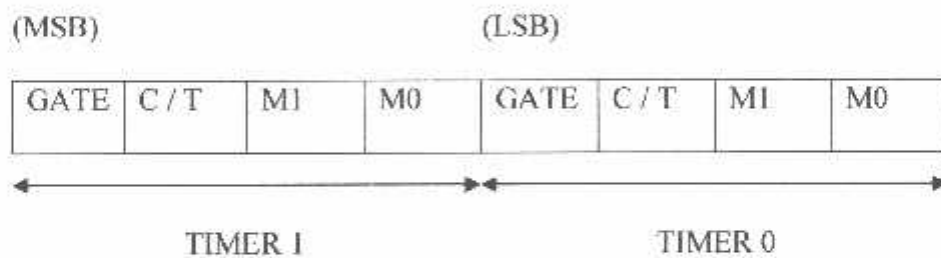
3) Mode 2

Pada mode ini *timer register* dikonfigurasi sebagai 8 bit *counter* (TLX) dengan *preset* ulang (*reload*) TLX dengan isi dari THX setiap kali terjadi *overflow* dari TLX.

4) Mode3

Merupakan gabungan pencacah biner 16 bit dan 8 bit. TL0 dari *timer* adalah 8 bit dari *timer / counter* dikendalikan oleh kontrol bit *timer 0* sedangkan TH0 adalah 8 bit dari *timer / counter* dikendalikan oleh kontrol bit *timer 1*.

Pemilihan fungsi *timer* dan *counter* serta pemilihan mode operasi ditentukan lewat *Timer / Counter Mode Control Register* (TMOD) seperti ditunjukkan pada skema di bawah ini :



Gambar 2.9. Register TMOD

<sup>\*)</sup><http://www.ATMEL.com>

Keterangan :

- GATE – Bit ini berfungsi mengontrol *run / stop*-nya *timer / counter*.  
Jika *Gate* = 1, *timer run* jika bit TRx = 1 dan pin INTx = 1, saat *Gate* = 0 akan *run* jika TRx = 1.
- C/T – C/T = 1, *timer* akan berfungsi sebagai *counter* dan jika C/T = 0, *timer* akan berfungsi sebagai *timer*.

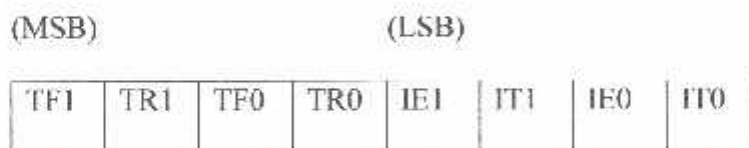
M1 dan M0 = *Selection Mode*.

**Tabel 2.6.** Mode Selection

M1	M0	MODE
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

<sup>\*)</sup><http://www.ATMEL.com>

Demikian dengan pengaktifan *interrupt* yang berhubungan dengan penggunaan *timer / counter* dapat diatur melalui *Timer / Counter Register (TCON)* seperti skema di bawah ini :



**Gambar 2.10.** Register TCON

<sup>\*)</sup><http://www.ATMEL.com>

Keterangan :

TF<sub>x</sub> : TF<sub>x</sub> = 1, ketika *register timer overflow* dan TF<sub>x</sub> = 0, ketika *interrupt service routine* dilaksanakan.

TR<sub>x</sub> : Jika TR<sub>x</sub> = 1, *timer* akan aktif dan jika TR<sub>x</sub> = 0, *timer* akan berhenti.

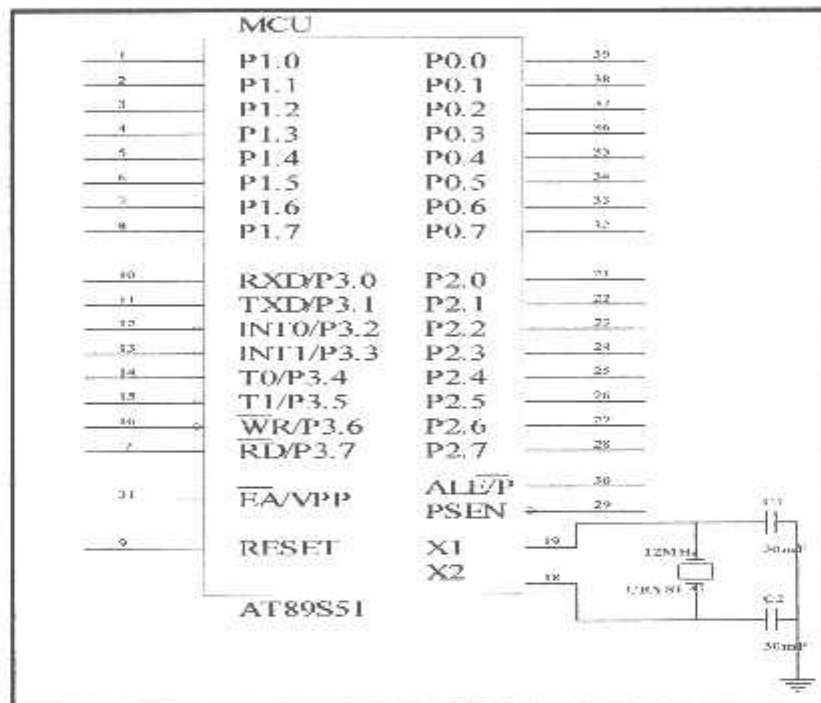
IE<sub>x</sub> : IT<sub>x</sub> = 1, saat diterima *signal transisi low* pada pin INT1 dan IE<sub>x</sub> = 0, saat *interrupt* dilaksanakan.



ITx : Jika ITx = 1, INT1 aktif transisi *low* dan jika ITx = 0, INT1 aktif *low*.

### 2.3.8. Rangkaian Osilator

Jantung mikrokontroller AT89S51 terletak pada rangkaian yang membangkitkan pulsa *clock*. Pin XTAL1 dan XTAL2 disediakan untuk disambungkan dengan jaringan resonan untuk membentuk sebuah osilator. MCS-51 dirancang untuk dapat *running* pada frekuensi minimum dan maksimum 1 MHz -16 MHz.



Gambar 2.11. Rangkaian Osilator

<sup>\*)</sup><http://www.ATMEL.com>

#### 2.4. Sensor Suhu Elektronik

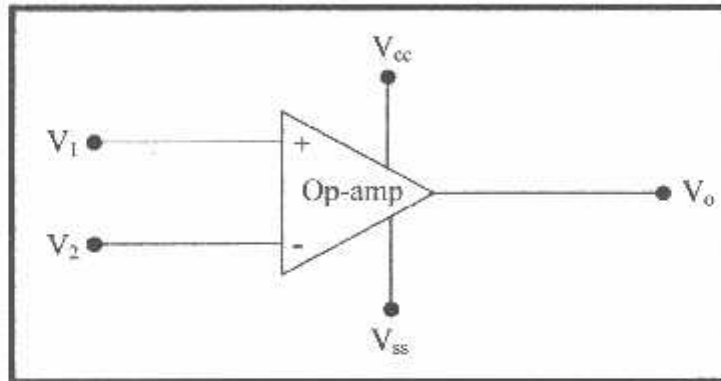
Sensor suhu elektronik merupakan salah satu jenis transduser. Transduser digunakan sebagai elemen yang langsung mengadakan kontak dengan suatu media yang diukur dan berfungsi untuk mengubah besaran fisis yang diukur menjadi besaran fisis lainnya.

Sensor suhu elektronik akan mengadakan kontak atau mendeteksi suhu suatu media ataupun suhu dalam keadaan tertentu, dan kemudian besaran suhu tersebut diubah menjadi besaran fisis lainnya yaitu berupa besaran tegangan. Sensor suhu akan menghasilkan besaran tegangan yang besarnya tersebut sebanding dengan besarnya suhu yang dikenakan pada permukaan sensor.

Sensor merupakan komponen yang sangat penting dalam perancangan alat ini. Sensor suhu yang digunakan adalah LM 35. Sensor ini akan bekerja sebagai zener dua terminal yang memiliki tegangan *breakdown* yang berbanding langsung dengan temperatur absolut  $\pm 10 \text{ mV}^{\circ}\text{K}$  yang terdapat pada sensor tersebut. Dengan impedansi dinamik kurang dari  $1 \Omega$ . Sensor ini mampu mendeteksi suhu atau temperatur dalam *range*  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $+150^{\circ}\text{C}$ . Sensor ini mempunyai perubahan tegangan keluaran sebesar 0,01 Volt (10mV) untuk setiap perubahan  $1^{\circ}\text{C}$  dari suhu yang dideteksi, serta sensor ini bekerja pada arus dalam *range*  $450 \mu\text{A}$  sampai 5 mA. Jika dikalibrasi pada  $25^{\circ}\text{C}$  maka LM 135 memiliki kesalahan kurang dari  $1^{\circ}\text{C}$  sampai rentang pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ .

## 2.5. Penguat Operasional

Penguat operasional (op-amp) merupakan suatu komponen aktif yang terdiri dari rangkaian penguat gandengan langsung dengan penguat tinggi yang dalam pengoperasiannya dilengkapi dengan umpan balik untuk memberikan tanggapan secara menyeluruh. Skematis dari op-amp diperlihatkan dalam gambar 2.12.



**Gambar 2.12.** Penguat Operasional

Sumber : Wasito, 1978 : 128

Penguat ini memiliki lima buah terminal dasar, diantaranya dua terminal untuk mensuplai daya, dua terminal untuk isyarat masukan, dan satu terminal keluaran. Kedua terminal isyarat masukan masing-masing terminal masukan pembalik (*inverting input (-)*), dan terminal masukan tak membalik (*non-inverting input (+)*).

Jika pada kutub masukan tak membalik ( $V_1$ ) diberi tegangan masukan, maka tegangan keluarannya akan sefasa dengan masukannya. Sebaliknya jika pada kutub masukan membalik ( $V_2$ ) diberi tegangan masukan, maka tegangan keluarannya akan berlawanan fasa dengan masukannya.

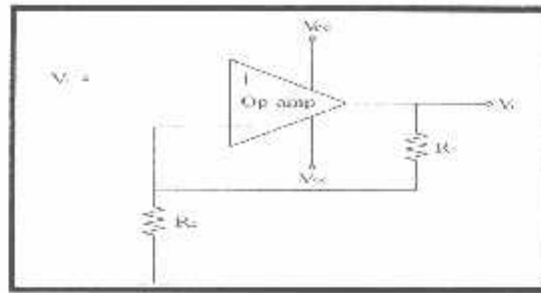
Suatu penguat operasional yang ideal mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- Penguatnya terkopel langsung (*direct coupled*)
- Impedansi masukan ( $Z_i$ ) = ∞ (tak terhingga)
- Impedansi keluaran ( $Z_o$ ) = 0 (nol)
- Penguatan ( $A$ ) = ∞ (tak terhingga)
- Tegangan keluaran bernilai 0 (nol), jika tegangan pada kedua terminal masukan bernilai 0 (nol)
- Tegangan keluaran dapat mengayun kearah positif maupun kearah negatif
- Lebar jalurnya (*bandwidth*) tak terhingga lebarnya

#### 2.5.1. Penguat Operasional Tak Membalik

Penguat operasional tak membalik merupakan suatu penguat dengan masukan pada terminal positif, dan mempunyai umpan balik negatif. Pada penguat operasional ini mempunyai keluaran yang sefasa dengan masukannya. Dengan umpan balik jenis ini, sinyal masukan menggerakkan masukan tak membalik dari penguat. Sebagian dari tegangan keluar kemudian dicuplik dan diumpankan kembali ke masukan membalik penguat dengan umpan balik tak membalik cenderung berlaku seperti penguat tegangan yang sempurna dengan impedansi masuk tak terhingga, impedansi keluaran nol, dan pembagi tegangan yang tetap.

Rangkaian penguat operasional tak membalik seperti terlihat dalam Gambar 2.13.



**Gambar 2.13.** Penguat Operasional Tak Membalik

Sumber : Malvino, 1987:86

Pada rangkaian penguat operasional tak membalik resistor  $R_1$  dan  $R_2$  membentuk pembagi tegangan umpan balik negatif dengan penguatan sebesar:

$$B = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2-2)$$

Sedangkan besarnya penguatan penguat kerja adalah:

$$A_v \cong \frac{1}{B} \quad (2-3)$$

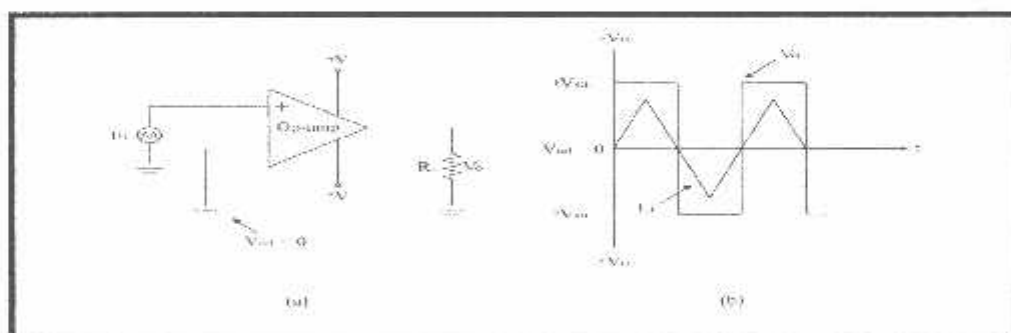
Rangkaian pengkondisi sinyal pada alat ini merupakan rangkaian yang menghubungkan antara keluaran sensor suhu dengan masukan konversi *analog* ke *digital* (ADC). Tegangan keluaran sensor suhu mempunyai perubahan tegangan keluaran sebesar 10 mV untuk setiap perubahan  $1^{\circ}\text{C}$  suhu yang dideteksi. Sedangkan masukan untuk rangkaian *analog* ke *digital* (ADC 0804) mempunyai kenaikan tegangan sebesar 20 mV untuk setiap perubahan tegangan masukan. Tegangan 20 mV tersebut biasanya disebut juga dengan tegangan *size step*. Untuk mensinkronkan antara keluaran sensor suhu dengan rangkaian konversi *analog* ke *digital* maka digunakannya rangkaian pengkondisi sinyal.

## 2.6. Detektor Nol

Detektor nol pada dasarnya merupakan rangkaian op-amp yang difungsikan sebagai pembanding (*comparator*). Detektor nol terbagi atas dua bagian, diantaranya detektor nol tak membalik dan detektor nol membalik. Dalam perancangan ini hanya menggunakan detektor nol tak membalik.

### 2.6.1. Detektor Nol Tak Membalik

Detektor jenis ini dapat dilihat dalam Gambar 2.14. Masukan positifnya membandingkan tegangan  $E_i$  dengan tegangan acuan yang besarnya 0 Volt ( $V_{ref}=0\text{Volt}$ ). Bila  $E_i$  berada di atas  $V_{ref}$ ,  $V_o$  menyamai  $+V_{sat}$ . hal ini disebabkan tegangan pada masukan positifnya lebih dari tegangan masukan negatifnya. Polaritas  $V_o$  menunjukkan apakah  $E_i$  berada diatas atau dibawah  $V_{ref}$ . peralihan  $V_o$  menunjukkan bila  $E_i$  menyilang acuannya.



**Gambar 2.14.** Detektor Nol Tak Membalik. (a) Rangkaian (b) Gelombang Keluaran

Sumber : Coughlin, 1992 :19

## 2.7. Pengubah Analog Ke Digital

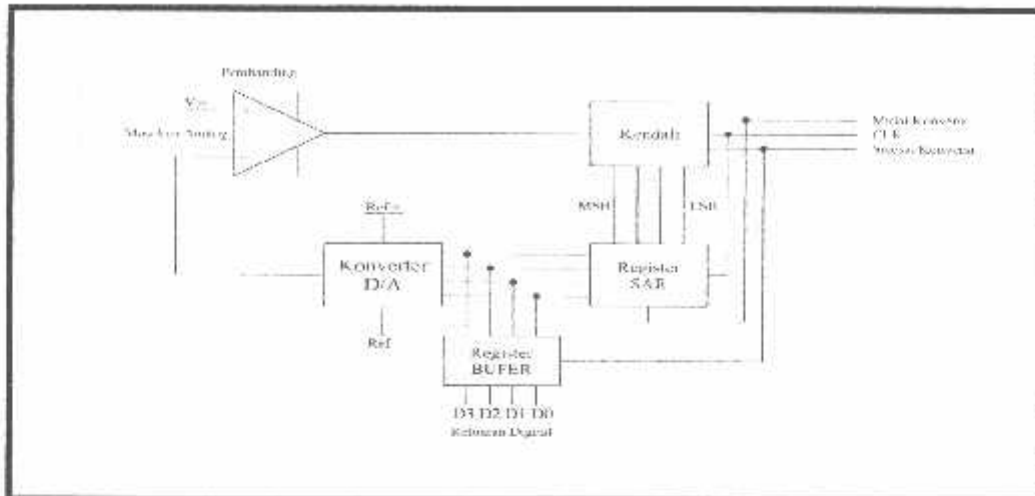
Pengubah *analog* ke *digital* (*Analog to digital converter / ADC*) mengubah sinyal *analog* (kontinyu) ke bentuk sinyal *digital* dengan pendekatan sesuai jumlah *digit* yang digunakan. Pada prinsipnya ADC adalah mengukur sinyal *analog* dan mengubahnya menjadi bilangan biner.

Beberapa teknik pengubah telah diciptakan untuk pengubah *analog* ke *digital*. Masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Parameter utama yang dipakai untuk menilai keunggulan tiap teknik biasanya adalah kecepatan, harga dan ketetapan.

Ada 4 metode pengubah sinyal analog ke digital yaitu :

- Metode Pendekatan Berturut-turut (*Successive Approximation*)
- Metode Pencacah Tanjakan (*Ramp*)
- Metode Teknik Servo
- Metode Pengubah Serempak (*Flash*)

Metode pengubah sinyal *analog* ke sinyal *digital* yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan metode pendekatan berturut-turut (*Successive Approximation*). ADC yang bekerja berdasarkan metode pendekatan berturut-turut ditunjukkan pada gambar 2.15. Pada gambar ini,  $V_m$  adalah tegangan masukan *analog* dan  $D_0$  sampai  $D_1$  adalah keluaran *digital*. *Register SAR (Successive Approximation Register)* adalah *register* pendekatan berturut-turut. *Register buffer* adalah *register* tempat menyimpan data *digital* hasil konversi.



**Gambar 2.15.** ADC metode pendekatan berturut-turut.

Sumber : Nurwasito, 1997 : 64

Konversi ADC metode pendekatan berturut-turut mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- Jika sinyal mulai konversi berubah dari logika tinggi ke logika rendah, *register SAR* akan dikosongkan dan  $V_{out}$  bernilai nol. Ketika sinyal mulai konversi kembali berlogika tinggi, pulsa detak pertama akan menyebabkan rangkaian kendali men-*set* MSB dalam *register SAR*, yang memberikan keluaran 1000.
- Setelah keluaran *digital* ini muncul, nilai  $V_{out}$  menjadi 8/15 dikalikan skala penuh. Bila nilai ini lebih besar daripada  $V_{in}$ , keluaran negatif dari pembanding akan menyebabkan rangkaian kendali akan men-*set* MSB *register SAR*. Tetapi jika  $V_{out}$  lebih kecil daripada  $V_{in}$ , keluaran positif dari pembanding akan tetap men-*set* MSB *register SAR*.
- Pada pulsa-pulsa detak berikutnya secara berturut-turut, bit MSB yang lebih rendah pada *register SAR* akan di-*set* dan diuji. Bila suatu bit menyebabkan nilai



$V_{out}$  melebihi  $V_{in}$ , maka bit yang bersangkutan akan di-*reset*, tetapi bila nilai  $V_{out}$  kurang dari  $V_{in}$ , maka bit yang bersangkutan akan di-*set*. Langkah ini dilakukan sampai bit MSB terakhir (LSB).

- Apabila konversi telah selesai dilakukan, rangkaian kendali membangkitkan sinyal selesai konversi *register buffer* dengan nilai *digital* akhir hasil konversi. Beberapa parameter yang perlu diperhatikan didalam *converter analog ke digital*, antara lain :

- Resolusi

Resolusi merupakan spesifikasi terpenting untuk *converter*, yang perbandingan antara penambahan LSB dengan keluaran maksimum dan juga ukuran dari tingkat-tingkat penambahan LSB. Dapat juga dinyatakan dalam jumlah bit yang ada dalam setiap satu data *digital*. Misalnya sebuah *converter* 8 bit mempunyai resolusi 8 bit. Resolusi *converter* menjadi baik bila jumlah bit semakin besar.

- Akurasi

Akurasi adalah jumlah dari semua kesalahan, misalnya kesalahan *non linieritas* skala penuh, skala nol dan lain-lain. Dapat juga dinyatakan perbedaan antara tegangan *input analog* secara teoritis yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan *input* nyata yang menghasilkan tegangan kode biner tertentu.

- Waktu konversi

Waktu konversi merupakan parameter yang cukup penting dalam *converter analog ke digital*, karena waktu konversi merupakan waktu yang dibutuhkan untuk

mengkonversi setiap *sample* sinyal *analog* menjadi *digital*, sehingga waktu konversi ini akan mempengaruhi kecepatan *converter* didalam mengkonversi sinyal *analog* menjadi sinyal *digital*.

## 2.8. Optocoupler

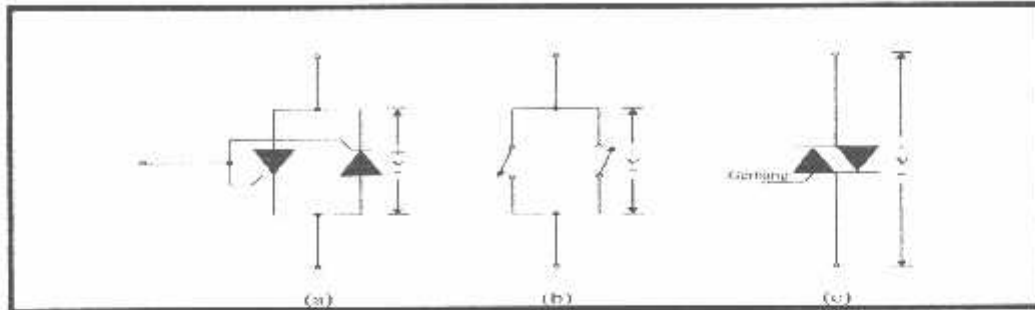
Optocoupler diartikan sebagai *opto (optic)* dan *coupler*. Jadi ia adalah suatu komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik. Optocoupler terbagi dalam dua bagian, yaitu bagian *transmitter* dan *receiver*. *Transmitter* biasanya dibangun dari sebuah LED infra merah, untuk memperoleh ketahanan yang lebih baik terhadap sinar tampak, daripada menggunakan LED biasa. *Receiver* dibangun dengan dasar komponen *phototransistor*, yang akan memperoleh bias maju (*on*), bila mendapat sinar (infra merah) dari *LED transmitter*.

Ditinjau dari penggunaannya, fisik optocoupler dapat berbentuk bermacam-macam. Bila hanya digunakan untuk mengisolasi *level* tegangan atau data sisi *transmitter* dan *receiver*, maka optocoupler ini biasanya dibuat dalam bentuk *solid* tanpa ada ruang antara *LED transmitter* dan *phototransistor receiver*. Jadi sinar yang lewat tidak dapat dihalangi. Dengan kata lain. Dengan kata lain optocoupler ini digunakan sebagai *optoisolator* antara rangkaian *input* dan *output*.

## 2.9. Triac

Triac adalah sebuah komponen yang berkelakuan seperti dua buah SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) yang dihubungkan saling bertolak belakang. Seperti

yang terlihat dalam Gambar 2.16a, yang ekuivalen dengan dua penahan seperti dalam Gambar 2.16b.



**Gambar 2.16.** Triac : a. Susunannya ekuivalen dengan sepasang SCR yang terpasang *parallel* dan saling bertolak belakang.  
b. Rangkaian ekuivalennya  
c. Lambang skematiknya

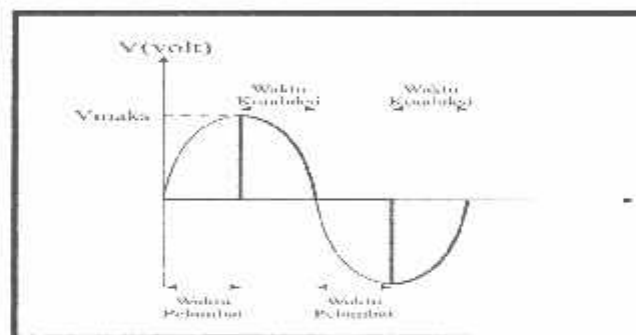
Sumber : Malvino 1987 : 271

Triac dapat mengendalikan arus pada kedua arah. Tegangan penyalan biasanya tinggi, sehingga cara yang *normal* untuk menyalakan triac adalah dengan menerapkan pemicu berprategangan maju. Lembaran data untuk triac selalu mencantumkan tegangan pemicu dan arus pemicu ini. Apabila tegangan  $v$  mempunyai polaritas seperti yang tampak pada Gambar 2.16a, maka harus menerapkan pemicu positif, yang akan menutup penahan sebelah kiri. Bila tegangan  $v$  mempunyai polaritas yang berlawanan, dibutuhkan pemicu negatif yang akan menutup pemicu sebelah kanan. Gambar 2.16c merupakan lambang skematik dari sebuah triac.

Besaran-besaran pembatas (arus, tegangan, *thermis* dan lain-lain) dari triac sama halnya dengan SCR, kecuali tegangan balik (*reverse*) yang tidak terdapat pada triac, sehingga triac dapat dipandang sebagai saklar elektronik untuk tegangan dan

arus bolak-balik. Triac mampu membloking pada kedua arah pembiasan serta mampu juga mengalirkan arus pada kedua arahnya.

Triac dapat digunakan untuk mengendalikan daya suatu beban. Pengendaliannya dengan memakai triac untuk memberikan daya kepada beban pada tiap bagian siklus tegangan AC. Triac ditahan pada keadaan menyumbat untuk tiap bagian siklus positif dan negatif dan disulut untuk berkonduksi pada bagian siklus yang telah ditentukan. Pada keadaan berkonduksi arus pada rangkaian dibatasi oleh beban.



**Gambar 2.17.** Pengendalian fasa pada gelombang sinus.

Sumber : Wasito, 1992 : 68

Gambar 2.17. memperlihatkan bentuk gelombang tegangan. Sudut pelambat (*delay angle*) adalah sudut dimana selama triac berkonduksi. Dengan mengatur besarnya sudut fasa maka besarnya daya beban dapat diatur, dengan membesarnya sudut pelambat maka daya beban akan mengecil dan sebaliknya. Dalam penyulutan triac digunakan pelintas nol sebagai titik acuan. Dengan mengetahui kapan terjadinya titik nol, maka penyulutan dapat disesuaikan dengan tegangan jaringan, sehingga pengendalian fasa dapat bekerja dengan tepat.

Berdasarkan dalam gambar 2.17. akan didapat suatu persamaan yang dapat dipergunakan untuk pengaturan atau pengendalian daya suatu beban, adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{eff}} &= \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (V_{\text{max}} \sin \omega t)^2 d(\omega t) \\
 &= \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (V_{\text{max}})^2 (\sin^2 \omega t) d(\omega t) \\
 &= \frac{(V_{\text{max}})^2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (\sin^2 \omega t) d(\omega t) \\
 &= \frac{(V_{\text{max}})^2}{4\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) \\
 &= \frac{(V_{\text{max}})^2}{4\pi} \left[ \left( \frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4} \right)_{\alpha}^{\pi} \right] \\
 &= \frac{(V_{\text{max}})^2}{4\pi} \left( \frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right) \\
 &= \frac{(V_{\text{max}})^2}{2\pi} \left( \pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \\
 &= \frac{(V_{\text{max}})^2}{2} \left[ \frac{1}{\pi} \left( \pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right] \\
 &= \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \left[ \pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2-4}
 \end{aligned}$$

Persamaan diatas merupakan suatu persamaan yang dapat dipergunakan untuk pengaturan pengendalian daya suatu beban. Pengaturan tersebut dilakukan dengan mengatur sudut perlambatan (*delay angle*), dalam hal ini disimbolkan dengan variabel  $\alpha$ . Dengan pengaturan variabel  $\alpha$  maka akan didapat juga pengaturan variabel tegangan efektif, sehingga disipasi daya yang dikonsumsi oleh beban akan bersifat variabel juga.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

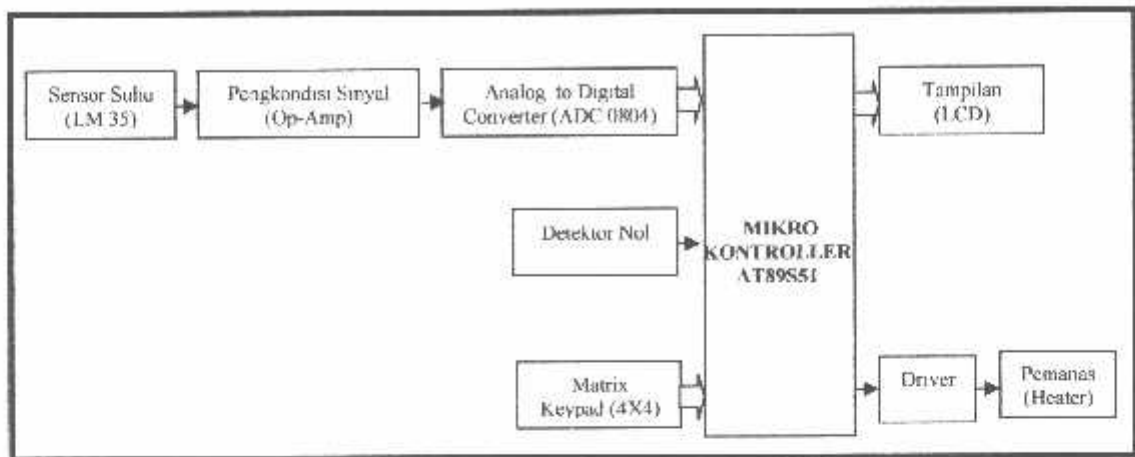
Bab ini akan memaparkan mengenai spesifikasi alat, perancangan perangkat keras dari pengaturan pemanas susu elektrik, yang meliputi diagram blok pengaturan, diagram blok rangkaian, dan cara kerja rangkaian. Selain perancangan perangkat keras akan dijelaskan juga mengenai perancangan perangkat lunak.

#### **3.1. Perancangan Dan Pembuatan Perangkat Keras**

Tahap terpenting dalam perancangan perangkat keras adalah tahap perancangan diagram blok. Dari diagram blok tersebut dapat diketahui perangkat keras apa saja yang dipergunakan dalam perancangan dan juga cara kerja dari sistem yang terdapat pada alat.

##### **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 keseluruhan rangkaian. Sehingga keseluruhan diagram blok rangkaian tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan atau sistem yang bekerja sesuai dengan perancangan. Keseluruhan diagram blok rangkaian dapat dilihat dalam Gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** Diagram Blok Rangkaian Keseluruhan Sistem.

Sumber : Perencanaan.

Keterangan:

- a. Sensor Suhu  
Untuk memantau temperatur dari heater.
- b. Pengkondisi Sinyal  
Untuk mengkondisikan sinyal keluaran dari sensor agar dapat dibaca oleh ADC.
- c. ADC (*Analog to Digital Converter*)  
Mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital agar dapat diproses oleh mikrokontroller
- d. Matrix Keypad (4X4)  
Sebagai inputan untuk menjalankan peralatan ini.
- e. Detektor Nol  
Rangkaian untuk mendeteksi titik awal pada saat penghangatan.



f. Mikrokontroler

Sebagai pusat pengolahan data dari peralatan ini.

g. LCD (Liquid Crystal Display)

Untuk menampilkan mode memasak yang diinginkan (semi otomatis atau otomatis).

h. Driver

Merupakan rangkaian untuk menjalankan heater.

i. Pemanas (*heater*)

Sebagai penghasil panas yang dipergunakan untuk penghangatan.

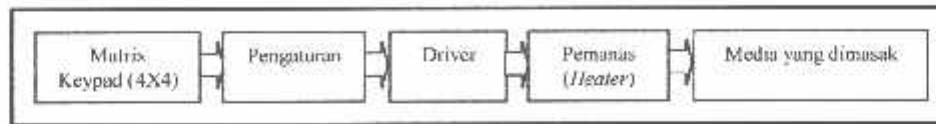
### 3.1.2. Diagram Blok Pengaturan

Tahap terpenting didalam rancang bangun pengaturan penghangat susu elektrik berbasis mikrokontroler AT89S51 adalah membuat diagram blok pengaturan, karena dari diagram blok ini dapat diketahui jenis pengaturan yang dilakukan terhadap sistem. Secara garis besar pengaturan pada alat ini yaitu pengaturan secara semi otomatis dan pengaturan secara otomatis.

#### 3.1.2.1. Pengaturan Semi Otomatis

Dalam pengaturan semi otomatis ini terletak pada pemberian waktu *setting* yang diberikan oleh pengguna (*user*) dimana waktu pengkondisian waktu maksimum adalah 99 menit 99 detik serta pemberian tingkat daya pemanasan yakni antara 01-10 tingkat dalam bentuk persen ( $10^0 - 100^0$ ). Dalam pengaturan ini sensor suhu bukan merupakan variabel umpan balik. Kemudian setelah waktu *setting* yang telah

ditentukan oleh pengguna (*user*) telah terpenuhi, maka *heater* akan berhenti melakukan pemanasan. Dalam Gambar 3.2, terlihat alur kerja blok rangkaian pengaturan semi otomatis.



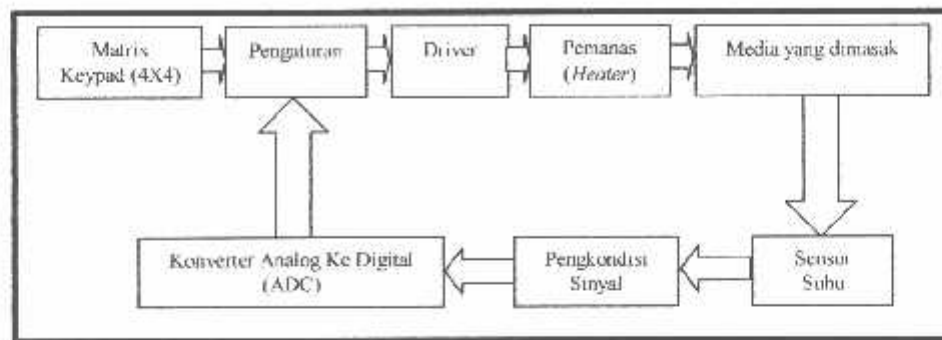
**Gambar 3.2.** Pengaturan secara semi otomatis.

Sumber : Perencanaan.

### 3.1.2.2. Pengaturan Otomatis

Pengaturan sistem didalam pengaturan otomatis ini dibuat secara otomatis, yang mana suhu yang diinginkan beserta tingkatan daya ditentukan dulu oleh pengguna (*user*) melalui papan *keypad*. Dimana besaran variabel suhu ini digunakan sebagai variabel umpan balik pengaturan otomatis pada pemanasan yang dilakukan oleh pemanas (*heater*). Sehingga daya penghangatan akan bergantung pada suhu dan tingkat *level* daya dalam bentuk persen yang telah ditentukan.

Dalam Gambar 3.3, dapat dilihat alur kerja blok rangkaian pengaturan secara otomatis.



**Gambar 3.3.** Pengaturan secara otomatis.

Sumber : Perencanaan.

### 3.1.3. Cara Kerja Rangkaian

Prinsip kerja rangkaian ini adalah dilakukannya pengaturan semua piranti yang terdapat pada sistem dengan menggunakan mikrokontroler. Pengaturan pada alat ini adalah pengaturan semi otomatis dan pengaturan otomatis.

Jika dipilih mode semi otomatis, maka dilakukan dengan cara pemilihan karakter mode semi otomatis yang terlihat pada tampilan LCD melalui *keypad*. Kemudian data dari *keypad* tersebut dihubungkan pada port masukan mikrokontroler. Data dari *keypad* akan didefinisikan dan disimpan pada register-register mikrokontroler untuk kemudian mikrokontroler akan mengaktifkan rangkaian-rangkaian yang berhubungan dengan masukan data dari *keypad* tersebut. Langkah selanjutnya adalah memasukkan variabel waktu *setting*, dimana waktu pengkondisian maksimum adalah 99 menit 99 detik, tetapi jika *user* tidak memasukkan variabel waktu *set*, maka mikrokontroler akan mensetting waktu *default* 56 menit, kemudian langkah selanjutnya memasukkan tingkat *level* pemanasan dari 01-10 tingkat *level* pemanasan dalam bentuk persen ( $10^0$ - $100^0$ ),

dimana setiap tingkat (*step*) *level* daya pemanasan bernilai 35 watt. Tetapi jika *user* atau pengguna tidak memasukkan tingkat *level* daya pemanasan, maka mikrokontroler akan men-*setting* tingkat *level* daya pemanasan *default* sebesar 02 ( 20 % ) yang bernilai 70 watt. Setelah itu mikrokontroler akan melakukan pemanasan pada *heater* sesuai dengan waktu *setting* dan tingkat *level* daya pemanasan melalui pengaturan oleh mikrokontroler. Pengaturan tersebut dilakukan dengan cara mengatur lamanya waktu konduksi pada triac yang terdapat pada blok rangkaian *driver*, sedangkan untuk memulai titik awal pada saat pemanasan tersebut digunakannya rangkaian detektor nol. Secara garis besar pengaturan semi otomatis ini *heater* akan terus-menerus melakukan pemanasan sesuai dengan waktu *setting* dan tingkat *level* daya pemanasan yang telah diberikan melalui *keypad*.

Jika dipilih mode otomatis, maka dilakukan dengan cara memasukkan variabel *setting* suhu yang diinginkan, dimana variabel suhu ini digunakan sebagai variabel umpan balik, tetapi jika *user* tidak memasukkan nilai dari variabel suhu, maka mikrokontroler akan melakukan *set* suhu *default* yakni sebesar 35<sup>0</sup>C. Kemudian diikuti dengan memasukkan tingkat *level* daya pemanasan dari 10%-100% yakni 10 tingkat *level* daya pemanasan dan jika *user* atau pengguna tidak memasukkan tingkat *level* daya pemanasan, maka mikrokontroler akan men-*setting* tingkat *level* daya pemanasan 02 ( 20 % ) yang bernilai 70 watt. Pada kondisi ini sensor suhu akan mendeteksi suhu atau temperatur dari media yang disensor. Sensor suhu ini akan memberikan perubahan variabel tegangan pada blok rangkaian pengkondisi sinyal. Agar tegangan keluaran tersebut sinkron dengan masukan pada blok rangkaian konversi *analog* ke *digital*, maka digunakannya blok rangkaian

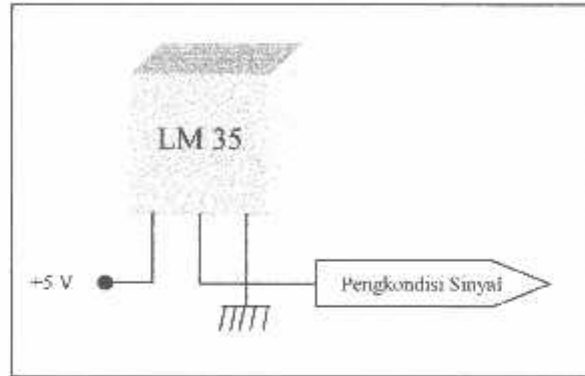
pengkondisi sinyal. Digunakannya blok rangkaian konversi *analog* ke *digital* karena masukan pada mikrokontroller merupakan sinyal *digital* sedangkan keluaran dari sensor suhu merupakan sinyal *analog*, dikarenakan hal tersebut maka digunakan blok rangkaian konversi *analog* ke *digital*. Pada proses penghangatan ini komponen pemanas (*heater*) akan terus-menerus melakukan pemanasan sampai suhu yang diinginkan pada *setting* suhu telah terpenuhi. *Setting* suhu yang terdapat dalam perancangan alat ini berada dalam batas suhu 80<sup>0</sup>C. Jika suhu turun atau tidak sesuai dengan suhu *setting*, maka *heater* atau pemanas akan otomatis melakukan pemanasan sampai suhu *setting* yang diinginkan telah terpenuhi.

#### **3.1.4. Diagram Rangkaian**

Rangkaian-rangkaian yang dipergunakan didalam perancangan sistem ini saling berhubungan antara satu sama lainnya.

**3.1.4.1. Sensor Suhu**

Sensor suhu dapat dilihat dalam gambar 3.4.



**Gambar 3.4.** Sensor Suhu

Sumber : Perencanaan

LM35 merupakan salah satu jenis sensor suhu yang digunakan untuk transduser suhu dimana nilai tegangan outputnya berbanding lurus dengan kenaikan suhu. Dimana setiap kenaikan suhu sebesar 1°C maka tegangan outputnya akan naik sebesar 10 mV. Sehingga output tegangan dari LM 35 adalah *linear* sesuai dengan kenaikan suhu dalam derajat celcius (°C). Dan untuk mencari tegangan output pada LM35 dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

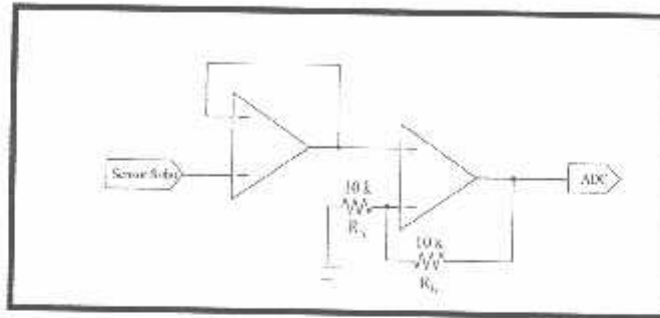
$$V_{out} = T \times 10 \text{ mV} \dots\dots\dots(3-1)$$

Dimana : T = suhu yang dideteksi.

Hasil lengkap untuk perhitungan tegangan keluaran sensor suhu dapat dilihat pada bab selanjutnya.

### 3.1.4.2. Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal yang dipergunakan dalam perancangan ini dapat dilihat dalam gambar 3.5.



**Gambar 3.5.** Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Sumber : Perencanaan

Penggunaan rangkaian penguatan ini digunakan untuk menguatkan tegangan dari sensor suhu. Karena keluaran sensor suhu akan berubah 10 mV untuk pendeteksian setiap 1°C suhu deteksi, sedangkan kenaikan tingkat tegangan (*size step*) untuk rangkaian konversi *analog ke digital* (ADC 0804) sebesar 20 mV. Dengan demikian tegangan dari sensor suhu tersebut harus dikuatkan sebanyak 2 kali. Penguatan ini dilakukan oleh rangkaian *non-inverting*. Untuk mendapatkan penguatan sebanyak 2 kali, dilakukan dengan membandingkan antara nilai resistansi  $R_f$  terhadap  $R_{I_1}$  yang bernilai 10 k $\Omega$ .

$$\Delta v = \frac{R_f}{R_{I_1}} + 1 = \frac{10k}{10k} + 1 = 2 \text{ kali} \quad (3-2)$$

Sehingga tegangan keluaran sensor suhu akan sinkron atau seimbang dengan kenaikan tegangan akibat perubahan suhu deteksi terhadap tegangan referensi

dari ADC 0804, dengan demikian tegangan sensor suhu dapat dikonversi oleh rangkaian ADC 0804 dengan baik, sehingga didapatkan hasil konversi yang presisi.

Berdasarkan Gambar 3.4 dapat diketahui tegangan keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal, tegangan tersebut merupakan masukan pada rangkaian *converter analog ke digital*. Tegangan keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal ini dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (3-3).

$$V_{\text{pengkondisi sinyal}} = [V_{\text{sensor}}] \times \Delta V \dots \dots \dots (3-3)$$

Dengan :

$V_{\text{pengkondisi sinyal}}$  = Tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal (volt)

$V_{\text{sensor}}$  = Tegangan keluaran rangkaian sensor suhu (volt)

$\Delta V$  = Penguatan (*gain*) yang dilakukan pada rangkaian *non-inverting*, sebesar 2 kali

Misalkan dari pendeteksian suatu media yang dilakukan sensor suhu mempunyai tegangan keluaran sebesar 0,42 volt, maka tegangan keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal adalah sebesar :

$$V_{\text{pengkondisi sinyal}} = 0,42 \text{ volt} \times 2 = 0,84 \text{ volt}$$

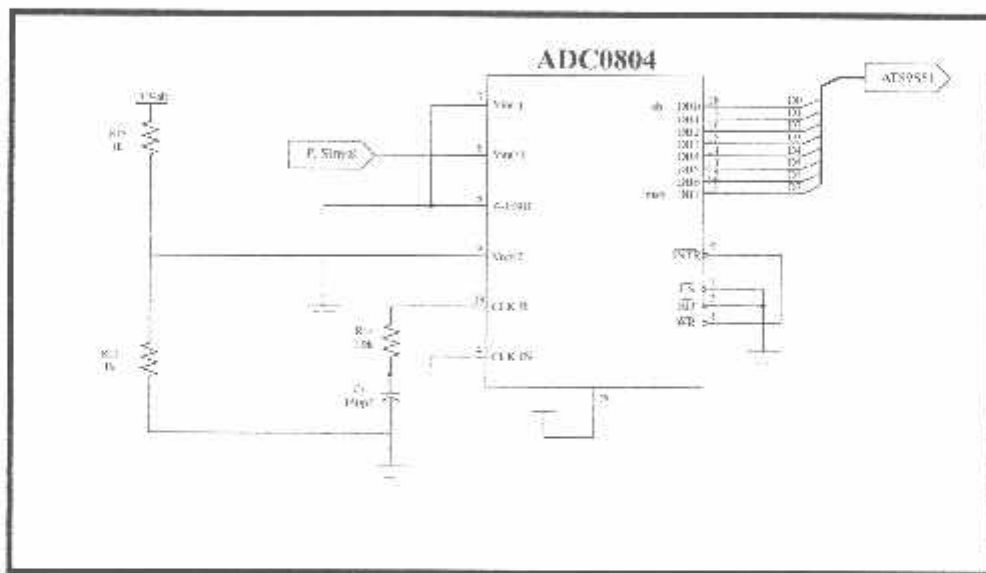
Hasil lengkap untuk perhitungan keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal dapat dilihat dalam bab selanjutnya.



