

# SKRIPSI

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENDETEKSI GAS BERACUN PADA KABIN PENUMPANG MOBIL



Disusun Oleh :  
**EKO HADI PRASETIO**  
03.17.035

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

**2010**

1071112

UNIVERSITY OF MICHIGAN  
ANN ARBOR MI 48106-1000  
UNIVERSITY MICROFILMS



UNIVERSITY MICROFILMS  
SERIALS ACQUISITION  
300 N ZEEB RD  
ANN ARBOR MI 48106-1500

UNIVERSITY MICROFILMS  
SERIALS ACQUISITION  
300 N ZEEB RD  
ANN ARBOR MI 48106-1500

1071112

# LEMBAR PERSETUJUAN

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENDETEKSI GAS BERACUN PADA KABIN PENUMPANG MOBIL

### SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

**EKO HADI PRASETIO**  
03.17.035

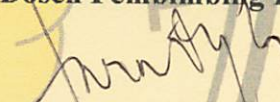
Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. Mimien Mustikawati, MT  
NIP.P.103 000 0352

Dosen Pembimbing II




Irmalia Suryani Faradisa, ST, MT  
NIP.P.103 010 0365

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



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

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2010



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
Jl. Karanglo km 2, Malang

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : EKO HADI PRASETIO  
NIM : 03.17.035  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENDETEKSI GAS  
BERACUN PADA KABIN PENUMPANG MOBIL**

Dipertahankan di hadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 09 Februari 2010

Dengan Nilai : 84.75 (A) *Zy*



**Ketua Majelis Penguji**

**Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT.**  
NIP.Y 1028700163

**Sekretaris Majelis Penguji**

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

**Penguji I**

**M. Ibrahim Ashari . ST, MT.**  
NIP.P 1030100358

**Penguji II**

**Ir. Eko Nurcahyo**  
NIP. Y 1028700172

## ABSTRAKSI

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENDETESI GAS BERACUN PADA KABIN PENUMPANG MOBIL

Eko Hadi Prasetyo

03.17.035

Jurusan Teknik Elektro S1 – Institut Teknologi Nasional Malang  
Jln. Raya Karanglo Km 2 Malang

Dosen Pembimbing : Ir. Mimien Mustikawati, MT  
Irmalia Suryani Faradisa, ST, MT

**Kata Kunci** : gas beracun, sensor, dan ppm

Kebocoran pada sistem pembuangan mobil yang tidak baik dan kebocoran AC mobil dapat menimbulkan gas beracun dalam kabin mobil. Gas tersebut antara lain gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan gas freon. Keberadaan gas-gas ini sangat berbahaya jika terhirup oleh manusia karena gas-gas itu akan menggantikan posisi oksigen yang berkaitan dengan haemoglobin dalam darah. Akibatnya tentu sangat fatal. Pertama, oksigen akan kalah bersaing saat berikatan dengan molekul haemoglobin. Ini berarti kadar oksigen dalam darah akan berkurang. Padahal seperti diketahui, oksigen sangat diperlukan oleh sel-sel dan jaringan tubuh untuk melakukan fungsi metabolisme. Seseorang yang keracunan gas-gas tersebut akan mengalami gejala sakit kepala, gangguan mental (mental dullness), pusing, lemah, muntah, mual, kehilangan kontrol otot, diikuti dengan penurunan denyut nadi dan frekuensi pernapasan, pingsan dan bahkan dapat mengakibatkan kematian.

Untuk mendeteksi ada tidaknya kandungan gas beracun yang berbahaya dalam kabin mobil, maka diperlukan suatu alat yang dapat mendeteksi dan memberikan peringatan kepada orang yang berada di dalam kabin penumpang mobil, agar orang tersebut dapat melakukan tindakan dengan mematikan AC dan membuka kaca mobilnya agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.

Pada perancangan ini digunakan *hardware* yang meliputi sensor TGS 2442 (CO) sensor TGS 4161 (CO<sub>2</sub>) dan TGS 832 (Freon), ADC 0808 Mikrokontroler AT89S52, LCD, Buzzer, LED, dan Keypad. Dan *software* yang terdiri dari *software* pada mikrokontroler dengan menggunakan bahasa Assembler.

Prinsip kerja dari alat ini 3 buah sensor gas (TGS 2442, TGS 4161, dan TGS 832) berfungsi untuk mendeteksi gas beracun, apabila terdeteksi gas beracun (CO, CO<sub>2</sub>, dan Freon) maka outputan sensor-sensor tersebut sebelum digunakan sebagai inputan mikrokontroler sinyal analognya harus diubah ke digital oleh ADC setelah itu outputan ADC digunakan sebagai inputan dari rangkaian mikrokontroler AT89S52 untuk pemrosesan data. Selanjutnya outputan dari rangkaian mikrokontroler AT89S52 diteruskan ke LCD sebagai layar tampilan kadar ppm, buzzer dan LED apabila kadar ppm melampaui ambang batas berbahaya maka akan berbunyi.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perancangan Dan Pembuatan Pendeteksi Gas Beracun Pada Kabin Penumpang Mobil”** ini dengan lancar. Skripsi ini merupakan persyaratan kelulusan Studi di Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Elektronika ITN Malang dan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

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

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Ibu Ir. Mimien Mustikawati, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Irmalia Suryani Faradisa, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Kedua orang tuaku dan adek - adekku yang telah memberikan dukungan.
7. Semua teman – teman yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu

Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Harapan penulis semoga laporan skripsi ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pembaca.

Malang, Januari 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>BERITA ACARA UJIAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAKSI</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I: PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan masalah.....	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Metodologi Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II: LANDASAN TEORI</b>	
2.1. Gas Beracun.....	6
2.1.1 Gas Karbon Monoksida ( CO ).....	6
2.1.2 Gas Karbon Dioksida ( CO <sub>2</sub> ).....	8
2.1.3 Gas Freon.....	13

2.2. Sensor .....	14
2.2.1 Sensor Gas Karbon Monoksida ( TGS 2442 ).....	14
2.2.2 Snsor Gas Karbon Dioksida ( TGS 4161 ).....	16
2.2.3 Sensor Gas Freon.....	18
2.3. Pengkondisi Sinyal .....	20
2.3.1 Penguat Non Inverting.....	22
2.3.2 Penguat Inverting.....	23
2.3.3 Penguat Diferensial.....	24
2.3.4 Penguat Instrumentasi.....	24
2.3.5 Itegrator.....	25
2.3.6 Dferensiator .....	26
2.4. Analog to Digital Converter 0808 ( ADC 0808 ).....	26
2.5. Mikrokontroler AT89S5216	
2.5.1. Struktur Memori .....	34
2.5.2. Organisasi Memori .....	35
2.5.3. SFR ( Special Function Register ).....	36
2.5.4. Sistem Interupsi .....	38
2.6. Keypad 4x4.....	40
2.7. LCD ( Liquid Crystal Display ).....	41
2.8. LED ( Light Emitting Diode ).....	44
2.8.1. Prinsip Kerja LED .....	44
2.8.2. Cara Keja LED.....	45
2.9. Buzzer.....	46

2.10 IC LM 7805 .....	47
2.11 Transistor .....	48

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

3.1. Perancangan Sistem .....	49
3.2. Prinsip Kerja .....	51
3.3. Perancangan Sensor .....	52
3.3.1. Sensor Gas Karbon Monoksida ( TGS 2442 ) .....	52
3.3.2. Sensor Gas Karbon Dioksida ( TGS 4161 ) .....	54
3.3.3. Pengkondisi Sinyal Sensor Gas Karbon Dioksida (TGS 4161 ) .....	55
3.3.4 Sensor Gas Freon ( TGS 832 ) .....	55
3.4. Perancangan Rangkaian ADC 0808 .....	57
3.5. Perancangan Rangkaian Mikrokontroller AT89S52 .....	60
3.6. Perancangan Rangkaian Keypad 4x4 .....	64
3.7. Perancangan Rangkaian LCD HD44780 .....	64
3.8. Perancangan Rangkaian Buzzer .....	66
3.9. Perancangan Rangkaian LED .....	68
3.10. Perancangan Rangkaian Regulator .....	68
3.11. Flowchart .....	70