### 3.1.4.3 Konversi Analog Ke Digital (ADC)

Agar dapat diproses oleh mikrokontroller maka sinyal yang masuk kedalam mikrokontroller harus berupa sinyal *digital*. Untuk itu sinyal dari sensor suhu yang telah diperkuat harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi sinyal *digital* dengan rangkaian ADC. Dalam perancangan ini dipergunakan ADC 0804.

Rangkaian konversi *analog* ke *digital* yang mempergunakan ADC 0804 didalam perancangan sistem ini dapat dilihat dalam Gambar 3.6.



**Gambar 3.6.** Rangkaian ADC 0804.

Sumber : Perencanaan

ADC 0804 membutuhkan tegangan referensi per dua ( $V_{ref}/2$ ) sebesar setengah dari jangkauan masukan analognya. Karena masukan tegangan *analog* yang direncanakan maksimum sebesar 5 volt maka dibutuhkan tegangan referensi 2,5 volt.

```

    }
    Tunda_mili(700);
}
}

jumdig=0;
exitmenu=0;
pul='0';sat='0';
Printxy(1,2,"level pemanas:01");

while(!exitmenu)
{
    tom=tombolnya();
    if (tom!='$')
    {
        if ((tom>='0')&&(tom<='9')&&(jumdig<2))
        {
            rat=pul;
            pul=sat;
            sat=tom;
            Gotoxy(15,2);
            TulisDLCD(pul);
            TulisDLCD(sat);
            jumdig++;
        }
        else if (tom=='E')
        {
            pul=(pul & 0x0F) * 10;
            sat=sat & 0x0F;
            buf_level= pul+sat;
            if (buf_level==1) buf_level =2;
            exitmenu=1;
        }
        else if (tom=='C')
        {
            buf_level=2;
            exitmenu=1;
        }
        Tunda_mili(700);
    }
}
}

```

```

void setsuhu1()
{
    ClearLCD();
    jumdig=0;
    exitmenu=0;
    pul='0';sat='0';
    Printxy(1,1,"timer:00:00");
    buffer[0]=0;buffer[1]=0;buffer[2]=0;buffer[3]=0;
    while(!exitmenu)
    {
        tom=tombolnya();
        if (tom!='$')
        {
            if ((tom>='0')&&(tom<='9')&&(jumdig<4))
            {
                if (jumdig<5)
                {
                    buffer[jumdig]=tom & 0x0F;
                    if (jumdig<2)
                        Gotoxy(jumdig+7,1);
                    else
                        Gotoxy(jumdig+8,1);
                    TulisDLCD(tom);
                }
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    jumdig++;
    }
    else if (tom=='E')
    {
    menit = (buffer[0]*10)+buffer[1];
    detik = (buffer[2]*10)+buffer[3];
    exitmenu=1;
    }
    else if (tom=='C')
    {
    jeniskontrol=0;
    detik=0;menit=0;
    exitmenu=1;
    }
    Tunda_mili(700);
}
}

jumdig=0;
exitmenu=0;
pul='0';sat='0';
Printxy(1,2,"level pemanas:01");

while(!exitmenu)
{
    tom=tombolnya();
    if (tom!='$')
    {
        if ((tom>='0')&&(tom<='9')&&(jumdig<2))
        {
            rat=pul;
            pul=sat;
            sat=tom;
            Gotoxy(15,2);
            TulisDLCD(pul);
            TulisDLCD(sat);
            jumdig++;
        }
        else if (tom=='E')
        {
            pul=(pul & 0x0F) * 10;
            sat=sat & 0x0F;
            buf_level= pul+sat;
            if (buf_level==1) buf_level =2;
            exitmenu=1;
        }
        else if (tom=='C')
        {
            buf_level=2;
            exitmenu=1;
        }
        Tunda_mili(700);
    }
}
}
}

```

```

char bacaADC()
{
    P3_7=1;
    Tunda_mikro(2);
    P3_7=0;
    Tunda_mikro(2);
    P3_7=1;
    Tunda_mili(2);
return port_ADC;

```

```

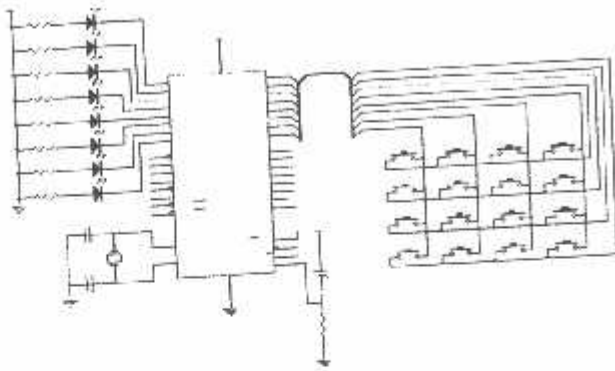
}
void main()
{
    Init_LCD(); ClearLCD(); TulisRLCD(0x0C);
    EA=1; IT0=1; EX0=1; ET0=1;
    TMOD=TMOD | 0x01;
    buf_level=1;
    Printxy(1,1,"suhu:000 set:000");
    Printxy(1,2,"level pemanas: ");
    Gotoxy(15,2);
    TulisDLCD(AsciiP(level_pemanas));
    TulisDLCD(AsciiS(level_pemanas));
    jeniskontrol=0;
    while(1)
    {
        tom=tombolnya();
        if (tom!='$')
        {
            if (tom=='M')
            {
                ClearLCD();
                Printxy(1,1,"1.Semi Otomatis");
                Printxy(1,2,"2.Otomatis");
                exot=0;
                while(!exot)
                {
                    tom=tombolnya();
                    if (tom=='1')
                    {
                        jeniskontrol=1;
                        exot=1;
                    }
                    if (tom=='2')
                    {
                        jeniskontrol=2;
                        exot=1;
                    }
                }
            }
            Tunda_mili(700);
            if (jeniskontrol==1)
            {
                setsuhu1();
                ClearLCD();
                Printxy(1,1,"timer:");
                Printxy(1,2,"level pemanas:");
                Gotoxy(7,1);
                TulisDLCD(AsciiP(menit));
                TulisDLCD(AsciiS(menit));
                TulisDLCD(':');
                TulisDLCD(AsciiP(detik));
                TulisDLCD(AsciiS(detik));
            }
            else
            {
                setsuhu();
                ClearLCD();
                Printxy(1,1,"suhu:000 set:000");
                Printxy(1,2,"level pemanas: ");
                Gotoxy(14,1);
                TulisDLCD(AsciiR(suhuset));
                TulisDLCD(AsciiP(suhuset));
                TulisDLCD(AsciiS(suhuset));
            }
        }
    }
}

```

susu4

```
if (jeniskontrol==2)
{
    Gotoxy(15,2);
    TulisDLCD(Asciip(level_pemanas));
    TulisDLCD(AsciiS(level_pemanas));
    dtsuhu=bacaADC();
    Gotoxy(6,1);
    TulisDLCD(Asciir(dtsuhu));
    TulisDLCD(Asciip(dtsuhu));
    TulisDLCD(AsciiS(dtsuhu));
    if (dtsuhu>=suhuset)level_pemanas=1;
    else level_pemanas=buf_level;
}
else if (jeniskontrol==1)
{
    Gotoxy(15,2);
    level_pemanas=buf_level;
    TulisDLCD(Asciip(level_pemanas));
    TulisDLCD(AsciiS(level_pemanas));
    dtsuhu=bacaADC();
    if (--detik==255)
    {
        detik=59;
        menit--;
    }
    Gotoxy(7,1);
    TulisDLCD(Asciip(menit));
    TulisDLCD(AsciiS(menit));
    TulisDLCD(':');
    TulisDLCD(Asciip(detik));
    TulisDLCD(AsciiS(detik));
    if ((menit==0) && (detik==0)) jeniskontrol=0;
}
else
{
    level_pemanas=1;
    Gotoxy(15,2);
    TulisDLCD(Asciip(level_pemanas));
    TulisDLCD(AsciiS(level_pemanas));
}
    Tunda_mili(1000);
}
}
```

## Lampiran 4



*Listing program Keypad :*

```
#include<at89x51.h>
unsigned char temp;
char Tombolnya()
{
    Port_key=0xFE ;
    switch ( (port_key>>4) & 0x0F )
    {
        case 0x0E:
            return '1' ;
            break ;
        case 0x0D:
            return '2' ;
            break ;
        case 0x0B:
            return '3' ;
```

```
        break ;
case 0x07:
    return 'R' ;
    break ;
}
port_key=0xFD ;
switch ( (port_key>>4) & 0x0F )
{
case 0x0E:
    return '4' ;
    break ;
case 0x0D:
    return '5' ;
    break ;
case 0x0B:
    return '6' ;
    break ;
case 0x07:
    return 'M' ;
    break ;
}
port_key=0xFB ;
switch ( (port_key>>4) & 0x0F )
{
```

---

```
case 0x0E:
```

```
    return '7' ;
```

```
    break ;
```

```
case 0x0D:
```

```
    return '8' ;
```

```
    break ;
```

```
case 0x0B:
```

```
    return '9' ;
```

```
    break ;
```

```
case 0x07:
```

```
    return 'U' ;
```

```
    break ;
```

```
}
```

```
port_key=0xF7 ;
```

```
switch ( (port_key>>4) & 0x0F )
```

```
{
```

```
case 0x0E:
```

```
    return 'C' ;
```

```
    break ;
```

```
case 0x0D:
```

```
    return '0' ;
```

```
    break ;
```

```
case 0x0B:
```

```
    return 'E' ;
```



```

        break      ;
    case 0x07:
        return 'D'  ;
        break      ;
    default :
        return '$'  ;
        break      ;
}
}
void main()
{
    while(1)
    {
        temp=Tombolnya();
        P1=temp;
    }
}

```

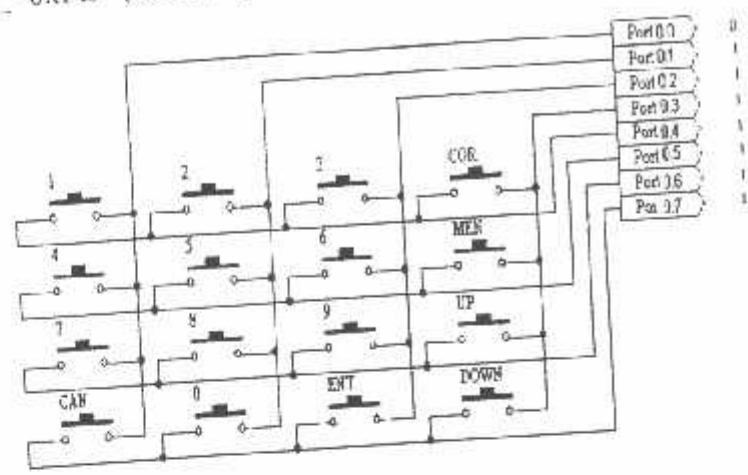
Setiap kali penekanan tombol yang berbeda, output nyala LED di port 1 juga berbeda pula. Tegangan output pada port 1 yang mendekati 5 volt dianggap sebagai logika 'HIGH', dan jika mendekati 0 volt dianggap sebagai logika 'LOW' sehingga dapat diketahui format ASCII dari output tersebut. Misalnya pada penekanan tombol '1', nilai logikanya menjadi 00110001(biner) = 1 (ASCII).

---

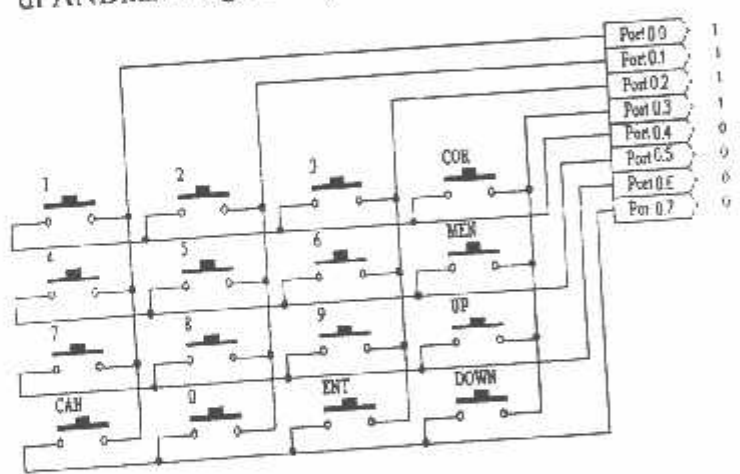


Scanning pada baris pertama :

1.  $P_0 = 0xFE$  (seluruh port 0 dikasih logika dengan program FE h)



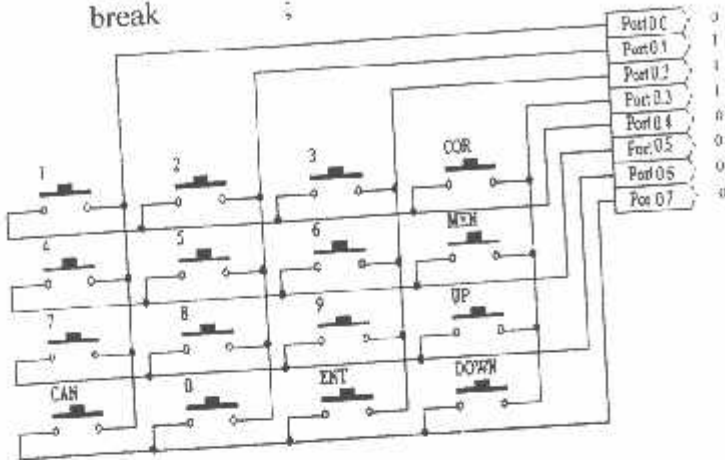
2.  $\text{Switch}((\text{port\_key} \gg 4) \& 0x0F)$  : (seluruh port 0 digeser sebanyak 4x dan di ANDkan dengan 0Fh)



```

3. case 0x0E:
    return '1'
    break

```

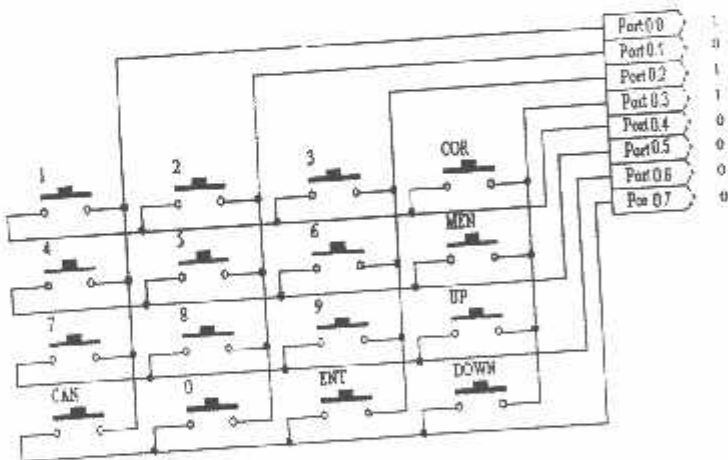


Pada port 0.0 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris pertama (port 0.4) dengan kolom pertama (port 0.0), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '1'.

```

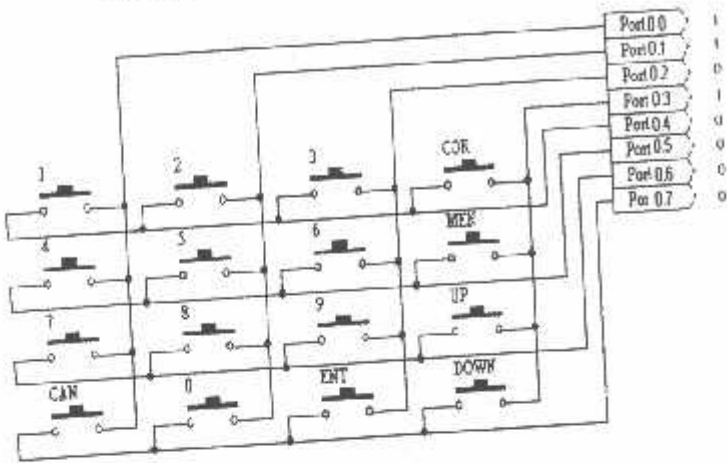
4. case 0x0D:
    return '2'
    break

```



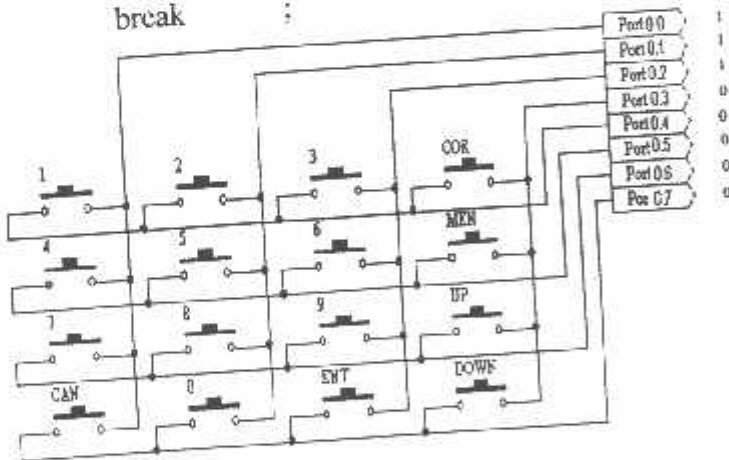
Pada port 0.1 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris pertama (port 0.4) dengan kolom kedua (port 0.1), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '2'.

5. case 0x0B:  
 return '3'  
 break



Pada port 0.2 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris pertama (port 0.4) dengan kolom ketiga (port 0.2), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '3'.

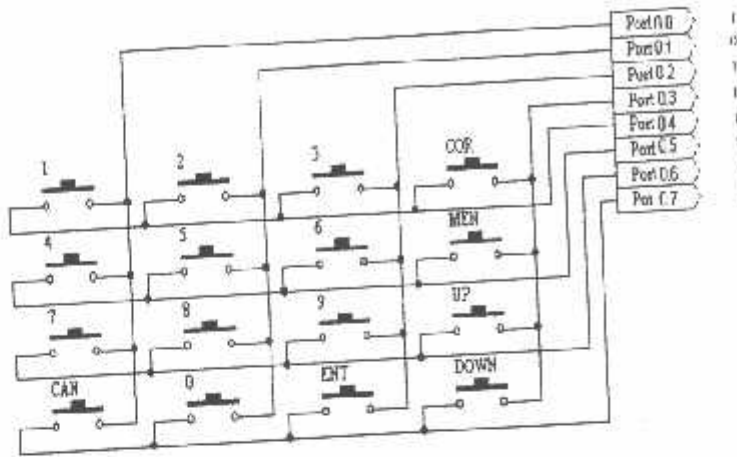
6. case 0x07:  
 return 'R'  
 break



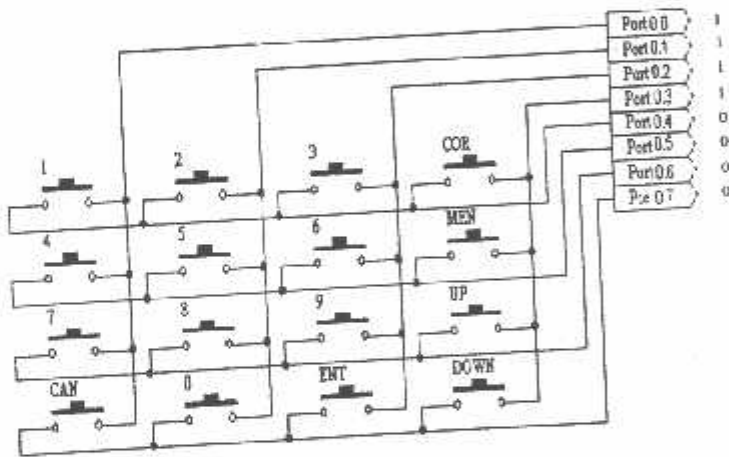
Pada port 0.3 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris pertama (port 0.4) dengan kolom keempat (port 0.3), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan 'R'.

Scanning pada baris kedua :

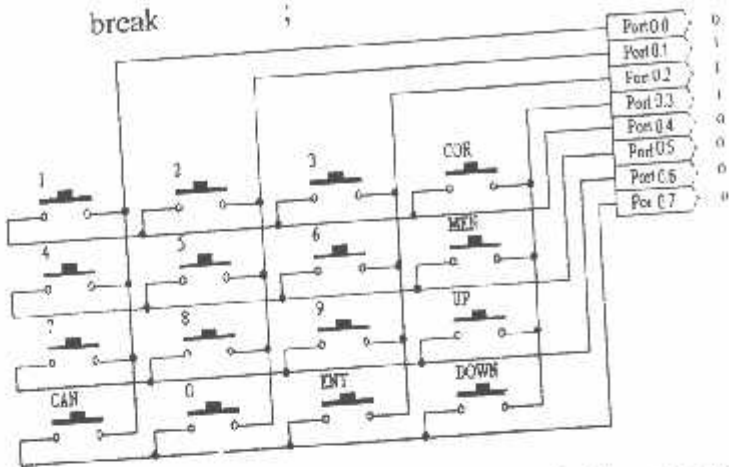
1.  $P\_ = 0XFD$  (seluruh port 0 dikasih logika dengan program FD h)



2.  $\text{Switch}((\text{port\_key} \gg 4) \& 0x0F)$  : (seluruh port 0 digeser sebanyak 4x dan di ANDkan dengan 0Fh)

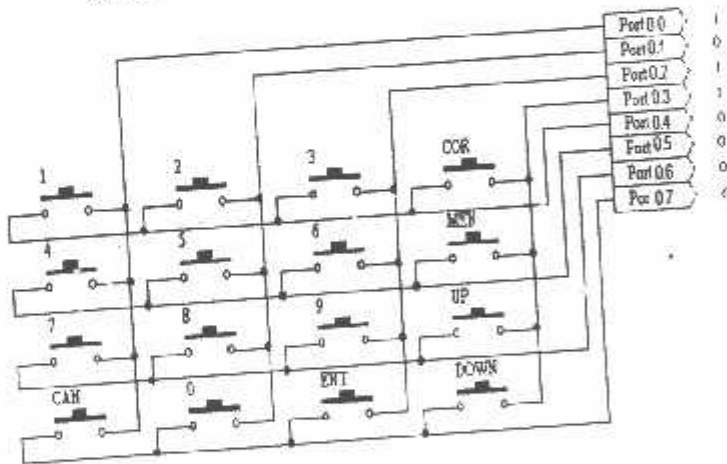


3. case 0x01:  
 return '4'  
 break



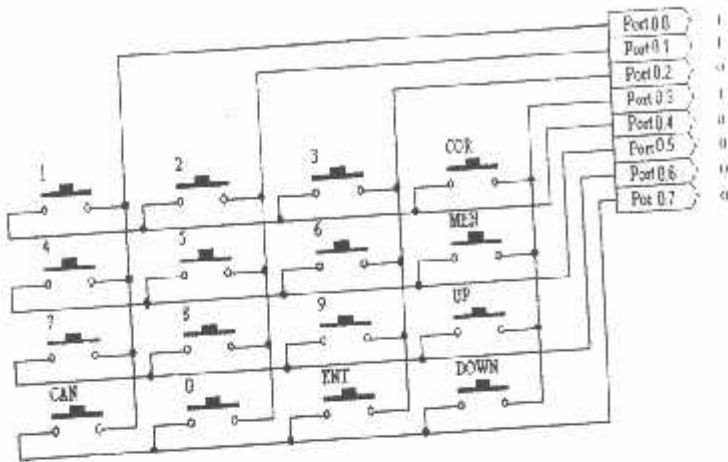
Pada port 0.0 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris kedua (port 0.5) dengan kolom pertama (port 0.0), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '4'.

4. case 0x0D:  
 return '5'  
 break



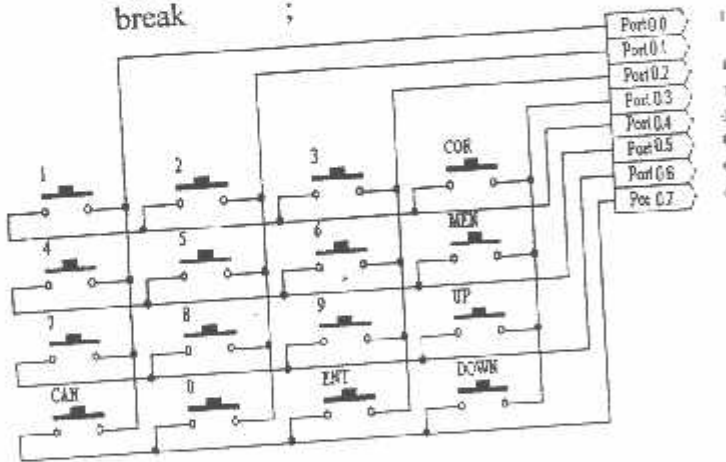
Pada port 0.1 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris kedua (port 0.5) dengan kolom kedua (port 0.1), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '5'.

5. case 0x0B:  
 return '6'  
 break



Pada port 0.2 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris kedua (port 0.5) dengan kolom ketiga (port 0.2), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '6'.

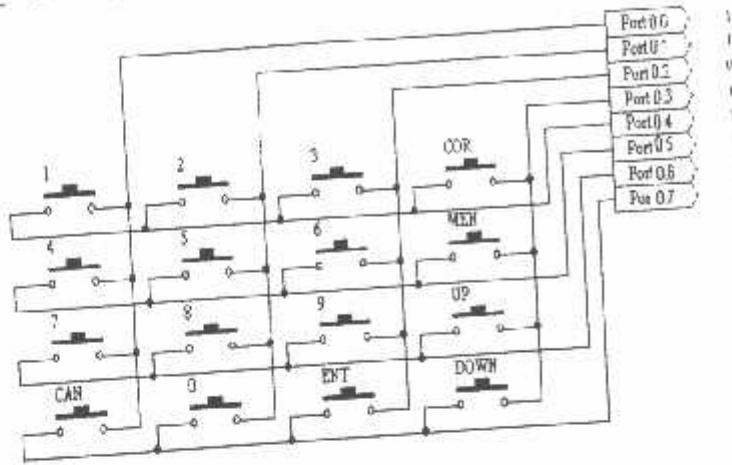
6. case 0x07:  
 return 'M'  
 break



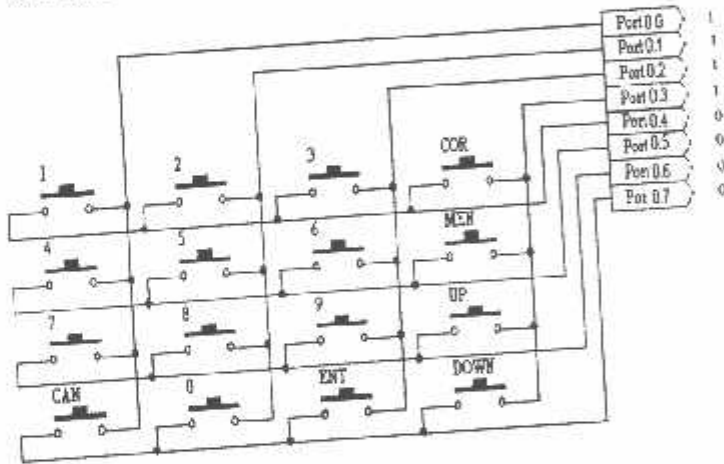
Pada port 0.3 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris kedua (port 0.5) dengan kolom keempat (port 0.3), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan 'M'.

Scanning pada baris ketiga :

1.  $P\_ = 0XFB$  (seluruh port 0 dikasih logika dengan program FB h)

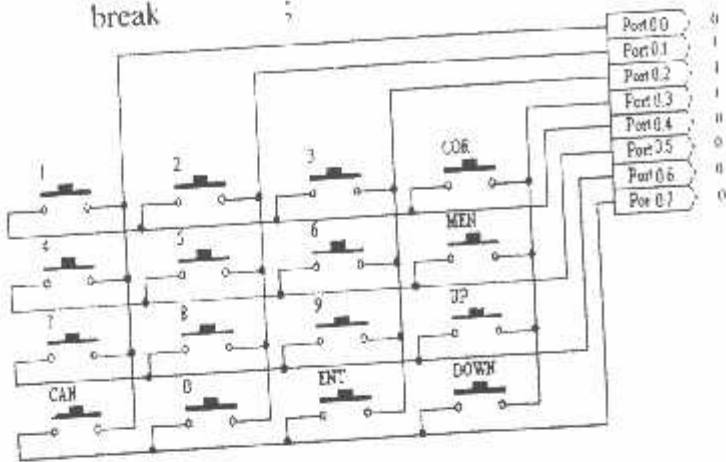


2.  $\text{Switch} ((\text{port\_key} \gg 4) \& 0x0F)$  : (seluruh port 0 digeser sebanyak 4x dan di ANDkan dengan 0Fh)



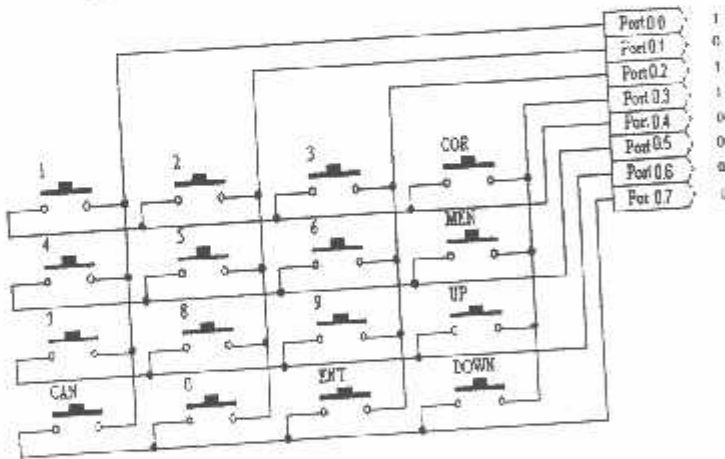


3. case 0x0E:  
 return '7'  
 break



Pada port 0.0 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris ketiga (port 0.6) dengan kolom pertama (port 0.0), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '7'.

4. case 0x0D:  
 return '8'  
 break

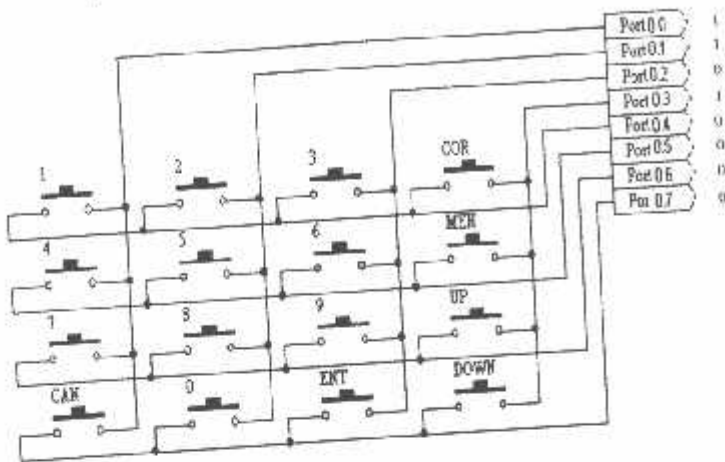


Pada port 0.1 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris ketiga (port 0.6) dengan kolom kedua (port 0.1), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '8'.

```

5. case 0x0B:
    return '9'
    break

```

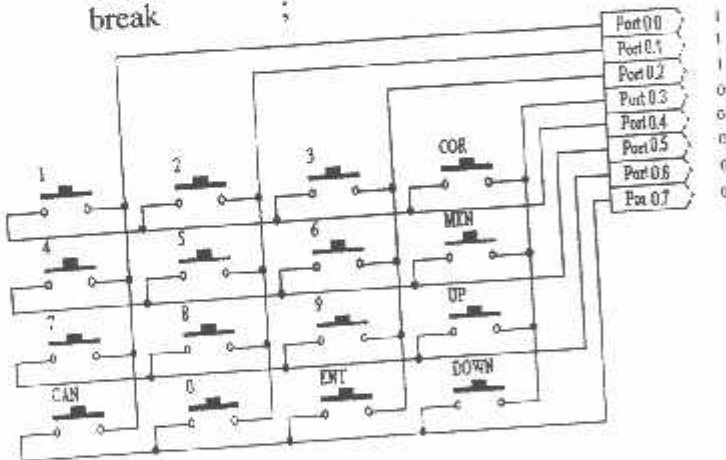


Pada port 0.2 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris ketiga (port 0.6) dengan kolom ketiga (port 0.2), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '9'.

```

6. case 0x07:
    return 'U'
    break

```



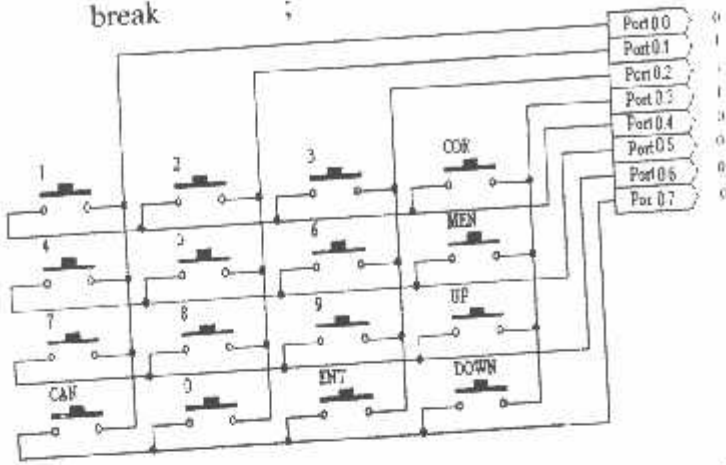
Pada port 0.3 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris ketiga (port 0.6) dengan kolom keempat (port 0.3), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan 'U'.



```

3. case 0x0E:
   return 'C'
   break

```

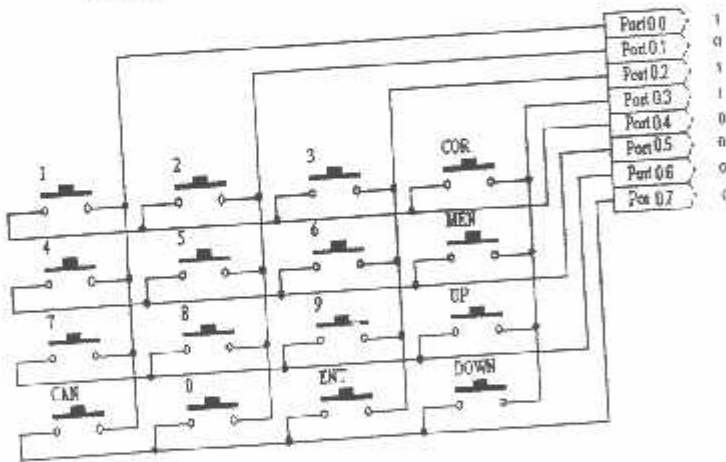


Pada port 0.0 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris keempat (port 0.7) dengan kolom pertama (port 0.0), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan 'C'.

```

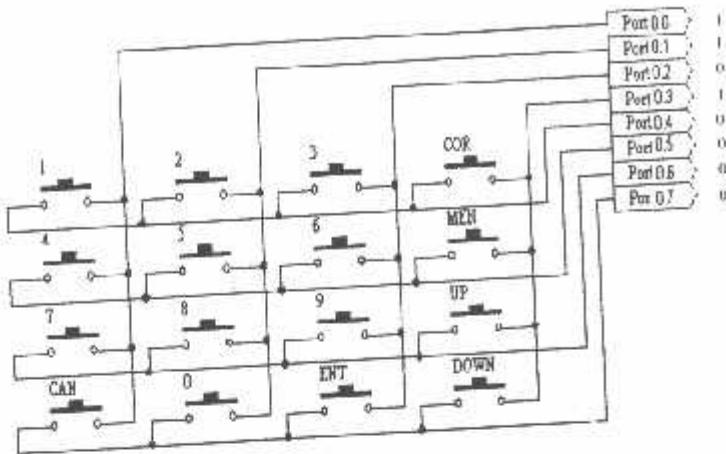
4. case 0x0D:
   return '0'
   break

```



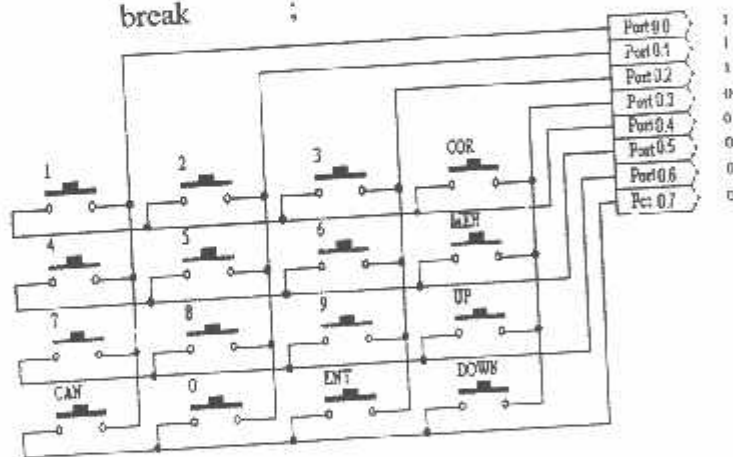
Pada port 0.1 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris keempat (port 0.7) dengan kolom kedua (port 0.1), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan '0'.

5. case 0x0B:  
 return 'E' ;  
 break ;



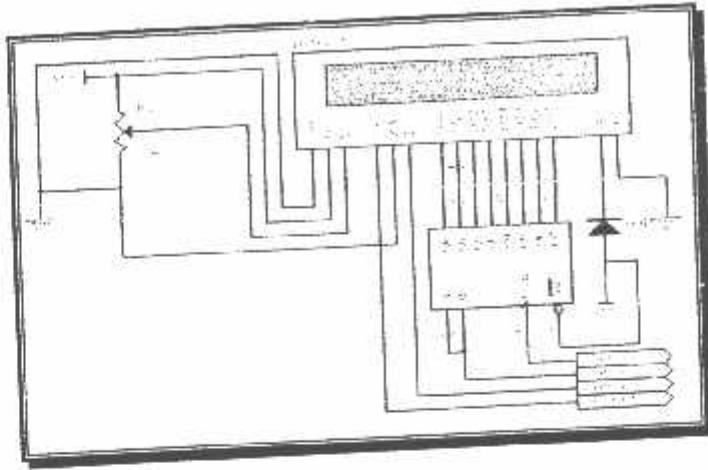
Pada port 0.2 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris keempat (port 0.7) dengan kolom ketiga (port 0.2), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan 'E'.

6. case 0x07:  
 return 'D' ;  
 break ;



Pada port 0.3 berlogika 0 maka akan terjadi pertemuan antara baris keempat (port 0.7) dengan kolom keempat (port 0.3), sehingga identitas tombol yang dikeluarkan 'D'.

## Lampiran 5



### Cara kerja Mikrokontroller dalam menuliskan data ke LCD :

1. Inisialisasi MK, LCD.
2. Menentukan baris dan kolom yang digunakan mikrokontroller untuk menampilkan data ke LCD.
3. Mengirimkan data yang akan ditampilkan ke LCD.

### File Include LCDS1.C :

```
#ifndef LCDS1_C
#define LCDS1_C
```

```
sbit at 0x90 RSLCD ;
sbit at 0x91 CSLCD ;
sbit at 0x92 ClockLCD ;
sbit at 0x93 DataLCD ;
```

```
#define Blink 0x01 // Alias for blinking cursor
#define NoBlink 0x00 // Alias for non blinking cursor
#define Show 0x02 // Alias for cursor on
#define Hide 0x00 // Alias for cursor off
#define LCDOn 0x04 // Alias for display on
#define LCDOff 0x00 // Alias for display off
```

```
char k ;
```

```
void Tunda10ms()
{
    _asm
    mov r6,#20
xxx1:
```

```

    mov    r7,#230
xxx2:
    djnz  r7,xxx2
    djnz  r6,xxx1
    _endasm;
}

```

```

void dly()
{
    _asm
        nop
        nop
        nop
        nop
        nop
    _endasm;
}

```

```

void TulisDLCD(unsigned char InputLCD)
{
    char k;
    char Buffer;

    EA=0;
    ClockLCD=0;
    for(k=0;k<8;k++)
    {
        Buffer =InputLCD >> k ;
        if ((Buffer & 0x01)!=1)
        {
            DataLCD = 1;
        }
        else
        {
            DataLCD = 0;
        }
        dly();
        ClockLCD=1;
        dly();
        ClockLCD=0;
    }
    RSLCD=1;
    CSLCD=1;
    dly();
    CSLCD=0;
    dly();
    EA=1;
}

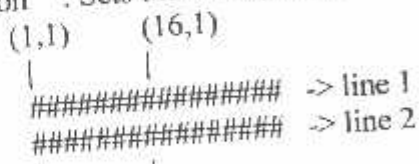
```

```
void TulisRLCD(unsigned char InputLCD)
```

```
{  
    char k;  
    char Buffer;  
  
    EA=0;  
    ClockLCD=0;  
    for(k=0;k<8;k++)  
    {  
        Buffer =InputLCD >> k ;  
        if ((Buffer & 0x01)!=1)  
        {  
            DataLCD = 1;  
        }  
        else  
        {  
            DataLCD = 0;  
        }  
        dly();  
        ClockLCD=1;  
        dly();  
        ClockLCD=0;  
    }  
    RSLCD=0;  
    CSLCD=1;  
    dly();  
    CSLCD=0;  
    dly();  
    EA=1;  
}
```

```
*****  
**
```

Function : Posisi\_LCD(x,y)  
Description : Sets the write position of the LCD display



Input : unsigned char x -> x position (horizontal)  
          unsigned char y -> y position (vertical)

Return value : none

```
*****  
/
```



```

void Gotoxy(unsigned char x,unsigned char y)
{
    if (y==1) TulisRLCD(0x80+x-1);
    else TulisRLCD(0xC0+x-1);
}
/*****
*/

/*****
*/
void Printxy(unsigned char x,unsigned char y, unsigned char *text)
{
    Gotoxy(x,y);    // Set cursor position

    while( *text )    // while not end of text
    {
        TulisDLCD(*text++);    // Write character and increment position
    }

    return;
}
/*****
*/

/*****
*/
void Init_LCD()
{
    TulisRLCD(0x38);
    TulisRLCD(0x0E);
    TulisRLCD(0x06);
}
return;
}
/*****
*/

void ClearLCD()
{
    TulisRLCD(0x01);
    Tunda10ms();
}

/*****
**
Function : Display_Control(dsp,blink,cursor)
Description : Routine controls the screen
Input : unsigned char dsp = ON -> Display on

```

OFI -> Display off  
unsigned char blink = BLINK -> Cursor blinks  
NOBLINK-> Cursor not blinks  
unsigned char cursor = SHOW -> Cursor visible  
HIDE -> Cursor invisible

Returnvalue : none

\*\*\*\*\*

```
*/  
void Display_Control(unsigned char dsp,unsigned char blink,unsigned char  
cursor)
```

```
{  
    TulisRLCD(0x08 + blink + cursor + dsp);
```

```
return;
```

```
}
```

```
#endif
```

### Contoh program sederhana untuk menampilkan data ke LCD :

```
#include<at89x51.h>
```

```
#include<LCDS1.C>
```

```
void main()
```

```
{
```

```
    Init_LCD();
```

```
    ClearLCD();
```

```
    Display_Control(LCDOn,NoBlink,Hide);
```

```
    Printxy(1,1,"1.Semi Otomatis");
```

```
    Printxy(1,2,"2.Otomatis");
```

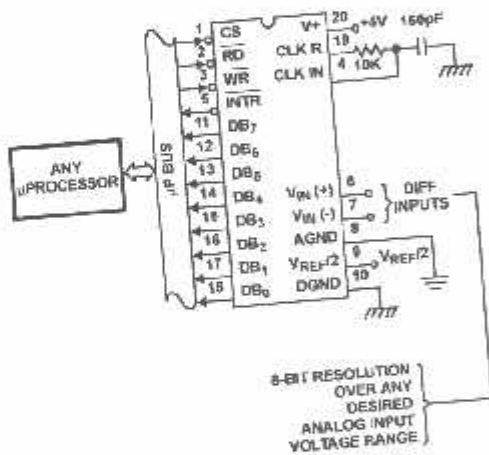
```
}
```

**8-Bit, Microprocessor-Compatible, A/D Converters**

The ADC080X family are CMOS 8-Bit, successive-approximation A/D converters which use a modified potentiometric ladder and are designed to operate with the 8080A control bus via three-state outputs. These converters appear to the processor as memory locations or I/O ports, and hence no interfacing logic is required.

The differential analog voltage input has good common-mode rejection and permits offsetting the analog zero-input-voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

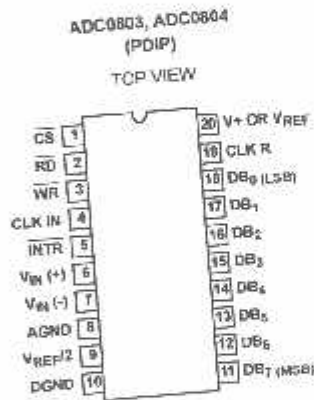
**Typical Application Schematic**



**Features**

- 80C48 and 80C80/85 Bus Compatible - No Interfacing Logic Required
- Conversion Time ..... <math>< 100\mu s</math>
- Easy Interface to Most Microprocessors
- Will Operate in a "Stand Alone" Mode
- Differential Analog Voltage Inputs
- Works with Bandgap Voltage References
- TTL Compatible Inputs and Outputs
- On-Chip Clock Generator
- Analog Voltage Input Range (Single +5V Supply) ..... 0V to 5V
- No Zero-Adjust Required
- 80C48 and 80C80/85 Bus Compatible - No Interfacing Logic Required

**Pinout**



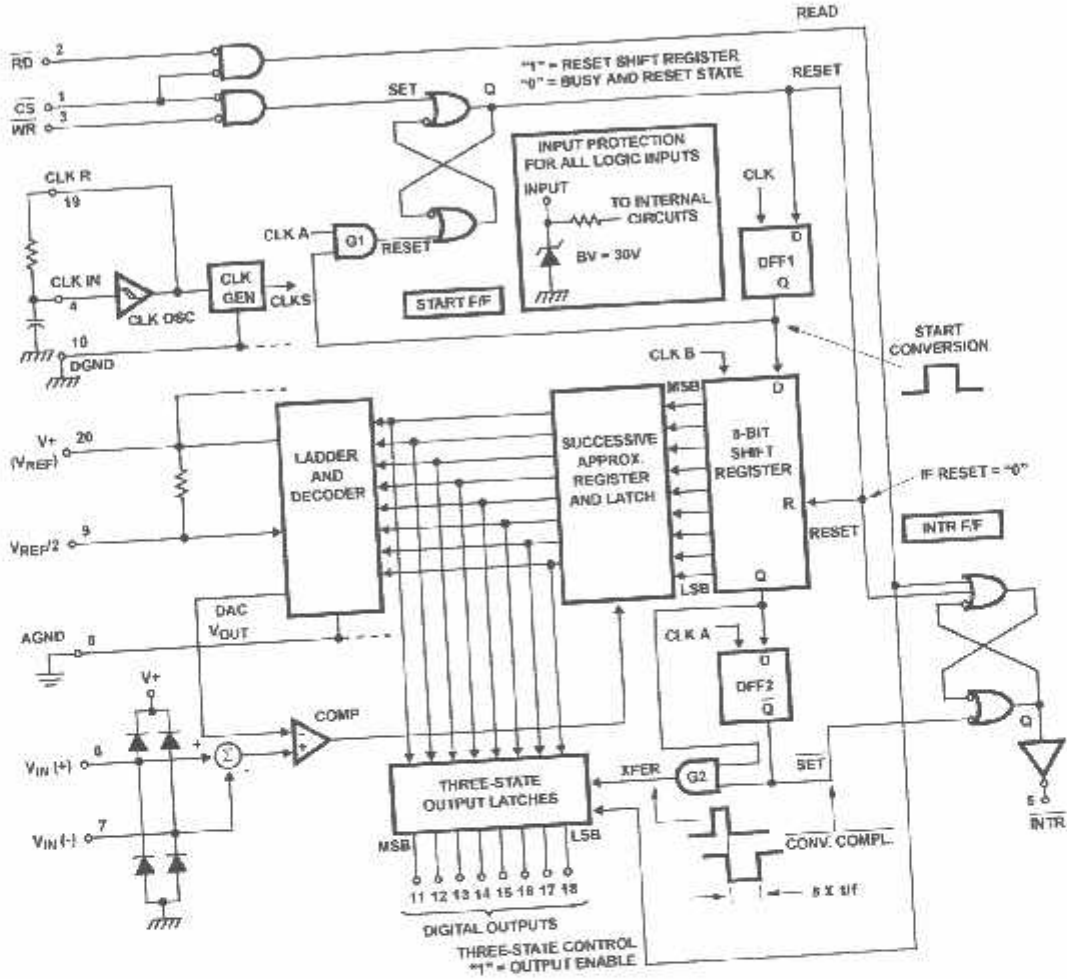
**Ordering Information**

PART NUMBER	ERROR	EXTERNAL CONDITIONS	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO
ADC0803LCN	$\pm 1/2$ LSB	VREF/2 Adjusted for Correct Full Scale Reading	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0804LCN	$\pm 1$ LSB	VREF/2 = 2.500V <sub>D</sub> ; (No Adjustments)	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3

CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures. 1-888-INTERSIL or 321-724-7143 | Intersil (and design) is a registered trademark of Intersil Americas Inc. Copyright © Intersil Americas Inc. 2002. All Rights Reserved.

ADC0803, ADC0804

Functional Diagram



## ADC0803, ADC0804

### Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	6.5V
Voltage at Any Input	-0.3V to (V <sup>+</sup> + 0.3V)

### Operating Conditions

Temperature Range	0°C to 70°C
-------------------	-------------

### Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1)	$\theta_{JA}$ (°C/W)
PDIP Package	80
Maximum Junction Temperature	150°C
Plastic Package	-65°C to 150°C
Maximum Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Maximum Lead Temperature (Soldering, 10s)	300°C

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

### NOTE

- $\theta_{JA}$  is measured with the component mounted on a low effective thermal conductivity test board in free air. See Tech Brief TB379 for details.

### Electrical Specifications (Notes 2, 8)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>CONVERTER SPECIFICATIONS</b> V <sup>+</sup> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C and f <sub>CLK</sub> = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error	V <sub>REF/2</sub> Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±1/2	LSB
ADC0803	V <sub>REF/2</sub> = 2.500V	-	-	±1	LSB
ADC0804	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
V <sub>REF/2</sub> Input Resistance	(Note 3)	GND-0.05	-	(V <sup>+</sup> + 0.05)	V
Analog Input Voltage Range	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
Power Supply Sensitivity	V <sup>+</sup> = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	-	-	-
<b>CONVERTER SPECIFICATIONS</b> V <sup>+</sup> = 5V, 0°C to 70°C and f <sub>CLK</sub> = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error	V <sub>REF/2</sub> Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±1/2	LSB
ADC0803	V <sub>REF/2</sub> = 2.500V	-	-	±1	LSB
ADC0804	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
V <sub>REF/2</sub> Input Resistance	(Note 3)	GND-0.05	-	(V <sup>+</sup> + 0.05)	V
Analog Input Voltage Range	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
Power Supply Sensitivity	V <sup>+</sup> = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	-	-	-
<b>AC TIMING SPECIFICATIONS</b> V <sup>+</sup> = 5V, and T <sub>A</sub> = 25°C, Unless Otherwise Specified					
Clock Frequency, f <sub>CLK</sub>	V <sup>+</sup> = 5V (Note 4)	100	640	1280	kHz
	V <sup>+</sup> = 5V	100	640	800	kHz
	V <sup>+</sup> = 5V	62	-	73	Clocks/Conv
Clock Periods per Conversion (Note 5), t <sub>CONV</sub>		-	-	8888	Conv/s
Conversion Rate in Free-Running Mode, CR	INTR tied to WR with CS = 0V, f <sub>CLK</sub> = 640kHz	100	-	-	ns
Width of WR Input (Start Pulse Width), t <sub>W(WR)</sub>	CS = 0V (Note 6)	-	-	-	ns
Access Time (Delay from Falling Edge of RD to Output Data Valid), t <sub>ACC</sub>	C <sub>L</sub> = 100pF (Use Bus Driver IC for Larger C <sub>L</sub> )	-	135	200	ns
Three-State Control (Delay from Rising Edge of RD to Hi-Z State), t <sub>1H</sub> , t <sub>0H</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF, R <sub>L</sub> = 10K (See Three-State Test Circuits)	-	125	250	ns
Delay from Falling Edge of WR to Reset of INTR, t <sub>WM</sub> , t <sub>RM</sub>		-	300	450	ns
Input Capacitance of Logic Control Inputs, C <sub>IN</sub>		-	5	-	pF
Three-State Output Capacitance (Data Buffers), C <sub>OUT</sub>		-	5	-	pF

## ADC0803, ADC0804

### Electrical Specifications (Notes 7, 8) (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>DC DIGITAL LEVELS AND DC SPECIFICATIONS</b> $V_+ = 5V$ , and $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$ - Unless Otherwise Specified					
<b>CONTROL INPUTS</b> (Note 7)					
Logic "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN), $V_{INH}$	$V_+ = 5.25V$	2.0	-	$V_+$	V
Logic "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN), $V_{INL}$	$V_+ = 4.75V$	-	-	0.8	V
CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage, $V_{+CLK}$		2.7	3.1	3.5	V
CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage, $V_{-CLK}$		1.5	1.8	2.1	V
CLK IN (Pin 4) Hysteresis, $V_H$		0.6	1.3	2.0	V
Logic "1" Input Current (All Inputs), $I_{INH}$	$V_{IN} = 5V$	-	0.005	-	$\mu A$
Logic "0" Input Current (All Inputs), $I_{INL}$	$V_{IN} = 0V$	-1	-0.005	-	$\mu A$
Supply Current (Includes Ladder Current), $I_{+}$	$f_{CLK} = 640KHz$ , $T_A = 25^\circ C$ and $CS = HI$	-	1.3	2.5	mA
<b>DATA OUTPUTS AND INTR</b>					
Logic "0" Output Voltage, $V_{OL}$	$I_O = 1.8mA$ , $V_+ = 4.75V$	-	-	0.4	V
Logic "1" Output Voltage, $V_{OH}$	$I_O = -360\mu A$ , $V_+ = 4.75V$	2.4	-	-	V
Three-State Disabled Output Leakage (All Data Buffers), $I_{LO}$	$V_{OUT} = 0V$	-3	-	-	$\mu A$
	$V_{OUT} = 5V$	-	-	3	$\mu A$
Output Short Circuit Current, $I_{SCURCH}$	$V_{OUT}$ Short to GND, $T_A = 25^\circ C$	4.5	6	-	mA
Output Short Circuit Current, $I_{SINK}$	$V_{OUT}$ Short to $V_+$ , $T_A = 25^\circ C$	9.0	16	-	mA

NOTES:  
 2. All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified. The separate AGND point should always be wired to the DGND.

- For  $V_{IN(-)} > V_{IN(+)}$  the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see Block Diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the  $V_+$  supply. Be careful during testing at low  $V_+$  levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct - especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full scale. As long as the analog  $V_{IN}$  does not exceed the supply voltage by more than 50mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0V to 5V input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950V over temperature variations, initial tolerance and loading.
- With  $V_+ = 6V$ , the digital logic interfaces are no longer TTL compatible.
- With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process.
- The  $\overline{CS}$  input is assumed to bracket the  $\overline{WR}$  strobe input so that timing is dependent on the  $\overline{WR}$  pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the  $\overline{WR}$  pulse (see Timing Diagrams).
- CLK IN (pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately.
- None of these A/Ds requires a zero-adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0V, or if a narrow full scale span exists (for example, 0.5V to 4V full scale) the  $V_{IN(-)}$  input can be adjusted to achieve this. See the Zero Error description in this data sheet.

### Timing Waveforms

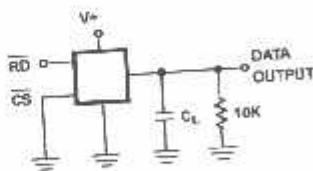


FIGURE 1A.  $t_{rH}$

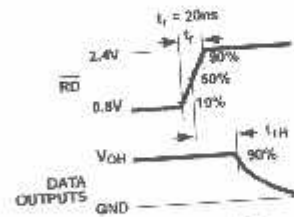


FIGURE 1B.  $t_{rH}$ ,  $C_L = 10pF$

Timing Waveforms (Continued)

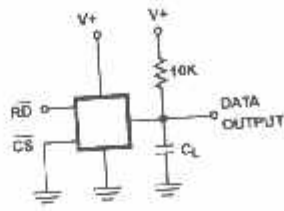


FIGURE 1C.  $t_{OH}$

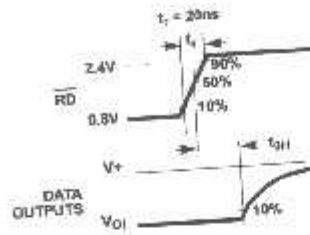


FIGURE 1D.  $t_{OH}$ ,  $C_L = 10\text{pF}$

FIGURE 1. THREE-STATE CIRCUITS AND WAVEFORMS

Typical Performance Curves

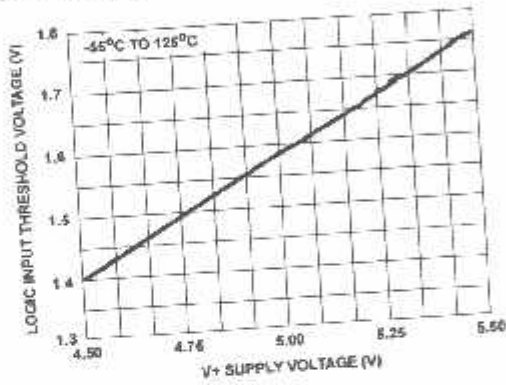


FIGURE 2. LOGIC INPUT THRESHOLD VOLTAGE vs SUPPLY VOLTAGE

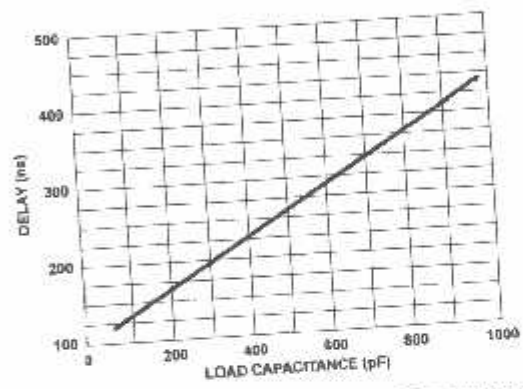


FIGURE 3. DELAY FROM FALLING EDGE OF  $\overline{RD}$  TO OUTPUT DATA VALID vs LOAD CAPACITANCE

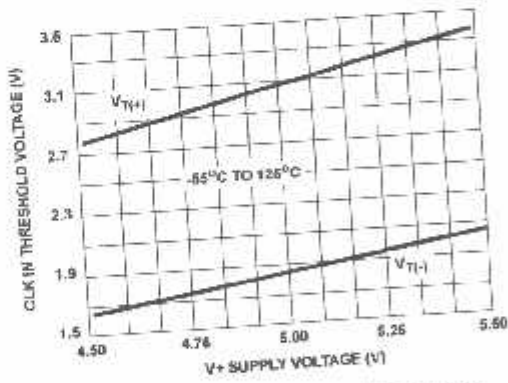


FIGURE 4. CLK IN SCHMITT TRIP LEVELS vs SUPPLY VOLTAGE

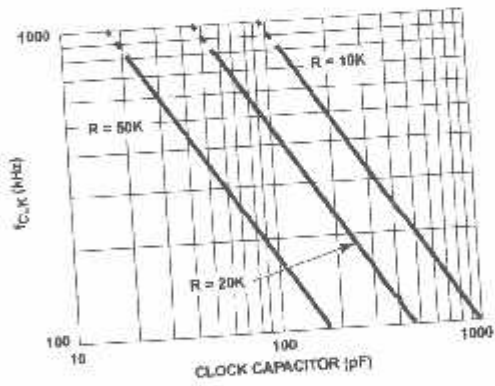


FIGURE 5.  $f_{CLK}$  vs CLOCK CAPACITOR

Typical Performance Curves (Continued)

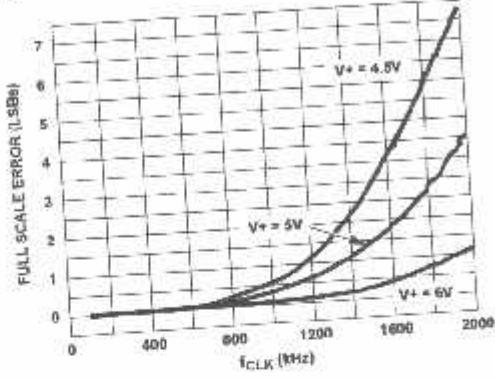


FIGURE 6. FULL SCALE ERROR vs fCLK

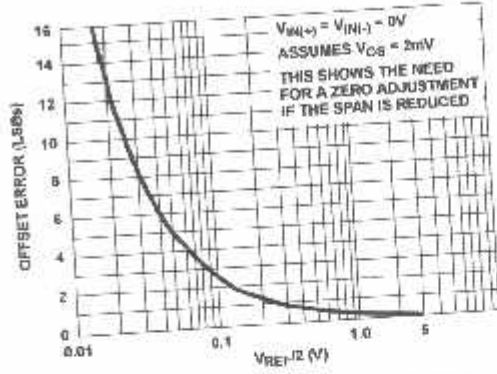


FIGURE 7. EFFECT OF UNADJUSTED OFFSET ERROR

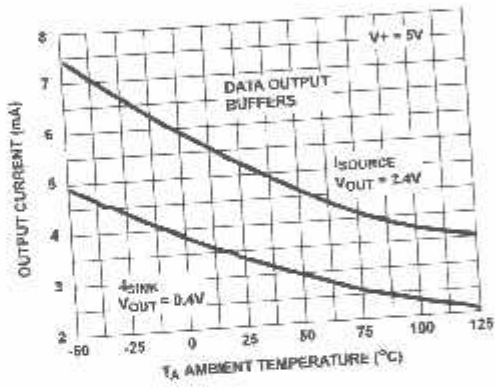


FIGURE 8. OUTPUT CURRENT vs TEMPERATURE

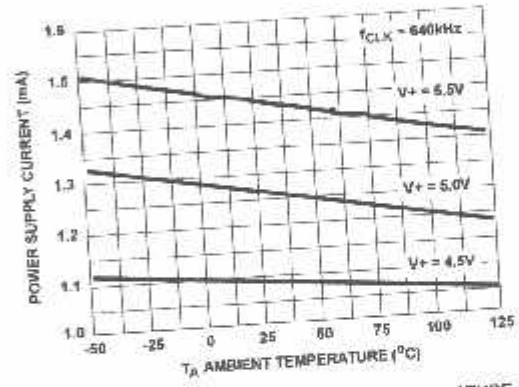


FIGURE 9. POWER SUPPLY CURRENT vs TEMPERATURE

Timing Diagrams

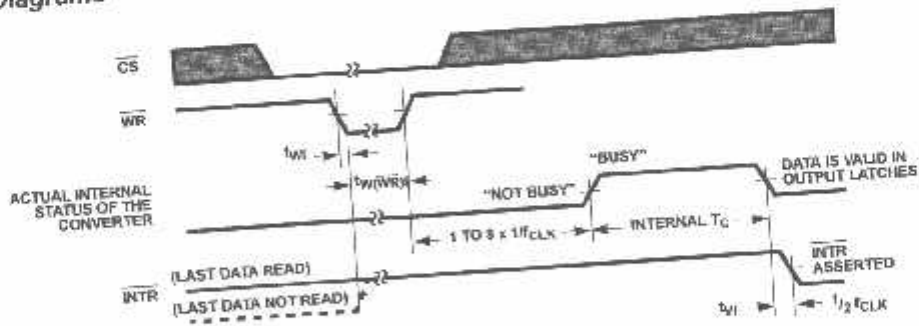


FIGURE 10A. START CONVERSION



Timing Diagrams (Continued)

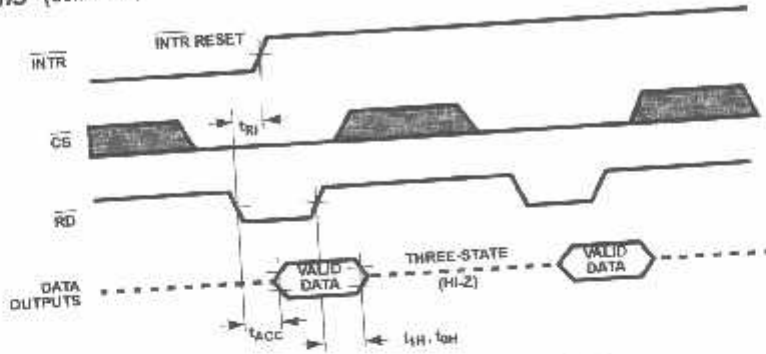


FIGURE 10B. OUTPUT ENABLE AND RESET INTR

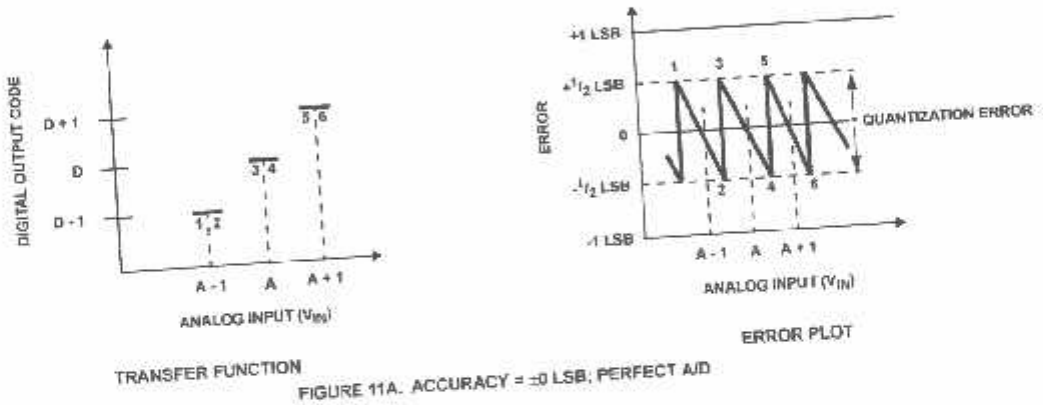


FIGURE 11A. ACCURACY =  $\pm 0$  LSB; PERFECT A/D

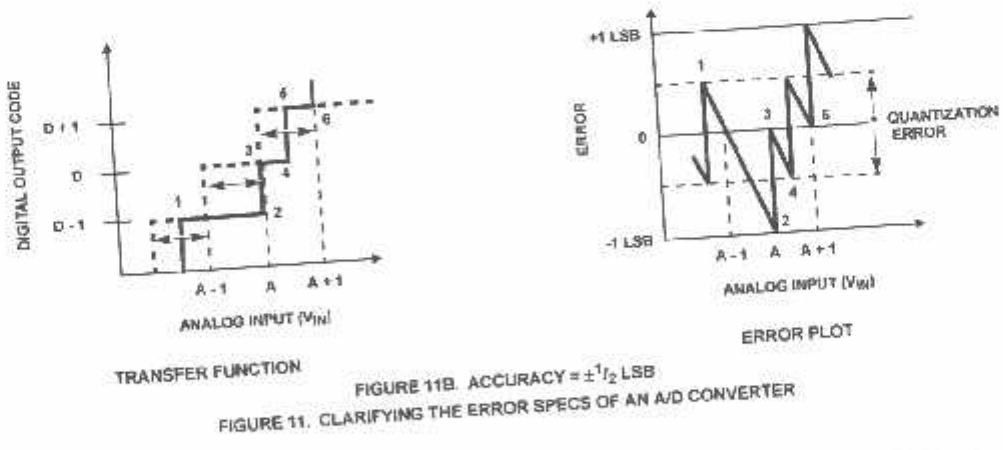


FIGURE 11B. ACCURACY =  $\pm 1/2$  LSB  
FIGURE 11. CLARIFYING THE ERROR SPECS OF AN A/D CONVERTER

### Understanding A/D Error Specs

A perfect A/D transfer characteristic (staircase wave-form) is shown in Figure 11A. The horizontal scale is analog input voltage and the particular points labeled are in steps of 1 LSB (19.53mV with 2.5V tied to the  $V_{REF/2}$  pin). The digital output codes which correspond to these inputs are shown as D-1, D, and D+1. For the perfect A/D, not only will center-value ( $A-1$ ,  $A$ ,  $A+1$ , ...) analog inputs produce the correct output digital codes, but also each riser (the transitions between adjacent output codes) will be located  $\pm 1/2$  LSB away from each center-value. As shown, the risers are ideal and have no width. Correct digital output codes will be provided for a range of analog input voltages which extend  $\pm 1/2$  LSB from the ideal center-values. Each tread (the range of analog input voltage which provides the same digital output code) is therefore 1 LSB wide.

The error curve of Figure 11B shows the worst case transfer function for the ADC080X. Here the specification guarantees that if we apply an analog input equal to the LSB analog voltage center-value, the A/D will produce the correct digital code.

Next to each transfer function is shown the corresponding error plot. Notice that the error includes the quantization uncertainty of the A/D. For example, the error at point 1 of Figure 11A is  $+1/2$  LSB because the digital code appeared  $1/2$  LSB in advance of the center-value of the tread. The error plots always have a constant negative slope and the abrupt upside steps are always 1 LSB in magnitude unless the device has missing codes.

### Detailed Description

The functional diagram of the ADC080X series of A/D converters operates on the successive approximation principle (see Application Notes AN016 and AN020 for a more detailed description of this principle). Analog switches are closed sequentially by successive-approximation logic until the analog differential input voltage ( $V_{IN(+)} - V_{IN(-)}$ ) matches a voltage derived from a tapped resistor string across the reference voltage. The most significant bit is tested first and after 8 comparisons (64 clock cycles), an 8-bit binary code (1111, 1111 = full scale) is transferred to an output latch.

The normal operation proceeds as follows. On the high-to-low transition of the WR input, the internal SAR latches and the shift-register stages are reset, and the INTR output will be set high. As long as the CS input and WR input remain low, the A/D will remain in a reset state. Conversion will start from 1 to 8 clock periods after at least one of these inputs makes a low-to-high transition. After the requisite number of clock pulses to complete the conversion, the INTR pin will make a high-to-low transition. This can be used to interrupt a processor, or otherwise signal the availability of a new conversion. A RD operation (with CS low) will clear the INTR line high again. The device may be operated in the free-running mode by

connecting INTR to the WR input with CS = 0. To ensure start-up under all possible conditions, an external WR pulse is required during the first power-up cycle. A conversion-in-process can be interrupted by issuing a second start command.

### Digital Operation

The converter is started by having CS and WR simultaneously low. This sets the start flip-flop (F/F) and the resulting "1" level resets the 8-bit shift register, resets the interrupt (INTR) F/F and inputs a "1" to the D flip-flop, DFF1, which is at the input end of the 8-bit shift register. Internal clock signals then transfer this "1" to the Q output of DFF1. The AND gate, G1, combines this "1" output with a clock signal to provide a reset signal to the start F/F. If the set signal is no longer present (either WR or CS is a "1"), the start F/F is reset and the 8-bit shift register then can have the "1" clocked in, which starts the conversion process. If the set signal were to still be present, this reset pulse would have no effect (both outputs of the start F/F would be at a "1" level) and the 8-bit shift register would continue to be held in the reset mode. This allows for asynchronous or wide CS and WR signals.

After the "1" is clocked through the 8-bit shift register (which completes the SAR operation) it appears as the input to DFF2. As soon as this "1" is output from the shift register, the AND gate, G2, causes the new digital word to transfer to the Three-State output latches. When DFF2 is subsequently clocked, the Q output makes a high-to-low transition which causes the INTR F/F to set. An inverting buffer then supplies the INTR output signal.

When data is to be read, the combination of both  $\overline{CS}$  and  $\overline{RD}$  being low will cause the INTR F/F to be reset and the three-state output latches will be enabled to provide the 8-bit digital outputs.

### Digital Control Inputs

The digital control inputs (CS, RD, and WR) meet standard TTL logic voltage levels. These signals are essentially equivalent to the standard A/D Start and Output Enable control signals, and are active low to allow an easy interface to microprocessor control busses. For non-microprocessor based applications, the CS input (pin 1) can be grounded and the standard A/D Start function obtained by an active low pulse at the WR input (pin 3). The Output Enable function is achieved by an active low pulse at the RD input (pin 2).

### Analog Operation

The analog comparisons are performed by a capacitive charge summing circuit. Three capacitors (with precise ratioed values) share a common node with the input to an auto-zeroed comparator. The input capacitor is switched between  $V_{IN(+)}$  and  $V_{IN(-)}$ , while two ratioed reference capacitors are switched between taps on the reference voltage divider string. The net charge corresponds to the weighted difference between the input and the current total value set by the

successive approximation register. A correction is made to offset the comparison by  $1/2$  LSB (see Figure 11A).

### Analog Differential Voltage Inputs and Common-Mode Rejection

This A/D gains considerable applications flexibility from the analog differential voltage input. The  $V_{IN(-)}$  input (pin 7) can be used to automatically subtract a fixed voltage value from the input reading (zero correction). This is also useful in 4mA - 20mA current loop conversion. In addition, common-mode noise can be reduced by use of the differential input.

The time interval between sampling  $V_{IN(+)}$  and  $V_{IN(-)}$  is  $4^{1/2}$  clock periods. The maximum error voltage due to this slight time difference between the input voltage samples is given by

$$\Delta V_E(\text{MAX}) = (V_{\text{PEAK}})(2\pi f_{\text{CM}}) \left[ \frac{4.5}{f_{\text{CLK}}} \right]$$

where:

$\Delta V_E$  is the error voltage due to sampling delay.

$V_{\text{PEAK}}$  is the peak value of the common-mode voltage.

$f_{\text{CM}}$  is the common-mode frequency

For example, with a 60Hz common-mode frequency,  $f_{\text{CM}}$ , and a 640kHz A/D clock,  $f_{\text{CLK}}$ , keeping this error to  $1/4$  LSB ( $\sim 5\text{mV}$ ) would allow a common-mode voltage,  $V_{\text{PEAK}}$ , given by:

$$V_{\text{PEAK}} = \frac{[\Delta V_E(\text{MAX}) f_{\text{CLK}}]}{(2\pi f_{\text{CM}})(4.5)}$$

or

$$V_{\text{PEAK}} = \frac{(5 \times 10^{-3})(640 \times 10^3)}{(6.28)(60)(4.5)} = 1.9\text{V}$$

The allowed range of analog input voltage usually places more severe restrictions on input common-mode voltage levels than this.

An analog input voltage with a reduced span and a relatively large zero offset can be easily handled by making use of the differential input (see Reference Voltage Span Adjust).

### Analog Input Current

The internal switching action causes displacement currents to flow at the analog inputs. The voltage on the on-chip capacitance to ground is switched through the analog differential input voltage, resulting in proportional currents entering the  $V_{IN(+)}$  input and leaving the  $V_{IN(-)}$  input. These current transients occur at the leading edge of the internal clocks. They rapidly decay and do not inherently cause errors as the on-chip comparator is strobed at the end of the clock period.

### Input Bypass Capacitors

Bypass capacitors at the inputs will average these charges and cause a DC current to flow through the output resistances of the analog signal sources. This charge pumping action is worse for continuous conversions with the  $V_{IN(+)}$  input voltage at full scale. For a 640kHz clock frequency with the  $V_{IN(+)}$

input at 5V, this DC current is at a maximum of approximately 5 $\mu\text{A}$ . Therefore, **bypass capacitors should not be used at the analog inputs or the  $V_{\text{REF}/2}$  pin** for high resistance sources ( $>1\text{k}\Omega$ ). If input bypass capacitors are necessary for noise filtering and high source resistance is desirable to minimize capacitor size, the effects of the voltage drop across this input resistance, due to the average value of the input current, can be compensated by a full scale adjustment while the given source resistor and input bypass capacitor are both in place. This is possible because the average value of the input current is a precise linear function of the differential input voltage at a constant conversion rate.

### Input Source Resistance

Large values of source resistance where an input bypass capacitor is not used will not cause errors since the input currents settle out prior to the comparison time. If a low-pass filter is required in the system, use a low-value series resistor ( $\leq 1\text{k}\Omega$ ) for a passive RC section or add an op amp RC active low-pass filter. For low-source-resistance applications ( $\leq 1\text{k}\Omega$ ), a 0.1 $\mu\text{F}$  bypass capacitor at the inputs will minimize EMI due to the series lead inductance of a long wire. A 100 $\Omega$  series resistor can be used to isolate this capacitor (both the R and C are placed outside the feedback loop) from the output of an op amp, if used.

### Stray Pickup

The leads to the analog inputs (pins 6 and 7) should be kept as short as possible to minimize stray signal pickup (EMI). Both EMI and undesired digital-clock coupling to these inputs can cause system errors. The source resistance for these inputs should, in general, be kept below 5k $\Omega$ . Larger values of source resistance can cause undesired signal pickup. Input bypass capacitors, placed from the analog inputs to ground, will eliminate this pickup but can create analog scale errors as these capacitors will average the transient input switching currents of the A/D (see Analog Input Current). This scale error depends on both a large source resistance and the use of an input bypass capacitor. This error can be compensated by a full scale adjustment of the A/D (see Full Scale Adjustment) with the source resistance and input bypass capacitor in place, and the desired conversion rate.

### Reference Voltage Span Adjust

For maximum application flexibility, these A/Ds have been designed to accommodate a 5V, 2.5V or an adjusted voltage reference. This has been achieved in the design of the IC as shown in Figure 12.

Notice that the reference voltage for the IC is either  $1/2$  of the voltage which is applied to the  $V+$  supply pin, or is equal to the voltage which is externally forced at the  $V_{\text{REF}/2}$  pin. This allows for a pseudo-ratiometric voltage reference using, for the  $V+$  supply, a 5V reference voltage. Alternatively, a voltage less than 2.5V can be applied to the  $V_{\text{REF}/2}$  input. The internal gain to the  $V_{\text{REF}/2}$  input is 2 to allow this factor of 2 reduction in the reference voltage.

Such an adjusted reference voltage can accommodate a reduced span or dynamic voltage range of the analog input voltage. If the analog input voltage were to range from 0.5V to 3.5V, instead of 0V to 5V, the span would be 3V. With 0.5V applied to the  $V_{IN(-)}$  pin to absorb the offset, the reference voltage can be made equal to  $1/2$  of the 3V span or 1.5V. The A/D now will encode the  $V_{IN(+)}$  signal from 0.5V to 3.5V with the 0.5V input corresponding to zero and the 3.5V input corresponding to full scale. The full 8 bits of resolution are therefore applied over this reduced analog input voltage range. The requisite connections are shown in Figure 13. For expanded scale inputs, the circuits of Figures 14 and 15 can be used.

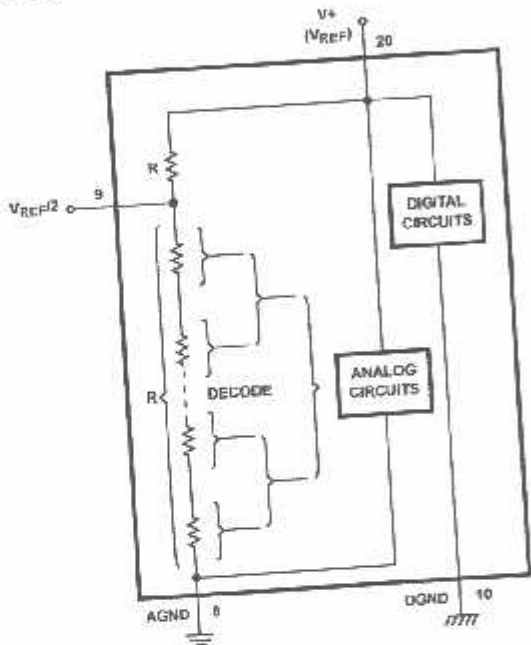


FIGURE 12. THE  $V_{REF/2}$  DESIGN ON THE IC

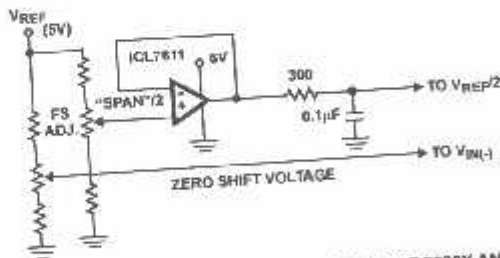


FIGURE 13. OFFSETTING THE ZERO OF THE ADC080X AND PERFORMING AN INPUT RANGE (SPAN) ADJUSTMENT

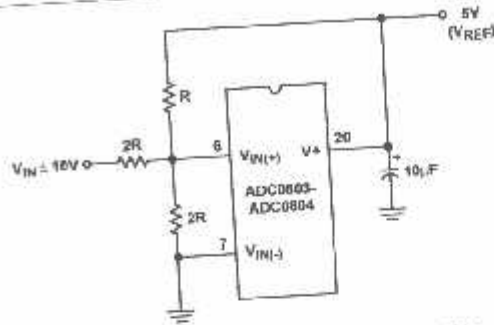


FIGURE 14. HANDLING  $\pm 10V$  ANALOG INPUT RANGE

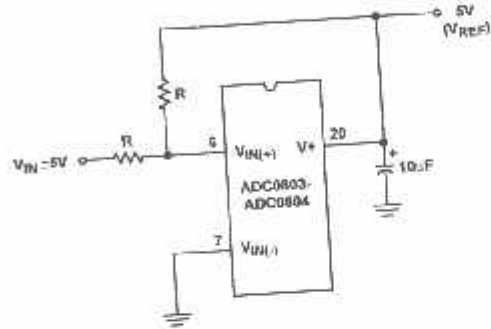


FIGURE 15. HANDLING  $\pm 5V$  ANALOG INPUT RANGE

### Reference Accuracy Requirements

The converter can be operated in a pseudo-ratiometric mode or an absolute mode. In ratiometric converter applications, the magnitude of the reference voltage is a factor in both the output of the source transducer and the output of the A/D converter and therefore cancels out in the final digital output code. In absolute conversion applications, both the initial value and the temperature stability of the reference voltage are important accuracy factors in the operation of the A/D converter. For  $V_{REF/2}$  voltages of 2.5V nominal value, initial errors of  $\pm 10mV$  will cause conversion errors of  $\pm 1$  LSB due to the gain of 2 of the  $V_{REF/2}$  input. In reduced span applications, the initial value and the stability of the  $V_{REF/2}$  input voltage become even more important. For example, if the span is reduced to 2.5V, the analog input LSB voltage value is correspondingly reduced from 20mV (5V span) to 10mV and 1 LSB at the  $V_{REF/2}$  input becomes 5mV. As can be seen, this reduces the allowed initial tolerance of the reference voltage and requires correspondingly less absolute change with temperature variations. Note that spans smaller than 2.5V place even tighter requirements on the initial accuracy and stability of the reference source.

In general, the reference voltage will require an initial adjustment. Errors due to an improper value of reference voltage appear as full scale errors in the A/D transfer.

## ADC0803, ADC0804

function. IC voltage regulators may be used for references if the ambient temperature changes are not excessive.

### Zero Error

The zero of the A/D does not require adjustment. If the minimum analog input voltage value,  $V_{IN(MIN)}$ , is not ground, a zero offset can be done. The converter can be made to output 0000 0000 digital code for this minimum input voltage by biasing the A/D  $V_{IN(-)}$  input at this  $V_{IN(MIN)}$  value (see Applications section). This utilizes the differential mode operation of the A/D.

The zero error of the A/D converter relates to the location of the first riser of the transfer function and can be measured by grounding the  $V_{IN(-)}$  input and applying a small magnitude positive voltage to the  $V_{IN(+)}$  input. Zero error is the difference between the actual DC input voltage which is necessary to just cause an output digital code transition from 0000 0000 to 0000 0001 and the ideal  $1/2$  LSB value ( $1/2$  LSB = 9.8mV for  $V_{REF}/2 = 2.500V$ ).

### Full Scale Adjust

The full scale adjustment can be made by applying a differential input voltage which is  $1/2$  LSB down from the desired analog full scale voltage range and then adjusting the magnitude of the  $V_{REF}/2$  input (pin 9) for a digital output code which is just changing from 1111 1110 to 1111 1111. When offsetting the zero and using a span-adjust  $V_{REF}/2$  voltage, the full scale adjustment is made by inputting  $V_{MIN}$  to the  $V_{IN(-)}$  input of the A/D and applying a voltage to the  $V_{IN(+)}$  input which is given by:

$$V_{IN(+)}^{FSA} - V_{MAX} = 1.5 \left[ \frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{256} \right]$$

where:

$V_{MAX}$  = the high end of the analog input range, and

$V_{MIN}$  = the low end (the offset zero) of the analog range. (Both are ground referenced.)

### Clocking Option

The clock for the A/D can be derived from an external source such as the CPU clock or an external RC network can be added to provide self-clocking. The CLK IN (pin 4) makes use of a Schmitt trigger as shown in Figure 16.

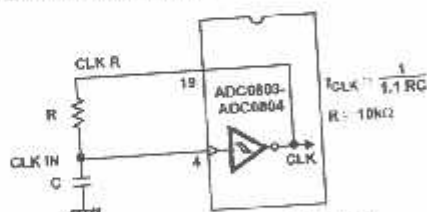


FIGURE 16. SELF-CLOCKING THE A/D

Heavy capacitive or DC loading of the CLK R pin should be avoided as this will disturb normal converter operation.

Loads less than 50pF, such as driving up to 7 A/D converter clock inputs from a single CLK R pin of 1 converter, are allowed. For larger clock line loading, a CMOS or low power TTL buffer or PNP input logic should be used to minimize the loading on the CLK R pin (do not use a standard TTL buffer).

### Restart During a Conversion

If the A/D is restarted ( $\overline{CS}$  and  $\overline{WR}$  go low and return high) during a conversion, the converter is reset and a new conversion is started. The output data latch is not updated if the conversion in progress is not completed. The data from the previous conversion remain in this latch.

### Continuous Conversions

In this application, the  $\overline{CS}$  input is grounded and the  $\overline{WR}$  input is tied to the  $\overline{INTR}$  output. This  $\overline{WR}$  and  $\overline{INTR}$  node should be momentarily forced to logic low following a power-up cycle to insure circuit operation. See Figure 17 for details.

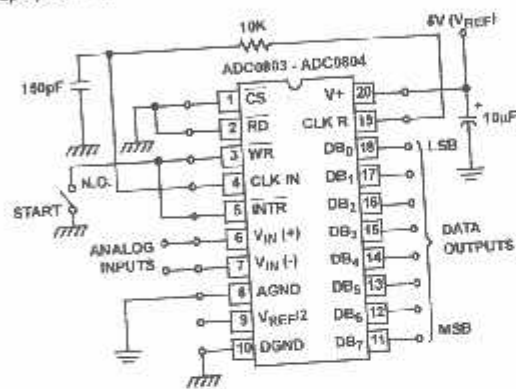


FIGURE 17. FREE-RUNNING CONNECTION

### Driving the Data Bus

This CMOS A/D, like MOS microprocessors and memories, will require a bus driver when the total capacitance of the data bus gets large. Other circuitry, which is tied to the data bus, will add to the total capacitive loading, even in three-state (high-impedance mode). Back plane busing also greatly adds to the stray capacitance of the data bus.

There are some alternatives available to the designer to handle this problem. Basically, the capacitive loading of the data bus slows down the response time, even though DC specifications are still met. For systems operating with a relatively slow CPU clock frequency, more time is available in which to establish proper logic levels on the bus and therefore higher capacitive loads can be driven (see Typical Performance Curves).

At higher CPU clock frequencies time can be extended for I/O reads (and/or writes) by inserting wait states (8080) or using clock-extending circuits (6800).

## ADC0803, ADC0804

Finally if time is short and capacitive loading is high external bus drivers must be used. These can be three-state buffers (low power Schottky is recommended, such as the 74LS240 series) or special higher-drive-current products which are designed as bus drivers. High-current bipolar bus drivers with PNP inputs are recommended.

### Power Supplies

Noise spikes on the V+ supply line can cause conversion errors as the comparator will respond to this noise. A low-inductance tantalum filter capacitor should be used close to the converter V+ pin, and values of 1µF or greater are recommended. If an unregulated voltage is available in the system, a separate 5V voltage regulator for the converter (and other analog circuitry) will greatly reduce digital noise on the V+ supply. An ICL7663 can be used to regulate such a supply from an input as low as 5.2V.

### Wiring and Hook-Up Precautions

Standard digital wire-wrap sockets are not satisfactory for breadboarding with this A/D converter. Sockets on PC boards can be used. All logic signal wires and leads should be grouped and kept as far away as possible from the analog signal leads. Exposed leads to the analog inputs can cause undesired digital noise and hum pickup; therefore, shielded leads may be necessary in many applications.

A single-point analog ground should be used which is separate from the logic ground points. The power supply bypass capacitor and the self-clocking capacitor (if used) should both be returned to digital ground. Any VREF/2 bypass capacitors, analog input filter capacitors, or input signal shielding should be returned to the analog ground point. A test for proper grounding is to measure the zero error of the A/D converter. Zero errors in excess of 1/4 LSB can usually be traced to improper board layout and wiring (see Zero Error for measurement). Further information can be found in Application Note AN018.

### Testing the A/D Converter

There are many degrees of complexity associated with testing an A/D converter. One of the simplest tests is to apply a known analog input voltage to the converter and use LEDs to display the resulting digital output code as shown in Figure 18.

For ease of testing, the VREF/2 (pin 9) should be supplied with 2.560V and a V+ supply voltage of 5.12V should be used. This provides an LSB value of 20mV.

If a full scale adjustment is to be made, an analog input voltage of 5.090V (5.120 - 1/2 LSB) should be applied to the VIN(+) pin with the VIN(-) pin grounded. The value of the VREF/2 input voltage should be adjusted until the digital output code is just changing from 1111 1110 to 1111 1111. This value of VREF/2 should then be used for all the tests.

The digital-output LED display can be decoded by dividing the 8 bits into 2 hex characters, one with the 4 most-

significant bits (MS) and one with the 4 least-significant bits (LS). The output is then interpreted as a sum of fractions times the full scale voltage:

$$V_{OUT} = \left( \frac{MS}{16} + \frac{LS}{256} \right) (5.12)V$$

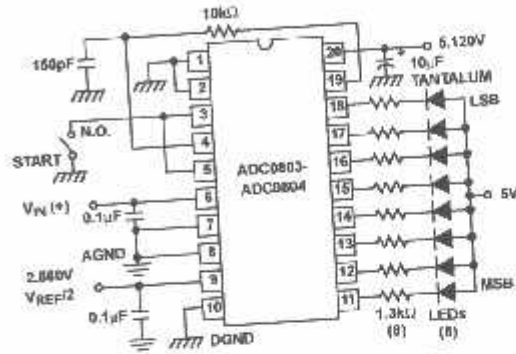


FIGURE 18. BASIC TESTER FOR THE A/D.

For example, for an output LED display of 1011 0110, the MS character is hex B (decimal 11) and the LS character is hex 6 (and decimal) 6, so:

$$V_{OUT} = \left( \frac{11}{16} + \frac{6}{256} \right) (5.12) = 3.64V$$

Figures 19 and 20 show more sophisticated test circuits.

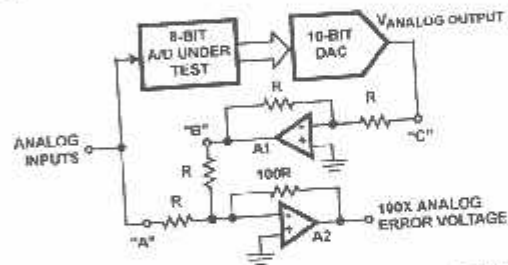


FIGURE 19. A/D TESTER WITH ANALOG ERROR OUTPUT. THIS CIRCUIT CAN BE USED TO GENERATE "ERROR PLOTS" OF FIGURE 11.

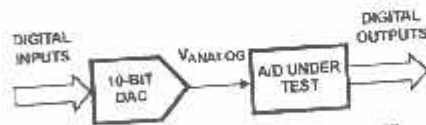


FIGURE 20. BASIC "DIGITAL" A/D TESTER

### Typical Applications

Interfacing 8080/85 or Z-80 Microprocessors

## ADC0803, ADC0804

This converter has been designed to directly interface with 8080/85 or Z-80 Microprocessors. The three-state output capability of the A/D eliminates the need for a peripheral interface device, although address decoding is still required to generate the appropriate  $\overline{CS}$  for the converter. The A/D can be mapped into memory space (using standard memory address decoding for  $\overline{CS}$  and the  $\overline{MEMR}$  and  $\overline{MEMW}$  strobes) or it can be controlled as an I/O device by using the  $\overline{IOR}$  and  $\overline{IOW}$  strobes and decoding the address bits A0  $\rightarrow$  A7 (or address bits A8  $\rightarrow$  A15, since they will contain the same 8 bit address information) to obtain the  $\overline{CS}$  input. Using the I/O space provides 256 additional addresses and may allow a simpler 8-bit address decoder, but the data can only be input to the accumulator. To make use of the additional memory reference instructions, the A/D should be mapped into memory space. See AN023 for more discussion of memory-mapped vs I/O-mapped interfaces. An example of an A/D in I/O space is shown in Figure 21.