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

4.1. Tujuan .....	73
-------------------	----

4.2. Pengujian Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ).....	73
4.3. Pengujian Sensor.....	74
4.3.1. Sensor TGS 2442.....	74
4.3.3.1. Tujuan.....	74
4.3.1.2. Prosedur Pengujian.....	74
4.3.2. Sensor TGS 4161.....	78
4.3.2.1. Tujuan.....	78
4.3.2.2. Prosedur Pengujian.....	78
4.3.3. Pengujian Op – Amp.....	80
4.3.4. Sensor TGS 832.....	81
4.3.4.1. Tujuan.....	81
4.3.4.2. Prosedur Pengujian.....	81
4.4. Pengujian ADC 0808.....	84
4.5. Pengujian LCD.....	85
4.5.1. Tujuan.....	85
4.5.2. Alat – alat yang digunakan.....	85
4.5.3. Prosedur Pengujian.....	86
4.5.4. Hasil Pengujian.....	87
4.6. Pengujian Keypad.....	88
4.6.1. Tujuan.....	88
4.6.2. Prosedur Pengujian.....	88
4.6.3. Hasil Pengujian.....	89
4.7. Pengujian Buzzer.....	90

4.8. Pengujian Alat Secara Keseluruhan.....	91
4.8.1. Pengukuran CO.....	92
4.8.2. Pengukuran CO <sub>2</sub> .....	93
4.8.3. Pengukuran Freon.....	94

## **BAB V: PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	95
5.2 Saran.....	96

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1	Struktur Resonansi CO.....	6
GAMBAR 2.2	Sensor TGS 2442 / Sensor CO.....	14
GAMBAR 2.3	Basic measuring circuit.....	15
GAMBAR 2.4	Sesnor TGS 4161 / Sensor CO2.....	16
GAMBAR 2.5	Basic measuring circuit.....	17
GAMBAR 2.6	Sensor TGS 832 / Sensor Freon .....	18
GAMBAR 2.7	Basic measuring circuit.....	19
GAMBAR 2.8	Simbol OP - AMP .....	21
GAMBAR 2.9	Rangkaian Penguat Non Inverting .....	23
GAMBAR 2.10	Rangkaian Penguat Inverting .....	23
GAMBAR 2.11	Rangkaian Penguat Diferensial .....	24
GAMBAR 2.12	Rangkaian Penguat Instrumentasi .....	25
GAMBAR 2.13	Rangkaian Integrator .....	25
GAMBAR 2.14	Rangkaian Diferensiator.....	26
GAMBAR 2.15	Pin out ADC 0808.....	27
GAMBAR 2.16	Blok Diagram ADC 0808.....	28
GAMBAR 2.17	Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S52 .....	30
GAMBAR 2.18	Blok Diagram Mikrokontroler AT89S52.....	33
GAMBAR 2.19	Struktur Memori AT89S52 .....	34
GAMBAR 2.20	Keypad 4x4 .....	40
GAMBAR 2.21	LCD HD44780 .....	43

GAMBAR 2.22 Diagram Blok LCD HD44780 .....	44
GAMBAR 2.23 LED .....	45
GAMBAR 2.24 Simbol LED.....	45
GAMBAR 2.25 Simbol Buzzer.....	46
GAMBAR 2.26 LM7805.....	47
GAMBAR 2.27 Transistor.....	48
GAMBAR 3.1 Blok Diagram Perencanaan.....	50
GAMBAR 3.2 Rangkaian TGS 2442 / Sensor CO.....	52
GAMBAR 3.3 Rangkaian TGS 4161 .....	54
GAMBAR 3.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	55
GAMBAR 3.5 Rangkaian TGS 832 / Sensor Freon.....	56
GAMBAR 3.6 Rangkaian ADC 0808 .....	58
GAMBAR 3.7 Rangkaian Clock Eksternal ADC 0808.....	58
GAMBAR 3.8 Rangkaian Mikrokontroler AT89S52 .....	61
GAMBAR 3.9 Rangkaian Clock .....	62
GAMBAR 3.10 Rangkaian Reset.....	64
GAMBAR 3.11 Blok Diagram Hubungan Keypad Dengan Mikokontroler ...	64
GAMBAR 3.12 Rangkaian LCD.....	66
GAMBAR 3.13 Rangkaian Buzzer .....	66
GAMBAR 3.14 Rangkaian LED.....	68
GAMBAR 3.15 PIN pada Regulator .....	69
GAMBAR 3.16 Rangkaian Regulator.....	69

GAMBAR 4.1 Pengukuran TGS 2442 .....	76
GAMBAR 4.2 Pengukuran TGS 4161 .....	79
GAMBAR 4.3 Pengukuran OP - Amp .....	80
GAMBAR 4.4 Pengukuran TGS 832 .....	83
GAMBAR 4.5 Rangkaian Pengujian LCD.....	86
GAMBAR 4.6 Pengukuran Tegangan Awal LCD .....	87
GAMBAR 4.7 Pengukuran Tegangan Setelah Melewati Dioda .....	87
GAMBAR 4.8 Hasil Pengujian LCD .....	88
GAMBAR 4.9 Pengujian Rangkaian keypad .....	88
GAMBAR 4.10 Pengecekan Jalaur keypad Dengan Multimeter .....	90
GAMBAR 4.11 Rangkaian Buzzer .....	90

## DAFTAR TABEL

TABEL 2.1	Bahaya Kadar Karbon Monoksida ( ppm ) Bagi Manusia.....	7
TABEL 2.2	Menunjukkan Saluran Analog ADC 0808.....	29
TABEL 2.3	Special Function Register .....	36
TABEL 2.4	Tingkat Prioritas Interupsi .....	39
TABEL 2.5	Tabel Kebenaran Keypad 4x4.....	41
TABEL 2.6	Tabel Spesifikasi LCD HD44780 ( Character 20x4 ).....	42
TABEL 2.7	Tabel Karakteristik Tegangan LCD HD44780 .....	42
TABEL 2.8	Tabel Fungsi Pin LCD HD44780 .....	43
TABEL 4.1	Hasil Perhitungan Dan Pengukuran TGS 2442 .....	77
TABEL 4.2	Hasil Perhitungan Dan Pengukuran TGS 4161 .....	79
TABEL 4.3	Vout Pengkondisi Sinyal.....	81
TABEL 4.4	Hasil Perhitungan Dan Pengukuran TGS 832 .....	84
TABEL 4.5	Hasil Pengujian ADC dengan TGS 2442.....	84
TABEL 4.6	Hasil Pengujian ADC dengan TGS 4161.....	85
TABEL 4.7	Hasil Pengujian ADC dengan TGS 832.....	85
TABEL 4.8	Hasil Pengukuran Pengujian Rangkaian LCD.....	87
TABEL 4.9	Hasil Pengujian Keypad.....	89
TABEL 4.10	Hasil Pengujian Buzzer.....	91
TABEL 4.11	Hasil Pengukuran CO .....	92
TABEL 4.12	Hasil Pengukuran CO2 .....	93
TABEL 4.13	Hasil Pengukuran Freon.....	94

## **DAFTAR GRAFIK**

GRAFIK 2.1 Sensitivity characteristic TGS 2442.....	15
GRAFIK 2.2 Sensitivity characteristic TGS 4131.....	17
GRAFIK 2.3 Sensitivity characteristic TGS 832.....	19