The standard control-bus signals of the 8080 ( $\overline{CS}$ ,  $\overline{RD}$  and  $\overline{WR}$ ) can be directly wired to the digital control inputs of the A/D, since the bus timing requirements, to allow both starting the converter, and outputting the data onto the data bus, are met. A bus driver should be used for larger microprocessor systems where the data bus leaves the PC board and/or must drive capacitive loads larger than 100pF.

It is useful to note that in systems where the A/D converter is 1 of 8 or fewer I/O-mapped devices, no address-decoding circuitry is necessary. Each of the 8 address bits (A0 to A7) can be directly used as  $\overline{CS}$  inputs, one for each I/O device.

### Interfacing the Z-80 and 8085

The Z-80 and 8085 control buses are slightly different from that of the 8080. General  $\overline{RD}$  and  $\overline{WR}$  strobes are provided and separate memory request,  $\overline{MREQ}$ , and I/O request,  $\overline{IORQ}$ , signals have to be combined with the generalized strobes to provide the appropriate signals. An advantage of operating the A/D in I/O space with the Z-80 is that the CPU will automatically insert one wait state (the  $\overline{RD}$  and  $\overline{WR}$  strobes are extended one clock period) to allow more time for the I/O devices to respond. Logic to map the A/D in I/O space is shown in Figure 22. By using  $\overline{MREQ}$  in place of  $\overline{IORQ}$ , a memory-mapped configuration results.

Additional I/O advantages exist as software DMA routines are available and use can be made of the output data transfer which exists on the upper 8 address lines (A6 to A15) during I/O input instructions. For example, MUX channel selection for the A/D can be accomplished with this operating mode.

The 8085 also provides a generalized  $\overline{RD}$  and  $\overline{WR}$  strobe, with an  $\overline{IOM}$  line to distinguish I/O and memory requests. The circuit of Figure 22 can again be used, with  $\overline{IOM}$  in place of  $\overline{IORQ}$  for a memory-mapped interface, and an extra inverter (or the logic equivalent) to provide  $\overline{IOM}$  for an I/O-mapped connection.

### Interfacing 6800 Microprocessor Derivatives (6502, etc.)

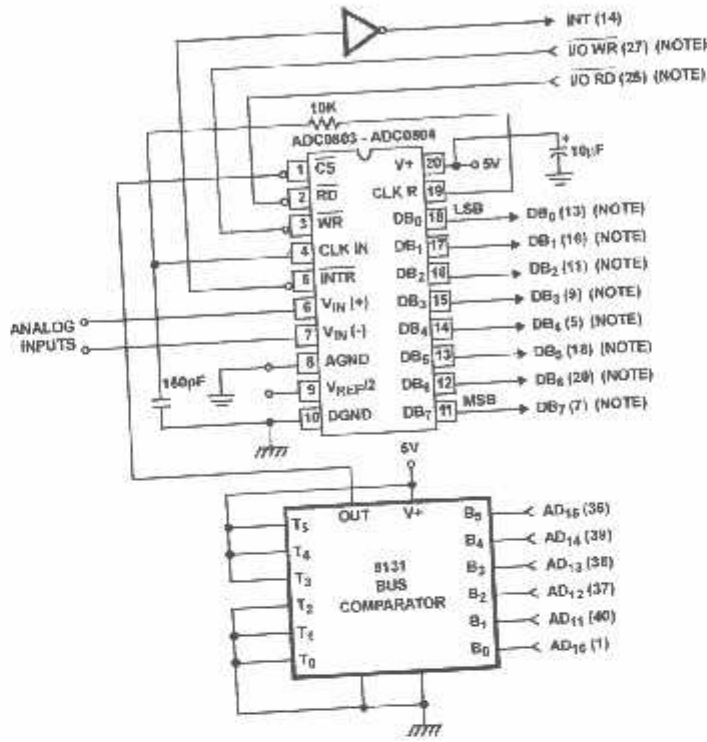
The control bus for the 6800 microprocessor derivatives does not use the  $\overline{RD}$  and  $\overline{WR}$  strobe signals. Instead it employs a single  $\overline{RAW}$  line and additional timing, if needed, can be derived from the  $\phi 2$  clock. All I/O devices are memory-mapped in the 6800 system, and a special signal,  $\overline{VMA}$ , indicates that the current address is valid. Figure 23 shows an interface schematic where the A/D is memory-mapped in the 6800 system. For simplicity, the  $\overline{CS}$  decoding is shown using  $1/2$  DM8092. Note that in many 6800 systems, an already decoded  $\overline{A5}$  line is brought out to the common bus at pin 21. This can be tied directly to the  $\overline{CS}$  pin of the A/D, provided that no other devices are addressed at HEX ADDR: 4XXX or 5XXX.

In Figure 24 the ADC080X series is interfaced to the MC6800 microprocessor through (the arbitrarily chosen) Port B of the MC6820 or MC6821 Peripheral Interface Adapter (PIA). Here the  $\overline{CS}$  pin of the A/D is grounded since the PIA is already memory-mapped in the MC6800 system and no  $\overline{CS}$  decoding is necessary. Also notice that the A/D output data lines are connected to the microprocessor bus under program control through the PIA and therefore the A/D  $\overline{RD}$  pin can be grounded.

### Application Notes

NOTE #	DESCRIPTION
AN016	"Selecting A/D Converters"
AN018	"Do's and Don'ts of Applying A/D Converters"
AN020	"A Cookbook Approach to High Speed Data Acquisition and Microprocessor Interfacing"
AN030	"The ICL7104 - A Binary Output A/D Converter for Microprocessors"

ADC0803, ADC0804



NOTE: Pin numbers for 8228 System Controller. Others are 8080A.

FIGURE 21. ADC080X TO 8080A CPU INTERFACE



## ADC0803, ADC0804

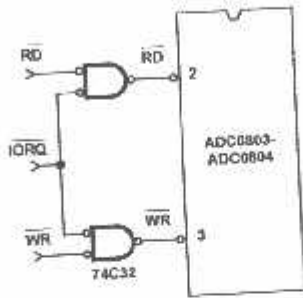
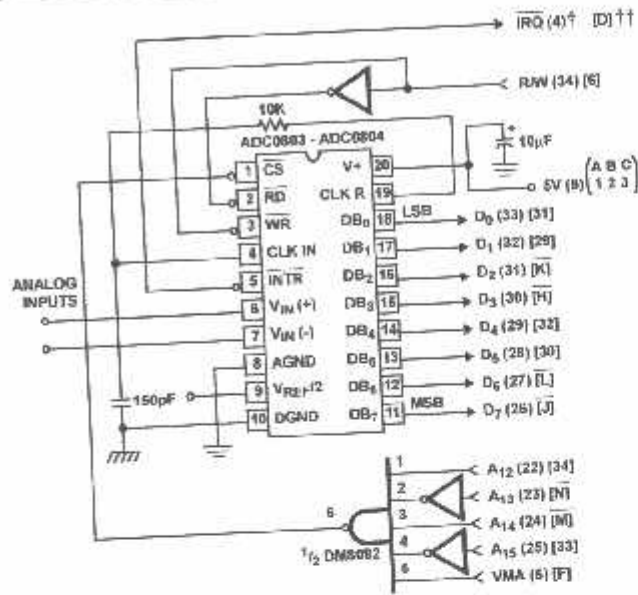


FIGURE 22. MAPPING THE A/D AS AN I/O DEVICE FOR USE WITH THE Z-80 CPU



† Numbers in parentheses refer to MC6800 CPU Pinout.  
 †† Numbers or letters in brackets refer to standard MC6800 System Common Bus Code.

FIGURE 23. ADC080X TO MC6800 CPU INTERFACE

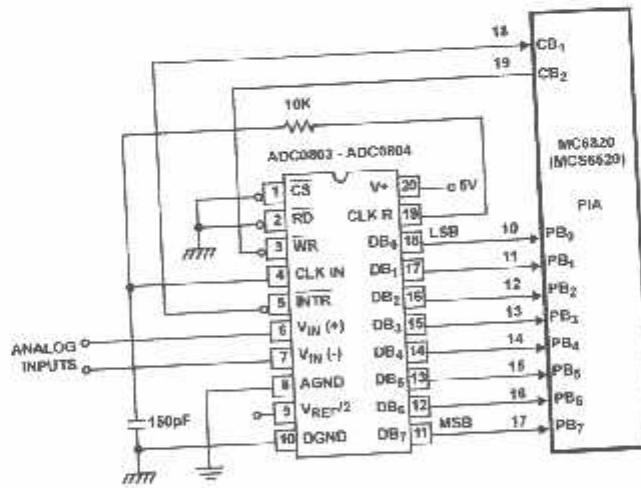


FIGURE 24. ADC080X TO MC6820 PIA INTERFACE

ADC0803, ADC0804

**Die Characteristics**

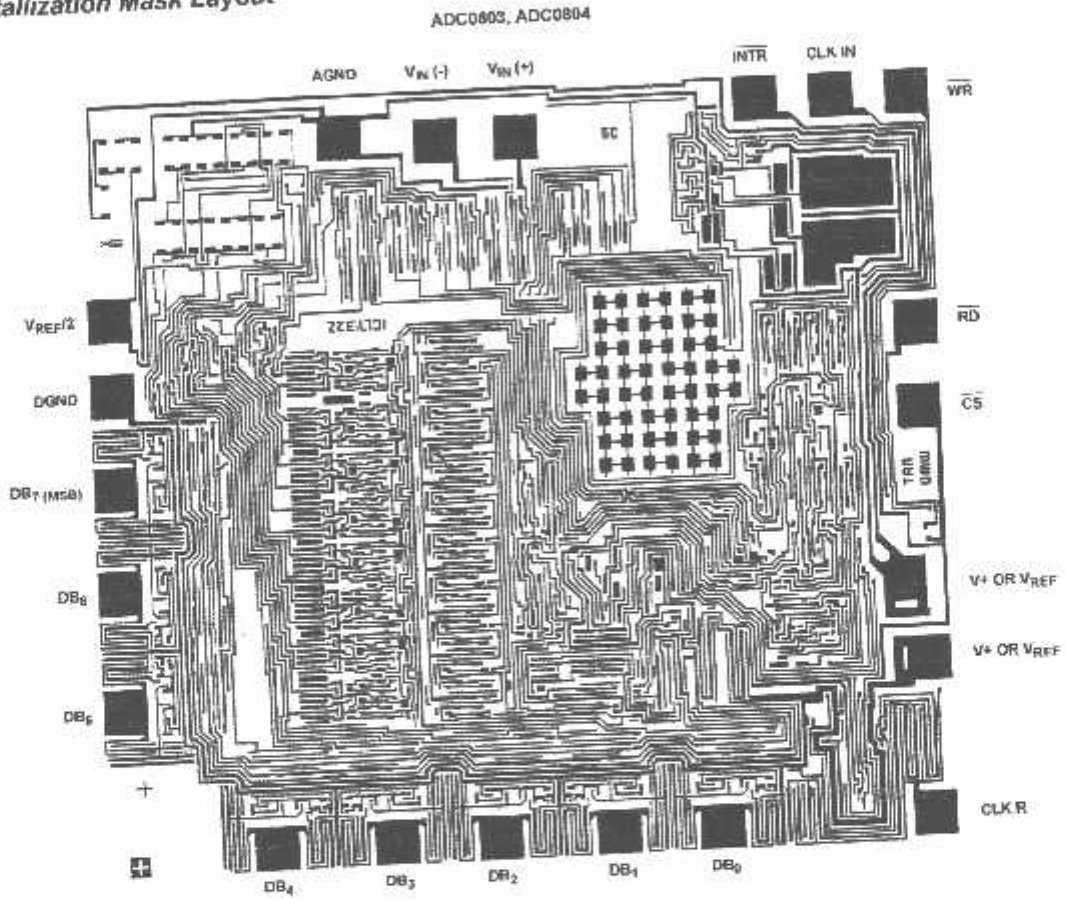
**DIE DIMENSIONS**  
 101 mils x 93 mils

**METALLIZATION**  
 Type: Al  
 Thickness: 10kÅ ±1kÅ

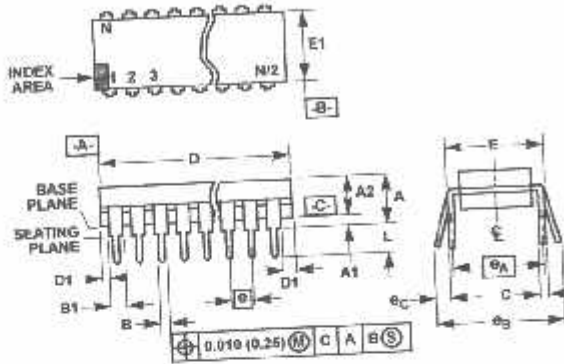
**PASSIVATION**

Type: Nitride over SiO<sub>2</sub>  
 Nitride Thickness: 8kÅ  
 SiO<sub>2</sub> Thickness: 7kÅ

**Metalization Mask Layout**



Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



NOTES:

1. Controlling Dimensions, INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
2. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
3. Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
4. Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
5. D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
6. E and  $e_A$  are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum  $-C-$ .
7.  $e_B$  and  $e_C$  are measured at the lead tips with the leads unconstrained.  $e_C$  must be zero or greater.
8. B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
9. N is the maximum number of terminal positions.
10. Corner leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for P8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

E20.3 (JEDEC MS-001-AD ISSUE D)  
20 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.210	-	5.33	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.115	0.195	2.93	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.045	0.070	1.55	1.77	8
C	0.008	0.014	0.204	0.355	-
D	0.980	1.060	24.89	26.9	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.300	0.325	7.62	8.25	6
E1	0.240	0.260	6.10	7.11	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
eA	0.300 BSC		7.62 BSC		6
eB	-	0.430	-	10.92	7
L	0.115	0.150	2.93	3.81	4
N	20		20		9

Rev. 0 12/93

All Intersil products are manufactured, assembled and tested utilizing ISO9000 quality systems. Intersil Corporation's quality certifications can be viewed at website [www.intersil.com/quality/isu.asp](http://www.intersil.com/quality/isu.asp).

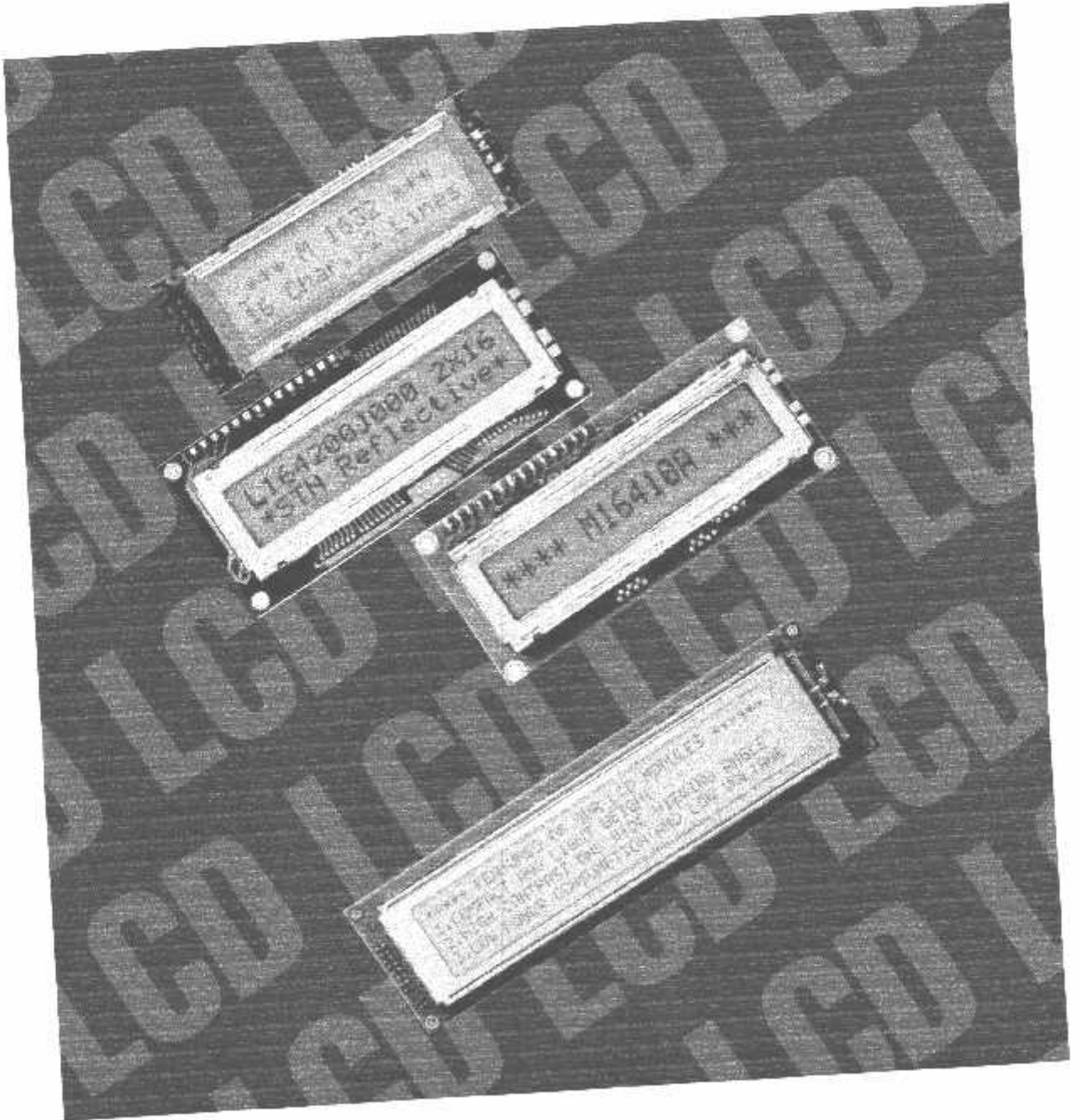
Intersil products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site [www.intersil.com](http://www.intersil.com)

# LCM

Liquid Crystal Display Modules

Seiko Instruments GmbH



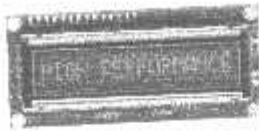
# Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

## CHARACTER TYPE

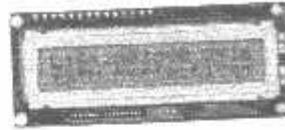
### FEATURES :

- Slim, light weight and low power consumption
- High contrast and wide viewing angle

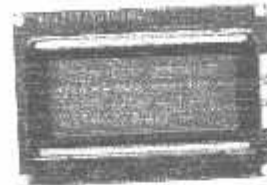
- Built-in controller for easy interlacing
- LCD modules with built-in FL or LED backlight



M1641



L1642



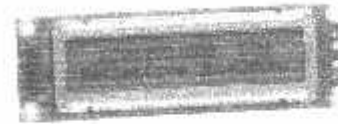
L1614



M1632



L1652



L1612

### SPECIFICATIONS :

	Standard products			Products of optional specification		
	16 x 1	16 x 2	16 x 2	16 x 2	16 x 4	20 x 2
Character Format (character x line)	16 x 1	16 x 2	16 x 2	16 x 2	16 x 4	20 x 2
Module	M1641	M1632	L1642	L1652	L1614	L2012
Reflective	M1641DAS	M1632DAS	L1642D04000S	L1652D04200S	L1614D04000S	L2012D04000S
EL backlight	M1641D0WS	M1632D0WS	L1642B1J000S	L1652B1J200S	L1614B1J000S	L2012B1J000S
LED backlight	M1641DYS	M1632DYS	L1642B1L000S	L1652B1L200S	L1614B1L000S	L2012B1L000S
Reflective (wide temp)	M1641DWS	M1632DWS	L1642B1L000S	L1652B1L200S	L1614B1L000S	L2012B1L000S
LED backlight (wide temp)	M1641DYS	M1632DYS	L1642B1L000S	L1652B1L200S	L1614B1L000S	L2012B1L000S
Character font	5x7 dots - cursor	5x7 dots - cursor	5x7 dots - cursor	5x7 dots - cursor	5x7 dots - cursor	5x7 dots - cursor
Module size	80.0 x 36.0 x 11.3	85.0 x 30.0 x 10.1	80.0 x 36.0 x 11.3	122.0 x 44.0 x 11.3	87.0 x 60.0 x 11.6	116.0 x 37.0 x 11.3
(HxVxT) mm	80.0 x 36.0 x 11.3	85.0 x 30.0 x 10.1	80.0 x 36.0 x 11.3	122.0 x 44.0 x 11.3	87.0 x 60.0 x 11.6	116.0 x 37.0 x 11.3
viewing area (HxV) mm	64.5 x 13.8	62.0 x 19.0	64.5 x 13.8	99.3 x 24.0	61.8 x 25.2	83.0 x 18.6
Character size (HxV) mm	3.07 x 5.73	2.78 x 4.27	2.96 x 3.80	4.84 x 6.06	2.95 x 4.15	3.20 x 4.05
Dot size (HxV) mm	0.55 x 0.75	0.50 x 0.66	0.50 x 0.55	0.82 x 1.10	0.55 x 0.55	0.60 x 0.65
Power supply voltage (VDD-VSS) V	+5V	+5V	+5V	+5V	+5V	+5V
Current consumption (mA typ)	1.5	2.0	1.6	2.0	2.7	2.0
Driving method (duty)	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
Built-in LSI	KS0066 or equivalent	KS0066 or MSM5839 or equivalent	KS0066 or MSM5839 or equivalent	KS0066 or MSM5839 or equivalent	KS0066 or equivalent	KS0066 or equivalent
Operating temperature (°C)	normal temp. 0 to +50 wide temp. 2: -20 to +70	normal temp. 0 to +50 wide temp. 2: -20 to +70	normal temp. 0 to +50 wide temp. 2: -20 to +70	normal temp. 0 to +50 wide temp. 2: -20 to +70	normal temp. 0 to +50 wide temp. 2: -20 to +70	normal temp. 0 to +50 wide temp. 2: -20 to +70
Storage temperature (°C)	normal temp. 20 to +60 wide temp. 4: -30 to +80	normal temp. 20 to +60 wide temp. 4: -30 to +80	normal temp. 20 to +60 wide temp. 4: -30 to +80	normal temp. 20 to +60 wide temp. 4: -30 to +80	normal temp. 20 to +60 wide temp. 4: -30 to +80	normal temp. 20 to +60 wide temp. 4: -30 to +80
Weight (g. typ.)	reflective 25 EL backlight 30 LED backlight 35	reflective 25 EL backlight 30 LED backlight 40	reflective 25 EL backlight 30 LED backlight 35	reflective 55 EL backlight 60 LED backlight 65	reflective 55 EL backlight 60 LED backlight 65	reflective 40 EL backlight 45 LED backlight 50
Inverters for EL	Model +5.0 Power supply (V) 10 current consumption (mA) *3 10	Model +5.0 Power supply (V) 10 current consumption (mA) *3 10	Model +5.0 Power supply (V) 10 current consumption (mA) *3 10	Model +5.0 Power supply (V) 25 current consumption (mA) *3 25	Model +5.0 Power supply (V) 45 current consumption (mA) *3 45	Model +5.0 Power supply (V) 15 current consumption (mA) *3 15
LED backlight	Forward current 100 Forward input voltage (V typ.) +4.1	Forward current 112 Forward input voltage (V typ.) +4.1	Forward current 100 Forward input voltage (V typ.) +4.1	Forward current 240 Forward input voltage (V typ.) +4.1	Forward current 200 Forward input voltage (V typ.) +4.1	Forward current 154 Forward input voltage (V typ.) +4.1

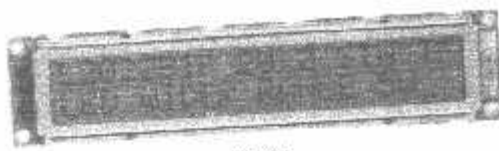
\*1: Including cursor

\*2: With external temperature compensation

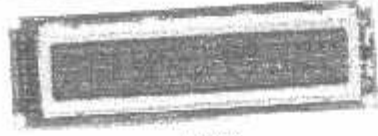
\*3: Including EL backlight

\*4: Based on normal temperature (25°C)

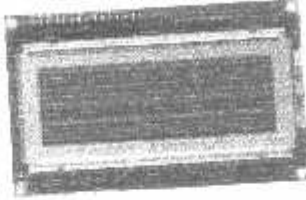
Since our policy is one of continuous improvement, we reserve the right to change the specifications for the products in the catalogue without notice.



L2022



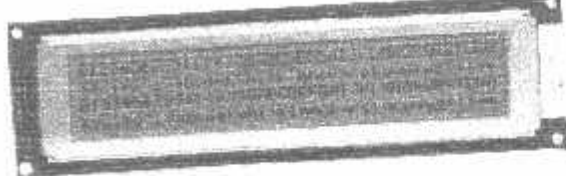
L2432



L2014



L4042



M4024

• SPECIFICATIONS :

	Standard products				Products of optional specification
	20 x 2	20 x 4	24 x 2	40 x 2	40 x 4
Character Format (character x line)	L2022	L2014	L2432	L4042	M4024
Model	-	L201400J0005	L243200J0005	L404200J0005	M402400S
Reflective	-	L201421J0005	L243221J0005	L404221J0005	M40240WS
EL backlight	-	L201401J0005	L243201J0005	L404201J0005	M40240YS
LED backlight	-	L201401L0005	L243201L0005	L404201L0005	M40240YS
Retractive (wide temp)	L202200P0005	L201401L0005	L243201L0005	L404201L0005	M40240YS
EL backlight (wide temp)	L202201P0005	L201401L0005	L243201L0005	L404201L0005	M40240YS
Character font	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor
Module size (HxVxT) mm	180.0 x 40.0 x 10.5	98.0 x 60.0 x 11.6	116.0 x 36.0 x 11.3	182.0 x 33.5 x 11.3	190.0 x 54.0 x 10.1
Viewing area (HxV) mm	180.0 x 40.0 x 10.5	98.0 x 60.0 x 11.6	116.0 x 36.0 x 11.3	182.0 x 33.5 x 11.3	190.0 x 54.0 x 10.1
Character size (HxV) mm	180.0 x 40.0 x 14.8	98.0 x 60.0 x 15.8	116.0 x 36.0 x 15.3	182.0 x 33.5 x 15.3	190.0 x 54.0 x 16.3
Viewing area (HxV) mm	44.0 x 23.0	76.0 x 23.2	94.5 x 17.8	54.4 x 15.8	147.0 x 23.5
Character size (HxV) mm	5.00 x 9.65	7.90 x 1.15	3.20 x 4.85	3.20 x 4.85	2.78 x 4.27
Pin size (HxV) mm	1.12 x 1.12	0.55 x 0.55	0.60 x 0.65	0.60 x 0.65	0.50 x 0.55
Power supply voltage (VDD-VSS) V	4.5 V	5 V	-5 V	-5 V	5 V
Current consumption (mA typ)	4.2	2.9	2.5	1.0	3.0
Driving method (d.r.v.)	1/16	1/2	1/16	1/16	1/16
Built-in SI	KS0066 KS0061 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 KS0061 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent
Operating temperature (°C)	normal temp. wide temp. *2	normal temp. wide temp. *2	normal temp. wide temp. *2	normal temp. wide temp. *2	normal temp. wide temp. *2
Storage temperature (°C)	normal temp. wide temp.	normal temp. wide temp.	normal temp. wide temp.	normal temp. wide temp.	normal temp. wide temp.
Weight (g typ.)	80	55	45	75	140
Inverters for EL	170	70	60	50	50
LED backlight	170	70	60	50	50
Forward current consumption (mA)	170	70	60	50	50
Forward input voltage (V typ.)	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1

\*1: Excluding cursor  
 \*2: With external temperature compensation  
 \*3: Including EL backlight  
 \*4: Based on normal temperature range

# Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

## GRAPHIC TYPE

### • FEATURES :

- Wide viewing angle and high contrast
- Full dot configuration fits any application

- Slim, light weight and low power consumption
- Available in STN and FSTN

### • SPECIFICATIONS :

Dot format (HxV dot)		97 x 32	128 x 32	128 x 64	128 x 64
		V97031	G1213	G1214	G1226
Model					
STN type (Gray mode)	Reflective	built-in RAM	G121301N0009	G121302N0009	G122201N0009
	Reflective with temp.	built-in RAM			
	LED backlight	built-in RAM	G121301R0008	G121302R0008	
FSTN type (B&W mode)	Transmissive	built-in controller			
	with CFL backlight	built-in RAM	V87031LPHW		
	Transmissive	built-in RAM			
Module size (H x V x T) mm	Reflective (no backlight)	47.5 x 55.4 x 2.1	75.0 x 41.5 x 6.9 75.0 x 41.5 x 8.0	75.0 x 52.7 x 8.8 75.0 x 52.7 x 8.9	93.0 x 70.0 x 11.4
	LED backlight				
Viewing area (HxV) mm	CFL backlight				
		43.5 x 23.9	80.0 x 21.0 0.40 x 0.48	80.0 x 32.5 0.40 x 0.48	70.7 x 38.0 0.44 x 0.44
Dot size (H x V) mm		0.35 x 0.48	0.43 x 0.51	0.43 x 0.43	0.45 x 0.48
Dot pitch (H x V) mm		0.35 x 0.52	0.43 x 0.51	0.43 x 0.43	0.45 x 0.48
Power supply voltage (V)	(VDD - VSS)	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0
	(VLC - VSB)	-	-8.0	-8.0	-8.2
Current consumption (mA, typ.)	I <sub>DD</sub>	-	1.8	1.8	2.0
	I <sub>CD</sub> (built-in controller)	-	-	-	1.6A
Built-in I/O	Driving method (drv)	1/33	1/54	1/84	1/64
	Driver	SED1839 or equivalent	HD61202 HD61203 or equivalent	HD61202 HD61203 or equivalent	K90107 K90108 or equivalent
Operating temperature range (°C)	Controller	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	0 to +50
		30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-20 to +30
Weight (g, typ.)	Storage temperature range (°C)	10	23	35	72
	Reflective (no backlight)		35	45	-
	LED backlight		-	-	-
LED backlight	CFL backlight		40	90	120
	Forward current consumption (mA)		3.8	4.1	4.1
Forward input voltage (V, typ.)	Mode		-	-	-
	Power supply voltage (V)		-	-	-
Forward current consumption (mA, typ.)	Current consumption (mA, typ.)		-	-	-

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

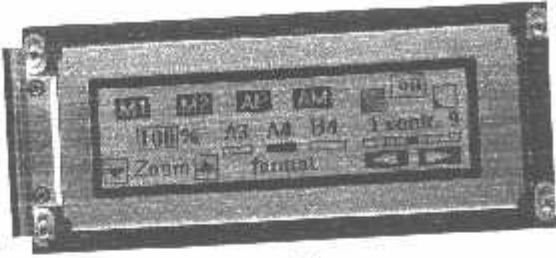
\*2 - Use with external temperature compensation circuit

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

Dot matrix (P40,20)		240 x 64 G246	240 x 128 G24C	320 x 220 G321D	320 x 240 G324E	480 x 200 G480D
Model						
STM type (Grey model)	Reflective with lens	built-in RAM				
	LED backlight	built-in RAM				
	LED backlight with lens	built-in RAM				
PE-H type (B&W model)	Transmissive	built-in controller				
	with CPL backlight	built-in RAM				
	Transflective	built-in RAM				
Module size (H x V x T) mm	Reflective (no backlight)					
	LED backlight	191.0 x 79.0 x 15.1	183.0 x 119.0 x 15.1	188.0 x 134.0 x 15.1	166.0 x 134.0 x 15.1	207.0 x 122.0 x 15.7
	CPL backlight	134.0 x 41.0	134.0 x 70.0	125.0 x 110.0	120.0 x 110.0	215.0 x 83.0
Viewing area (H x V) mm		0.47 x 0.47	0.34 x 0.41	0.32 x 0.38	0.38 x 0.43	0.39 x 0.39
Dot pitch (H x V) mm		0.53 x 0.51	0.51 x 0.51	0.36 x 0.32	0.36 x 0.43	0.39 x 0.39
Power supply voltage (V)	VDD - VSS	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0
	VLC - VSS	+	+	+	+	+
Current consumption (mA, typ.)	ID0	12	30	8	23	9
	ID0 (built-in controller)	15	40	8	55	120
Built-in I/O	Driving method (body)	1/54	1/128	1/200	1/200	1/200
	Driver	NEA522H MSM5229 or equivalent	SN103 K30104 or equivalent	MSM5229 MSM5229 or equivalent	HU65704 HG65706 or equivalent	MSM5229 MSM5229 or equivalent
Operating temperature range (°C)	Condition	0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50
		-20 to +60	20 to +80	20 to +60	-30 to +80	-20 to +80
Weight (g, typ.)	Reflective (transflective no backlight)					
	LED backlight	200	280	370	350	420
LED backlight	Power consumption (mA)					
	Forward bias voltage (V, typ.)	4800/10	4800/10	4800/10	4800/10	4800/10
Inverter for CPL	Module					
	Power supply voltage (V)	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0
	Current consumption (mA, typ.)	250	350	365	365	390

†1 - Built-in DC/DC converter (single power source)  
†2 - Use with external temperature compensation  
Since our policy is one of continuous improvements, we reserve the right to change the specifications of the products in the catalogue without notice.

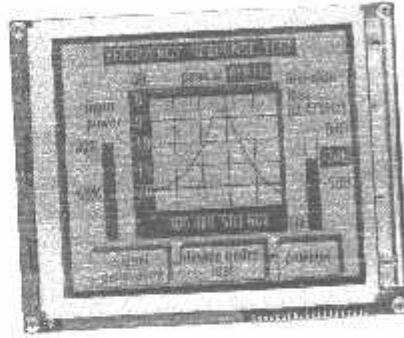




G2446



G1226



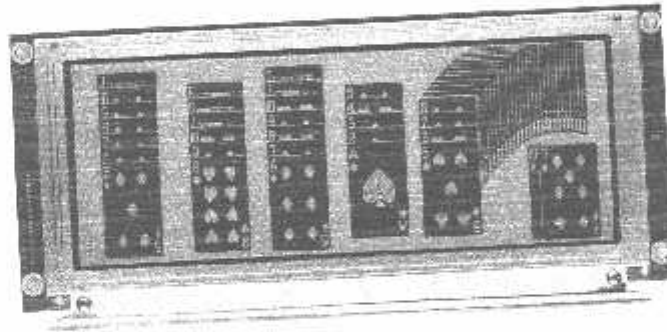
G321D



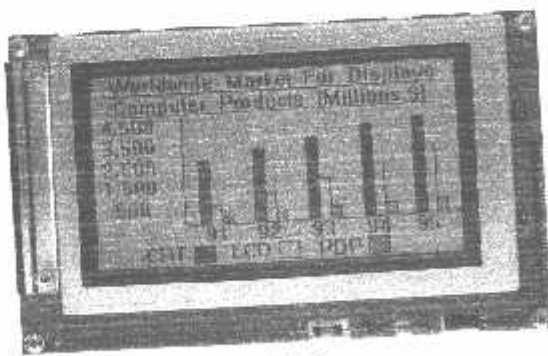
G1216



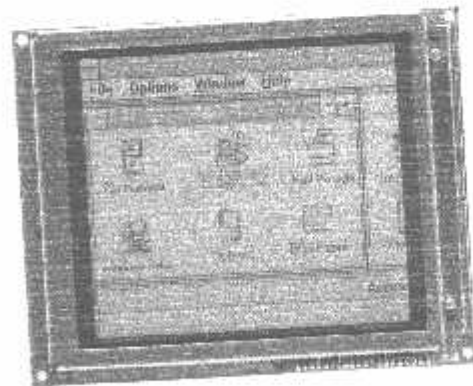
G1213



G649D



G242C



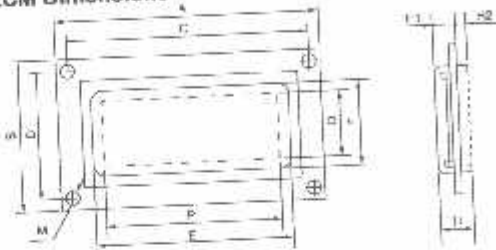
G324E

# CHECK LIST FOR CUSTOM DESIGNED LCD MODULE

1. Company \_\_\_\_\_ 2. Application \_\_\_\_\_ 3. Customer Specified Part No. \_\_\_\_\_

4. Design  
 New  Modified Manufacturer \_\_\_\_\_ Part No. \_\_\_\_\_ Remarks \_\_\_\_\_  
 Equivalent Manufacturer \_\_\_\_\_ Part No. \_\_\_\_\_ Remarks \_\_\_\_\_

## 5. LCM Dimensions



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

## 6. Display Contents

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

## 7. LCD Panel

Viewing angle:  6 o'clock  12 o'clock  \_\_\_\_\_ o'clock  
 Type:  TN  FSTN (Black and white)  
 STN ( Yellow green  Gray  Blue)  
 Chromaticity coordinates  
 ( \_\_\_\_\_ ≤ x ≤ \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ ≤ y ≤ \_\_\_\_\_ )  
 Positive type  Negative type  
 Reflective  Transmissive  Transmissive  
 Others \_\_\_\_\_  
 Gray scale:  Yes \_\_\_\_\_ gray scale  No  
 Preferential specifications:  
 Response time  $t_{on}$  \_\_\_\_\_ ms (°C)  $t_{off}$  \_\_\_\_\_ ms (°C)  
 Viewing angle \_\_\_\_\_ deg. (°C)  Contrast \_\_\_\_\_ (°C)  
 Others \_\_\_\_\_  
 LCD surface finishing:  
 Normal  Anti-glare  \_\_\_\_\_  
 Polarizer color:  Normal (neutral gray)  Red  
 Green  Blue  \_\_\_\_\_

## 8. Driving Method

Multiplexing: 1/ \_\_\_\_\_ duty, 1/ \_\_\_\_\_ bias  
 Frame frequency: \_\_\_\_\_ Hz

## 9. IC

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

## 10. Power Supply

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

## 11. Temperature Compensation Circuit

Internal  External  Unnecessary  
 Compensation range:  0°C to 50°C  \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C

## 12. Current Consumption

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

## 13. Contrast Adjustment

Internal  External  Unnecessary  
 Method:  Temp. compensation circuit  Volume  \_\_\_\_\_

## 14. Temperature Range

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

## 15. Input/Output Terminals

Specifying allocation:  Yes  No  
 Specifying position:  Yes  No

## 16. Weight

typ. \_\_\_\_\_ g, max. \_\_\_\_\_ g

## 17. Connector

Internal  External  Unnecessary  
 Type No. \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)

## 18. Backlight

Internal  External  Unnecessary  
 EL:  Green  White  \_\_\_\_\_  
 LED:  Yellow green  Amber  \_\_\_\_\_  
 CFL:  White  \_\_\_\_\_  
 Incandescent lamp  Others \_\_\_\_\_  
 Backlight type  Edge backlight type  
 Brightness: \_\_\_\_\_ cd/m<sup>2</sup>  
 Inverter:  Internal  External  Unnecessary  
 Power supply voltage \_\_\_\_\_ V  
 Current consumption (backlight included) \_\_\_\_\_ mA  
 Brightness control:  Yes  No

## 19. Others

## 20. Schedule

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

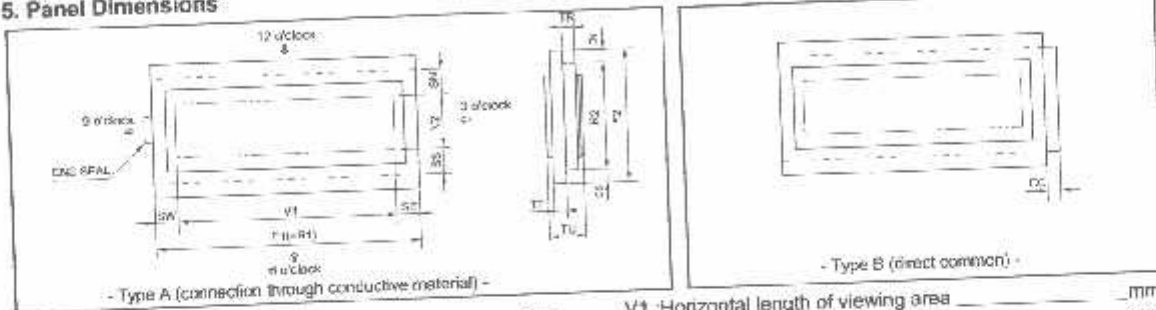
# Liquid Crystal Displays

## CHECK LIST FOR CUSTOM DESIGNED LCD

1. Company \_\_\_\_\_ 2. Application \_\_\_\_\_ 3. Customer Specified Part No. \_\_\_\_\_

4. Design  
 New  Modified: Manufacturer \_\_\_\_\_, Part No. \_\_\_\_\_, Remarks \_\_\_\_\_  
 Equivalent: Manufacturer \_\_\_\_\_, Part No. \_\_\_\_\_, Remarks \_\_\_\_\_

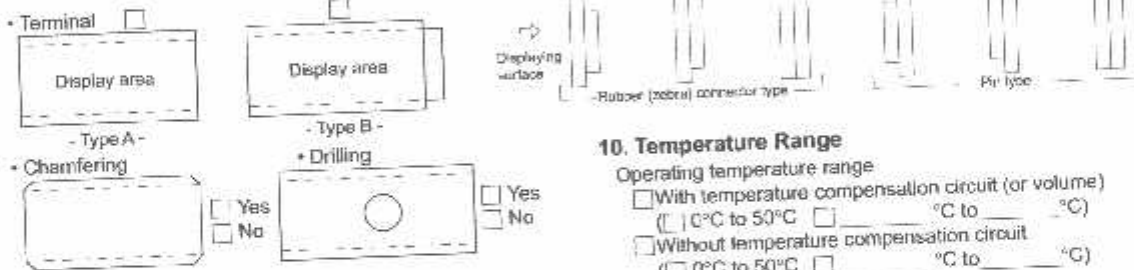
### 5. Panel Dimensions



F1: Horizontal length of upper glass \_\_\_\_\_ mm  
 F2: Vertical length of upper glass \_\_\_\_\_ mm  
 R1: Horizontal length of lower glass \_\_\_\_\_ the same as F1  
 R2: Vertical length of lower glass \_\_\_\_\_ mm  
 \*R2 is generally longer than F2 when terminals are with pin.  
 TF, TR\*\*\*: Thickness of glass \_\_\_\_\_ mm  
 \*\*\*Standard type: 1.1 mm or 0.7 mm  
 TU: Thickness of LCU \_\_\_\_\_ mm  
 End seal:  Right  Left  Right or Left

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

### 6. Panel Form



### 7. Display Mode

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

### 8. Polarizer

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

### 9. Driving Method

Static  Multiplexing: (1/ \_\_\_\_\_ duty, 1/ \_\_\_\_\_ bias)  
 Operating voltage ( $V_{ce}$ ): \_\_\_\_\_ V  
 Frame frequency: \_\_\_\_\_ Hz  
 Driving IC: \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
 Current consumption: \_\_\_\_\_  $\mu$ A

### 10. Temperature Range

Operating temperature range  
 With temperature compensation circuit (or volume)  
 ( \_\_\_\_\_ °C to 50°C  \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C)  
 Without temperature compensation circuit  
 ( \_\_\_\_\_ °C to 50°C  \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C)  
 Storage temperature range  
 ( \_\_\_\_\_ °C to 60°C  \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C)

### 11. Terminal Connecting Method

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

### 12. Others

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

### 13. Schedule

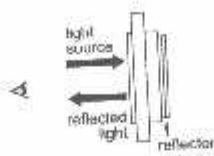
Estimate: \_\_\_\_\_  
 Sample: Delivery \_\_\_\_\_, Quantity \_\_\_\_\_ pcs  
 Mass production: Target price: \_\_\_\_\_  
 Delivery \_\_\_\_\_, Total quantity: \_\_\_\_\_ pcs  
 Quantity per month: \_\_\_\_\_ pcs

# Liquid Crystal Display Modules

## REFLECTIVE/TRANSFLECTIVE/TRANSMISSIVE LCD

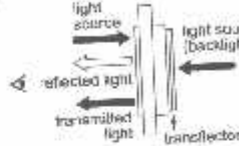
### 1 Reflective LCD

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



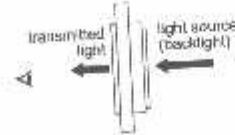
### 2 Transflective LCD

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

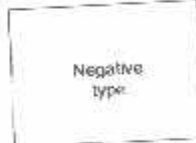


### 3 Transmissive LCD

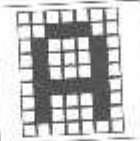
Without reflector or transflector bonded to the rear polarizer. Backlight required. Most common is transmissive negative image.



## POSITIVE/NEGATIVE MODE



Negative type (Inverse image) (when data is inverted)



## TN TYPE/STN TYPE/FSTN TYPE

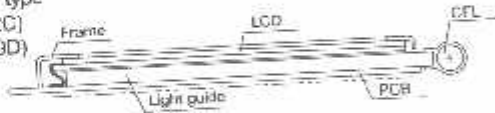
TN	(Background/dot color) Gray/Black	TN (Twisted Nematic) type is most conventional and economical. It is used for static drive LCD and low-duty drive LCD (watch, calculator, etc.)
STN	Yellowgreen/Dark blue Gray/Dark blue White/Blue	STN (Super Twisted Nematic) type has a higher twist angle, and thus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

## STRUCTURE AND FEATURE OF LCD MODULE WITH BACKLIGHT

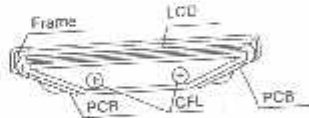
### CFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp) backlight

Features: high brightness, long service life, inverter required

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

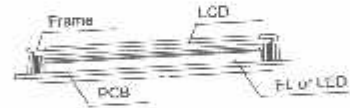


- Backlight type



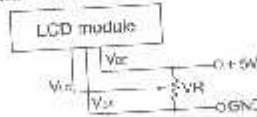
### EL (Electroluminescent Lamp) backlight LED (Light Emitting Diode) backlight

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



## POWER SUPPLY

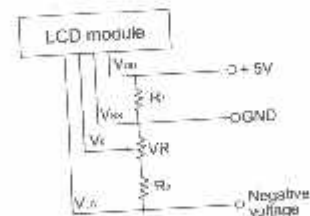
- Character modules (single power supply)



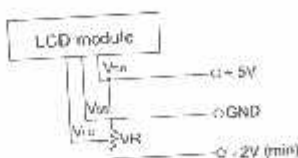
- G2446, G242C (Built-in DC-DC conv.)