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebocoran pada sistem pembuangan mobil yang tidak baik dan kebocoran AC mobil dapat menimbulkan gas beracun dalam kabin mobil. Gas tersebut antara lain *gas karbon monoksida (CO)*, *karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)*, dan *gas freon*. Keberadaan gas-gas ini sangat berbahaya jika terhirup oleh manusia karena gas-gas itu akan menggantikan posisi oksigen yang berkaitan dengan haemoglobin dalam darah. Akibatnya tentu sangat fatal. Pertama, *oksigen* akan kalah bersaing saat berikatan dengan *molekul haemoglobin*. Ini berarti kadar *oksigen* dalam darah akan berkurang. Padahal seperti diketahui, *oksigen* sangat diperlukan oleh sel-sel dan jaringan tubuh untuk melakukan fungsi *metabolisme*. Seseorang yang keracunan gas-gas tersebut akan mengalami gejala sakit kepala, gangguan mental (*mental dullnes*), pusing, lemah, muntah, mual, kehilangan kontrol otot, diikuti dengan penurunan denyut nadi dan frekuensi pernapasan, pingsan dan bahkan dapat mengakibatkan kematian.

Kebocoran pada sistem pembuangan mobil biasanya disebabkan oleh kurangnya perawatan pada bagian bawah mobil. Kurangnya perawatan ini biasanya mengakibatkan bocornya knalpot mobil. Bocornya knalpot mobil mengakibatkan gas hasil pembuangan dari hasil pembakaran tidak sampai ke ujung knalpot tempat dimana seharusnya gas tersebut dibuang. Gas yang berada di bawah kabin ini akan sangat mudah untuk masuk

kedalam kabin penumpang mobil dan dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit bagi yang menghirupnya.

Kebocoran pada AC mobil biasanya disebabkan kebocoran selang AC. Kebocoran selang AC ini mengakibatkan gas *freon* masuk ke kabin penumpang mobil.

Untuk mendeteksi ada tidaknya kandungan gas beracun yang berbahaya dalam kabin mobil, maka diperlukan suatu alat yang dapat mendeteksi dan memberikan peringatan kepada orang yang berada di dalam kabin penumpang mobil, agar orang tersebut dapat melakukan tindakan dengan mematikan AC dan membuka kaca mobilnya agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.

Alat yang dirancang menggunakan sensor untuk mendeteksi ada tidaknya gas beracun. Sensor yaitu suatu alat yang mengubah besaran *non eletris* menjadi suatu besaran *eletris*, sehingga dapat dilakukan pengukuran secara analog. Dari besaran analog dapat diubah menjadi besaran digital dengan menggunakan pengubah analog ke digital (*ADC*) yang selanjutnya dapat dihubungkan pada *mikrokontroller* sebagai pengolah data.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Mengacu pada permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat alat pendeteksi gas beracun pada kabin penumpang mobil.

2. Bagaimana memprogram mikrokontroller agar dapat mengendalikan semua kerja sistem.

### 1.3. Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan alat yang dibuat, diberi batasan berikut :

1. Gas yang dideteksi hanya *karbon monoksida (CO)*, *karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)*, dan *gas freon*
2. Sensor gas menggunakan *TGS 2442* untuk gas *karbon monoksida (CO)*, *TGS 4161* untuk gas *karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)*, dan *TGS 832* untuk gas *freon*
3. Mikrokontroller yang digunakan adalah AT89S52

### 1.4. Tujuan

Tujuan dari perancangan dan pembuatan alat ini adalah untuk mendeteksi ada tidaknya gas beracun dalam kabin penumpang mobil dan untuk kemudian alat tersebut memberikan peringatan kepada orang yang berada di dalam kabin penumpang mobil tersebut.

## **1.5. Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian yang dipakai dalam penyusunan skripsi ini adalah :

### **1. Studi Literatur**

Dengan mencari referensi yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan alat yang akan di buat.

### **2. Perancangan dan Pembuatan Alat**

Yaitu meliputi pembuatan PCB, perakitan komponen serta penyolderan dan serta pembuatan perangkat lunak.

### **3. Pelaksanaan Uji Coba Alat**

Dengan melakukan pengujian perblok rangkaian dan kerja seluruh system pada alat tersebut.

### **4. Penyusunan Laporan Skripsi**

Membuat laporan yang terdiri dari Pendahuluan, Landasan Teori, Perencanaan dan Pembuatan Alat, Pengujian Alat dan Penutup.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini terbagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

### **BAB I Pendahuluan**

Membahas tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penulisan serta sistematika susunan penulisan dari buku skripsi ini.

## **BAB II Landasan Teori**

Bab ini berisikan tentang teori-teori penunjang yang digunakan dalam perencanaan dan pembuatan skripsi.

## **BAB III Perencanaan Sistem**

Pada bab ini akan dibahas perencanaan dan realisasi perangkat keras perangkat lunak yang digunakan.

## **BAB IV Pengujian Alat**

Berisi tentang data hasil pengujian peralatan yang telah dibuat secara keseluruhan

## **BAB V Kesimpulan**

Berisi kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan,realisasi,dan pengetesan yang dilakukan.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

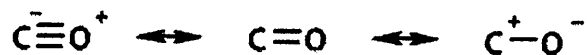
#### 2.1 Gas Beracun

##### 2.1.1 Gas Karbon Monoksida (CO)

Gas *karbon monoksida* adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Gas ini terdiri dari satu atom karbon yang secara *kovalen* berikatan dengan satu atom *oksigen*. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan *kovalen* dan satu ikatan *kovalen* koordinasi antara atom *karbon* dan atom *oksigen*.

*Karbon monoksida* dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna dari senyawa karbon, sering terjadi pada mesin pembakaran dalam. *Karbon monoksida* terbentuk apabila terdapat kekurangan *oksigen* dalam proses pembakaran.

Molekul Gas *karbon monoksida* memiliki panjang ikat 0,1128 nm. Panjang ikatan molekul *karbon monoksida* sesuai dengan ikatan rangkap tiga parsialnya. Molekul ini memiliki *momen dipol* ikatan yang sangat kecil dan dapat diwakili dengan dengan tiga struktur resonansi



**Gambar 2.1 Struktur Resonansi CO**  
(Sumber: [http://id.wikipedia.org/wiki/Karbon\\_monoksida](http://id.wikipedia.org/wiki/Karbon_monoksida))

Resonansi paling kiri adalah bentuk yang paling penting. Hal ini diilustrasikan dengan *reaktivitas karbon monoksida* yang bereaksi dengan *karbokation*.

Gas karbon monoksida pertama kali dihasilkan oleh kimiawan Perancis *de Lassone* pada tahun 1776 dengan memanaskan seng oksida dengan kokas. Kimiawan tersebut menyimpulkan bahwa gas yang dihasilkan adalah hidrogen karena ketika dibakar menghasilkan api berwarna biru. Gas ini kemudian diidentifikasi sebagai senyawa yang mengandung karbon dan oksigen oleh kimiawan Inggris *William Cumberland Cruikshank* pada tahun 1800.

Karbon Monoksida sangatlah beracun, sifat-sifat karbon monoksida yang beracun pertama kali diinvestigasi secara seksama oleh fisiolog Perancis *Claude Bernard* sekitar tahun 1846 dengan meracuni beberapa anjing dengan gas tersebut, dan mendapatkan bahwa dalam darah anjing-anjing tersebut berwarna lebih merah di seluruh pembuluh darah. Karbon monoksida dapat menyebabkan keracunan sistem saraf pusat dan jantung. Karbon monoksida juga memiliki efek-efek buruk bagi bayi dari wanita hamil. Gejala dari keracunan ringan meliputi sakit kepala dan mual-mual. Pada konsentrasi 667 ppm dapat menyebabkan 50% hemoglobin berubah menjadi karboksihemoglobin ( $HbCO$ ). Karboksihemoglobin cukup stabil, namun perubahan ini reversible. Karboksihemoglobin tidaklah efektif dalam menghantarkan oksigen, sehingga beberapa bagian tubuh tidak mendapatkan oksigen yang cukup dan hal ini sangatlah berbahaya.