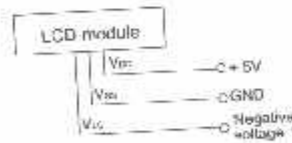
- G321D, G324E and G649D



- Character Modules (Dual power supply)



- Y1206 and G1226



Negative voltage should be variable for contrast adjustment.

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

## Precautions

### Safety Instructions

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

### Handling Precautions

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

### Mounting and Designing

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

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

### Cleaning

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

### Storing

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

### On This Brochure

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

## Notes :

---

*[Faint, illegible handwritten notes covering the majority of the page.]*

This datasheet has been downloaded from:

[www.DatasheetCatalog.com](http://www.DatasheetCatalog.com)

Datasheets for electronic components.

---

# LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

## General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard  $\pm 5V$  power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

## Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

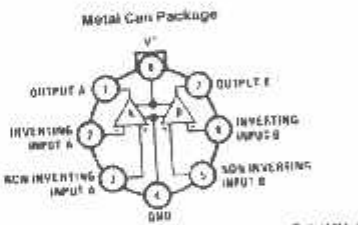
## Advantages

- Two internally compensated op amps in a single package
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct wiring near GND and  $V_{O1}$  also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation
- Pin-out same as LM155/LM155A dual operational amplifier

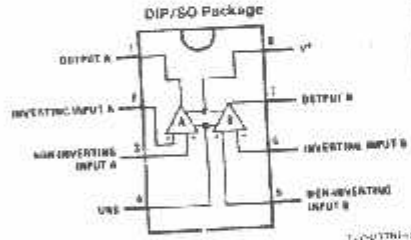
## Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain 80 dB
- Wide bandwidth (unity gain; temperature compensated) 1 MHz
- Wide power supply range:
  - Single supply 0V to 32V
  - or dual supplies  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very low supply current drain (500  $\mu A$ )—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to  $V^+ - 1.5V$

## Connection Diagrams (Top View)



Order Number LM158AH, LM158AJ/883\*, LM158H, LM158H/883\*, LM258H or LM358H  
See NS Package Number NC8C



Order Number LM158J, LM158J/883\*, LM158AJ or LM158AJ/883\*  
See NS Package Number J08A  
Order Number LM258M, LM358M or LM2904M  
See NS Package Number M08A  
Order Number LM358AN, LM358N or LM2904N  
See NS Package Number N08E

\*LM158 is available per SMD # 5962-877-1021  
LM158AJ is available per SMD # 5962-877-1020



**Absolute Maximum Ratings**

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.  
(Note 9)

	LM158/LM258/LM358	LM2904	LM158/LM258/LM358	LM2904	LM158/LM258/LM358	LM2904
Supply Voltage, $V_{CC}$	32V	28V	32V	28V	32V to +65V	32V to +65V
Differential Input Voltage	32V	28V	32V	28V	-75V to +65V	-75V to +65V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +28V	-0.3V to +32V	-0.3V to +28V	-65V to +150V	-65V to +150V
Power Dissipation (Note 1): Metal Can	850 mW	830 mW	850 mW	830 mW	267°C	267°C
Small Outline Package (M)	550 mW	530 mW	550 mW	530 mW	300°C	300°C
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2): $V_{CC} = 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	260°C	260°C
Input Current ( $V_{IN} < -0.3V$ ) (Note 3)	50 nA	50 nA	50 nA	50 nA	215°C	215°C
					220°C	220°C
					250V	250V

**Electrical Characteristics**

$V_{CC} = 5.0V$ , unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A		LM358A		LM158/LM258		LM358		LM2904	
		Min	Typ	Min	Typ	Min	Typ	Min	Typ	Min	Typ
Input Offset Voltage (Note 4), $T_A = 25^\circ C$		1	2	2	3	2	0	2	7	2	7
Input Bias Current $I_{BI} (+)$ or $I_{BI} (-)$ , $T_A = 25^\circ C$ , $V_{CM} = 0V$ , (Note 6)		20	50	45	100	45	150	45	250	45	250
Input Offset Current $I_{IO} (+)$ - $I_{IO} (-)$ , $V_{CM} = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$		2	10	5	80	3	30	5	50	5	50
Input Common-Mode Voltage Range (LM2904, $V_{CC} = 28V$ , $T_A = 25^\circ C$ )		0	$V_{CC} - 1.5$	0	$V_{CC} - 1.5$	0	$V_{CC} - 1.5$	0	$V_{CC} - 1.5$	0	$V_{CC} - 1.5$
Supply Current $V_{CC} = 5V$		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		0.5	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2

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

ESD Tolerance (Note 10) 250V

Electrical Characteristics (Continued)  $V^+ = +5.0V$ , Note 4, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			LM358			LM2504			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$ , $T_A = 25^\circ C$ , $R_L = 2k\Omega$ , $f = 100Hz$ , $V_{in} = 1V$ to 11V	50	100		25	100		50	100		25	100		25	100		V/mV
		70	85		65	85		70	85		55	85		50	70		dB
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ C$ , $V_{CM} = 0V$ to $1.5V$																dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2504, $V^+ = 5V$ to $28V$ ), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-Available Coupling	$f = 1kHz$ to $20kHz$ , $T_A = 25^\circ C$ (Input Referenced, Note 8)			-120			-120						-120				dB
Output Current: Source	$V_{in} = 1V$ , $V_{out} = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 2V$ , $T_A = 25^\circ C$	23	40		20	40		20	40		20	40		20	40		mA
		10	20		10	20		10	20		10	20		10	20		mA
Output Current: Sink	$V_{in} = 1V$ , $V_{out} = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $T_A = 25^\circ C$ , $V_O = 2V$	12	50		12	50		12	50		12	50		12	50		mA
		40	60		40	60		40	60		40	60		40	60		mA
Short Circuit to Ground	$T_A = 25^\circ C$ (Note 2), $V^+ = 15V$			5			5			7			9				mA
Input Offset Voltage (Note 5)																	mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$				7	20		7									$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{in} = I_{in(-)}$			90			75			+100			150				nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$			10	200		10	300		10			10				$\mu A/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{in} = I_{in(-)}$			40	100		40	200		40			40				nA

Electrical Characteristics (Continued)  $V_I = +5.5V$ , Note 4, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM158/LM258			LM558			LM258A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Common-Mode Voltage Range	$V_I = -30V$ (Note 1) (LM258A, $V_I = -25V$ )	0	$V_I - 2$	0	$V_I - 2$	0	$V_I - 2$	0	$V_I - 2$	0	$V_I - 2$	$V_I - 2$	V	
Large Signal Voltage Gain	$V_I = -15V$ $V_O = 1V$ to $11V$ $R_L \geq 2k\Omega$	25		15	25		15		15		15	$V/mV$		
Circuit Voltage Swing	$V_{OH}$ $V_I = -15V$ , $R_L = 2k\Omega$ , $R_F = 10k\Omega$ (LM258A, $V_I = -25V$ )	25		25	25		25		25		25	V		
	$V_{OL}$ $V_I = -15V$ , $R_L = 10k\Omega$	5		20	5		20		5		20	mV		
Output Current	Source $V_{IN} = -1V$ , $V_{OUT} = 0V$ $V_I = -15V$ , $V_O = 2V$	10		20	10		20		10		20	mA		
	Sink $V_{IN} = -1V$ , $V_{OUT} = 0V$ $V_I = -15V$ , $V_O = 2V$	10		15	5		8		5		8	mA		

Note 1: For operating at high temperatures, the LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

Note 2: Input circuitry from the common-mode voltage range is not guaranteed. When operating above ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of the input signal. The input common-mode voltage range is not guaranteed. The LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

Note 3: The input common-mode voltage range is not guaranteed. The LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

Note 4: The input common-mode voltage range is not guaranteed. The LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

Note 5: The input common-mode voltage range is not guaranteed. The LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

Note 6: The input common-mode voltage range is not guaranteed. The LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

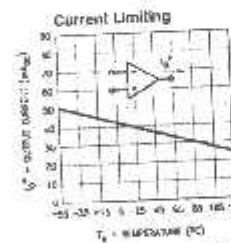
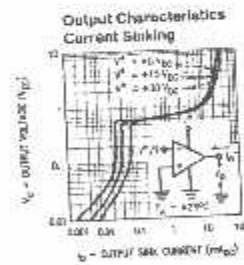
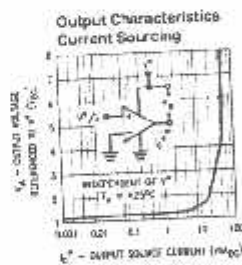
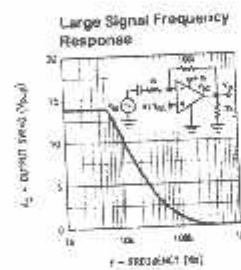
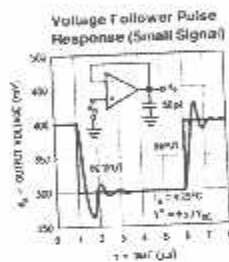
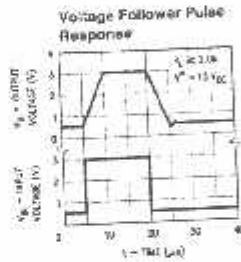
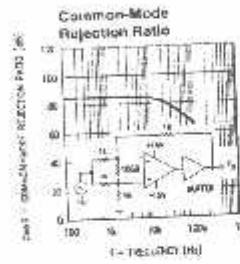
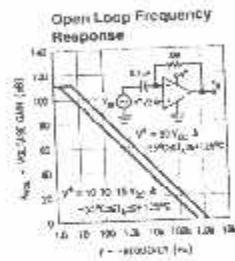
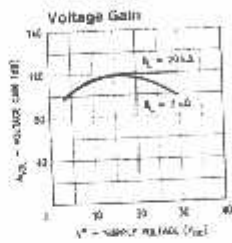
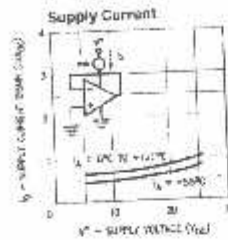
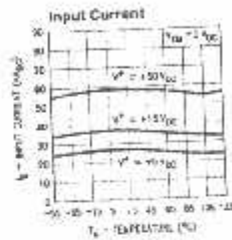
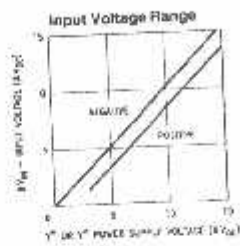
Note 7: The input common-mode voltage range is not guaranteed. The LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

Note 8: The input common-mode voltage range is not guaranteed. The LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

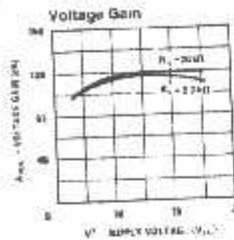
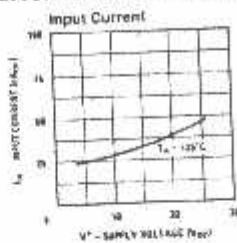
Note 9: The input common-mode voltage range is not guaranteed. The LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

Note 10: The input common-mode voltage range is not guaranteed. The LM258/LM258A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) and LM558/LM558A (which must be derated to a maximum of 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W which applies to the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air stream) can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The derivation is the ratio of the ambient temperature to the junction temperature, where possible, to allow the user to adjust the power which is dissipated in the negative circuit.

# Typical Performance Characteristics



## Typical Performance Characteristics (Continued) (LM2902 only)



TL041/102-1

### Application Hints

The LM2902 series op amp which operates with only a single power supply voltage, have true differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0 VDC. These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25°C amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3 VDC.

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an anemad current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than  $V^+$  without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than  $-0.3 V_{DC}$  (at 25°C). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply current drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current beam transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistors for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion. Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or reactive loads should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

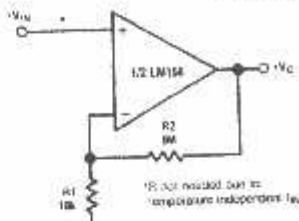
The bias network of the LM158 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of 3 VDC to 30 VDC.

Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting output short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of  $V^+/2$ ) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

## Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ )

Non-Inverting DC Gain (0V Input - 0V Output)

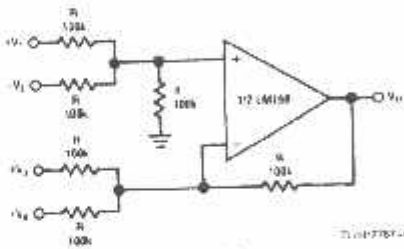


TL497281-6



TL497281-7

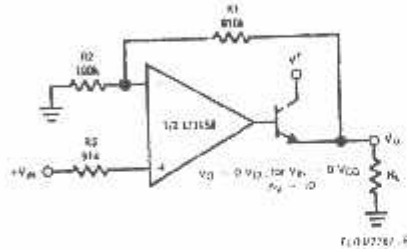
DC Summing Amplifier ( $V_{IN'S} > 0 V_{DC}$  and  $V_O > 0 V_{DC}$ )



TL497281-8

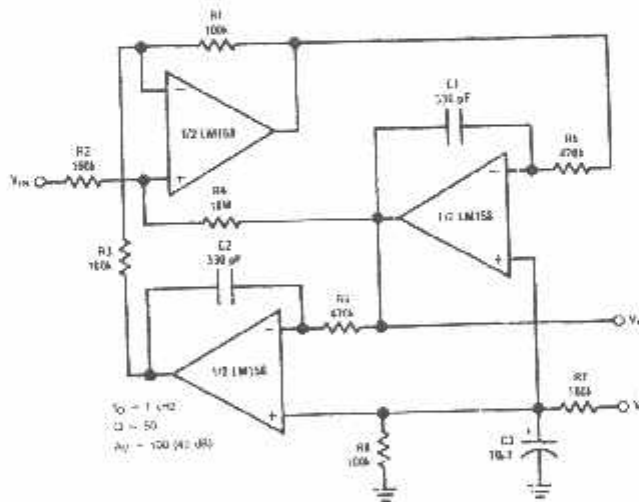
Where:  $V_O = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$   
 $V_1 = 420 \text{ mV}$ ,  $V_2 = 540 \text{ mV}$ ,  $V_3 = 100 \text{ mV}$ ,  $V_4 = 800 \text{ mV}$

Power Amplifier



TL497281-9

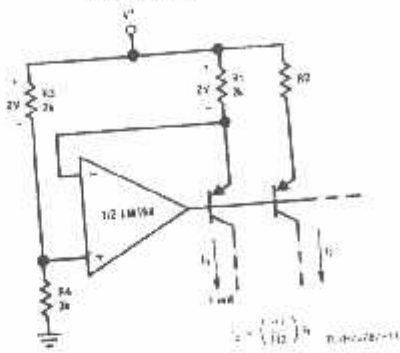
"BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter



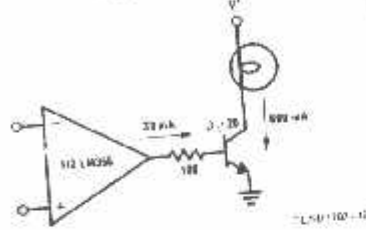
TL497281-10

# Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0\text{ V}_{DC}$ ) (Continued)

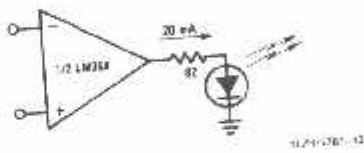
Fixed Current Sources



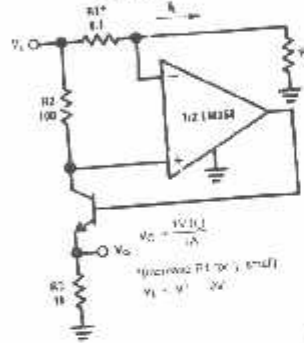
Lamp Driver



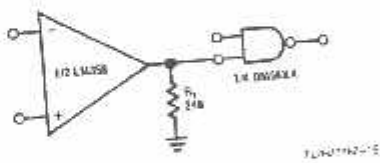
LED Driver



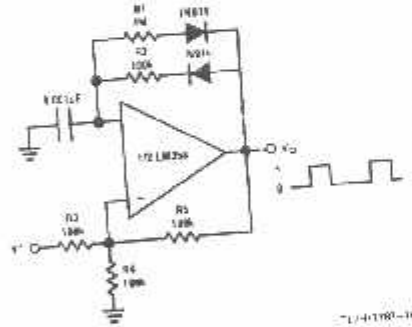
Current Monitor



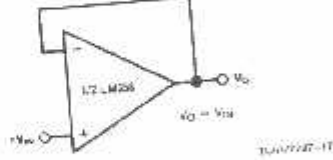
Driving TTL



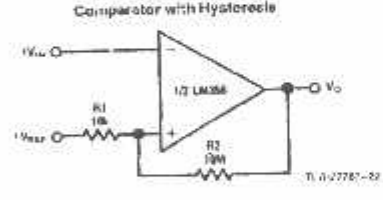
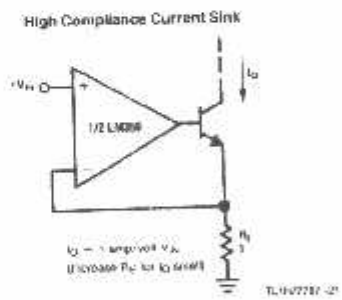
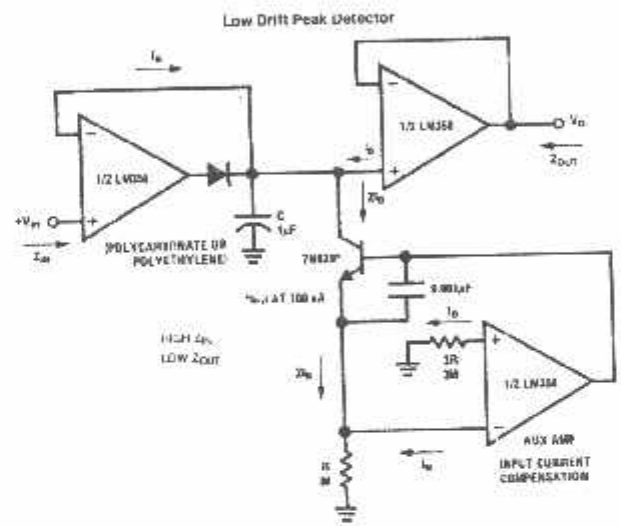
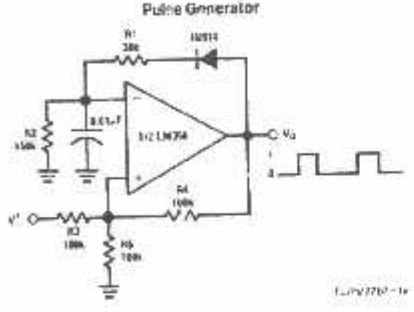
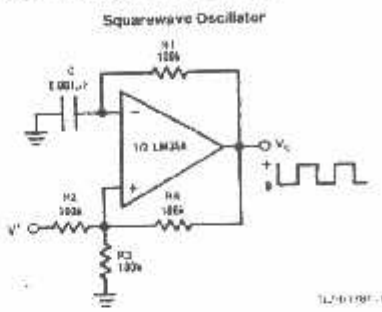
Pulse Generator



Voltage Follower



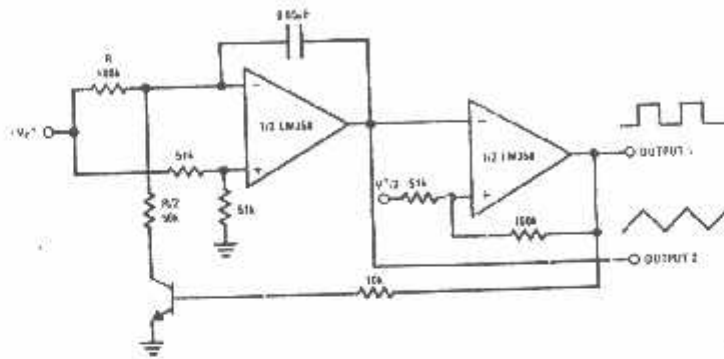
Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{CC}$ ) (Continued)





Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{CC}$ ) (Continued)

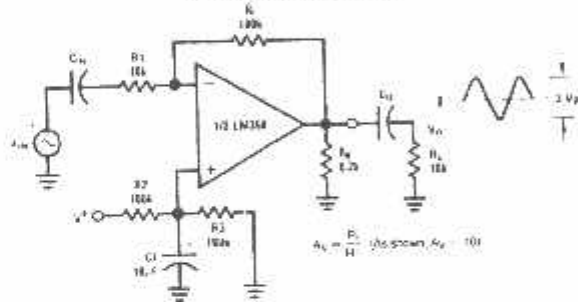
Voltage Controlled Oscillator (VCO)



TL47707-23

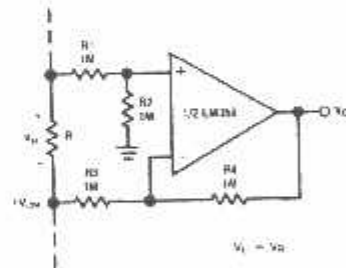
\*WIDE CONTROL VOLTAGE RANGE: 0 Vcc < Vc < 2 Vcc; 1.5V cc

AC Coupled Inverting Amplifier



TL47707-24

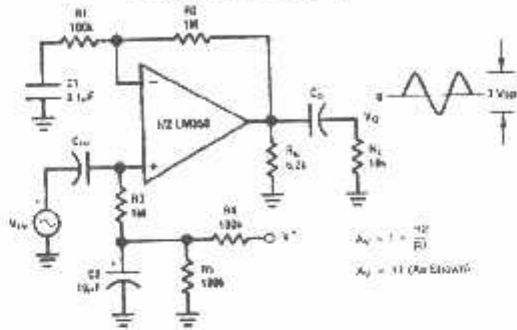
Ground Referencing a Differential Input Signal



TL47707-25

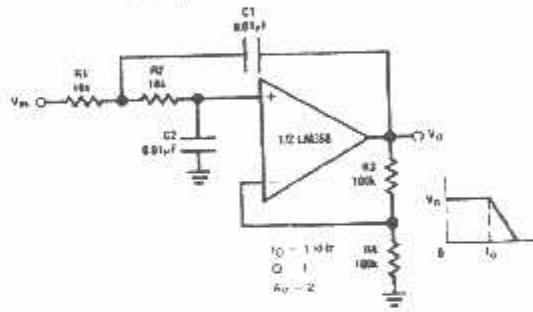
Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 \text{ V}_{DC}$ ) (Continued)

AC-Coupled Non-Inverting Amplifier



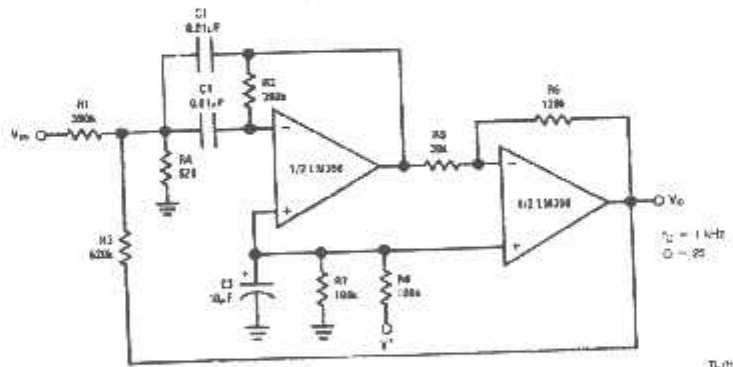
TL091182-18

DC-Coupled Low-Pass RC Active Filter



TL091182-17

Bandpass Active Filter



TL091182-28

Typical Single-Supply Applications ( $V_{CC} = 5.0 \text{ V}_{DC}$ ) (Continued)

High Input Z, DC Differential Amplifier

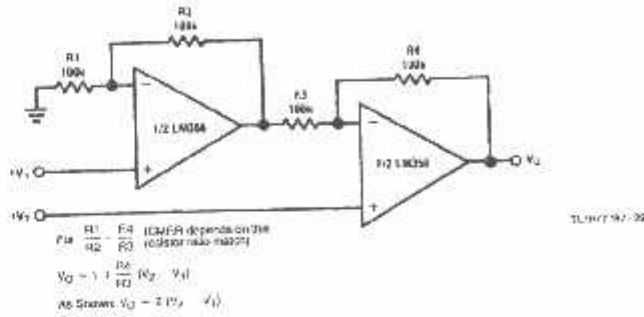
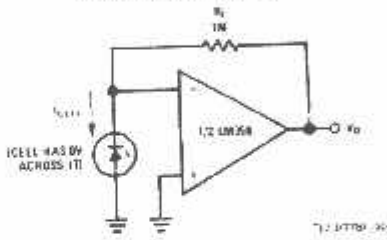
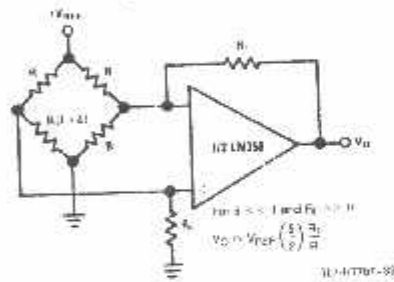


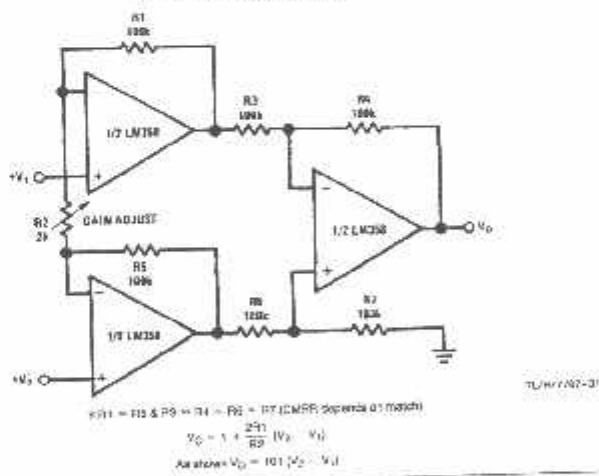
Photo Voltaic-Cell Amplifier



Bridge Current Amplifier

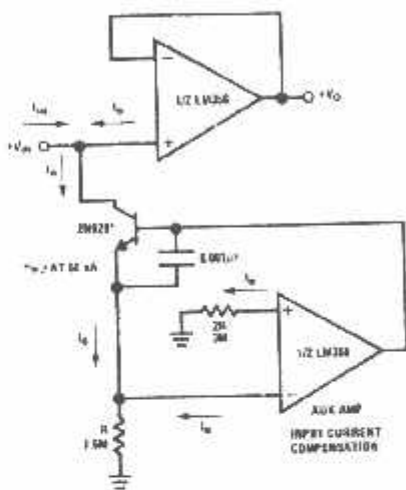


High Input Z, Adjustable-Gain DC Instrumentation Amplifier



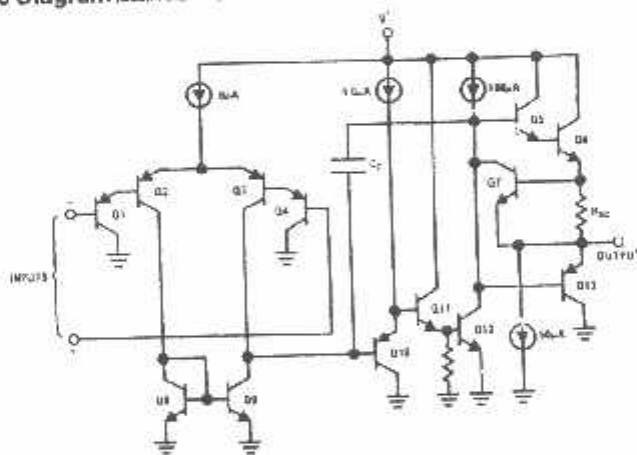
**Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.2 V_{CC}$ ) (Continued)**

Using Symmetrical Amplifiers to Reduce Input Current (General Concept)



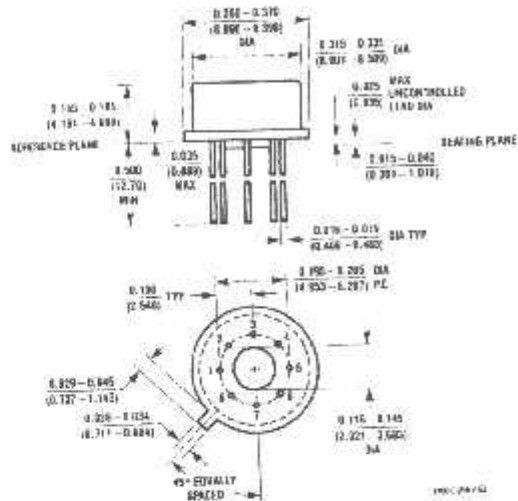
11-4-7707-22

**Schematic Diagram (Each Amplifier)**



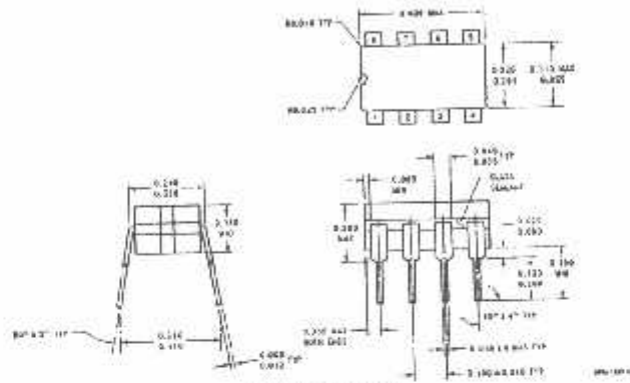
TL04761-B

Physical Dimensions inches (millimeters)

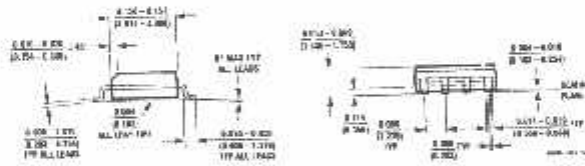
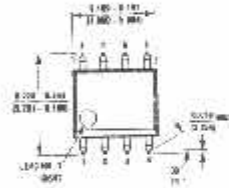


Metal Can Package (H)  
 Order Number LM158AH, LM158AH/883, LM158H,  
 LM158H/883, LM258H or LM358H  
 NS Package Number H06C

**Physical Dimensions** inches (millimeters) (Continued)



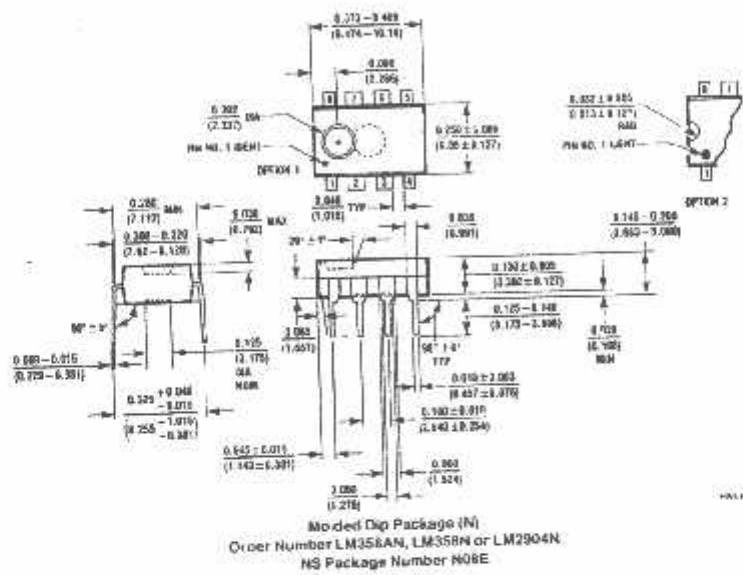
**CerDip Package (J)**  
 Order Number LM158J, LM158J/883, LM158AJ or LM158AJ/883  
 NS Package Number J06A



**S.O. Package (M)**  
 Order Number LM358M, LM358AM or LM2904M  
 NS Package Number M09A

LM158/LM258/LM358/LM2904  
Low Power Dual Operational Amplifiers

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

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

<p><b>National Semiconductor Corporation</b> 1111 West Bayshore Road Sunnyvale, CA 94087 Tel: (408) 272-6600 Fax: (408) 737-0000</p>	<p><b>National Semiconductor Europe</b> Fax: (0-49) 3-199-590 65 86 E-mail: europe@ns.com Contact: Tel: (49) 0-89-924 65 85 Frankfurt Tel: (49) 0-189-532 73 33 Munich Tel: (49) 0-89-254 15 80</p>	<p><b>National Semiconductor Hong Kong Ltd.</b> 1177, Yue Kwai Street, Queen's Garden, Canton Rd Kowloon, Kowloon Hong Kong Tel: (852) 2722-1800 Fax: (852) 2722-2288</p>	<p><b>National Semiconductor Japan, Inc.</b> Tel: 01-263-291-2300 Fax: 01-263-290-7408</p>
--	---	---	--

© 1992 National Semiconductor Corporation. All rights reserved. National Semiconductor is a registered trademark of National Semiconductor Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners.

Teknik Interface 7

## Mengatur daya secara 'phase control' dengan MCS51

TRIAC merupakan saklar elektronik yang sangat ideal untuk mengatur daya arus bolak-balik. Kombinasi TRIAC dan mikrokontroler menghasilkan sistem pengaturan daya yang sangat fleksible dan akurat.

Rangkaian dasar pemakaian TRIAC terlihat dalam Gambar 1a. Kaki MT1 dan MT2 merupakan saklar yang mengatur aliran arus beban yang berasal dari sumber tegangan bolak-balik (AC). Dalam keadaan normal kaki MT1 dan MT2 tidak terhubung, sehingga tidak ada arus beban yang mengalir. Saat ada arus gate mengalir, MT1 akan terhubung ke MT2 dan mengalirkan arus beban.

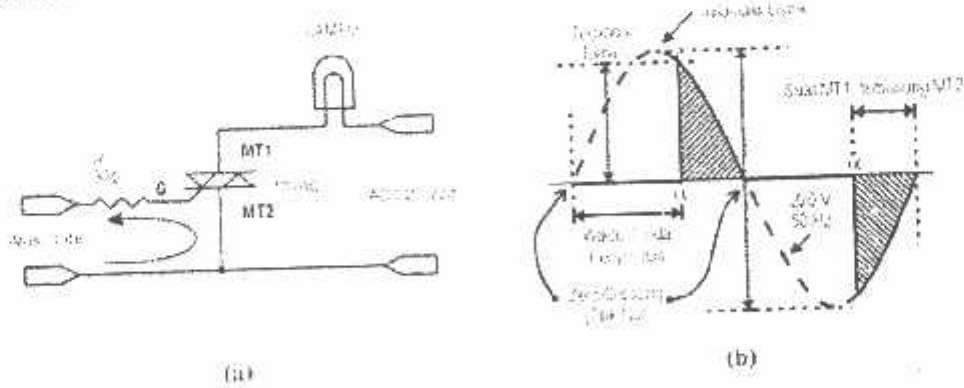
Arus Gate hanya diperlukan untuk menghubungkan MT1 dan MT2, setelah itu MT1 akan tetap terhubung ke MT2 meskipun sudah tidak ada arus gate lagi. Pemberian arus gate sesaat untuk menghubungkan MT1 dan MT2 dikatakan sebagai menyulut (men-trigger) TRIAC.

MT1 terhubung terus ke MT2 selama arus beban yang mengalir lebih besar dari arus minimum (holding current) sesuai dengan karakteristik masing-masing TRIAC.

Mengingat sumber daya yang dipakai berasal dari tegangan bolak-balik, pada daerah titik nol (zero crossing) dari tegangan bolak-balik (lihat Gambar 1b), arus beban yang mengalir akan mengecil sampai kurang dari arus minimum yang diperlukan, akibatnya hubungan antara MT1 dan MT2 akan terputus dengan sendirinya.

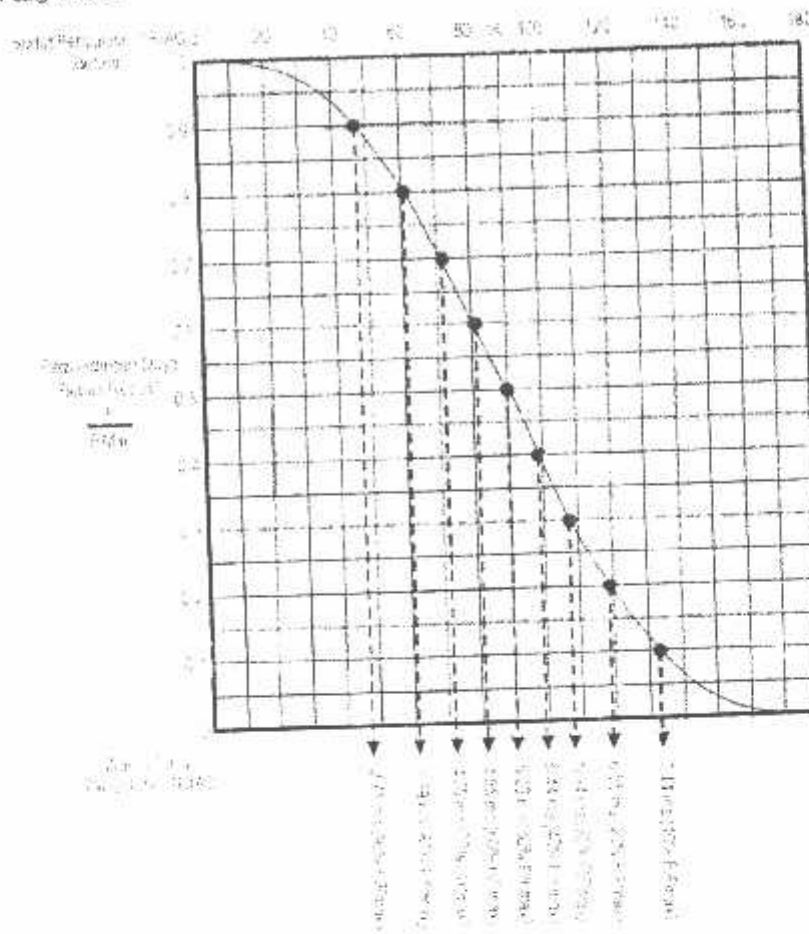
Daya yang disalurkan ke beban tergantung pada lamanya MT1 terhubung ke MT2 setiap setengah periode tegangan sinus dari jala-jala listrik, yakni bagian yang di-arsir dalam Gambar 1b, pada saat-saat itulah beban menerima daya. Dengan demikian, daya yang disalurkan ke beban bisa diatur dengan mengatur waktu tunda saat penyulutan TRIAC, terhitung mulai saat tegangan sinus jala-jala listrik mencapai titik nol. Teknik pengaturan daya semacam ini dikatakan sebagai teknik phase control.

Grafik pada Gambar 2 menggambarkan hubungan antara waktu tunda penyulutan dengan daya yang disalurkan ( $P$ ) dibagi dengan daya maksimum ( $P_{max}$ ). Dengan waktu tunda 0 mili-detik,  $P/P_{max}$  mencapai 1.0 artinya semua daya disalurkan ke beban. Untuk frekuensi jala-jala listrik 50 Hz, waktu tunda maksimum adalah 10 mili-detik, saat itu  $P/P_{max}$  bernilai 0 artinya tidak ada daya yang disalurkan. Hubungan waktu tunda dengan nilai  $P/P_{max}$  tidak linear, skala bagian bawah dari grafik Gambar 2 memperlihatkan nilai waktu tunda untuk memperoleh berbagai nilai  $P/P_{max}$ .



Gambar 1  
Dasar pengaturan daya dengan TRIAC





Gambar 2  
Grafik waktu tunda vs P/Pmax

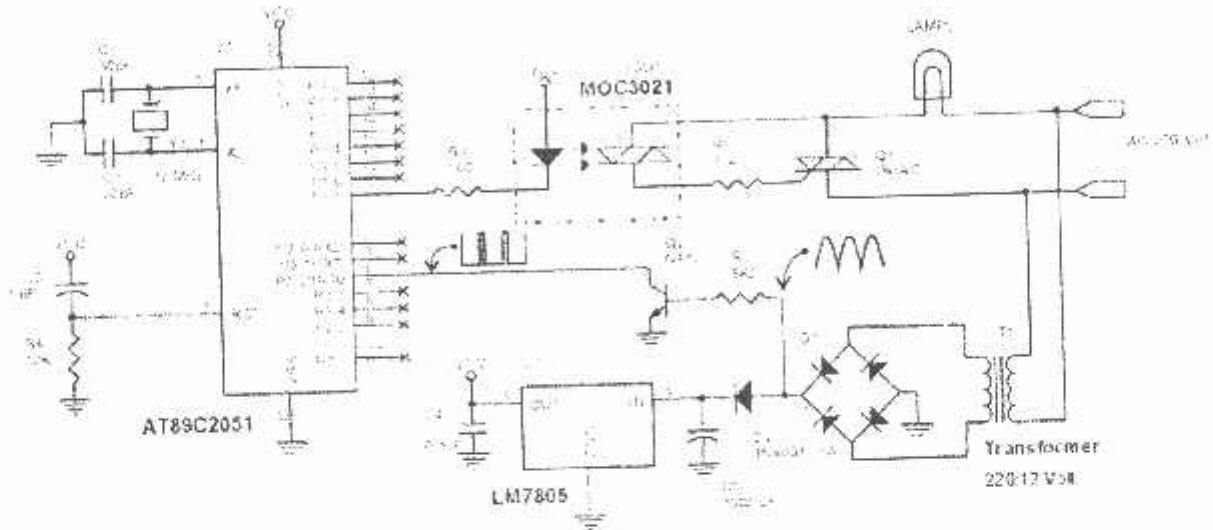
### Teknik Phase Control dengan MCS51

Gambar 3 memperlihatkan rangkaian pengaturan daya dengan teknik *Phase Control*. Rangkaian ini terdiri dari 3 bagian, bagian pertama bagian *mikrokontroler*, kedua adalah bagian *saklar pengatur daya*, ketiga merupakan rangkaian *pemantau titik nol tegangan jala-jala listrik*. Bagian pertama meliputi IC AT89C2051 berikut dengan rangkaian pelengkapannya, yakni rangkaian osilator kristal yang dibentuk dari C1, C2 dan Y1 serta rangkaian reset C3 dan R4. Bagian saklar pengatur daya dibentuk dengan R1, ISO1 MOC3021, R2, TRIAC Q1 dan Lampu sebagai beban. Bagian ini langsung berhubungan dengan sumber tegangan jala-jala listrik 220 Volt, agar tegangan jala-jala terpisah dari bagian lainnya, dipakai Opto Isolator MOC3021 untuk menghubungkan AT89C2051 dengan TRIAC.

Bagian input dari MOC3021 merupakan LED yang dinyalakan-padamkan oleh AT89C2051 lewat resistor R1, instruksi CLR P1.7 akan mengakibatkan Port 1.7 menyalurkan arus dari Vcc lewat LED dan R1 ke ground sehingga LED menyala. Cahaya LED mengakibatkan Diac di bagian output MOC3021 menjadi 'on' dan mengalir arus gate TRIAC Q1 lewat resistor R2, selanjutnya TRIAC akan 'on' dan lampu akan menyala. Agar bisa menentukan waktu tunda dengan tepat untuk mendapatkan hasil pengaturan daya yang akurat,

mikrokontroler harus mengetahui saat *titik nol* (*zero crossing*) dari tegangan jala-jala listrik. Bagian ketiga merupakan rangkaian *pemantau titik nol tegangan jala-jala listrik* yang dibentuk dengan transistor NPN Q2, resistor R3 dan diode D2.

Rangkaian ini di-'tempel'-kan pada rangkaian catu daya dengan cara me-'nyisip'-kan Diode D2 antara jembatan diode D1 dan kapasitor C5, maksudnya agar tegangan pada ujung kanan resistor R3 masih berupa tegangan searah yang belum diratakan. Tegangan ini setelah lewat transistor NPN Q2 berubah bentuk menjadi gelombang kotak yang diumpangkan ke kaki P3.0/INT0 (kak: 6) AT89C2051. Setiap kali tegangan jala-jala listrik mulai meninggalkan titik nol, gelombang kotak akan berubah dari '1' menjadi '0' yang merupakan sinyal permintaan interupsi bagi AT89C2051.



Gambar 3  
Phase Control dengan AT89C2051

Program untuk pengaturan daya dengan teknik phase control ini terlihat dalam Program 1. Baris 01 sampai 06 pada Program 1 menentukan sistem kerja dari AT89C2051, yakni saat reset AT89C2051 menjalankan rutin *start*, saat menerima permintaan interupsi titik nol yang diumpangkan ke INT0 menjalankan ISR (*Interrupt Service Routine - Rutin Layanan Interupsi*) *TitikNol*, saat menerima permintaan interupsi *timer0* menjalankan ISR *Penyulutan*.  
Rutin *start* terdiri dari 2 bagian, yakni baris 09 sampai dengan 13 yang berfungsi mempersiapkan kerja dari AT89C2051, persiapan tersebut antara lain meliputi menentukan *timer0* bekerja dengan mode 1 (baris 9), mengaktifkan sistem interupsi INT0 (baris 10) dan menentukan yang dianggap sebagai sinyal permintaan interupsi INT0 adalah perubahan tegangan '1' ke '0' (baris 11) dan mengaktifkan sistem interupsi AT89C2051 (baris 12).  
Faktor penentuan daya beban ( $P/P_{max}$ ) disimpan dalam register *a*, dalam contoh program ini ditentukan  $P/P_{max}=0,5$  (baris 13).  
Bagian kedua dari rutin *start* adalah bagian utama program ini. Karena Program 1 hanyalah sebagai contoh maka program utama ini hanyalah terdiri dari *loop \**, yakni hanya berputar-putar pada baris 14. Untuk pemakaian yang sesungguhnya baris 14 ini dikembangkan sesuai dengan keperluan sistem.  
ISR *TitikNol* merupakan bagian yang menentukan waktu tunda penyulutan, bagian ini terletak di baris

16 sampai 27 dan baris 30 sampai 34.

Baris 30 sampai 34 merupakan tabel waktu tunda untuk menghasilkan daya  $P/P_{max}$  mulai dari 0; 0,1; 0,2 sampai 1,0, nilai yang tersimpan dalam tabel ini adalah nilai yang harus diisi ke Timer0 untuk menghasilkan waktu tunda sesuai dengan Grafik Gambar 2, dengan catatan AT89C2051 bekerja pada frekuensi kristal 12 MHz. Setiap nilai di dalam tabel terdiri dari bilangan biner 16 bit yang disimpan dalam 2 byte memori.