**Tabel 2.1 Bahaya Kadar Karbon Monoksida ( ppm )  
Bagi Manusia**

Kadar Gas Karbon Monoksida (ppm)	Waktu (jam)	Akibat
< 100	<1	tidak menimbulkan gejala apapun
< 500	<1	batuk dan pusing
< 1000	<1	sesak nafas gelisah/bingung
> 1000	<1	koma dan kematian

(Sumber: <http://harrie91.wordpress.com/2007/09/13/efek-gas-karbon-monoksida/>)

### 2.1.2 Gas Karbon Dioksida ( $CO_2$ )

*Karbon dioksida* atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom *oksigen* yang teikat secara *kovalen* dengan sebuah atom *karbon*. *Karbon dioksida* dihasilkan oleh semua heawan, tumbuh-tumbuhan, fungi dan *mikroorganisme* pada *proses respirasi* dan digunakan pada tumbuhan pada *proses fotosintesis*.

Pada abad ke-17, seorang kimiawan *Fleming, Jan Baptist Van Helmont*, menemukan bahwa arang yang dibakar pada bejana tertutup akan menghasilkan abu yang massanya daripada massa arang semula. Dia berkesimpulan bahwa sebagian arang tersebut telah ditransmutasikan menjadi zat yang tidak terlihat, yang kemudian dinamakan zat tersebut sebagai “gas” atau *spiritus sylvestre* ( Bahasa Indonesia: arwah liar )

Sifat-sifat *karbon dioksida* dipelajari lebih lanjut pada tahun 1750 oleh fisikawan Skotlandia *Joseph Black*. Dia menemukan bahwa batu kapur (kalsium karbonat) dapat dibakar atau diberikan asam dan menghasilkan gas yang dia namakan sebagai “*fixed air*”. Dia juga menemukan bahwa gas ini lebih berat daripada udara dan ketika digelembungkan dalam *larutan kapur (kalsium hidroksida)* akan mengendapkan *kalsium karbonat*. Dia menggunakan fenomena ini untuk mengilustrasikan bahwa *karbon dioksida* dihasilkan dari pernafasan hewan dan *fermentasi mikrob*. Pada tahun 1772, seorang kimiawan Inggris *Joseph Priestley* mempublikasikan sebuah jurnal yang berjudul *Impregnating Water with Fixed Air*. Dalam jurnal tersebut, dia menjelaskan proses penetesan *asam sulfat* atau *minyak vitriol* seperti yang *Priestley* sebut ke kapur untuk menghasilkan *karbon dioksida* dan memaksa gas itu untuk larut dengan menggoncangkan semangkuk air yang berkontak dengan gas.

*Karbon dioksida* secara garis besar dihasilkan dari enam proses:

1. Sebagai hasil samping dari pengilangan *ammonia* dan *hidrogen*, di mana *metana* dikonversikan menjadi  $CO_2$ .
2. Dari pembakaran kayu dan bahan bakar fosil;
3. Sebagai hasil samping dari *fermentasi* gula pada proses peragian bir, wiski, dan minuman beralkohol lainnya.
4. Dari proses penguraian termal batu kapur,  $CaCO_3$
5. Sebagai produk samping dari pembuatan *natrium fosfat*
6. Secara langsung di ambil dari mata air yang karbon dioksidanya dihasilkan dari pengasaman air pada batu kapur atau *dolomit*.

Kandungan *karbon dioksida* di udara segar bervariasi antara 0,03% (300ppm) sampai dengan 0,06% (600 ppm) bergantung pada lokasi.

Menurut *Otoritas Keselamatan Maritim Australia*, "Paparan berkepanjangan terhadap *konsentrasi karbon dioksida* yang sedang dapat menyebabkan *asidosis* dan efek-efek merugikan pada *metabolisme kalsium fosforus* yang menyebabkan peningkatan endapan kalsium pada jaringan lunak. *Karbon dioksida* beracun kepada jantung dan menyebabkan menurunnya *gaya kontraktil*. Pada konsentrasi tiga persen berdasarkan volume di udara, ia bersifat *narkotik* ringan dan menyebabkan peningkatan tekanan darah dan denyut nadi, dan menyebabkan penurunan daya dengar. Pada konsentrasi sekitar lima persen berdasarkan volume, ia menyebabkan *stimulasi* pusat pernafasan, pusing-pusing, kebingungan, dan kesulitan pernafasan yang diikuti sakit kepala dan sesak nafas. Pada

konsentrasi delapan persen, ia menyebabkan sakit kepala, keringatan, penglihatan buram, tremor, dan kehilangan kesadaran setelah paparan selama lima sampai sepuluh menit."

Oleh karena bahaya kesehatan yang diasosiasikan dengan paparan karbon dioksida, *Administrasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja Amerika Serikat* menyatakan bahwa paparan rata-rata untuk orang dewasa yang sehat selama waktu kerja 8 jam sehari tidak boleh melebihi *5.000 ppm (0,5%)*. Batas aman maksimum untuk balita, anak-anak, orang tua, dan individu dengan masalah kesehatan *kardiopulmonari* (jantung dan paru-paru) secara signifikan lebih kecil. Untuk paparan dalam jangka waktu pendek (di bawah 10 menit), batasan dari *Institut Nasional untuk Kesehatan dan Keamanan Kerja Amerika Serikat (NIOSH)* adalah *30.000 ppm (3%)*. NIOSH juga menyatakan bahwa konsentrasi *karbon dioksida* yang melebihi 4% adalah langsung berbahaya bagi keselamatan jiwa dan kesehatan.

Adaptasi terhadap peningkatan kadar *karbon dioksida* dapat terjadi pada manusia. *Inhalasi karbon dioksida* yang berkelanjutan dapat ditoleransi pada konsentrasi inspirasi tiga persen paling sedikit selama satu bulan dan empat persen konsentrasi insipirasi selama lebih dari satu minggu. Diajukan juga bahwa konsentrasi insipirasi sebesar 2,0 persen dapat digunakan untuk ruangan tertutup (seperti kapal selam) oleh karena adaptasi ini bersifat *fisiologis* dan *reversibel*. Penurunan kinerja atau pada aktivitas fisik yang normal tidak terjadi pada tingkat konsentrasi ini.

Gambaran-gambaran ini berlaku untuk *karbon dioksida* murni. Dalam ruangan tertutup yang dipenuhi orang, konsentrasi *karbon dioksida* akan mencapai tingkat yang lebih tinggi daripada konsentrasi di udara bebas. Konsentrasi yang lebih besar dari *1.000*

*ppm* akan menyebabkan ketidaknyamanan terhadap 20% penghuni dan ketidaknyamanan ini akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *karbon dioksida*. Ketidaknyamanan ini diakibatkan oleh gas-gas yang dikeluarkan sewaktu pernafasan dan keringatan manusia, bukan oleh karbon dioksida. Pada konsentrasi *2.000 ppm*, mayoritas penghuni akan merasakan ketidaknyamanan yang signifikan dan banyak yang akan mual dan sakit kepala. Konsentrasi *karbon dioksida* antara *300 ppm* sampai dengan *2.500 ppm* digunakan sebagai indikator kualitas udara dalam ruangan.