Baris 17 menyiapkan alamat tabel WaktuTunda pada DPTR, untuk dipakai pada baris 19 dan 23. Baris 18 sampai 20 mengambil isi tabel WaktuTunda byte pertama dan diisi ke TLO, byte kedua diambil dan diisi ke TH0 pada baris 21 sampai 24. Pengambilan-pengambilan itu berdasarkan nilai  $P/P_{max}$  yang sebelumnya sudah disimpan dalam register B.

Setelah TLO dan TH0 diisi, Timer 0 dihidupkan (Baris 25) dan sistem interupsi Timer 0 diaktifkan pada baris 26, agar beberapa mili-detik kemudian Timer 0 bisa meng-interupsi AT89C2051 untuk menyulut TRIAC.

ISR Penyulutan terletak di baris 36 sampai 42. Mula-mula Timer 0 dihentikan (baris 37) dan sistem interupsi Timer 0 dimatikan (baris 38). Baris 39 menyalakan LED dalam chip MCC3021, baris 40 menunggu sekitar 1 mikro-detik dan LED dimatikan pada baris 41.

### Program 1 - Pengaturan daya secara phase control

```

01:   ORG $0
02:   LJMP Start      ; Program Utama
03:   ORG $3
04:   LJMP TitikNol  ; Pemantau titik nol
05:   ORG $B
06:   LJMP Penyulutan ; Menyulut TRIAC
07:   ;
08:   Start:
09:   MOV  TMOD,#1    ; Mode kerja Timer0
10:   SETB EX0        ; interupsi INT0
11:   SETB IT0        ; transisi '1' ke '0'
12:   SETB EA        ; aktifkan sistem interupsi
13:   MOV  B,#5       ; P/Pmax = 0,5
14:   SJMP *         ; program utama
15:   ;
16:   TitikNol:
17:   MOV  DPTR,#WaktuTunda
18:   MOV  A,B        ; nilai P/Pmax
19:   MOVC A,@A+DPTR ; ambil nilai tunda
20:   MOV  TLO,A      ; simpan ke Timer0
21:   MOV  A,B        ; nilai P/Pmax
22:   INC  A          ; byte ke 2
23:   MOVC A,@A+DPTR ; ambil nilai tunda
24:   MOV  TH0,A     ; simpan ke Timer0
25:   SETB TR0       ; hidupkan Timer0
26:   SETB ET0       ; aktifkan interupsi Timer0
27:   RETI
28:   ;
29:   *** Tabel waktu tunda
30:   WaktuTunda:
31:   DW  $FFFF-1000,$FFFF-7440,$FFFF-6550
32:   DW  $FFFF-5940,$FFFF-5400,$FFFF-5000
33:   DW  $FFFF-4550,$FFFF-4050,$FFFF-3380
    
```

Mengatur daya secara 'phase control' dengan MCS51

```
34: DW $FFFF-2710
35: ;
36: Penyulutan:
37: CLR TR0 ; hentikan Timer0
38: CLR ET0 ; tanpa interupsi Timer0
39: CLR P1.7 ; hidupkan LED MOC3021
40: NOP ; tunggu sebentar
41: SETB P1.7 ; matikan LED MOC3021
42: RETI
```

Budhy Sutanto

FIRST RELEASE 5 MARCH 2002

## LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TC-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

### Features

- Calibrated directly in  $^\circ\text{Celsius}$  (Centigrade)
- Linear  $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^\circ\text{C}$ )
- Rated for full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for  $1\ \text{mA}$  load

### Typical Applications

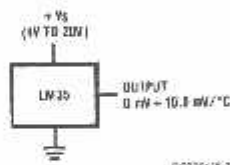
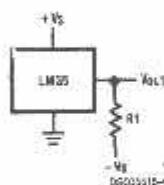


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )

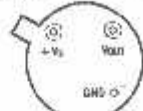


Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$   
 $V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

## Connection Diagrams

**TO-46**  
Metal Can Package\*



**BOTTOM VIEW**  
(2002510-1)

\*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
See NS Package Number H03H

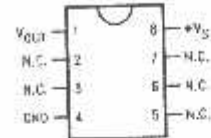
**TO-92**  
Plastic Package



**BOTTOM VIEW**  
(2002510-2)

Order Number LM35CZ,  
LM35CAZ or LM35DZ  
See NS Package Number Z03A

**SO-8**  
Small Outline Molded Package

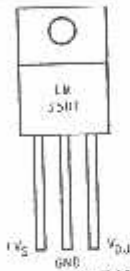


(2002510-2)

N.C. = No Connection

**Top View**  
Order Number LM35DM  
See NS Package Number M08A

**TO-220**  
Plastic Package\*



(2002510-2)

\*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35EP.

Order Number LM35DT  
See NS Package Number TA03F

**Absolute Maximum Ratings** (Note 10)

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

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package.	-60°C to +160°C
TO-92 Package.	-60°C to +150°C
SO-8 Package.	-65°C to +150°C
TO-220 Package.	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package.	300°C
(Soldering, 10 seconds)	

TO-92 and TO-220 Package.	260°C
(Soldering, 10 seconds)	
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$	
(Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

**Electrical Characteristics**

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$		$\pm 1.0$	°C
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	°C
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.18$		$\pm 0.35$	$\pm 0.15$		$\pm 0.3$	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 10.0$	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $I_{O1} \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 3.0$	mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67	114	μA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	58	116	μA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0	2.0	μA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	μA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_A = T_{MAX}$ for 1000 hours	$\pm 0.06$			$\pm 0.08$			°C

## Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.5$			$\pm 0.5$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$	$\pm 1.5$	$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	$\pm 0.8$			$\pm 0.8$			$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				$\pm 0.6$	$\pm 1.5$	$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.3$		$\pm 0.5$	$\pm 0.2$		$\pm 0.5$	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.8$ , $+10.2$		$+10.0$		$+9.8$ , $+10.2$	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.4$ $\pm 0.5$	$\pm 2.0$	$\pm 5.0$	$\pm 0.4$ $\pm 0.5$	$\pm 2.0$	$\pm 5.0$	mV/mA mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $4\text{V} < V_{\text{I}} \leq 30\text{V}$	$\pm 0.01$ $\pm 0.02$	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.01$ $\pm 0.02$	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	mV/V mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_{\text{S}} = +5\text{V}$ , $+25^\circ\text{C}$	56	80		56	80	138	$\mu\text{A}$
	$V_{\text{S}} = +5\text{V}$	105		158	91		138	$\mu\text{A}$
	$V_{\text{S}} = +30\text{V}$ , $+25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82	141	$\mu\text{A}$
	$V_{\text{S}} = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_{\text{S}} \leq 30\text{V}$ , $+25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0	3.0	$\mu\text{A}$
	$4\text{V} < V_{\text{S}} \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.7$	$+0.39$		$+0.7$	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	$+1.5$		$+2.0$	$+1.5$		$+2.0$	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_{\text{J}} = T_{\text{MAX}}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_{\text{J}} \leq +150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A,  $40^\circ\text{C} \leq T_{\text{J}} \leq +110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35D, and  $0^\circ\text{C} \leq T_{\text{J}} \leq 100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_{\text{S}} = +5\text{V}$  and  $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$ , in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from  $12^\circ\text{C}$  to  $T_{\text{MAX}}$  in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is  $400^\circ\text{C/W}$ , junction to ambient, and  $24^\circ\text{C/W}$ , junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is  $180^\circ\text{C/W}$ , junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is  $220^\circ\text{C/W}$ , junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is  $90^\circ\text{C/W}$ , junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in  $^\circ\text{C}$ ).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the least fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

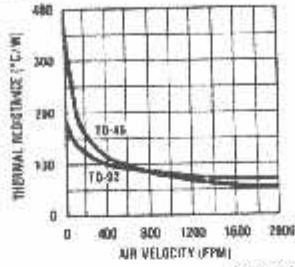
Note 11: Human body model,  $100 \text{ pF}$  discharged through a  $1.5 \text{ k}\Omega$  resistor.

Note 12: See AN-150 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

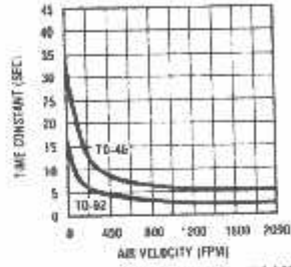


## Typical Performance Characteristics

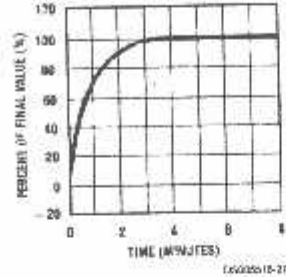
### Thermal Resistance Junction to Air



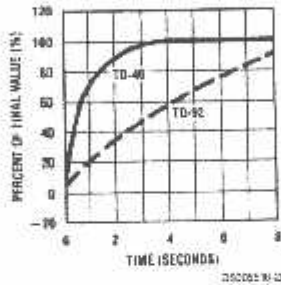
### Thermal Time Constant



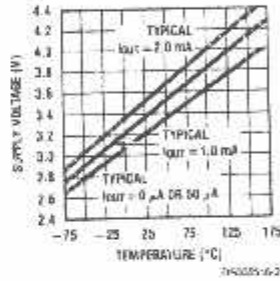
### Thermal Response in Still Air



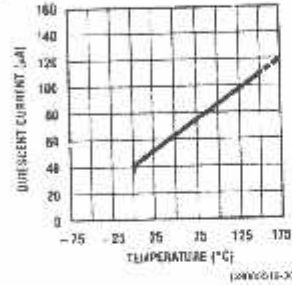
### Thermal Response in Stirred Oil Bath



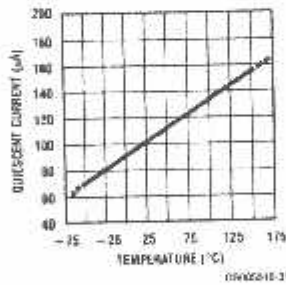
### Minimum Supply Voltage vs. Temperature



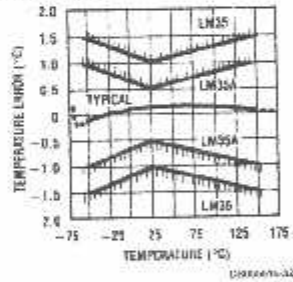
### Quiescent Current vs. Temperature (in Circuit of Figure 1.)



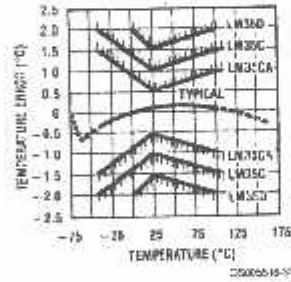
### Quiescent Current vs. Temperature (in Circuit of Figure 2.)



### Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)

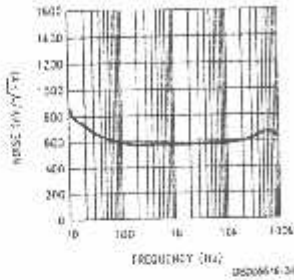


### Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)

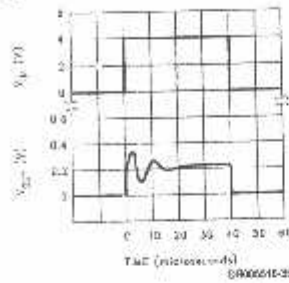


## Typical Performance Characteristics (Continued)

### Noise Voltage



### Start-Up Response



## Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature: if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small light-weight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

## Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistances, $\theta_{JA}$ )

	TO-46, no heat sink	TO-46*, small heat fin	TO-92, no heat sink	TO-92**, small heat fin	SO-8 no heat sink	SO-8*, small heat fin	TO-220 no heat sink
Still air	400°C/W	100°C/W	120°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	90°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	25°C/W
Still oil	190°C/W	40°C/W	80°C/W	70°C/W			
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W			

(Clamped to metal,

infinitely heat sink)

(24°C/W)

(55°C/W)

\*Weberfield type 201, or 1" disc of 0.020" steel brist, soldered to case, or similar.

\*\*TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

## Typical Applications

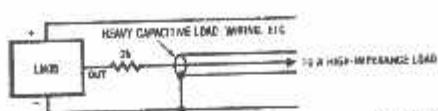


FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load

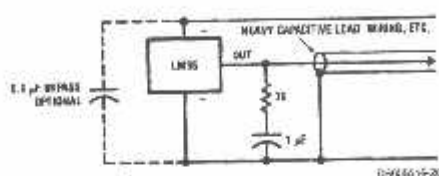


FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

### CAPACITIVE LOADS

Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pF without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, Figure 6 or Figure 8 it is relatively immune to wiring capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc. as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from  $V_{IN}$  to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figure 13, Figure 14, and Figure 16.

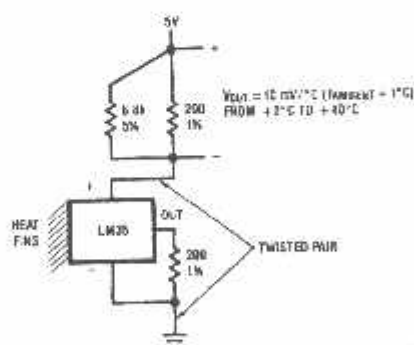


FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)

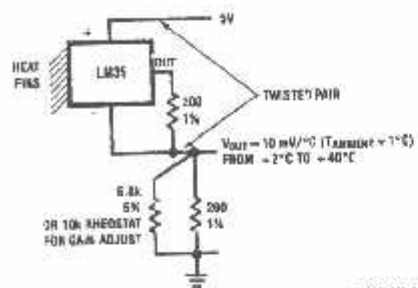


FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

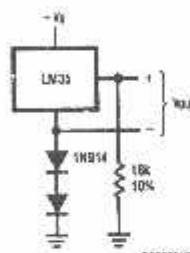


FIGURE 7. Temperature Sensor, Single Supply, -55° to +150°C

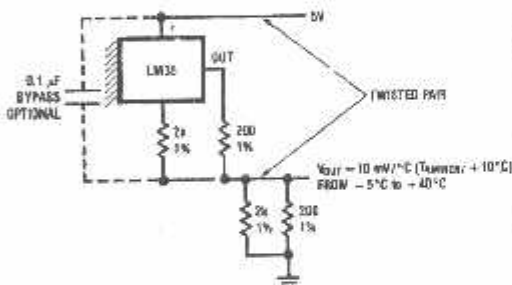


FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

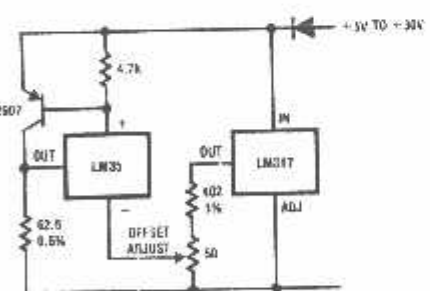
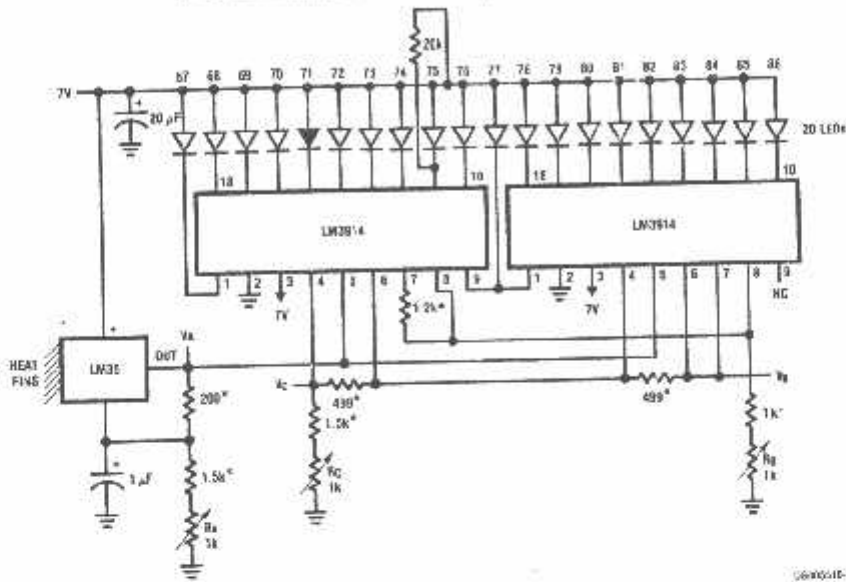


FIGURE 9. 4-To-20 mA Current Source (0°C to +100°C)





\* = 1% or 2% 50m resistor  
 Trim  $R_B$  for  $V_A = 3.075V$   
 Trim  $R_C$  for  $V_C = 1.855V$   
 Trim  $R_A$  for  $V_A = 0.075V + 100mV/C + T_{reference}$   
 Example,  $V_A = 2.275V$  at 22°C

FIGURE 15. Bar-Graph Temperature Display (Dot Mode)

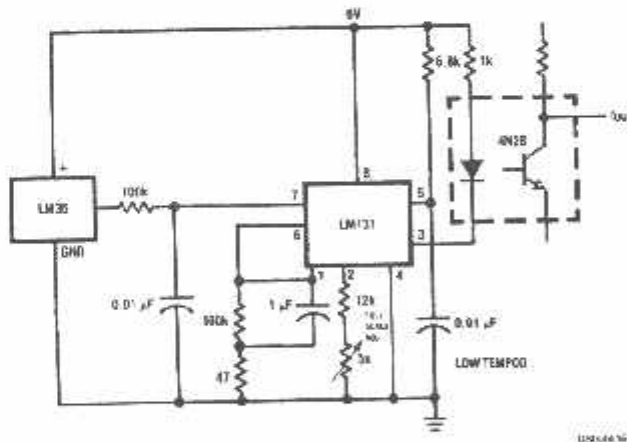
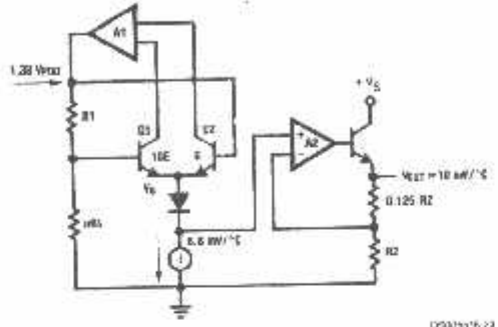
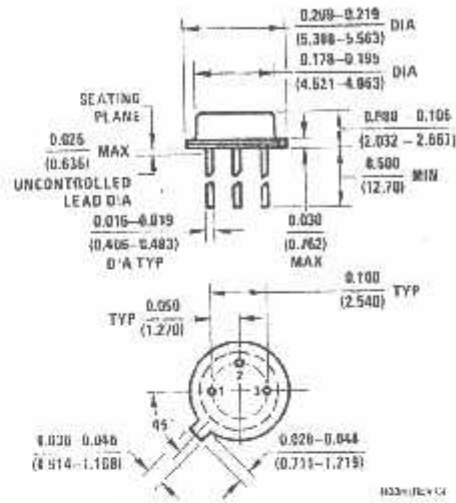


FIGURE 16. LM35 With Voltage-To-Frequency Converter And Isolated Output (2°C to +150°C; 20 Hz to 1500 Hz)

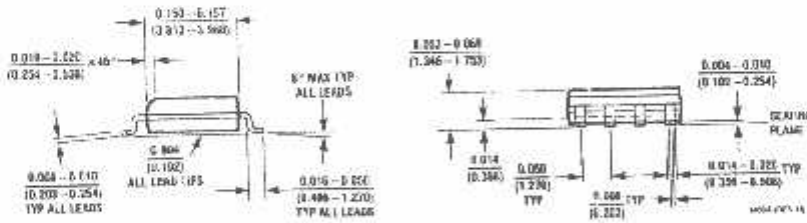
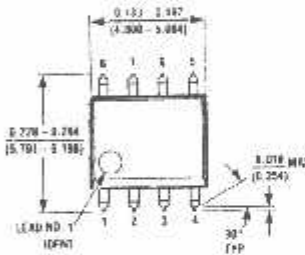
## Block Diagram



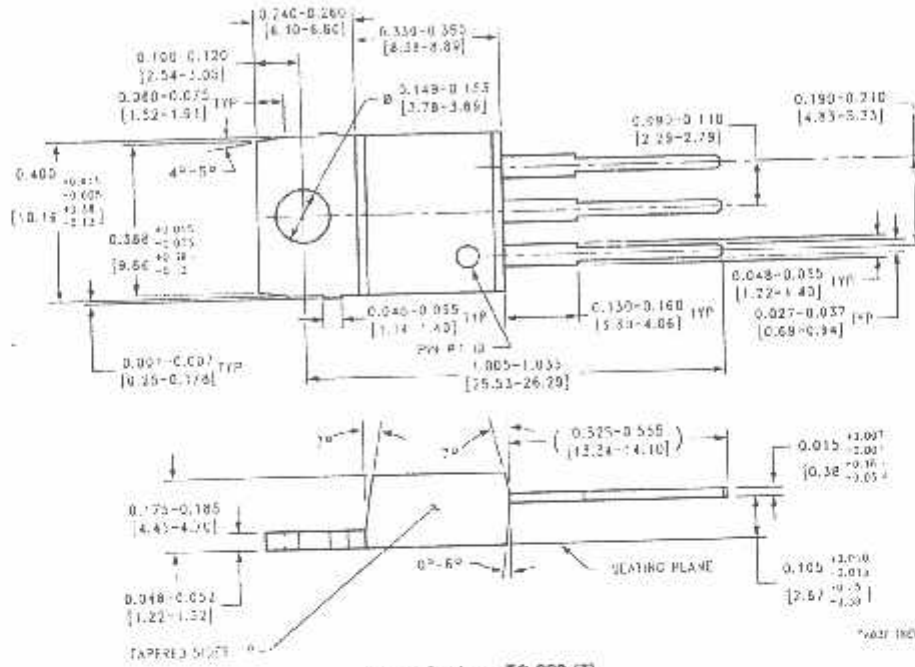
0002319-01

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted


TO-46 Metal Can Package (H)  
 Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,  
 LM35CAH, or LM35DH  
 NS Package Number H93H



SO-8 Molded Small Outline Package (M)  
 Order Number LM35DM  
 NS Package Number M08A

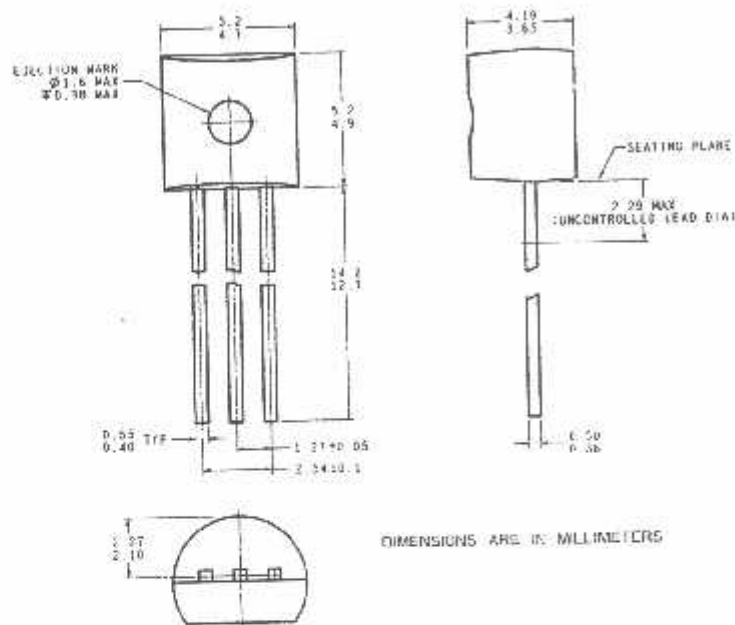
**Physical Dimensions** Inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)


Power Package TO-220 (T)  
Order Number LM35DT  
NS Package Number TA03F

\*6031 (REV. 4)



**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



TO-92 Plastic Package (Z)  
 Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ  
 NS Package Number Z03A

**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

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

**National Semiconductor Corporation**  
 Asia/Pacific  
 Tel: 1-800-274-4055  
 Fax: 1-835-737-7118  
 Email: support@nsc.com  
 www.national.com

**National Semiconductor Europe**  
 Fax: +49 (0) 180-530 35 56  
 Email: europe.support@nsc.com  
 Dusseldorf Tel: +49 (0) 69 8998 5206  
 English Tel: +44 (0) 670 24 0 2171  
 France Tel: +33 (0) 1 41 91 8750

**National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group**  
 Tel: 65 2044456  
 Fax: 65 2044455  
 Email: ap.support@nsc.com

**National Semiconductor Japan Ltd**  
 Tel: 81-3-5639-7560  
 Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right to alter, without notice, the circuitry and specifications.

## Features

- Compatible with MCS<sup>2</sup>-51 Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
  - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)
- Green (Pb/Halide-free) Packaging Option

## 1. Description

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

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



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

**AT89S51**

2487C-MICRO-03/05



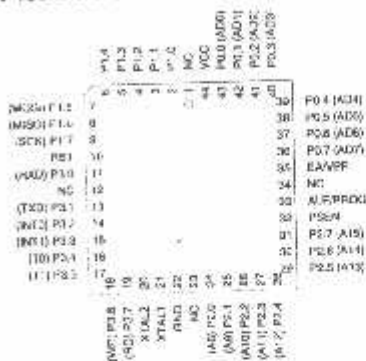


## 2. Pin Configurations

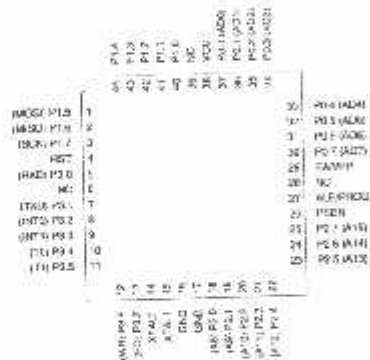
### 2.1 40-lead PDIP

P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	38	P0.0 (AD0)
P1.2	3	36	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	38	P0.3 (AD3)
(MCS) P1.5	6	39	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SC) P1.7	8	35	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RX) P3.0	10	31	EA/VP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT) P3.2	12	29	PSEN
(INT) P3.3	13	28	P2.7 (A19)
(IO) P3.4	14	27	P2.6 (A18)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A17)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A16)
(H) P3.7	17	24	P2.3 (A15)
XTAL2	18	23	P2.2 (A14)
XTAL1	19	22	P2.1 (A13)
GND	20	21	P2.0 (A12)

### 2.3 44-lead PLCC



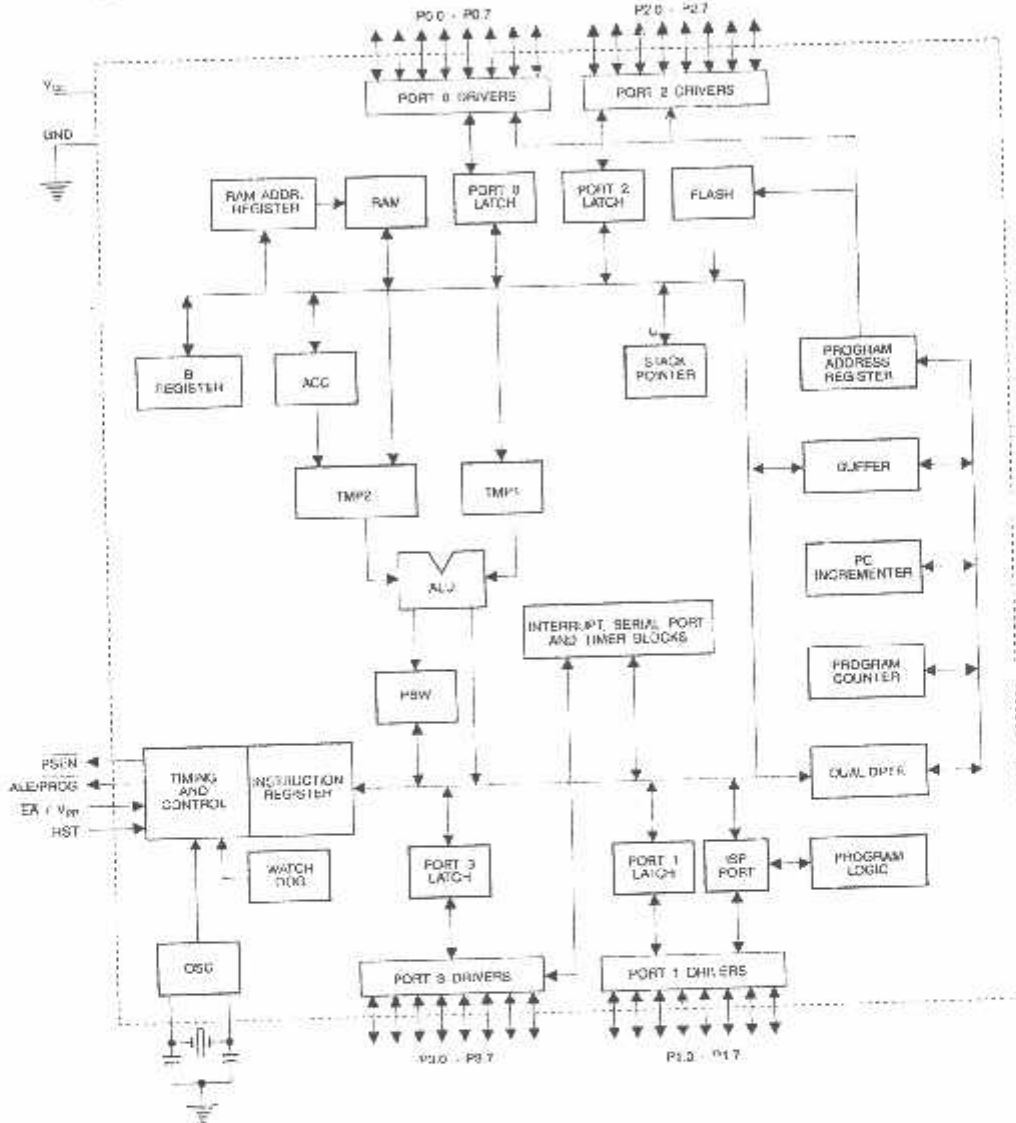
### 2.2 44-lead TQFP



### 2.4 42-lead PDIP



3. Block Diagram





## 4. Pin Description

### 4.1 VCC

Supply voltage (all packages except 42-PDIP).

### 4.2 GND

Ground (all packages except 42-PDIP; for 42-PDIP GND connects only the logic core and the embedded program memory).

### 4.3 VDD

Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the logic core and the embedded program memory.

### 4.4 PWRVDD

Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. The application board **MUST** connect both VDD and PWRVDD to the board supply voltage.

### 4.5 PWRGND

Ground for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. PWRGND and GND are weakly connected through the common silicon substrate, but not through any metal link. The application board **MUST** connect both GND and PWRGND to the board ground.

### 4.6 Port 0

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

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

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

### 4.7 Port 1

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

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

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

4.8 Port 2

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

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

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

4.9 Port 3

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

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

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

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

4.10 RST

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

4.11 ALE/PROG

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



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

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

#### 4.12 $\overline{\text{PSEN}}$

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

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

#### 4.13 $\overline{\text{EA}}/\text{VPP}$

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

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

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

#### 4.14 XTAL1

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

#### 4.15 XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier

### 5. Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 5-1.

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

Table 5-1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H										0F8H
0FCH	B 00000000									0FCH
0E8H										0E8H
0E0H	ACC 00000000									0E0H
0D3H										0D3H
0D0H	PSW 00000000									0D0H
0CBH										0CBH
0C0H										0C0H
0B8H	IP XX000000									0B8H
0B0H	P3 11111111									0B0H
0A8H	IE CX000000							WDRST XXXXXXXX		0A8H
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX00							0A0H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXXX								98H
90H	P1 11111111									90H
88H	TCON 00X00000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XX000000			88H
80H	P0 11111111	SP 00001111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 00000000		80H

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

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





Table 5-2. AUXR: Auxiliary Register

AUXR		Address = 8EH					Reset Value = XXX0XX0B	
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	WDIDLE	DISRTO	2	1	DISALE
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Reserved for future expansion							
DISALE	Disable/Enable ALE							
	DISALE							
	Operating Mode							
	0	ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency						
	1	ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction						
DISRTO	Disable/Enable Reset-out							
	DISRTO							
	0	Reset pin is driven High after WDT times out						
	1	Reset pin is input only						
WDIDLE	Disable/Enable WDT in IDLE mode							
	WDIDLE							
	0	WDT continues to count in IDLE mode						
	1	WDT halts counting in IDLE mode						

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

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

Table 5-3. AUXR1: Auxiliary Register 1

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

## 6. Memory Organization

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

### 6.1 Program Memory

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

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

### 6.2 Data Memory

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

## 7. Watchdog Timer (One-time Enabled with Reset-out)

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

### 7.1 Using the WDT

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 14-bit counter overflows when it reaches 16383 (3FFFH), and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least



every 16383 machine cycles. To reset the WDT the user must write 01EH and 0E1H to WDRST. WDRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When WDT overflows, it will generate an output RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse duration is  $98 \times TOSC$ , where  $TOSC = 1/FOSC$ . To make the best use of the WDT, it should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the time required to prevent a WDT reset.

## 7.2 WDT During Power-down and Idle

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

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

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

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

## 8. UART

The UART in the AT89S51 operates the same way as the UART in the AT89C51. For further information on the UART operation, please click on the document link below:

[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/DOC4316.PDF](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC4316.PDF)

## 9. Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S51 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51. For further information on the timers' operation, please click on the document link below:

[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/DOC4316.PDF](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC4316.PDF)

10. Interrupts

The AT89S51 has a total of five interrupt vectors: two external interrupts ( $\overline{INT0}$  and  $\overline{INT1}$ ), two timer interrupts (Timers 0 and 1), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 10-1.

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

Note that Table 10-1 shows that bit positions IE.6 and IE.5 are unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

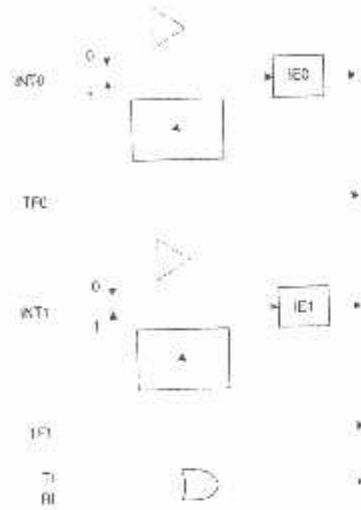
The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle.

Table 10-1. Interrupt Enable (IE) Register

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

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

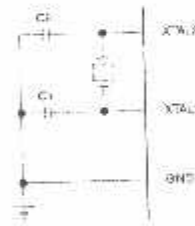
Figure 10-1. Interrupt Sources



## 11. Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 11-1. 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 11-2. 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.

Figure 11-1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 50 pF  $\pm$  10 pF for Crystals  
 = 40 pF  $\pm$  10 pF for Ceramic Resonators



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

Table 13-1. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

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

### 13. Power-down Mode

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

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

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

### 12. Idle Mode



Figure 11-2. External Clock Drive Configuration

Tegangan ini diperoleh dari pembagi tegangan  $R_{12}$  dan  $R_{13}$ . Jika pada  $R_{12}$  dan  $R_{13}$  diberikan nilai resistansi  $1k\Omega$  maka nilai tegangan referensinya.

$$V_{ref} = \frac{R_{13}}{R_{12} + R_{13}} \times V_{masukan\ maksimum} = \frac{1K\Omega}{1K\Omega + 1K\Omega} \times 5\text{ volt} = 2,5\text{ volt}$$

Kerja ADC 0804 akan optimum bila frekuensi *clock* yang digunakan sebesar 640 KHz (*datasheet*). Berdasarkan Persamaan (3-4) dengan menentukan R atau  $R_{14}$  sebesar  $10\text{ k}\Omega$  maka akan diperoleh nilai C atau  $C_4$  sebesar :

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

$$C = \frac{1}{1,1 \times 640 \cdot 10^3\text{ Hz} \times 10 \cdot 10^3\ \Omega} = 142 \cdot 10^{-12}\text{ F} \approx 150\text{ pF} \quad (3-4)$$

ADC 0804 tersebut dapat juga diketahui persen resolusinya. Berdasarkan *datasheet* ADC 0804 mempunyai 8 bit keluaran. Dari bit keluaran yang terdapat pada ADC ini dapat diketahui persen resolusi dengan menggunakan Persamaan (3-5).

$$\% \text{ Resolusi} = \frac{1}{2^n - 1} \times 100\%$$

(3-5)

Dimana (n) menyatakan banyaknya jumlah bit keluaran yang terdapat dalam ADC ini.

$$\% \text{ Resolusi} = \frac{1}{2^8 - 1} \times 100\% = 0,392\%$$

Untuk mengetahui kenaikan tagangan setiap *step* (langkah) atau resolusi tegangan yang terdapat pada ADC 0804 ini, dapat dilakukan dengan mengetahui tegangan masukan maksimum yang dapat dideteksi oleh ADC. Berdasarkan *datasheet* tegangan masukan maksimum untuk ADC 0804 adalah sebesar 5 volt.

$$\% \text{ Resolusi} = \frac{\text{Kenaikan tegangan setiap } step}{\text{Tegangan skala penuh}} \times 100\%$$

$$0,392 \% = \frac{\text{Kenaikan tegangan setiap } step}{5 \text{ volt}} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan tegangan setiap } step = \frac{0,392}{100} \% \times 5 \text{ volt} = 19,6 \text{ mV} \cong 20 \text{ mV}$$

Kenaikan tegangan setiap *step* = tegangan resolusi ADC 0604 = 19,6 mV  $\cong$  20 mV

Resolusi pembacaan suhu yang dapat dilakukan oleh ADC 0804 dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan (3-6).

Resolusi sensor suhu

$$\Delta T = \frac{\Delta V_T}{\text{Resolusi sensor suhu}} \quad (3-6)$$

Dengan :

$\Delta T$  = Resolusi pembacaan sensor suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta V_T = V_{\text{out R.P.S.}} / \Delta V \text{ R.P.S.}$

$$= \frac{20 \text{ mV}}{2} = 10 \text{ mV}$$

Resolusi sensor suhu sebesar 10 mV/ $^{\circ}\text{C}$

Persamaan (3-6) dapat digunakan untuk mengetahui besarnya resolusi pembacaan suhu yang dapat dilakukan oleh ADC 0804. adapun besarnya resolusi pembacaan tersebut adalah sebagai berikut :

$$\Delta T = \frac{10 \text{ mV}}{10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}} = 1^{\circ}\text{C}$$



Perancangan yang dilakukan oleh alat ini untuk suhu maksimal yang dapat dideteksi oleh sensor suhu sebesar  $145^{\circ}\text{C}$ , pada kondisi ini tegangan keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal sebesar 2,4 volt (Lampiran 1.1 – 1.3), sedangkan perubahan tegangan untuk setiap perubahan 1 bit LSB pada ADC 0804 adalah sebesar 20 mV. Maka banyaknya tingkatan (*step*) perubahan yang dapat dilakukan oleh ADC 0804 pada peralatan ini adalah sebagai berikut :

$$\text{Banyaknya tingkatan (step)} = \frac{2,4\text{volt}}{20\text{mV}} = 120 \text{ tingkatan (step)}$$

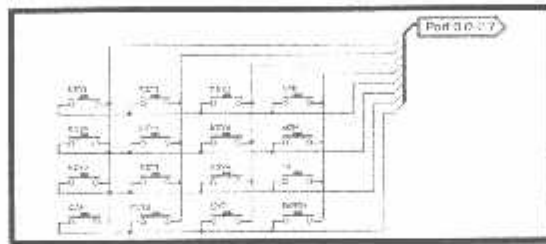
Hasil konversi yang dilakukan oleh ADC 0804 dari masukan sinyal *analog* yang berupa tegangan dari rangkaian pengkondisi sinyal, dapat diketahui dengan perbandingan antara tegangan masukan sinyal *analog* dengan perubahan tegangan tegangan untuk setiap perubahan 1 bit LSB ADC 0804. Dimisalkan tegangan masukan sinyal analog pada rangkaian ADC 0804 diketahui sebesar 1 volt, sedangkan perubahan tegangan untuk setiap perubahan 1 bit LSB dari ADC 0804 sebesar 20 mV, maka hasil konversi ADC 0804 untuk basis kode desimalnya adalah :

$$\text{Hasil konversi} = \frac{1\text{volt}}{20\text{mV}} = 50$$

Hasil konversi diatas merupakan hasil koversi dalam basis kode desimal, dan jika dikonversikan dalam basis kode hexadesimal hasil konversinya adalah  $(32)_{16}$ . Hasil konversi sebesar  $(32)_{16}$  jika dikonversikan lagi dalam basis kode biner maka hasil konversinya  $(0011 \ 0010)_2$ . Kode biner dari keluaran ADC 0804 inilah yang akan diterima dan diproses oleh mikrokontroller AT89S51. Untuk hasil lengkap hasil konversi dari ADC 0804 dapat diketahui dan dilihat dalam bab selanjutnya.

#### 3.1.4.4. Keypad

*Keypad* (papan tombol) merupakan rangkaian yang tersusun dari 16 tombol tekan (*push button*) yang berfungsi sebagai input data. Untuk menterjemahkan penekanan pada salah satu tombol, *Keypad* akan disambung ke port 0.0 s/d port 0.7 dari mikrokontroller AT89S51. Tombol-tombol tersebut disusun secara matrik dengan 4 baris dan 4 kolom. Rangkaian tombol *Keypad* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.7 Rangkaian keypad

.....  
Sumber : Perencanaan

#### 3.1.4.5. LCD (*Liquid Crystal Display*)

*LCD Display module M 1632* buatan *Seiko instrument Inc.* terdiri dari 2 bagian, yang pertama merupakan panel *LCD* sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf atau angka 2 baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf atau angka.

Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroller yang ditempatkan dibalik panel *LCD*, berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi M 1632 dengan mikrokontroller utama. Dengan demikian pemakaian M 1632 menjadi sederhana dibandingkan

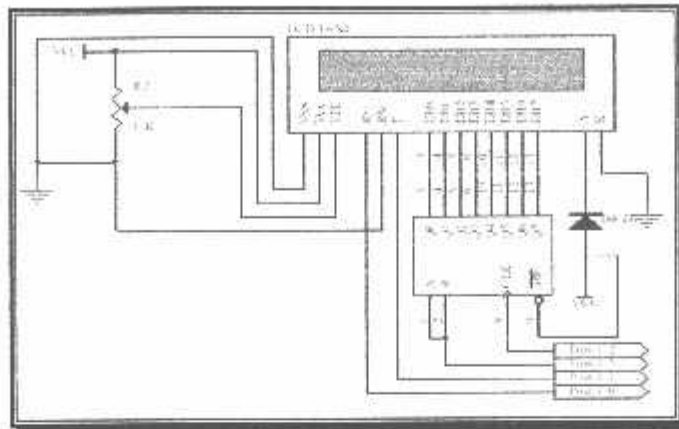
dengan sistem lain, karena M 1632 cukup mengirim kode *ASCII* dari informasi yang ditampilkan seperti layaknya memakai sebuah printer.

Rangkaian *LCD* M 1632 ini adalah komponen *display* yang umum digunakan. *Display LCD* M 1632 ini memiliki ROM sebagai penyimpanan karakter sebanyak 192 buah. Sebelum mengoperasikan *LCD* sebagai penampil karakter, terlebih dahulu ditentukan format penulisan *LCD*.

Dalam penulisan format *LCD* terdapat beberapa aturan yang diberikan oleh pabrik pembuatnya (dalam *data sheet*) yaitu:

1. Menentukan jalur bit data yang akan digunakan.
2. Membersihkan layar *display* dari karakter *blank*.
3. Menentukan alamat baris pertama dan baris ke dua.
4. Dalam penulisan karakter menggunakan *cursor* atau tidak

Jika penginisialisasian sudah selesai, langkah selanjutnya adalah menulis karakter yang diinginkan. Misalnya tampilan yang diinginkan adalah "123", maka format data yang ditansfer ke jalur data adalah format data *BCD* angka 123 yang masing-masing disertai data posisi baris. Data yang dikirim ke *LCD* cukup satu kali, selanjutnya data akan terus tampil berulang-ulang oleh *LCD* itu sendiri selama tidak ada instruksi untuk membersihkan layar. Hubungan pin data dengan dengan pin kontrol *LCD* dengan *MCU* ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



**Gambar 3.8** Rangkaian Tampilan LCD

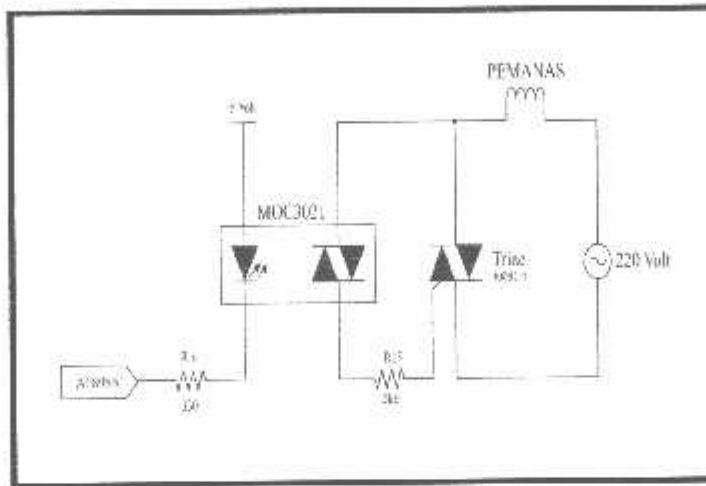
Sumber : Perencanaan

Fungsi dari masing-masing pin LCD yang digunakan adalah :

- Pin RS dihubungkan dengan *port* 1.0 dari *MCU* untuk membedakan sinyal antara instruksi program atau instruksi penulisan data.
- Pin E dihubungkan dengan *port* 1.1 dari *MCU* untuk memberikan instruksi penulisan pada alamat *LCD*.
- Pin DB0 – DB7 dihubungkan pada Q0 – Q7 IC DM 74LS164 *shift register* dimana input A dan B terhubung pada *port* 1.3 dan *CLK* terhubung pada *port* 1.2 sebagai pengontrolan data yang akan masuk ke *LCD*.

### 3.1.4.6. Driver

Rangkaian penghubung antara rangkaian mikrokontroler dengan pemanas (*heater*) dibutuhkannya rangkaian *driver* (kemudi). Perancangan rangkaian *driver* ini dapat dilihat dalam Gambar 3.9.



**Gambar 3.9.** Rangkaian *driver*

Sumber : Perencanaan

Untuk menghidupkan LED didalam MOC 3021 diperlukan arus sebesar 10 mA, sedangkan tegangan dari LED adalah sebesar 1,5 volt. Oleh karena itu diperlukan  $R_2$ , besarnya dapat dicari yakni :

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{V_{cc} - V_{LED}}{I_{LED}} && (3-7) \\ &= \frac{5\text{volt} - 1,5\text{volt}}{10\text{mA}} \\ &= \frac{3500\text{mvolt}}{10\text{mA}} \\ &= 350 \Omega \cong 330 \Omega. \end{aligned}$$

Arus gate yang mengalir pada triac adalah :

Diketahui :  $R_{15} = 5600 \Omega$

Tegangan jala-jala listrik = 220 volt

Tegangan jatuh dioda silikon = 0,7 volt (Sumber Malvino, Edisi Ketiga

Jilid Pertama 1986 : 49)

$$I_{gate} = \frac{\text{Tegangan jala-jala listrik} - (2 \times \text{tegangan jatuh dioda silikon})}{R_{15}}$$

$$I_{gate} = \frac{220 - (2 \times 0,7)}{5600}$$

$$I_{gate} = 39 \text{ mA.}$$

Pada alat ini, *setting* daya dilakukan dengan memberikan lamanya waktu kepada triac untuk berkonduksi.

Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan lamanya waktu triac berkonduksi terhadap hubungan besarnya tegangan yang terdapat pada pemanas adalah sebagai berikut :

- Tegangan masukan pemanas sama dengan tegangan jala-jala ( $V_{eff}$ ) = 220 volt.
- Tegangan maksimumnya ( $V_{max}$ ) = ( $V_{eff}$ )  $\times \sqrt{2}$  = 220  $\times \sqrt{2}$  = 311 volt.
- Pemanas yang digunakan terbuat dari kawat nikelin. Pemanas jenis ini merupakan pemanas yang bersifat resistif ( $\text{Cos } \theta = 1$ ).
- Arus yang mengalir pada pemanas tersebut adalah :

$$P = V_{eff} \times I_{eff} \times \text{Cos } \theta \quad (3-8)$$

$$I = \frac{P}{V_{eff} \times \text{Cos } \theta} = \frac{350 \text{ watt}}{220 \text{ volt} \times (1)} = 1,59 \text{ ampere}$$

- Besarnya kenaikan daya setiap tingkat (*step* daya ) ditentukan dari perbandingan daya maksimum terhadap banyaknya tingkatan daya yang diinginkan.

$$\text{Kenaikan daya setiap tingkat} = \frac{\text{Banyaknya tingkatan}}{\text{Daya maksimum}} = \frac{350 \text{ watt}}{10} = 35 \text{ watt}$$

Sehingga daya akan mengalami kenaikan setiap 35 watt untuk setiap tingkatannya.

- Untuk mengetahui besarnya nilai resistansi yang terdapat pada pemanas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah :

$$P = \frac{V_{\text{eff}}}{R} \quad (3-9)$$

$$R = \frac{V_{\text{eff}}^2}{P} = \frac{(220 \text{ volt})^2}{350 \text{ watt}} = 138,28 \ \Omega$$

- Besarnya  $V_{\text{eff}}$  yang dibutuhkan oleh pemanas untuk masing-masing kenaikan tingkat dayanya ditentukan dengan menggunakan Persamaan diatas.

$$V_{\text{eff tingkat daya}} = \sqrt{P_{\text{daya yang diinginkan}} \times R} \quad (3.10)$$

Hasil keseluruhan perhitungan besarnya tegangan yang dibutuhkan pemanas untuk setiap kenaikan daya dapat dilihat dalam bab selanjutnya.

- Komponen yang digunakan sebagai kemudi (*driver*) dari pemanas adalah triac. Triac akan berkonduksi jika diberi picuan pada terminal *gate*-nya. Dengan mengatur lamanya waktu picuan pada terminal *gate* triac, maka besarnya tegangan yang akan dikemudikan (*di-driver*) triac akan diatur juga. Besarnya tegangan yang akan dikonduksi triac kepada pemanas dapat diketahui dengan

menggunakan Persamaan (2-4). Jika persamaan tersebut ditulis kembali, maka persamaannya adalah sebagai berikut:

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \left[ \frac{1}{\pi} \left[ \pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right] \right]^{\frac{1}{2}}$$

Nilai konstanta  $\pi$  merupakan nilai derajat untuk setiap setengah gelombang penuh. Nilai  $\pi$  tersebut adalah  $180^\circ$ . Sedangkan konstanta  $\alpha$  merupakan besarnya sudut perlambatan triac untuk berkonduksi. Nilai  $\alpha$  dinyatakan dalam satuan derajat. Persamaan diatas digunakan untuk perhitungan tegangan efektif ( $V_{\text{eff}}$ ) keluaran triac untuk setiap setengah gelombang penuh sekali. Dengan mensubtitusikan nilai-nilai tegangan efektif untuk setiap perubahan daya, maka akan didapat besarnya sudut perlambatan ( $\alpha$ ) untuk triac berkonduksi. Hasil keseluruhan perhitungan besarnya sudut perlambatan untuk triac berkonduksi dapat dilihat dalam bab selanjutnya.

- Waktu perlambatan ( $\alpha$ ) dari Persamaan (2-10) masih dalam bentuk derajat. Untuk konversinya kedalam satuan milisekon (ms) dapat dipergunakan Persamaan (3-11).

$$t = \frac{\alpha \times 20\text{ms}}{360^\circ} \quad (\text{ms}) \quad (3-11)$$

Konstanta 20 ms merupakan waktu 1 perioda untuk siklus tegangan jala-jala listrik. Perioda siklus tegangan jala-jala listrik sama dengan perioda siklus tegangan triac. Konstanta ini didapat dari perbandingan terbalik dari ferkuensi jala-jala listrik. Asumsi frekuensi jala-jala listrik adalah sebesar 50 Hz. Periodanya adalah 20 ms ( $t = 1/5 \text{ Hz} = 20 \text{ ms}$ ). Untuk konstanta  $360^\circ$  merupakan



sudut derajat tegangan jala-jala pada 1 perioda siklus tegangan jala-jala. Hasil konversi nilai sudut perlambatan ( $\alpha$ ) kedalam satuan milisekon (ms) dapat dilihat dalam Bab IV.

Untuk *setting* daya terdapat juga interupsi yang akan memberikan interupsi pada saat adanya pendeteksian pulsa perpotongan titik nol dari rangkaian detektor nol.

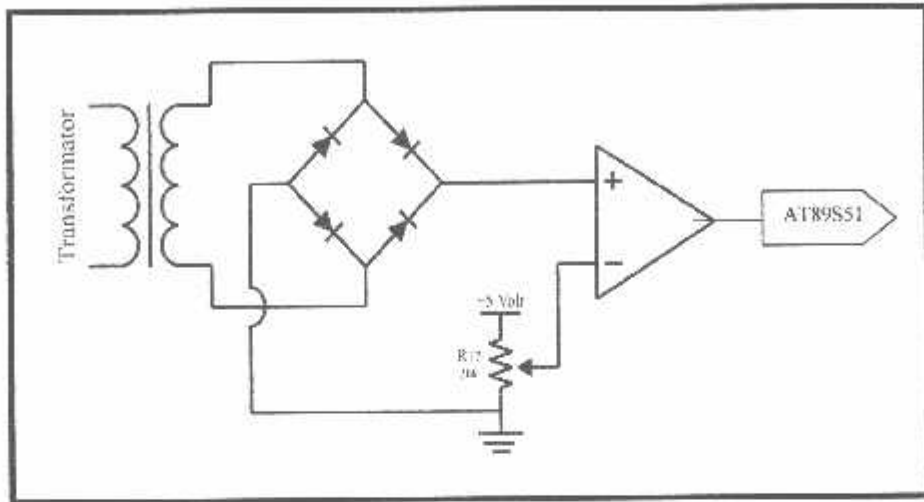
#### **3.1.4.7. Pemanas (*Heater*)**

Pemanas merupakan suatu komponen yang cukup penting dalam sistem ini karena pemanas (*heater*) ini akan memberikan suhu pemanasan terhadap air sebagai media pemanasan.

Besarnya energi pemanasan (daya) yang akan dikondisikan oleh pemanas ini tergantung pada besarnya suhu dan tingkat persen daya yang dikondisikan dari tombol masukan *keypad*. Pada perancangan alat ini pemanas dapat memberikan daya pemanasan sekitar 350 watt. Pemanas ini dapat melakukan pemanasan dengan 10 tingkat *level* daya pemanasan dalam bentuk persen yakni 10% - 100 %.

### 3.1.4.8. Detektor Nol

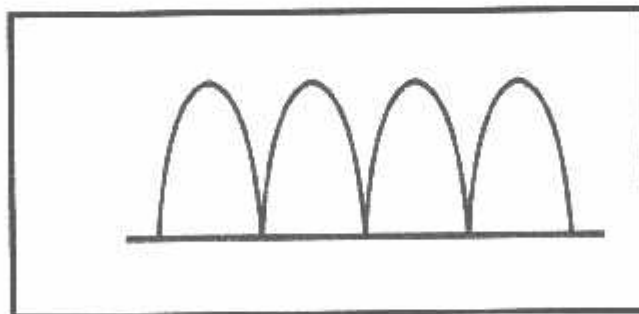
Rangkaian detektor nol dapat dilihat dalam Gambar 3.10.



Gambar 3.10. Rangkaian detektor nol

Sumber : Perancangan

Rangkaian detektor nol ini menggunakan susunan dioda jembatan (*bridge diodes*) yang difungsikan untuk menyearahkan tegangan keluaran dari transformator agar didapat keluaran tegangan yang berbentuk gelombang penuh, seperti terlihat dalam gambar 3.11.



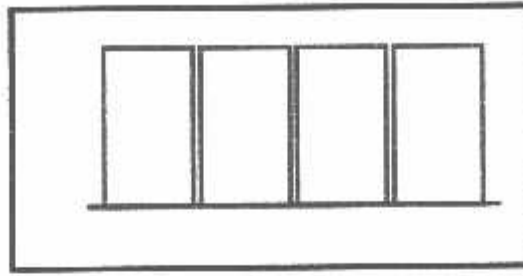
Gambar 3.11. Keluaran dioda jembatan

Sumber : Perancangan

Gambar diatas dapat dilihat terjadinya titik nol dua kali untuk setiap periodenya. Tujuan dirancangnya keluaran gelombang penuh ini adalah untuk mensinkronkan keluaran dari triac pada rangkaian *driver*, yang mana triac tersebut mempunyai gelombang keluaran berupa gelombang penuh. Sehingga dalam rancangan rangkaian detektor nol ini dibuat gelombang yang sama antara keluaran detektor nol dengan gelombang keluaran triac, dengan demikian detektor nol ini dapat memberikan kondisi pelintasan nol kepada mikrokontroller, sehingga mikrokontroller dapat mengetahui keadaan awal (pelintasan nol) pada saat waktu yang diperlukan untuk triac berkonduksi sehingga triac tersebut akan memicu pemanas untuk melakukan pemanasan.

Frekuensi pada jaringan listrik sama dengan frekuensi penyearah setengah gelombang, maka frekuensi untuk penyearah gelombang penuh sama dengan dua kali frekuensi tegangan jaringan listrik. Dengan asumsi frekuensi jaringan listrik sebesar 50 Hz, maka dengan dioda jembatan didapat frekuensi 100 Hz.

Pengendalian fasa harus diketahui kapan terjadinya pelintasan titik nol. Maka setiap terjadinya pelintasan titik nol, detektor memberikan sinyal kepada mikrokontroller untuk diproses. Untuk itu keluaran dari dioda jembatan harus diproses oleh rangkaian ini agar menjadi keluaran gelombang pulsa agar dapat diterima oleh mikrokontroller dengan baik seperti yang terlihat dalam Gambar 3.12.

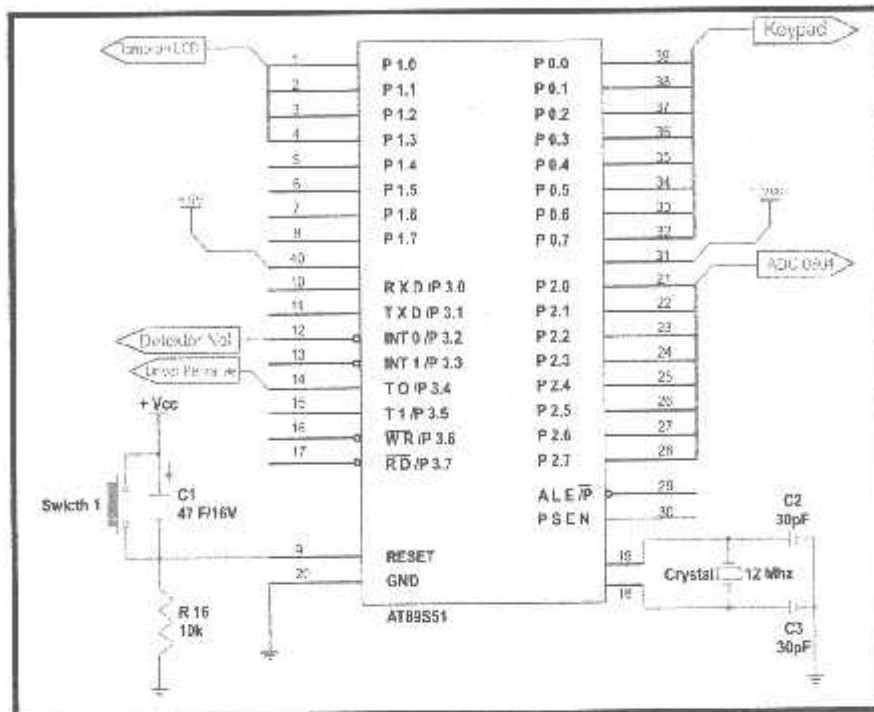


**Gambar 3.12.** Gelombang pulsa keluaran detektor nol.

Sumber : Perancangan

Pendeteksian keluaran rangkaian detektor nol dilakukan untuk penentuan titik awal. Dimana pemberian waktu tunda dilakukan dengan pemberian lamanya *delay* dengan menggunakan perangkat lunak. Pada perancangan ini terdapat 10 tingkatan persen (*step*) daya, dengan kenaikan daya 35 watt setiap *step* nya. Untuk mendapatkan harga kenaikan daya pemanasan sesuai dengan perancangan maka dilakukan pensinkronan antara lamanya waktu konduksi triac yang menggunakan perangkat lunak dengan pemanas (*heater*) yang kemudian diukur dengan menggunakan wattmeter. Lamanya waktu konduksi pada triac akan mempengaruhi besarnya tegangan masukan pada pemanas (*heater*).

### 3.1.4.9. Mikrokontroler AT89S51



Gambar 3.13. Rangkaian Mikrokontroler

Sumber : Perancangan

Mikrokontroler AT89S51 akan memproses masukan dan keluaran yang ada pada peralatan ini, pengontrolan tersebut dilakukan melalui pengaktifan masing-masing pin-pin pada mikrokontroler tersebut, baik pengaktifan secara paralel ataupun tersendiri pin-pin mikrokontroler dalam satu port. Untuk mengaktifkan pin-pin atau port yang terdapat didalam mikrokontroler tersebut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) yang ditempatkan pada *flash program memory internal* tanpa menggunakan memori program eksternal. Sehingga  $\overline{EA}$  (*eksternal acces enable*) yang terdapat pada pin 31 diberi logika tinggi.

Untuk mengaktifkan mikrokontroler AT89S51 maka perlu diberikannya tegangan suplai +5 volt pada pin 40 dan pemberian tegangan nol (*ground*) pada pin

20. disamping itu diperlukan juga pengaktifan osilator yang terdapat di mikrokontroller. Untuk mengaktifkan osilator tersebut dalam perancangan ini digunakan kristal 12 MHz dan dua kapasitor bernilai 30 pF. Digunakannya kristal 12 MHz untuk memperoleh kecepatan pelaksanaan instruksi persiklus sebesar 1 mikrodetik  $\{(1/12\text{MHz}) \times 12 \text{ siklus periode}\}$ . Untuk pin *reset* (RST) diberi rangkaian seperti yang terlihat pada Gambar 3.12, dimana rangkaian *reset* tersebut akan mereset mikrokontroller pada saat *power on*.

Port 0 (P0.0 sampai P0.7) digunakan sebagai port keluaran untuk menampilkan tampilan LCD. Port 2 (P2.0 sampai P2.7) digunakan sebagai port masukan untuk data 8 bit yang dikeluarkan oleh ADC 0804. Sedangkan untuk Port 3, pada Port 3.2 ( $\overline{\text{INTRO}}$ ) digunakan sebagai masukan dari detektor nol. Detektor nol ini akan memberikan masukan kepada mikrokontroller terhadap kondisi awal pada saat triac akan mulai untuk berkonduksi dengan pengaturan waktu konduksi tersebut dilakukan oleh mikrokontroller. Port 3.4 digunakan sebagai keluaran untuk memberikan pengaturan waktu konduksi kepada triac sehingga triac dapat men-*driver* pemanas (*heater*) untuk memberikan pemanasan.

Untuk *setting* waktu dilakukan dengan mensinkronkan antara piranti XTAL pada sistem mikrokontroller dengan variabel konstanta yang akan digunakan pada *setting* waktu ini. Dalam perancangan ini frekuensi XTAL yang digunakan sebesar 12 MHz. Untuk satu siklus mesin (*machine cycle*) pada mikrokontroller AT89S51 membutuhkan waktu 12 periode (*datasheet*) sehingga waktu periodanya dapat diketahui dengan menggunakan persamaan(3-12).

$$\text{Waktu perioda} = \frac{\text{Banyaknya perioda waktu}}{\text{Frekuensi XTAL}} \quad (3-12)$$

$$\text{Waktu perioda} = \frac{12}{12\text{MHz}} = 1\mu\text{s}$$

Pewaktu (*timer*) yang dipergunakan dalam perancangan ini adalah *timer* 16 bit (mode 1), maka terdapatnya variabel konstanta TH<sub>x</sub> dan TL<sub>x</sub>. Berdasarkan *datasheet* TH<sub>x</sub> dan TL<sub>x</sub> adalah sebesar 65536, variabel ini menyatakan banyaknya variabel maksimum untuk 1 kali *looping* (perulangan) yang dapat dilakukan untuk perancangan perangkat lunak ini.

Untuk menentukan variabel konstanta TH<sub>x</sub> dan TL<sub>x</sub> dilakukan dengan cara diumpamakannya waktu referensi  $t_{\text{ref}} (\text{TH}_x \times \text{TL}_x)$  yang digunakan sebesar 50 ms, maka banyaknya variabel *looping* (perulangan) yang akan dilakukan oleh TH<sub>x</sub> dan TL<sub>x</sub> pada perangkat lunak adalah :

$$\text{TH}_x \times \text{TL}_x = \frac{\text{Waktu referensi}}{\text{Waktu perioda}} = \frac{50\text{ms}}{1\mu\text{s}} = 50000$$

Variabel diatas dapat digunakan sebagai variabel konstanta *looping* (perulangan ) untuk TH<sub>x</sub> dan TL<sub>x</sub> didalam perancangan perangkat lunak ini karena variabel konstanta 50000 lebih kecil dari variabel konstanta 65536. Sehingga variabel TH<sub>x</sub> dan TL<sub>x</sub> sebesar 50000. Konstanta 50000<sub>10</sub> jika dikonversi ke bilangan heksadesimal maka akan didapat konstanta C350<sub>16</sub>. Maka untuk variabel TH<sub>x</sub> diberikan konstanta C3H dan untuk variabel TL<sub>x</sub> diberikan konstanta 50<sub>16</sub>.

Satuan waktu yang digunakan dalam perancangan ini dalam satuan detik (sekon), maka waktu referensi harus dikonversikan kedalam satuan detik. Hasil konversi ini digunakan sebagai *looping* luar dalam perancangan perangkat lunak ini.

Hasil konversi tersebut adalah :

$$\text{Hasil konversi} = \frac{\text{Waktu dalam satuan detik}}{\text{Waktu referensi}} = \frac{1s}{50ms} = 20$$

Variabel-variabel diatas digunakan sebagai variabel konstanta dan variabel *looping* (perulangan) yang digunakan dalam *setting* waktu ini.

Waktu *setting* ini mempunyai batas maksimum yakni 99 menit 99 detik.

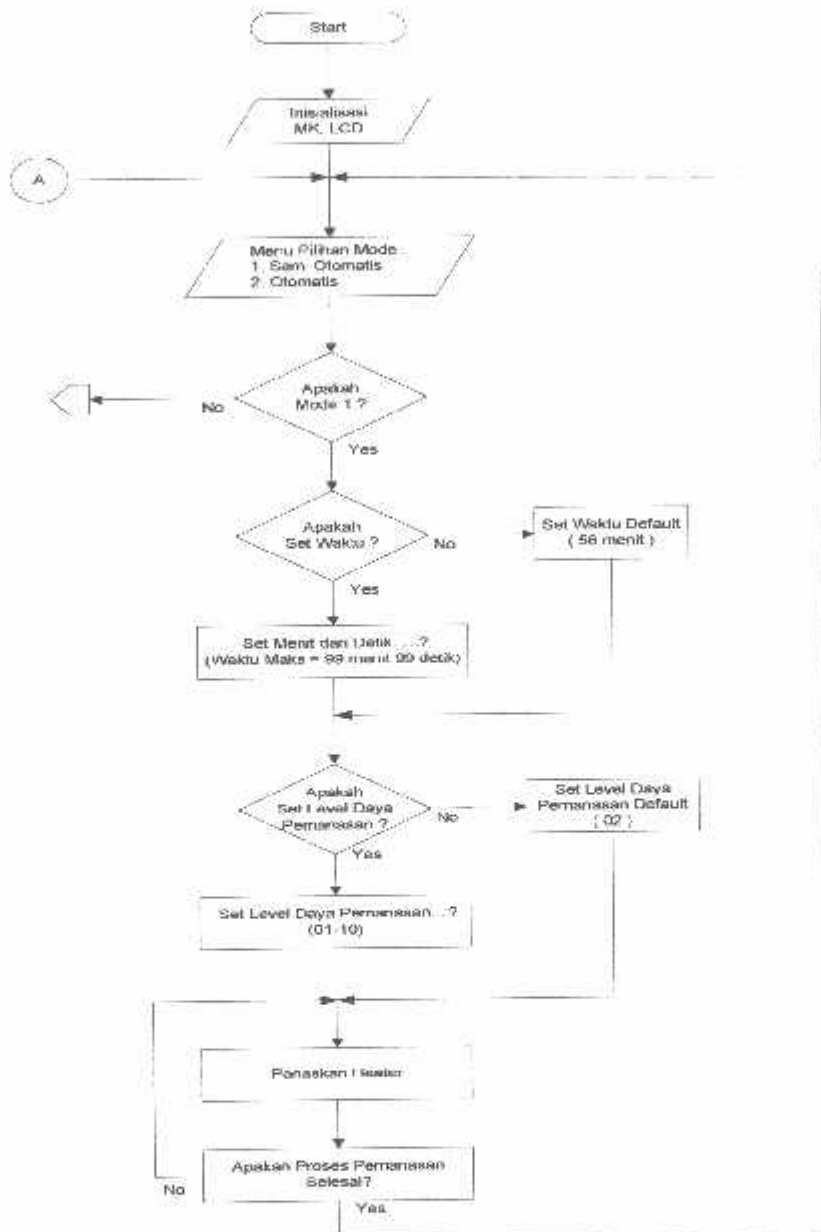
### 3.2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dirancang dibuat dengan menggunakan bahasa C mikrokontroler MCS-51. Perangkat lunak yang dirancang terdiri atas beberapa prosedur, diantaranya prosedur menu program utama, submenu program *setting* suhu, submenu program *setting* waktu, dan submenu program *setting* daya.



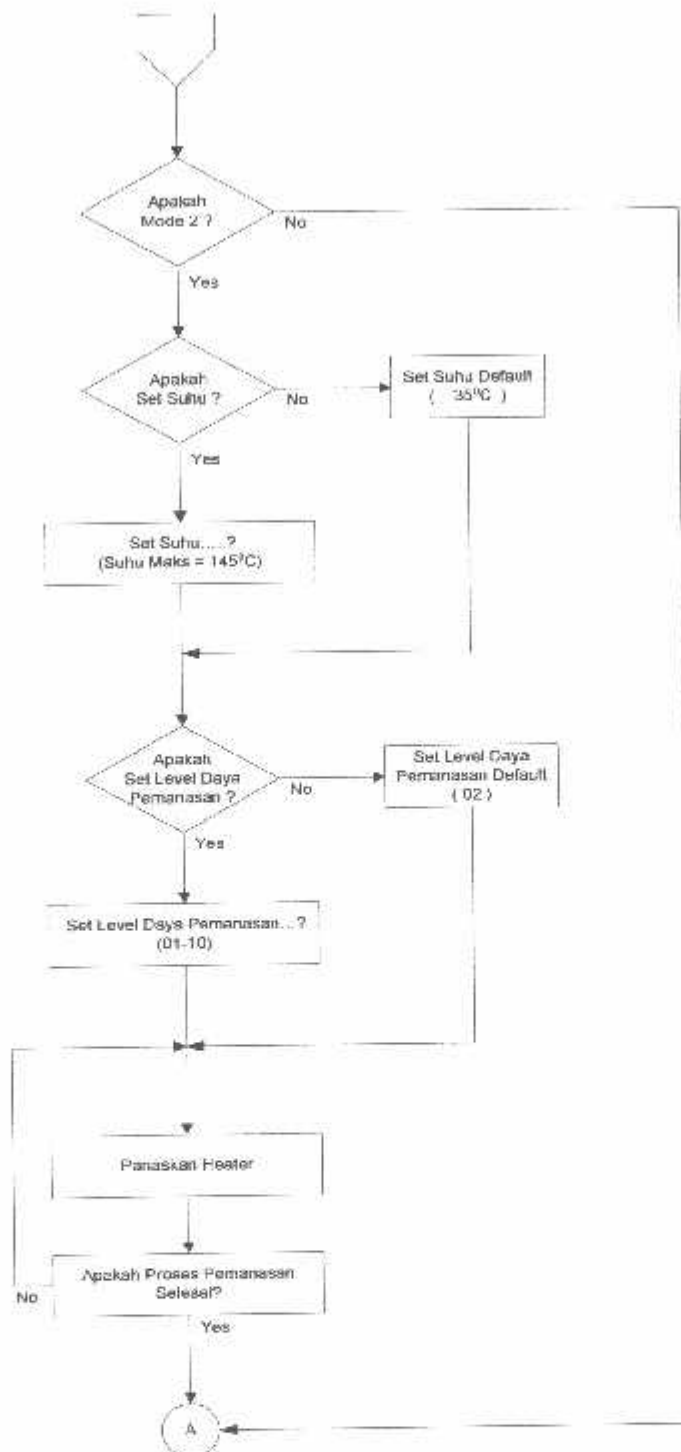
### 3.2.1. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Untuk menjalankan sistem ini, diperlukan perangkat lunak. Diagram alir perangkat lunak tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.14. Flowchart program

Sumber : Perancangan



**Gambar 3.15.** Flowchart program lanjutan

Sumber : Perancangan



## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT**

Bab ini akan memaparkan mengenai hasil pengujian dan pengamatan dari rancang bangun pengaturan kompor elektrik berbasis mikrokontroller AT89S51. Pengujian dan pengamatan dilakukan pada perangkat keras, perangkat lunak serta keseluruhan sistem yang terdapat dalam peralatan ini. Dan pada bab ini akan dilakukan juga pembahasan dari setiap pengujian dan pengamatan yang dilakukan.

#### **4.1. Pengujian Sensor, Pengkondisi Sinyal, dan ADC 0804.**

##### **4.1.1. Tujuan Pengujian**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tegangan keluaran sensor, tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal, dan tegangan logika ADC 0804 apakah hasil dari pengamatan tersebut sesuai dengan hasil perhitungan, dalam artian apakah sensor, pengkondisi sinyal, dan ADC 0804 pada penghangat ini bekerja dengan baik.

##### **4.1.2. Peralatan Yang Digunakan**

Beberapa peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah :

- Multimeter *digital*
- Termometer suhu *digital*, dan
- Wattmeter

- LED sebagai kondisi tegangan logika dari diagram blok rangkaian ADC yang dilakukan pengujian dan pengamatan.

#### 4.1.3. Prosedur Pengujian

Untuk mengetahui sensor LM35, pengkondisi sinyal, dan ADC 0804 bekerja dengan baik, maka dilakukan pengujian dengan memberikan suhu atau temperatur yang variabel pada sensor suhu LM35. Pendeteksian suhu dilakukan dengan menggunakan termometer suhu digital. Keluaran sensor suhu yang terhubung ke rangkaian pengkondisi sinyal diukur dengan menggunakan multimeter *digital*.

Keluaran rangkaian pengkondisi sinyal yang terhubung dengan rangkaian ADC 0804 diukur juga dengan menggunakan multimeter *digital*. Hasil konversi ADC 0804 dilakukan juga pengukuran dan pengujian. Setiap keluaran dari rangkaian ADC 0804 diukur dengan menggunakan multimeter *digital* dan disamping itu, untuk mempermudah mengetahui kondisi tegangan logika keluaran ADC 0804 maka setiap keluarannya diberi indikator LED. Hasil pengamatan dan perhitungan dari sensor suhu LM35, pengkondisi sinyal, dan ADC0804 dapat dilihat dalam tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Hasil pengamatan dan perhitungan sensor, pengkondisi sinyal, dan ADC 0804

Suhu ( °C )	Hasil Pengamatan Tegangan Keluaran Sensor ( volt )	Hasil Perhitungan Tegangan Keluaran Sensor ( volt )	Hasil Pengamatan Tegangan Keluaran Pengkondisi Sinyal ( volt )	Hasil Perhitungan Tegangan Keluaran Pengkondisi Sinyal ( volt )	Hasil Pengamatan Kondisi Tegangan Logika ADC 0804	Hasil Perhitungan Kondisi Tegangan Logika ADC 0804
30	0,31	0,3	0,62	0,6	0001 1111	0001 1110
40	0,41	0,4	0,82	0,8	0010 1011	0010 1000
50	0,54	0,5	1,08	1	0011 0110	0011 0010
60	0,62	0,6	1,24	1,2	0011 1110	0011 1100
70	0,74	0,7	1,48	1,4	0100 1010	0100 0110
80	0,84	0,8	1,68	1,6	0101 0100	0101 0000

#### 4.1.4. Analisa

Dari Tabel 4.1. dapat dilihat hasil yang didapat dari pengamatan dan pengujian yang dilakukan pada sensor, pengkondisi sinyal, dan ADC 0804. Dimana dalam tabel tersebut terlihat bahwa hasil keluaran sensor suhu, keluaran tegangan pengkondisi sinyal, dan tegangan logika ADC 0804 berbanding lurus, yakni jika semakin besar keluaran tegangan sensor dan tegangan keluaran pengkondisi sinyal maka akan diikuti pula kenaikan tegangan logika ADC 0804.

## 4.2. Pengujian *Setting* Waktu

### 4.2.1. Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah apakah hasil variabel waktu dari sistem mikrokontroller dengan *setting* waktu dari pengujian dengan instrument *stopwatch* seimbang atau sama.

#### 4.2.2. Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan pada pengujian *setting* waktu ini adalah *stopwatch*.

#### 4.2.3. Prosedur Pengujian

Perancangan pada alat ini, *setting* waktu yang digunakan dalam proses pemanasan dirancang dengan menggunakan perangkat lunak. Pengamatan *setting* waktu ini dilakukan dengan membandingkan *setting* waktu dari sistem mikrokontroler dengan *setting* waktu pengamatan yang menggunakan instrument *stopwatch*. Hasil pengujian dan pengamatan yang dilakukan dapat dilihat dalam tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Hasil pengujian dan pengamatan *setting* waktu

Hasil Pengujian <i>Setting</i> waktu Mikrokontroler		Hasil Pengamatan <i>Setting</i> Waktu Mikrokontroler	
Menit	Detik	Menit	Detik
10	00	10	00
20	15	20	15
35	30	35	30
45	45	45	45
58	59	58	59
68	66	68	66
77	02	77	02
88	86	88	86
99	18	99	18

#### 4.2.4. Analisa

*Setting* waktu dalam peralatan ini dirancang dengan menggunakan perangkat lunak. *Setting* waktu ini difungsikan untuk memberikan lamanya waktu

yang digunakan dalam operasi penghangatan. Hasil dari pengujian dan pengamatan dari *setting* waktu ini dapat dilihat dalam Tabel 4.2. Dari hasil pengujian dan pengamatan didapatkan suatu hasil variabel waktu yang seimbang atau sama antara waktu dari sistem mikrokontroler dengan *setting* waktu dari pengujian dengan instrument *stopwatch*.

### **4.3. Pengujian *Setting* Daya**

#### **4.3.1. Tujuan Pengujian**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah lamanya waktu konduksi yang diberikan pada triac akan mempengaruhi besarnya tegangan masukan pada pemanas, sehingga daya pada pemanas juga akan terpengaruh.

#### **4.3.2. Peralatan yang Digunakan**

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah :

- Osiloskop
- Wattmeter
- Multimeter Digital

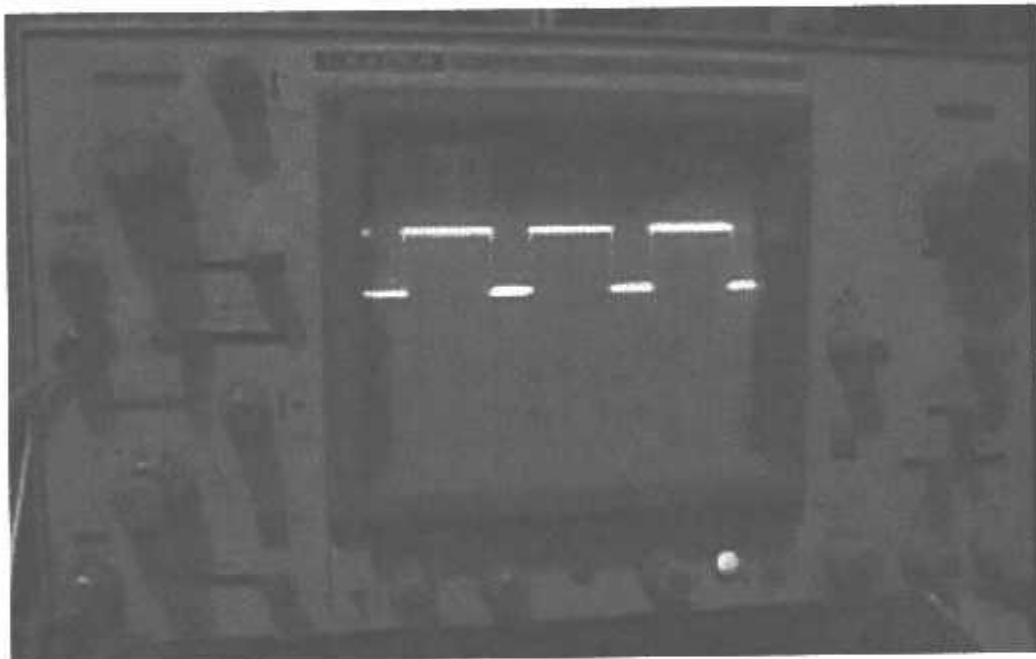
#### **4.3.3. Prosedur Pengujian**

Pengaturan terhadap *setting* daya dilakukan antara blok rangkaian detektor nol, rangkaian *driver*, dan perangkat lunak dari mikrokontroler. Pengaturan *setting* daya variabel dilakukan dengan mengatur lamanya waktu triac untuk berkonduksi (triac yang terdapat pada rangkaian *driver*). Untuk mendeteksi setiap pelintasan titik



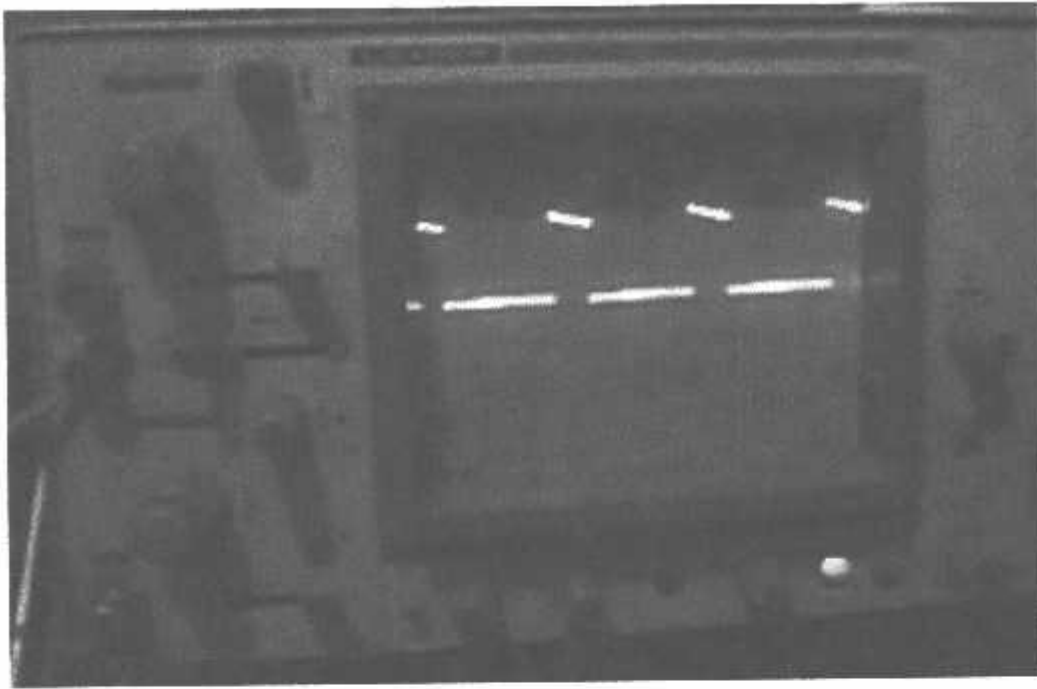
nol atau titik awal pada saat triac berkonduksi dilakukan dari perangkat lunak sistem mikrokontroler.

Pengujian dan pengamatan dilakukan dengan menggunakan osiloskop yang dihubungkan ke blok rangkaian detektor nol dan blok rangkaian *driver*. Untuk mengetahui besarnya daya yang akan dikeluarkan pemanas (*heater*) maka digunakan wattmeter, sedangkan untuk tegangan masukan pada pemanas dilakukan pengukurannya dengan menggunakan multimeter. Hasil pengamatan terhadap keluaran detektor nol dapat dilihat dalam gambar 4.1.



Gambar 4.1. Hasil Pengamatan Detektor Nol.

Untuk mengetahui picuan pada *gate* triac yang difungsikan untuk mengatur lamanya triac berkonduksi, maka dilakukan dengan menggunakan osiloskop yang dapat dilihat dalam Gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Hasil pengamatan picuan pada masukan *gate* triac

Hasil pengamatan dan perhitungan yang dilakukan terhadap *setting* daya yang digunakan dalam rancang bangun pengaturan penghangat susu bayi otomatis berbasis mikrokontroler AT89S51 dapat dilihat dalam Tabel 4.3.

**Tabel 4.3.** Hasil pengamatan dan perhitungan *setting* daya

Mode <i>Setting</i> Daya	Hasil Perhitungan Waktu Triac Berkonduksi ( ms )	Hasil Pengamatan Tegangan Pemanas ( volt )	Hasil Perhitungan Tegangan Pemanas ( volt )	Hasil Pengamatan Daya Pemanas ( watt )	Hasil Perhitungan Daya Pemanas ( watt )
01	8,84	69,57	69,57	35	35
02	7,78	98,38	98,38	70	70
03	6,95	118,9	120,5	103	105
04	5,91	137,89	139,13	137	140
05	4,98	153,78	155,56	172	175
06	3,87	167,95	172,4	207	210
07	2,59	181,21	184,06	237	245
08	1,77	194,54	196,77	271	280
09	0,89	202,8	208,7	304	315
10	0	217,3	220	338	350

Misal pada saat level daya pemanasan = 60 %, yakni  $35 \times 6 = 210$  watt, maka :

$$V_{\max} = \text{Tegangan jala-jala} \times \sqrt{2} = 220 \text{ volt} \times \sqrt{2} = 311 \text{ volt.}$$

$$t = \frac{\alpha \times 20 \text{ms}}{360^\circ}$$

$$\alpha = 18 \times t$$

Pada saat 210 watt, maka :

$$\alpha = 18 \times 3,87$$

$$\alpha = 69,66^\circ,$$

maka untuk mencari besarnya tegangan yang akan dikonduksi triac kepada pemanas adalah :

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} \left[ \frac{1}{\pi} \left[ \pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right] \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{eff}} = \frac{311}{\sqrt{2}} \left[ \frac{1}{180} \left[ 180 - 69,66 + \frac{\sin 2 \cdot 69,66}{2} \right] \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{eff}} = 219,91 \left[ \frac{1}{180} \left[ 110,34 + \frac{0,32591}{2} \right] \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{eff}} = 219,91 \left[ \frac{1}{180} [110,503] \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{eff}} = 219,91 \sqrt{0,6139}$$

$$V_{\text{eff}} = 172,4 \text{ volt.}$$

#### 4.3.4. Analisa

*Setting* daya pada peralatan ini dilakukan dengan mensinkronkan hubungan antara blok rangkaian detektor nol, rangkaian *driver*, dan perangkat lunak dari mikrokontroler. Pengaturan daya dilakukan dengan mengatur lamanya triac untuk berkonduksi. Pengaturan lamanya waktu tersebut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak. Sedangkan untuk mengetahui setiap pelintasan titik nol digunakannya detektor nol.

Gambar 4.1. dapat dilihat bahwa pelintasan titik nol akan memberikan interupsi kepada mikrokontroler setiap pelintasan titik nol yang dilakukan. Sehingga mikrokontroler akan mengaktifkan rangkaian *driver* untuk memerintahkan triac untuk berkonduksi.

Lamanya waktu konduksi yang diberikan pada triac akan mempengaruhi besarnya tegangan masukan pada pemanas, sehingga daya pada pemanas juga akan terpengaruh. Untuk lamanya waktu triac berkonduksi, tegangan masukan pada pemanas dan daya pemanasan dapat dilihat dalam Tabel 4.3. Dari Tabel 4.3. dapat dibuat suatu analisa sinyal dari hubungan sinyal keluaran detektor nol, lamanya waktu picuan pada terminal *gate* triac, dan tegangan pemanas (tegangan triac berkonduksi), analisa sinyal tersebut dapat dilihat dalam lampiran 2.1.-2.10. Dan bahwa semakin besar tegangan pemanas, maka daya yang dikeluarkan juga akan semakin besar dalam artian besar tegangan pemanas berbanding lurus dengan besar daya pemanas, tetapi keduanya berbanding terbalik dengan waktu triac berkonduksi, yakni semakin lama waktu triac berkonduksi, maka tegangan dan daya pemanas akan semakin kecil dan juga sebaliknya.

#### **4.4. Pengujian Keseluruhan Sistem**

##### **4.4.1. Tujuan Pengujian**

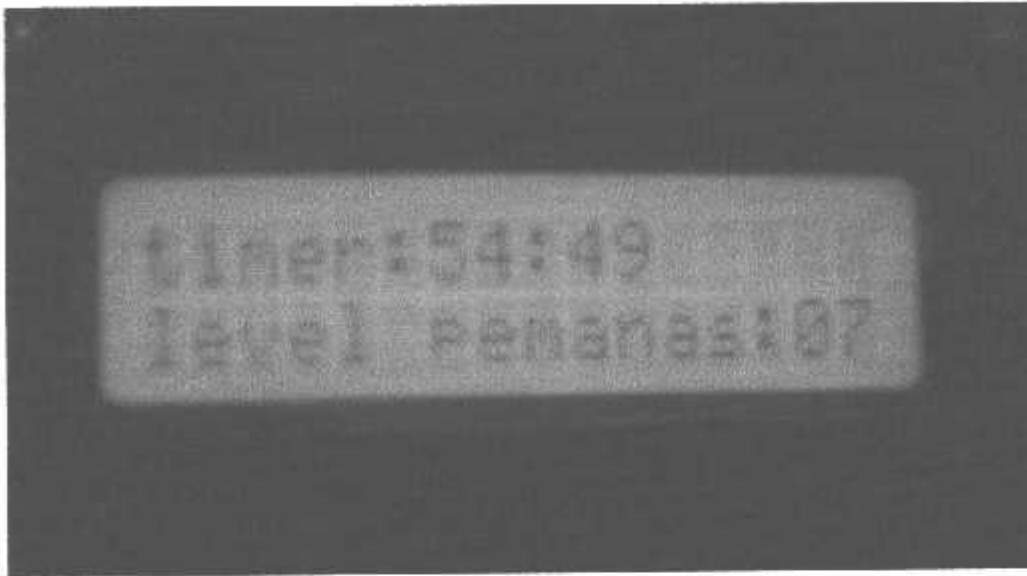
Pengujian dan pengamatan yang dilakukan untuk keseluruhan sistem dilakukan dengan menghubungkan keseluruhan perangkat keras dan perangkat lunak yang terdapat pada sistem mikrokontroler.

##### **4.4.2. Peralatan yang Digunakan**

Peralatan yang digunakan untuk pengujian keseluruhan sistem ini adalah kamera digital.

##### **4.4.3. Prosedur Pengujian**

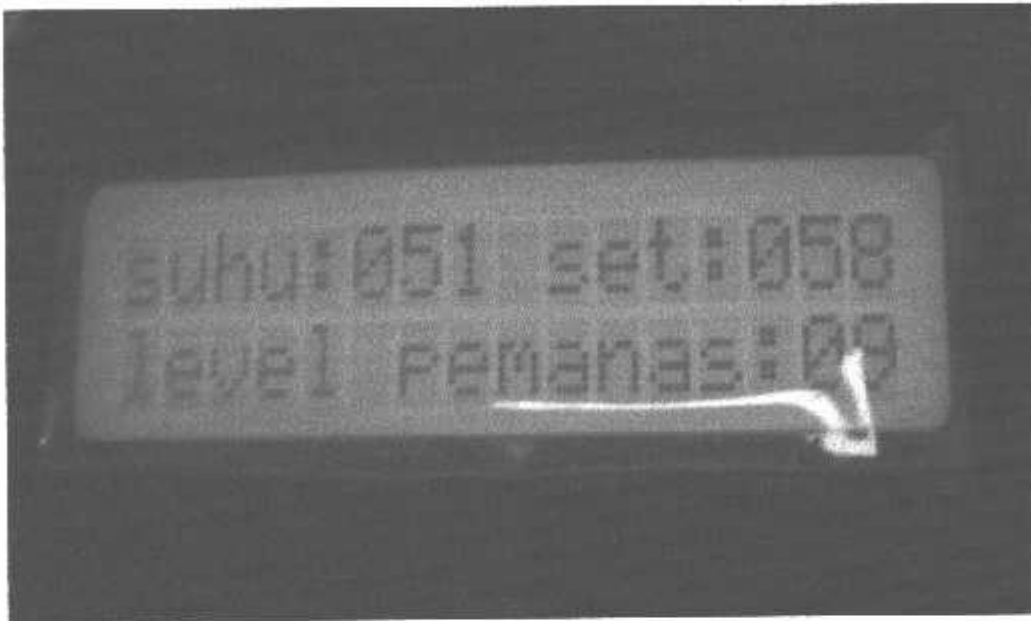
Prosedur dai pengujian ini adalah menggunakan penghangat ini baik secara semi otomais ataupun secara otomatis. Kemudian tampilan dari LCD difoto menggunakan kamera digital. Gambar 4.3. memperlihatkan hasil dari pengamatan yang terdapat dalam tampilan LCD untuk mode penghangatan semi otomatis.