Keracunan *karbon dioksida* akut dikenal sebagai lembap hitam. Para penambang biasanya akan membawa sesangkar burung kenari ketika mereka sedang bekerja untuk memperingati mereka ketika kadar *karbon dioksida* mencapai tingkat yang berbahaya. Burung kenari akan terlebih dahulu mati sebelum kadar *karbon dioksida* mencapai tingkat yang berbahaya untuk manusia. *Karbon dioksida* menyebabkan kematian yang luas di Danau Nyos di Kamerun pada tahun 1996. Karbon dioksida yang lebih berat yang dikeluarkan mendorong *oksigen* keluar, menyebabkan kematian hampir 2000 orang.

*Hemoglobin*, molekul pengangkut oksigen yang utama pada sel darah merah, mengangkut baik *oksigen* maupun *karbon dioksida*. Namun *karbon dioksida* yang diangkut *hemoglobin* tidak terikat pada tempat yang sama dengan *oksigen*. Ia bergabung dengan gugus terminal-N pada empat rantai *globin*. Namun, karena efek *alosterik* pada molekul *hemoglobin*, pengikatan *karbon dioksida* mengurangi jumlah *oksigen* yang dapat diikat. Penurunan pengikatan *karbon dioksida* oleh karena peningkatan kadar *oksigen* dikenal sebagai *efek Haldane* dan penting dalam *transportasi karbon dioksida* dari

jaringan ke paru-paru. Sebaliknya, peningkatan tekanan parsial  $CO_2$  atau penurunan  $pH$  akan menyebabkan pelepasan *oksigen* dari *hemoglobin*, dikenal sebagai *efek Bohr*

$CO_2$  diangkut di darah dengan tiga cara yang berbeda:

- Kebanyakan (sekitar 70% - 80%) dikonversikan menjadi *ion bikarbonat*  $HCO_3^-$  oleh enzim *karbonat anhidrase* di sel-sel darah merah dengan reaksi



- 5% - 10% larut di *plasma*
- 5% - 10% diikat oleh *hemoglobin* sebagai senyawa *karbamino*

*Karbon dioksida* adalah salah satu *mediator autoregulasi* setempat suplai darah. Apabila kadar *karbon dioksida* tinggi, *kapiler* akan mengembang untuk mengijinkan arus darah yang lebih besar ke jaringan yang dituju.

*Ion bikarbonat* sangatlah penting dalam meregulasi  $pH$  darah. Laju pernafasan seseorang dipengaruhi oleh kadar *karbon dioksida* dalam darahnya. Pernafasan yang terlalu lambat akan menyebabkan *asidosis* pernafasan, sedangkan pernafasan yang terlalu cepat akan menimbulkan *hiperventilasi* yang bisa menyebabkan *alkalosis* pernafasan.

Walaupun tubuh memerlukan *oksigen* untuk *metabolisme*, kadar *oksigen* yang rendah tidak akan menstimulasi pernafasan. Sebaliknya pernafasan distimulasi oleh kadar *karbon dioksida* yang tinggi. Akibatnya, bernafas pada udara bertekanan rendah atau

campuran gas tanpa *oksigen* (seperti *nitrogen* murni) dapat menyebabkan kehilangan kesadaran. Hal ini sangatlah berbahaya bagi pilot tempur. Ini juga adalah alasan mengapa penumpang pesawat diinstruksikan untuk memakai masker *oksigen* ke dirinya sendiri terlebih dahulu sebelum membantu orang lain ketika tekanan kabin berkurang, jika tidak maka terjadi resiko tidak sadarkan diri.

Menurut salah satu kajian dari *Departemen Pertanian Amerika Serikat*, pernafasan orang pada umumnya menghasilkan kira-kira 450 liter (sekitar 900 gram) *karbon dioksida* perhari.

### 2.1.3 Gas Freon

Gas *Freon* dikembangkan pada awal abad ke- 20 untuk menggantikan gas beracun yang sebelumnya digunakan pada pendingin seperti *amonia*, *chloromethane*, dan belerang *dioksida*. Gas ini pada kadar yang sedikit tidak menyebabkan bahaya pada tubuh namun apabila gas ini pada kadar yang tinggi ( $>3000$  ppm) dapat menyebabkan *asphyxiation*.

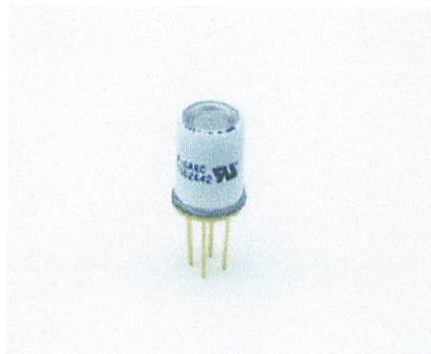
Ada banyak sekali jenis *freon*, tapi tipe yang umum yang digunakan sebagai pendingin ada 3. Pertama *R-12 CFC (Chlorofluorocarbon)*, banyak kita temukan pada kulkas, dispenser, maupun AC mobil di bawa tahun 1993. Kedua *R-22 HCFC (Hidrochlorofluorocarbo)*, banyak ditemukan pada pendingin ruangan bersekala besar, seperti AC split, AC window, dan AC central pada gedung perkantoran. Dulu pun rumah sakit menggunakan pendingin dengan tipe *freon R-22*. Terakhir *R-134a HFC (Hidrofluorocarbo)*, paling banyak digunakan oleh AC mobil dewasa ini, dan sebagian produk kulkas.

## 2.2 Sensor

### 2.2.1 Sensor Gas Karbon Monoksida ( TGS 2442 )

Sensor yang digunakan dalam pendeteksi gas karbon monoksida adalah sensor TGS 2442. Sensor ini sangat sensitif dengan gas karbon monoksida, dan sensor ini dapat mendeteksi kadar gas karbon monoksida dari 30-1000 ppm dalam udara.

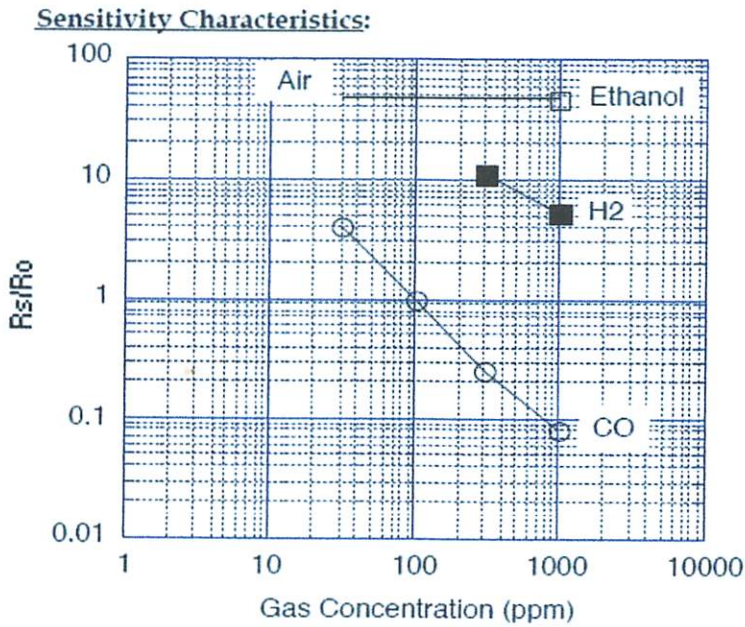
Sensor ini menggunakan *multilayer sensor structure*. Lapisan kaca untuk *thermal insulator* dicetak diantara *ruthenium oxide (RuO<sub>2</sub>) heater* dan *alminia substrate*. Sepasang *Au electrodes* untuk *heater* terbentuk pada *thermal insulator*. Pengindraan lapisan gas yang terbentuk dari *tin dioxide (SnO<sub>2</sub>)*, adalah yang tercantum pada lapisan isolasi listrik yang meliputi *heater*. Sepasang *Au electrodes* untuk mengukur resistensi terbentuk pada *electrical insulator*. *Activated charcoal* dipenuhi antara *internal cover* dan sampul luar untuk tujuan mengurangi pengaruh *noise gases*.



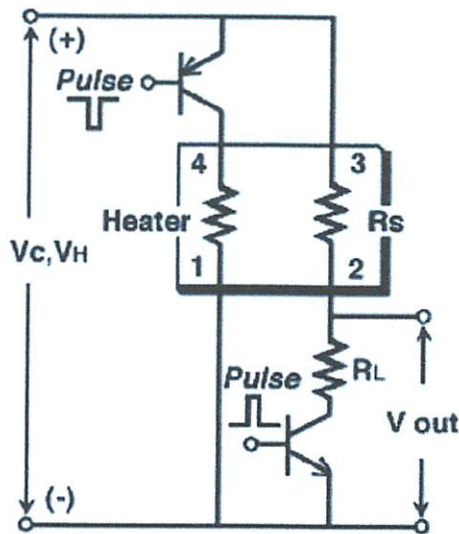
**Gambar 2.2 Sensor TGS 2442 / Sensor CO**  
(Sumber: Data sheet TGS 2442)

Grafik di bawah ini menjelaskan karakteristik dari sensitivitas sensor, semua data dikumpulkan pada saat kondisi standar ketika diuji. *Y-axis* diindikasikan sebagai *sensor resistance ratio (Rs/Ro)* yang didefinisikan sebagai berikut :

- $R_s$  = Resistansi sensor dari gas-gas yang ditampilkan dalam berbagai macam konsentrasi.
- $R_o$  = Resistansi sensor dalam 100 ppm gas CO



**Grafik 2.1 Sensitivity characteristics TGS 2442**  
(Sumber: Data sheet TGS 2442)



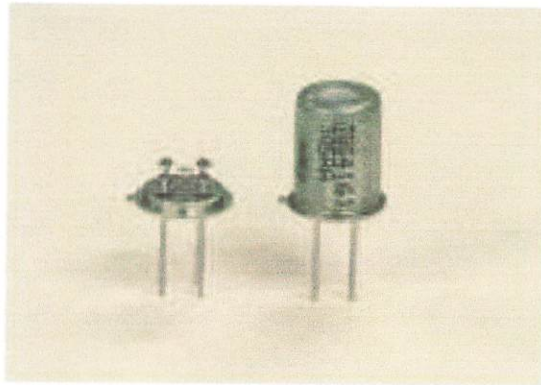
**Gambar 2.3 Basic measuring circuit**  
(Sumber: Data sheet TGS 2442)

Sensor membutuhkan *circuit voltage* ( $V_c$ ) dan *heater voltage* ( $V_H$ ) untuk memberikan inputan pada *transistor* untuk menghasilkan *pulse*.

### 2.2.2 Sensor Gas Karbon Dioksida ( TGS 4161 )

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi *karbon dioksida* adalah TGS 4161. Sensor ini dapat mendeteksi karbon dioksida dari 350-10.000 ppm dalam udara sehingga sensor ini sangat sensitif sekali dan sangat mendukung untuk mendeteksi karbon dioksida di dalam ruangan.

Sensor ini menggunakan unsur *solid elektrolid* yang dibentuk diantara dua *electrodes* yang kemudian bersamaan dicetak *heater (RuO<sub>2</sub>) substrate*. Dengan perubahan pada *electromotive force (EMF)* yang dihasilkan dua *electrodes* memungkinkan untuk mengukur konsentrasi gas *karbon dioksida*.



**Gambar 2.4 Sensor TGS 4161 / Sensor CO<sub>2</sub>**  
(Sumber: Data sheet TGS 4161)

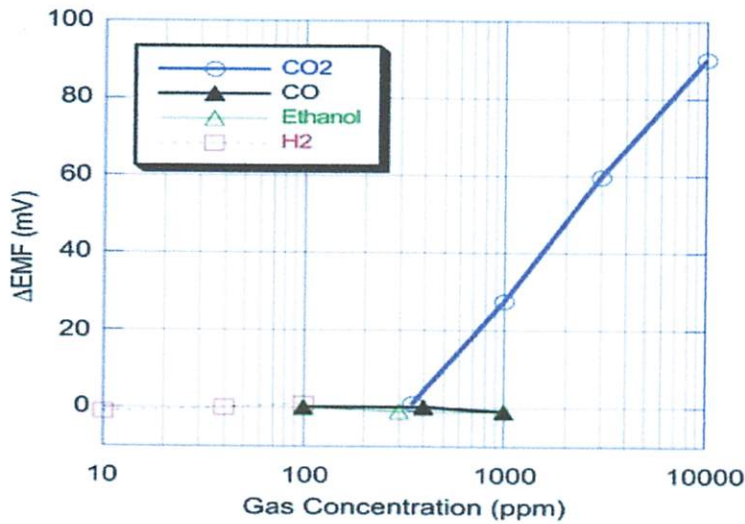
Grafik di bawah ini merupakan ciri khas dari sensitivitas sensor. *Y-axis* yang diindikasikan  $\Delta EMF$  yang didefinisikan sebagai berikut :

$$\Delta EMF = EMF1 - EMF2$$

dimana

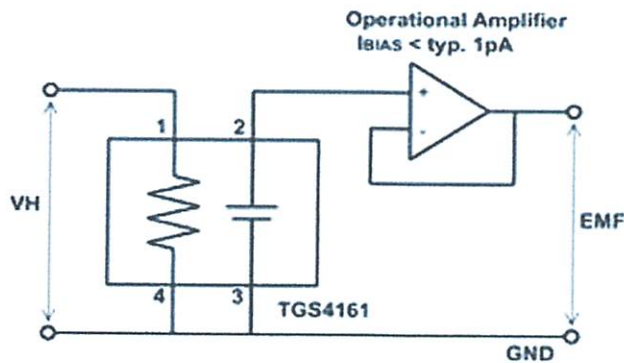
$EMF1 = EMF$  di 350 ppm  $CO_2$

$EMF2 = EMF$  gas yang terdapat dalam konsentrasi



Grafik 2.2 Sensitivity characteristics TGS 4161

(Sumber: Data sheet TGS 4161)



Gambar 2.5 Basic measuring circuit

(Sumber: Data sheet TGS 4161)

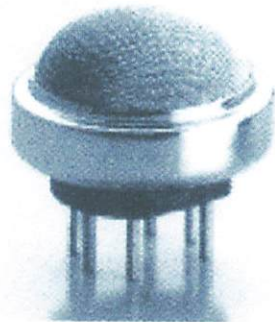
Sensor membutuhkan masukan *heater voltage* ( $V_H$ ). *Heater voltage* adalah aplikasi yang terintegrasi pada heater yang berfungsi untuk mempertahankan deteksi secara spesifik pada suhu, yang dimana optimal untuk mendeteksi. *Electromotive Force* ( $EMF$ )

sensor harus diukur dengan menggunakan impedansi tinggi ( $>100G\Omega$ ) *Op-Amp* dengan *current bias*  $< 1 pA$ . Sensor ini menggunakan bahan electrolyte yang membuat sensor ini berfungsi seperti baterai.

### 2.2.3 Sensor Gas Freon ( TGS 832 )

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi gas *freon* adalah TGS 832. Sensor ini mampu mendeteksi gas *freon* dari  $0 - 3000 ppm$  dalam udara.