**Gambar 4.3.** Tampilan mode penghangatan semi otomatis

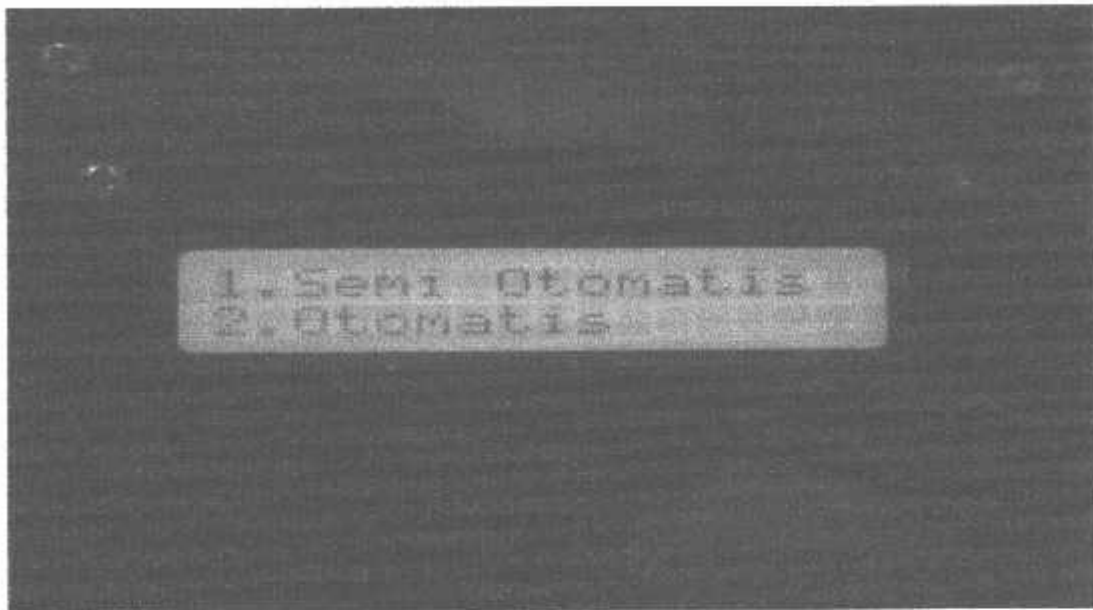
Dalam mode penghangatan ini terdapatnya karakter semi otomatis dan *setting* daya dan *setting* waktu yang digunakan. Sedangkan untuk *setting* suhu tidak digunakan dalam mode penghangatan ini.

Untuk hasil pengamatan pada mode penghangatan otomatis dapat dilihat dalam Gambar 4.4. Dalam mode memasak otomatis terdapat karakter otomatis, yakni *setting* daya dan *setting* suhu sebagai variabel umpan balik.



**Gambar 4.4.** Tampilan mode penghangatan otomatis

Gambar 4.5. dibawah ini menunjukkan tampilan menu pilihan utama yang ditampilkan oleh LCD (*Liquid Crystal Display*).



Gambar 4.5. Tampilan menu pilihan utama



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Sesuai dengan perancangan, hasil pengujian dan pengamatan yang dilakukan, serta penganalisaan berdasarkan literatur, maka Penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan :

1. Detektor pelintas nol akan memberikan sinyal atau kondisi tegangan setiap pelintasan titik nol.
2. Dengan pengaturan besar kecilnya waktu picuan untuk triac berkodeksi, maka akan didapat juga pengaturan terhadap daya pemanasan.
3. Waktu maksimum yang dapat dipergunakan dalam proses mode penghangatan semi otomatis sebesar 99 menit 99 detik.

#### 5.2. Saran

Dari hasil dari perancangan, pengujian, dan pengamatan yang dilakukan, maka Penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Sebaiknya *heater* dibuat secara khusus dengan bentuk dan karakteristik yang sesuai dengan kondisi botol susu yang digunakan untuk menghangatkan susu bayi.

2. Sebaiknya botol yang digunakan sebagai tempat untuk susu bayi disesuaikan karakteristiknya agar susu bayi yang diletakkan dalam botol tersebut benar-benar aman dikonsumsi oleh bayi tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1987. *LCD Module User Manual*. Japan: Seiko Instrument
- Anonim. 1992. *Data dan Persamaan Transistor*. Edisi ke-4. Jakarta: PT. Elck Media Komputindo.
- Anonim. 1997. *AT89C51 Data Sheets*. <http://www.alldatasheets.com>
- Anonim. *RS-422/485 Serial Communication Overview*.  
<http://www.quatech.com/support/comm-over-rs-422>
- Axelson, Jan. 1999. *Designing RS-485 Circuit*. <http://www.circuitcellar.com>
- Blocher, Richard' Dipl. Phys. 2004. *Dasar Elektronika*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta
- Coughlin, Robert F. 1992. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*. Jakarta: Erlangga
- Martina, Inge Ir. 2000. *36 Jam Belajar Komputer Delphi 5.0*. Jakarta: PT. Elek Media Komputindo
- Tirtamiharja, Samuel. 1995. *Elektronika Digital*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta
- Zuhul. 1990. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT. Gramedia
- Malvino, Albert Paul.1986. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Edisi III. Jilid I, Alih bahasa Barmawi dan Tjia. Jakarta: Erlangga
- Malvino, Albert Paul.1987. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Edisi III. Jilid II, Alih bahasa Barmawi dan Tjia. Jakarta: Erlangga
- Malvino, Albert Paul.1988. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Edisi III. Jilid III, Alih bahasa Barmawi dan Tjia. Jakarta: Erlangga
-



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Sugianto  
Nim : 02.17.135  
Masa Bimbingan : 07 Desember 2006 s/d 07 Juni 2007  
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Penghangat Susu Bayi Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S51

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	07 Desember	Bab I	
2.	08 Desember	Bab II	
3.	10 Desember	Bab III	
4.	20 Desember	Bab IV	
5.	22 Desember	Bab V	
6.	05 Januari	Jepisi Flowchart	
7.	10 Januari	Revisi Masalah Seminar	
8.	5 Maret	Revisi Laporan	
9.			
10.			

Malang, 5 Maret 2007.  
Dosen Pembimbing

Joseph Dedi Irawan ST, MT.  
NIP. 132.315.178

Form. S-4b



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Sugianto  
Nim : 02.17.135  
Masa Bimbingan : 07 Desember 2006 s/d 07 Juni 2007  
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Penghangat Susu Bayi Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S51

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.		Bab. I.	f
2.		Bab. II.	f
3.		Bab. III.	f
4.		Bab. IV.	f
5.		Bab. V.	f
6.		Konsultasi Alat.	f
7.		Kesimpulan Pengujian	f
8.		Makalah Seminar Hasil	f
9.		Resume. (Makalah)	f
10.			

Malang, 7 Maret 2007.  
Dosen Pembimbing

  
M. Ashur ST, MT.

Form. S-4b



### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Sigitanto  
NIM : 05.17.135

Perbaikan meliputi

- 1) Jelaskan cara kerja perantara keypad dengan detail. (D)
- 2) Jelaskan cara kerja perantara membleta. (D)
- 3) Jelaskan ke LCD buat program (D)
- 4) Jelaskan ke LCD untuk membleta. (D)
- 5) Uraikan f, data ke keypad menjadi (D)
- 6) Jelaskan data memory port ke kontrol (fungsi kontrol bus) (D)

Malang,

(Signature)



---

**FORMULIR PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI**

Nama : SUGIANTO  
N.I.M. : 02.17.135  
Judul : Perancangan dan Pembuatan Penghangat Susu Bayi  
Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S51.

No.	MATERI PERBAIKAN	PARAF
1.	Cara kerja pendeteksian <i>Keypad</i>	
2.	Cara kerja Mikrokontroler dalam menuliskan data ke LCD.	
3.	Mengubah bus data ke <i>keypad</i> menjadi sambungan data masing-masing port mikrokontroler.	

Diperiksa dan disetujui

Penguji II

DR. Cahyo Chrysdian, MSC.  
NIP. 103 040 0412

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Joseph Dedi Irawan ST, MT.  
NIP. 132 315 178

Dosen Pembimbing II

M. Ashar ST, MT.

---

LAMPIRAN I

Tabel Hubungan Perhitungan

Pada Sensor Suhu, Pengkondisi Sinyal, dan ADC 0804

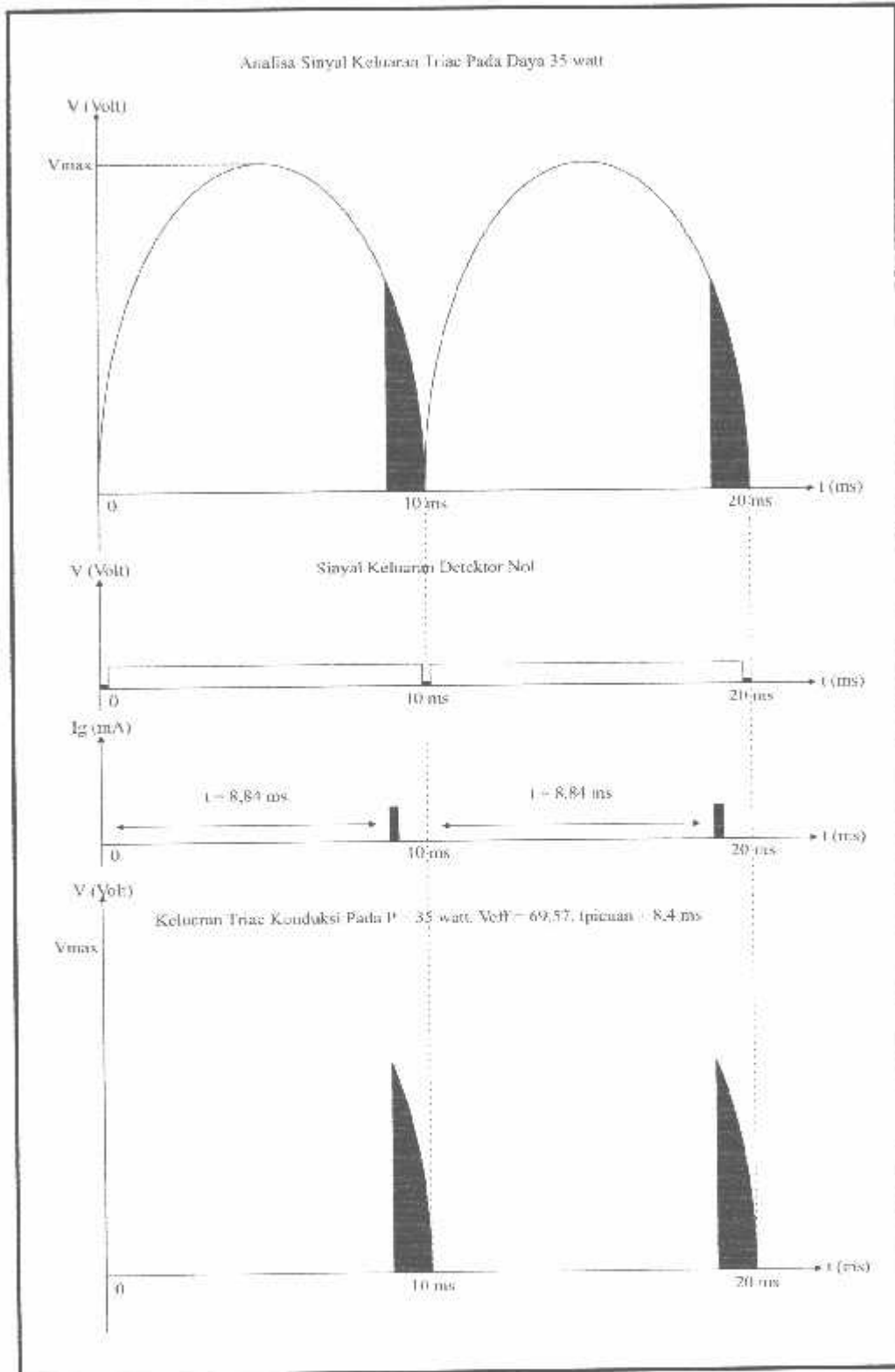
Suhu Deteksi (°C)	Tegangan Keluaran Sensor Suhu [V <sub>sensor</sub> ] (volt)	Tegangan Keluaran Pengkondisi Sinyal [V <sub>Pengkondisi Sinyal</sub> ] (volt)	Hasil Konversi ADC 0804		
			Kode Desimal [----] <sub>10</sub>	Kode Hexadesimal [----] <sub>16</sub>	Kode Biner [----] <sub>2</sub>
30	0,3	0,6	30	1E	0001 1110
31	0,31	0,62	31	1F	0001 1111
32	0,32	0,64	32	20	0010 0000
33	0,33	0,66	33	21	0010 0001
34	0,34	0,68	34	22	0010 0010
35	0,35	0,7	35	23	0010 0011
36	0,36	0,72	36	24	0010 0100
37	0,37	0,74	37	25	0010 0101
38	0,38	0,76	38	26	0010 0110
39	0,39	0,78	39	27	0010 0111
40	0,4	0,8	40	28	0010 1000
41	0,41	0,82	41	29	0010 1001
42	0,42	0,84	42	2A	0010 1010
43	0,43	0,86	43	2B	0010 1011
44	0,44	0,88	44	2C	0010 1100
45	0,45	0,9	45	2D	0010 1101
46	0,46	0,92	46	2E	0010 1110
47	0,47	0,94	47	2F	0010 1111
48	0,48	0,96	48	30	0011 0000
49	0,49	0,98	49	31	0011 0001
50	0,5	1	50	32	0011 0010
51	0,51	1,02	51	33	0011 0011
52	0,52	1,04	52	34	0011 0100
53	0,53	1,06	53	35	0011 0101
54	0,54	1,08	54	36	0011 0110
55	0,55	1,1	55	37	0011 0111
56	0,56	1,12	56	38	0011 1000
57	0,57	1,14	57	39	0011 1001
58	0,58	1,16	58	3A	0011 1010
59	0,59	1,18	59	3B	0011 1011
60	0,6	1,2	60	3C	0011 1100
61	0,61	1,22	61	3D	0011 1101
62	0,62	1,24	62	3E	0011 1110
63	0,63	1,26	63	3F	0011 1111
64	0,64	1,28	64	40	0100 0000
65	0,65	1,3	65	41	0100 0001
66	0,66	1,32	66	42	0100 0010
67	0,67	1,34	67	43	0100 0011
68	0,68	1,36	68	44	0100 0100
69	0,69	1,38	69	45	0100 0101



70	0,7	1,4	70	46	0100 0110
71	0,71	1,42	71	47	0100 0111
72	0,72	1,44	72	48	0100 1000
73	0,73	1,46	73	49	0100 1001
74	0,74	1,48	74	4A	0100 1010
75	0,75	1,5	75	4B	0100 1011
76	0,76	1,52	76	4C	0100 1100
77	0,77	1,54	77	4D	0100 1101
78	0,78	1,56	78	4E	0100 1110
79	0,79	1,58	79	4F	0100 1111
80	0,80	1,6	80	50	0101 0000

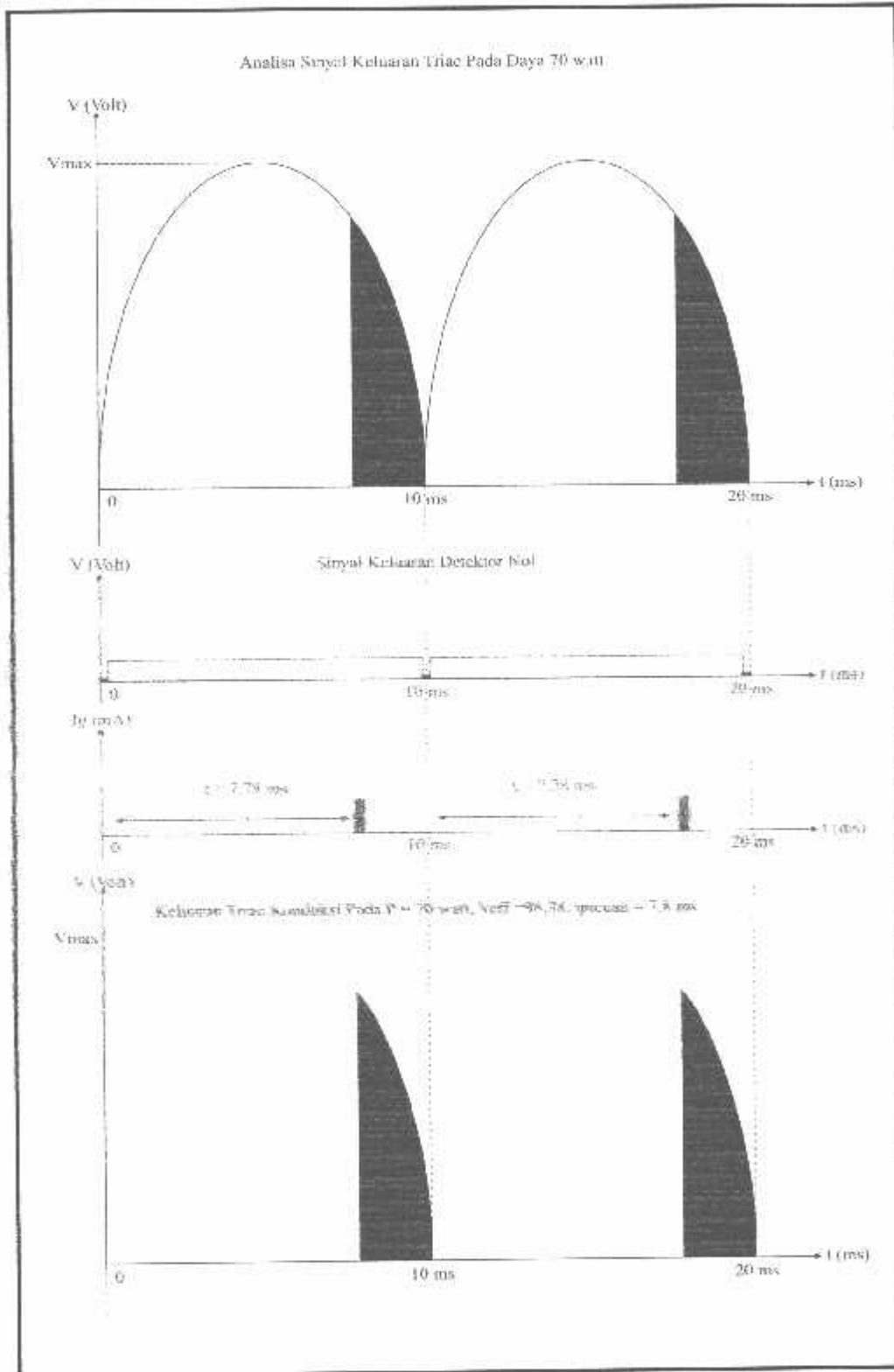
## LAMPIRAN 2.1

### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 35 watt



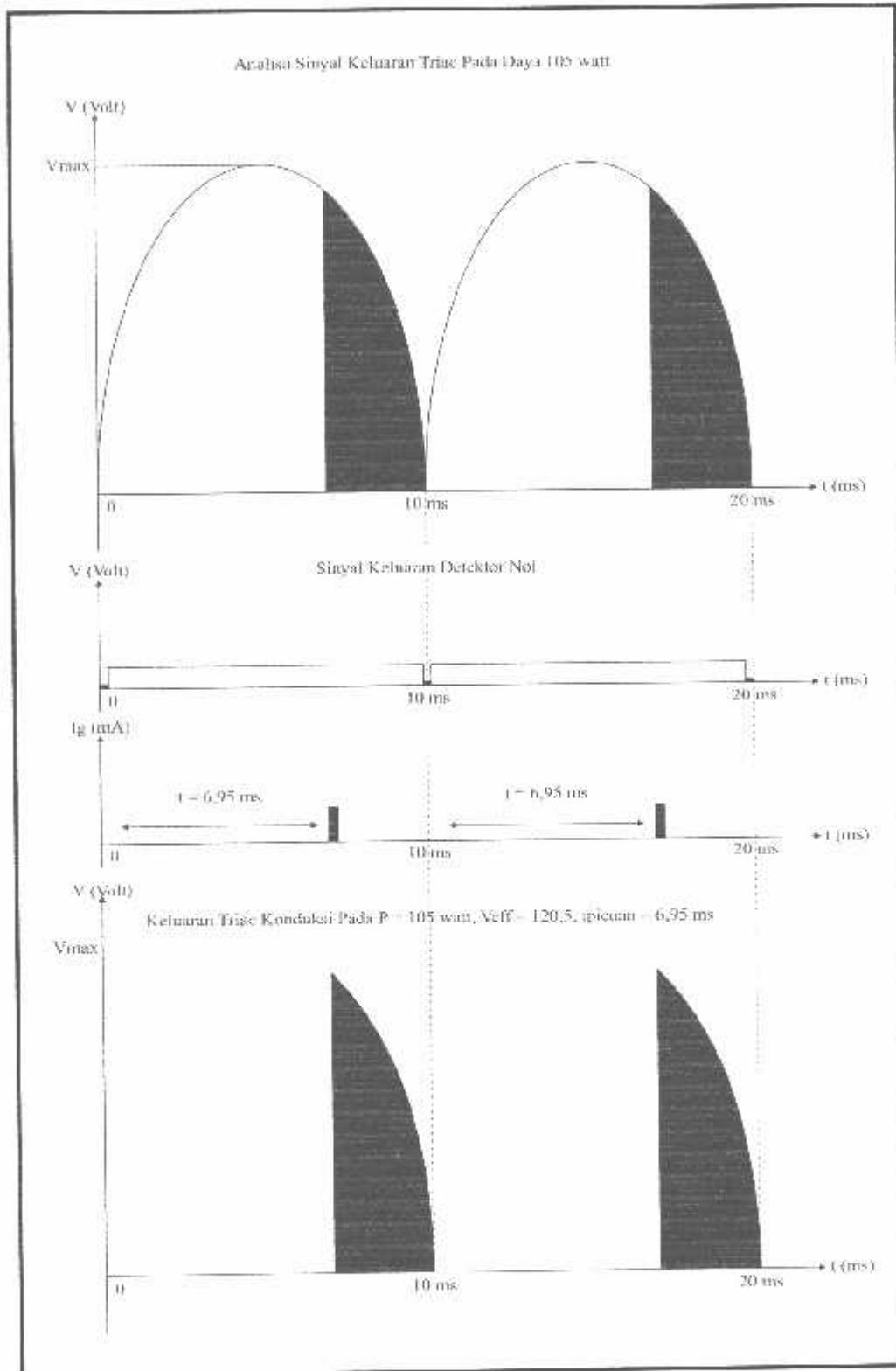
## LAMPIRAN 2.2

### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 70 watt



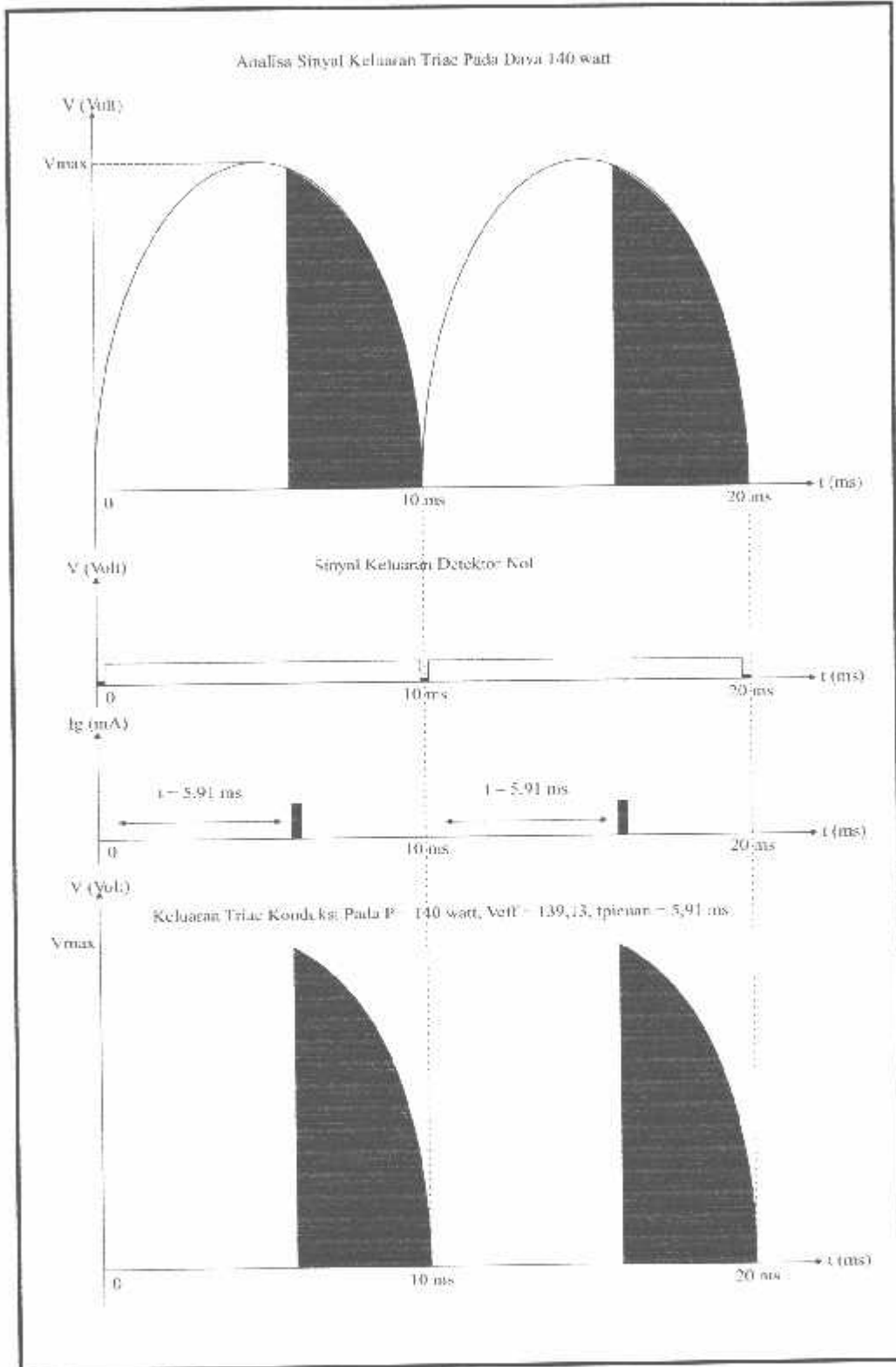
### LAMPIRAN 2.3

#### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 105 watt



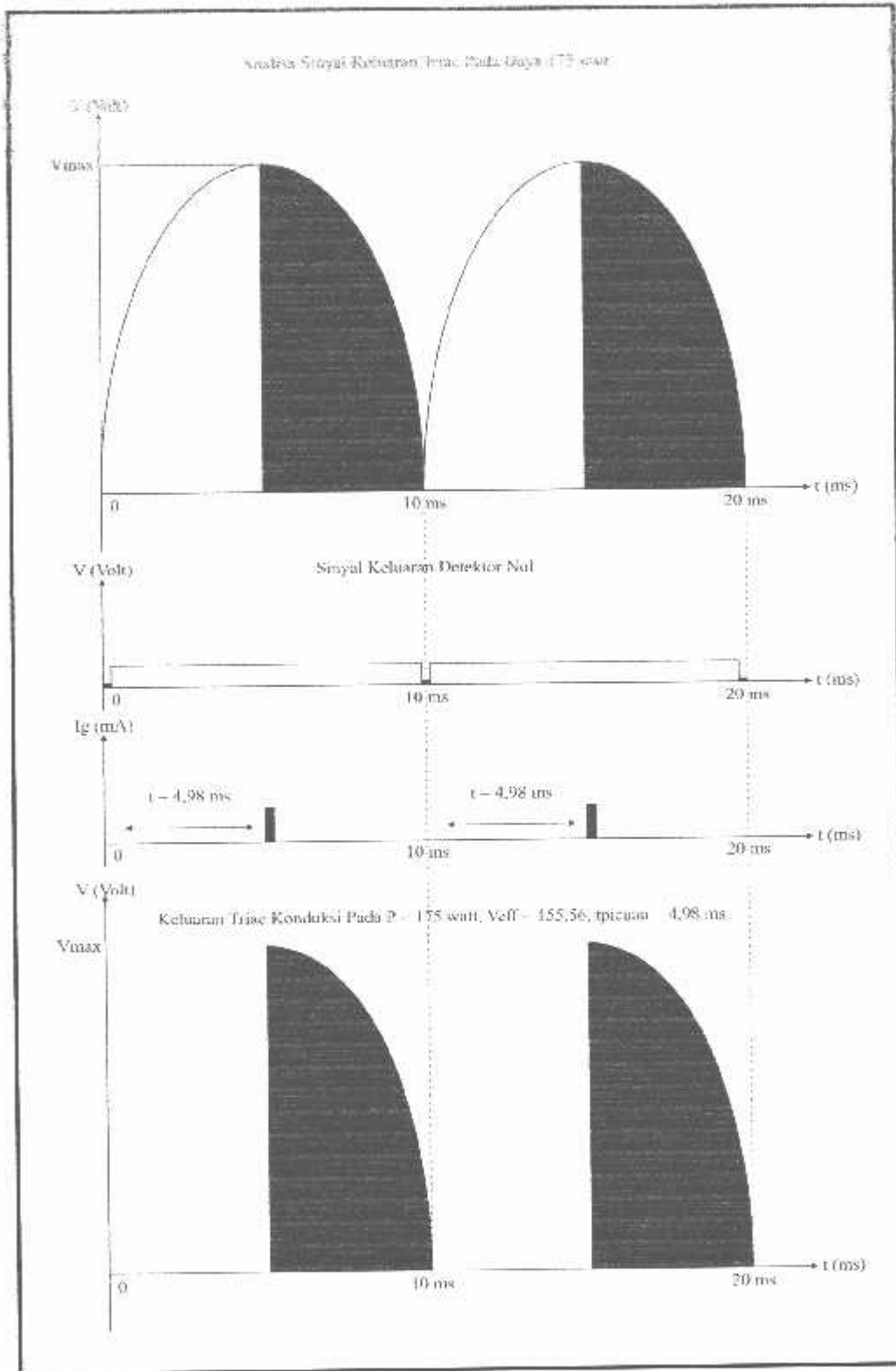
## LAMPIRAN 2.4

### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 140 watt



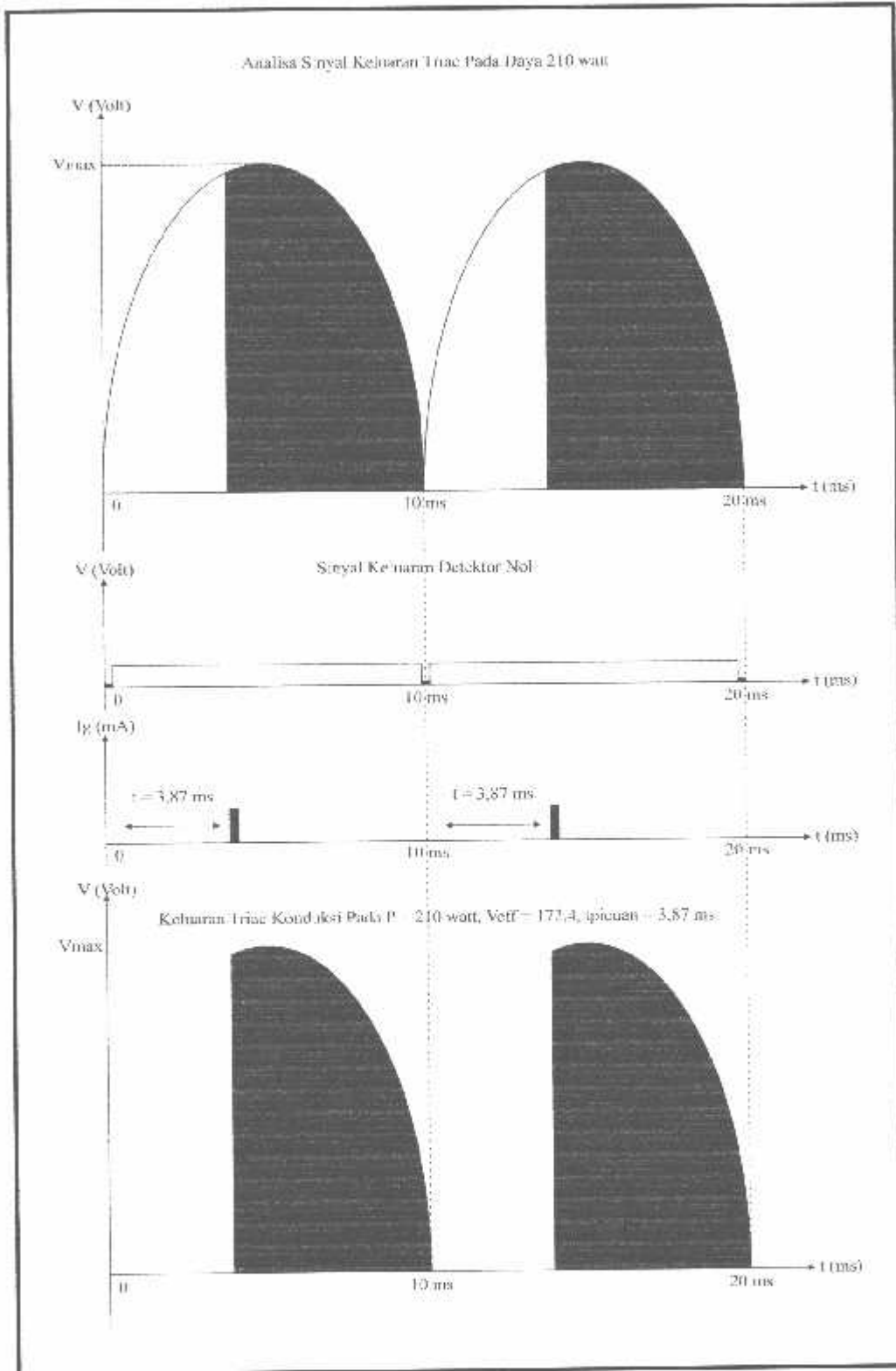
## LAMPIRAN 2.5

### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 175 watt



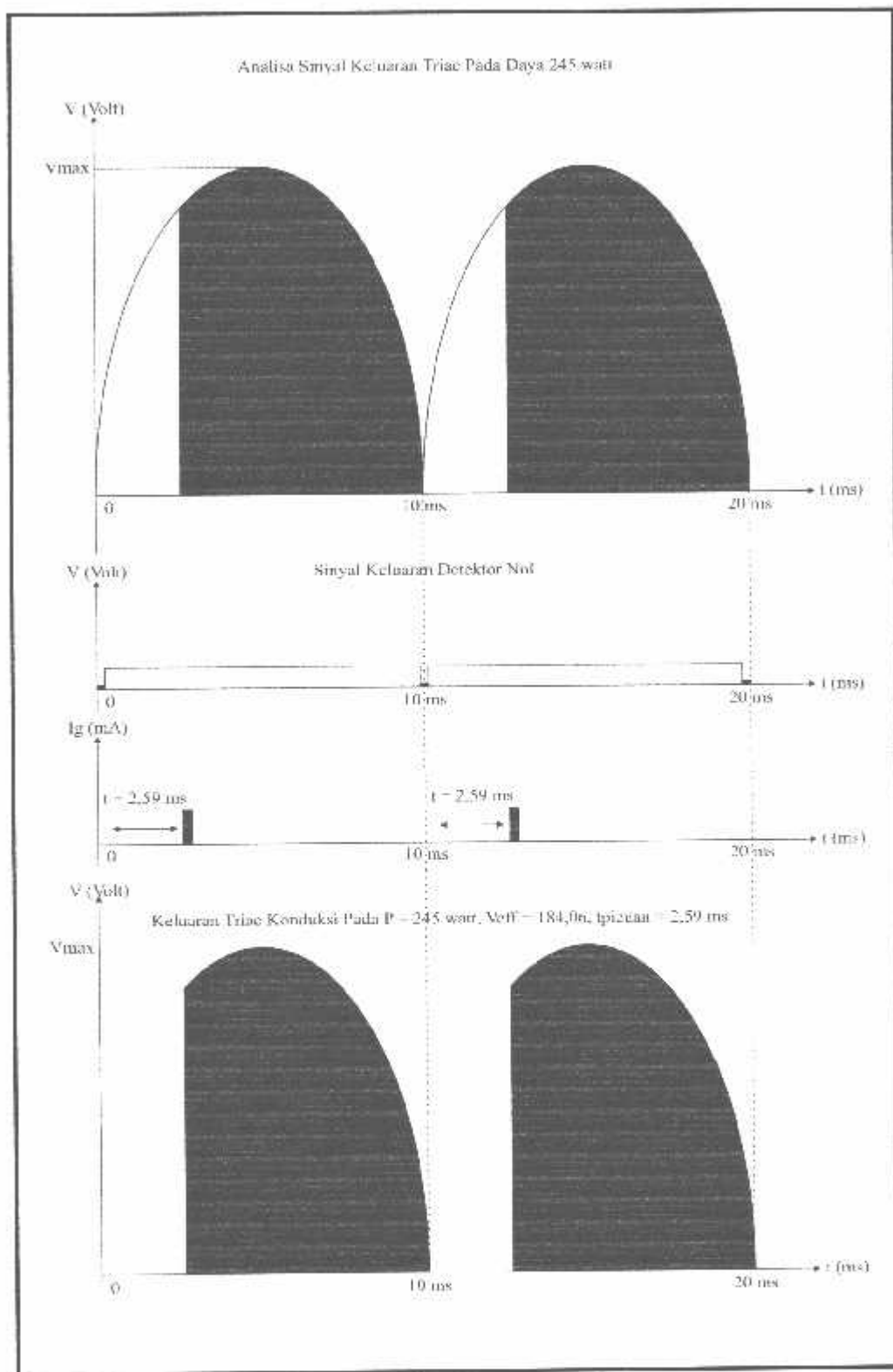
## LAMPIRAN 2.6

### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 210 watt



## LAMPIRAN 2.7

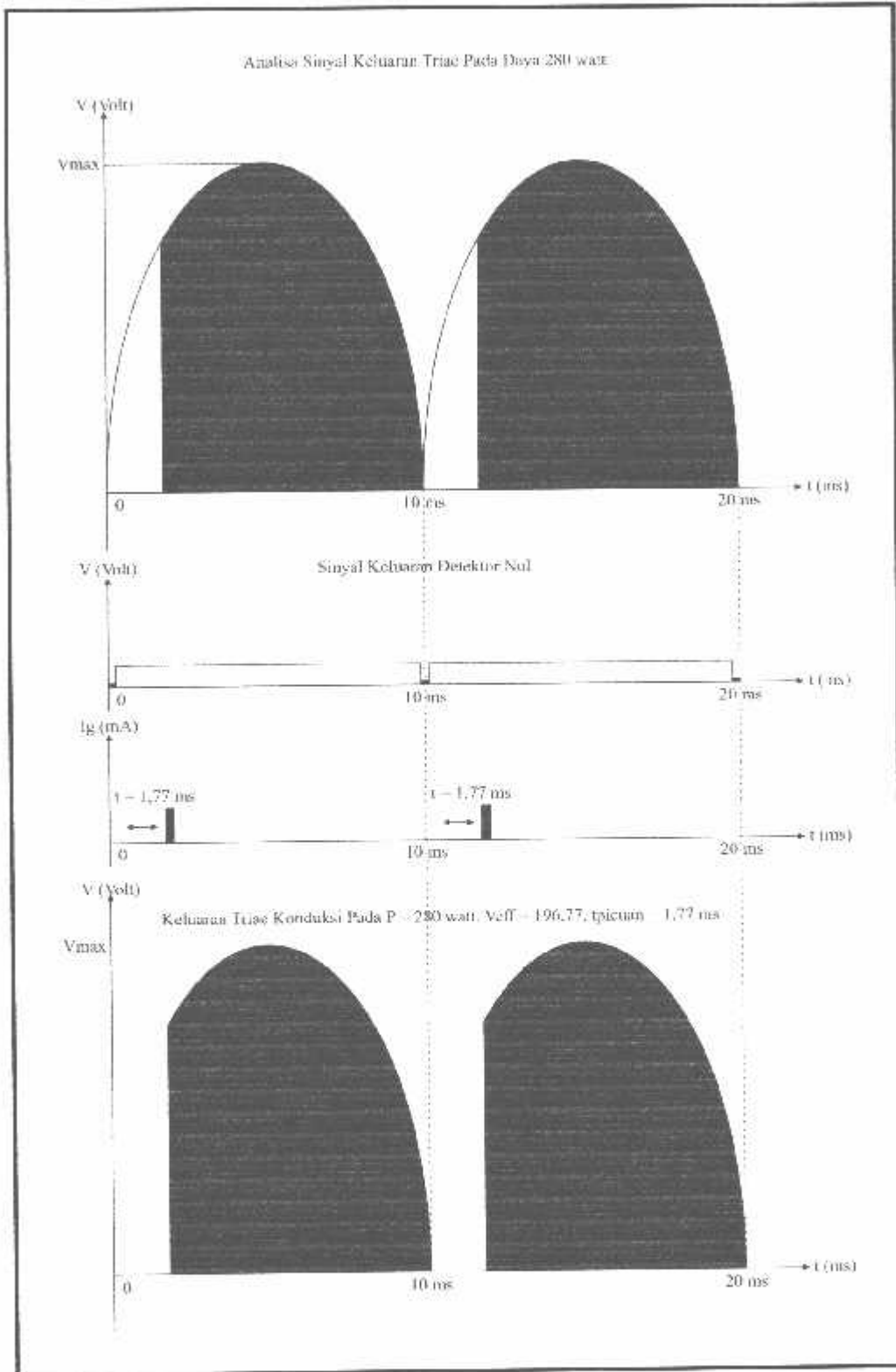
### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 245 watt





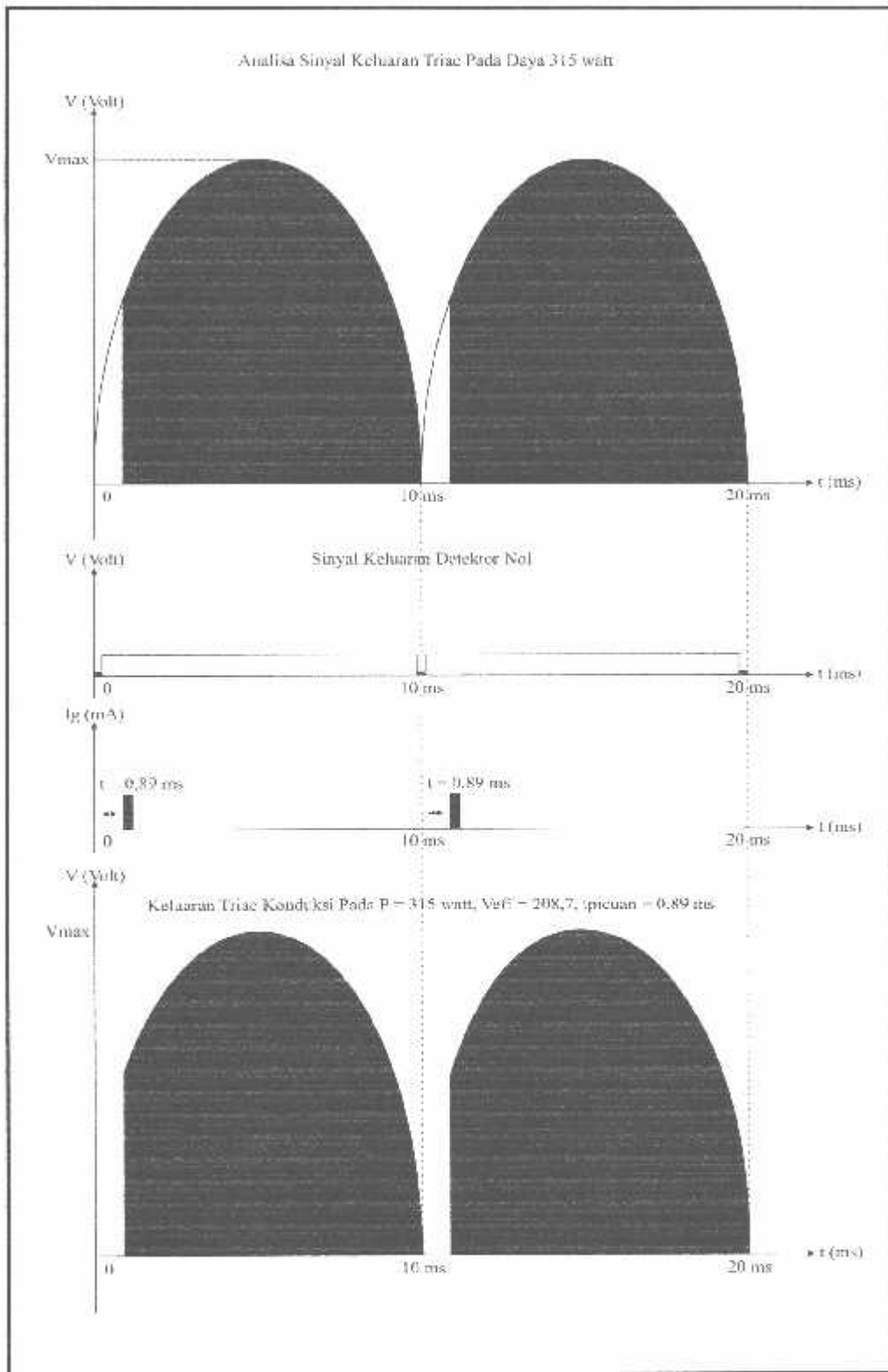
## LAMPIRAN 2.8

### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 280 watt



## LAMPIRAN 2.9

### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 315 watt



## LAMPIRAN 2.10

### Analisa Sinyal Keluaran Triac Pada Daya 350 watt