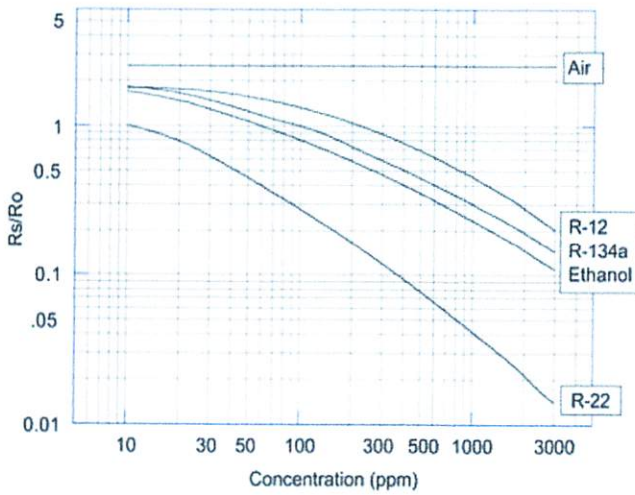
Elemen sensor TGS 832 adalah *tin dioxide* ( $SnO_2$ ) yang mempunyai *konduktivitas* yang rendah di udara bersih. Dalam kemampuan pendeteksian gas, *konduktyfitas* sensor bertambah tergantung konsentrasi gas pada udara. Sebuah rangkaian listrik sederhana dapat mengkonversikan perubahan *konduktivitas* kedalam sebuah *signal output* yang sesuai dengan konsentrasi gas.



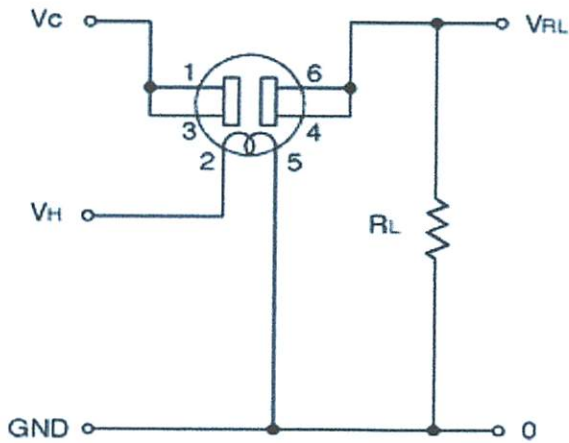
**Gambar 2.6 Sensor TGS 832 / Sensor Gas Freon**  
(*Sumber: Data sheet TGS 832*)

Grafik di bawah ini menjelaskan karakteristik dari sensitivitas sensor, semua data diambil pada kondisi Standard. Garis ( Y ) diindikasikan sebagai sensor *resistance ratio* ( $R_s/R_o$ ) yang didefinisikan sebagai berikut:

- $R_s$  = Resistansi sensor dari gas-gas yang ditampilkan dalam berbagai macam konsentrasi.
- $R_o$  = Resistansi sensor dalam 100 ppm gas freon r134a



**Grafik 2.3 Sensitivity characteristics TGS 832**  
 (Sumber: Data sheet TGS 832)



**Gambar 2.7 Basic measuring circuit**  
 (Sumber: Data sheet TGS 832)

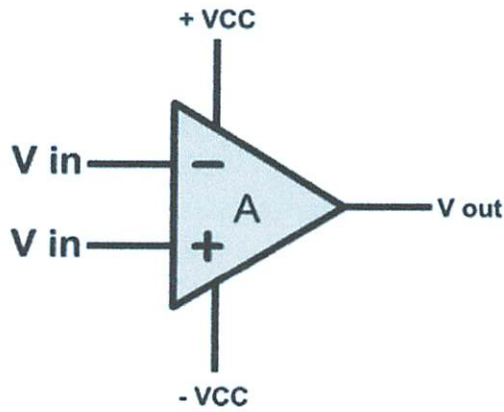
Apabila sensor memiliki polaritas tegangan DC selalu diperlukan untuk tegangan rangkaian. Apabila sensor dihubungkan seperti yang ditunjukkan pada gambar diatas maka *output* yang melewati *load resistor* ( $V_{RL}$ ) bertambah sedangkan *resistansi sensor* ( $R_s$ ) berkurang tergantung pada konsentrasi gas.

- Resistansi sensor dihitung dengan rumus seperti berikut:

$$R_s = \left( \frac{V_c}{V_{rl}} - 1 \right) \times RL \dots\dots\dots (2.1)$$

### 2.3 Pengkondisi sinyal

Di dalam sistem kontrol sering kali keluaran dari sensor nilainya tidak sesuai yang diharapkan yaitu nilainya mudah untuk diolah. Oleh karena itu perlu adanya pengolah sinyal agar sinyal keluaran dari sensor dapat kita olah terlebih dahulu agar keluarannya seperti yang diharapkan. Penguat operasional atau sering disebut *op-amp* (*operasional amplifier*) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk memperkuat sinyal arus searah (*DC*) maupun arus bolak-balik (*AC*). Pada prinsipnya penguat operasional hanya bekerja sebagai penguat sinyal bukan penguat daya. Penguat operasional terdiri atas transistor, resistor dan kapasitor yang dirangkai dan dikemas dalam rangkaian terpadu (*integrated circuit*). Simbol *op-amp* ditunjukkan pada gambar di bawah ini.  $V_{in}$  merupakan masukan sinyal,  $V_{out}$  keluaran sinyal,  $A$  besar penguatan dan  $V_{CC}$  sumber tegangan.



**Gambar 2.8 Simbol Op-Amp**

( Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html> )

Karakteristik *op-amp* ideal adalah kondisi *op-amp* sesuai dengan teori. Karakteristik **op-amp** ideal adalah sebagai berikut:

1. Faktor penguat tidak terhingga.
2. Tidak memiliki *offset*, maksudnya adalah apabila masukan nol maka keluaran juga nol.
3. *Impedansi* masukan tidak terhingga.
4. *Impedansi* keluaran nol.
5. Lebar *bandwidth* tidak terhingga.
6. *Rise time* nol.
7. Tidak mudah terpengaruh oleh perubahan tegangan sumber maupun perubahan suhu.

Pada kenyataannya dalam pembuatan *op-amp* memiliki keterbatasan sehingga tidak ada *op-amp* yang ideal. *Op-amp* yang ada hanyalah *op-amp* yang mendekati ideal karena karakteristik *op-amp* adalah sebagai berikut :

1. Faktor penguat terbatas kurang lebih 100.000 kali
2. Terdapat *offset* dimana saat masukan bernilai nol tegangan keluaran tidak nol.

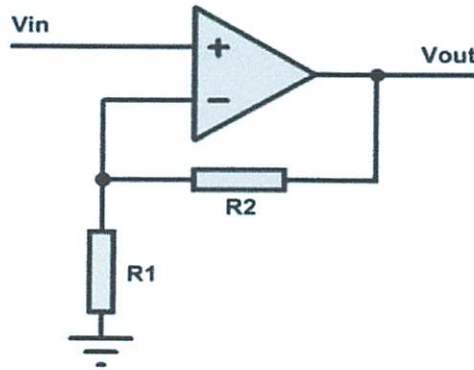
3. *Impedansi* masukan cukup tinggi namun terbatas sampai kira-kira ratusan kilo *ohm* saja.
4. *Impedansi* keluaran rendah namun terbatas puluhan sampai ratusan *ohm*.
5. *Rise time* tidak nol.
6. Kerja *op-amp* terpengaruh perubahan sumber tegangan dan perubahan pada suhu.

Dalam penggunaannya *op-amp* dibagi menjadi dua jenis yaitu penguat linier dan penguat tidak linier. Penguat linier merupakan penguat yang tetap mempertahankan bentuk sinyal masukan, yang termasuk dalam penguat ini antara lain penguat *non inverting*, penguat *inverting*, penjumlah, penguat *diferensial* dan penguat *instrumentasi*. Sedangkan penguat tidak linier merupakan penguat yang bentuk sinyal keluarannya tidak sama dengan bentuk sinyal masukannya, diantaranya *komparator*, *integrator*, *diferensiator*, pengubah bentuk gelombang dan pembangkit gelombang. Untuk menangani penguatan dari sensor biasanya digunakan penguat linier yang tidak mengubah bentuk sinyal namun hanya memperkuat sinyal saja.

### 2.3.1 Penguat Non Inverting

Merupakan penguat yang berfungsi memperkuat sinyal masukan tanpa membalik sinyal masukan. Rangkaian penguat dan rumusnya adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot V_{in}$$



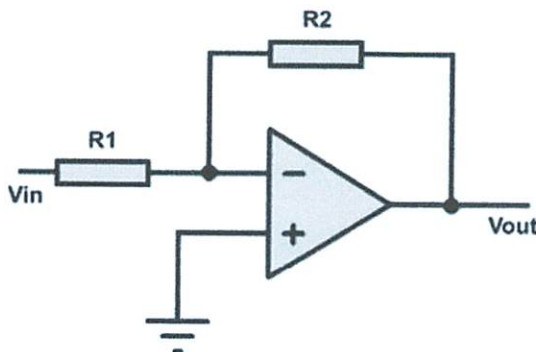
**Gambar 2.9 Rangkaian Penguat Non Inverting**

( Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html> )

### 2.3.2 Penguat Inverting

Rangkaian penguat ini berfungsi untuk memperkuat sinyal masukan dan menggeser sinyal keluaran sebesar  $180^{\circ}$  sehingga masukan yang positif akan menghasilkan keluaran negatif, demikian juga dengan masukan negatif akan menghasilkan keluaran positif. rangkaian dan rumusnya adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{in}$$



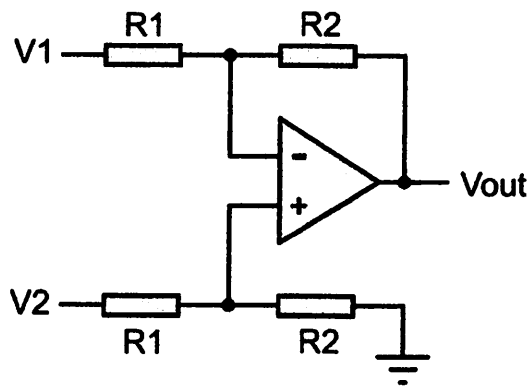
**Gambar 2.10 Rangkaian Penguat Inverting**

( Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html> )

### 2.3.3 Penguat Diferensial

Penguat ini mampu memperkuat sinyal kecil yang berada dalam sinyal yang jauh lebih besar. Keluaran dari penguat ini sebanding dengan perbedaan tegangan kedua masukannya. Rangkaian penguat ini digambarkan dan dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{out} = \left( \frac{R2}{R1} \right) \cdot (V2 - V1)$$



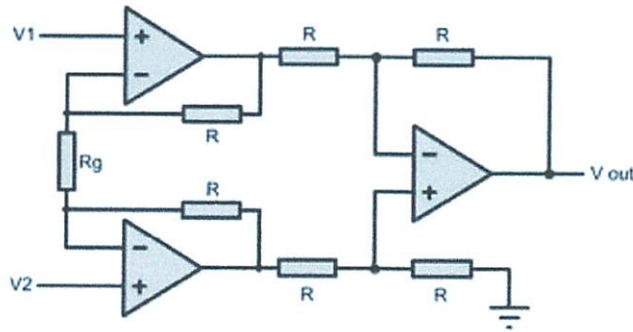
**Gambar 2.11 Rangkaian Penguat Diferensial**

( Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html> )

### 2.3.4 Penguat Instrumentasi

Penguat ini merupakan penguat serba guna dan bermanfaat yang terdiri atas tiga op-amp dan tujuh buah tahanan. Rangkaian ini tersusun atas rangkaian penguat differensial dan penguat penyangga. Untuk mengatur penguatan yang diinginkan diatur dengan mengubah-ubah nilai  $R_g$ . Rumusan dan gambar dari penguat *instrumentasi* adalah sebagai berikut :

$$V_{out} = (v2 - v1) \cdot \left( 1 + \left( \frac{2 \cdot R1}{Rg} \right) \right)$$



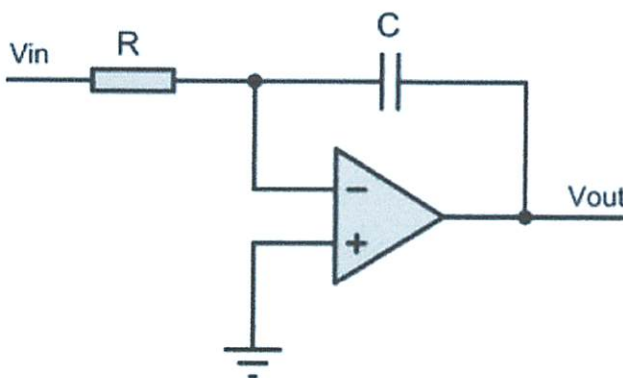
**Gambar 2.12 Rangkaian Penguat Instrumentasi**

( Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html> )

### 2.3.5 Integrator

Merupakan penguat tidak linier yang berfungsi sebagai operator integrasi secara matematik, keluaran dari rangkaian ini menghasilkan tegangan keluaran yang sebanding dengan integrasi masukannya. Rangkaian dan rumus dari *integrator* dapat dilihat di bawah ini:

$$V_{out} = \frac{1}{R \cdot C} \cdot \int V_{in} \cdot dt$$



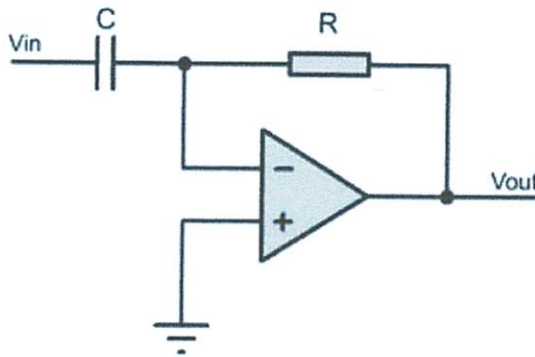
**Gambar 2.13 Rangkaian Integrator**

( Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html> )

### 2.3.6 Diferensiator

Penguat *diferensiator* ini menyediakan operasi matematik dan menghasilkan tegangan keluaran yang sebanding dengan kemiringan tegangan masukannya. Biasanya rangkaian ini digunakan untuk menghasilkan keluaran persegi dari masukan lereng.

$$V_{out} = R \cdot C \cdot \frac{d(V_{in})}{dt}$$



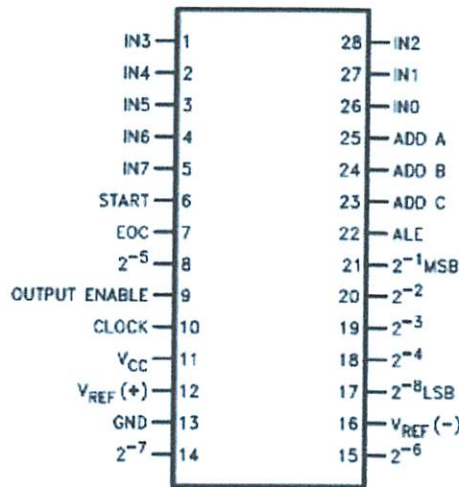
**Gambar 2.14 Rangkaian Diferensiator**

( Sumber : <http://franzaditya.blogspot.com/2009/02/penguat-operasional-op-amp.html> )

### 2.4 Analog to Digital Converter 0808 ( ADC 0808 )

ADC adalah suatu rangkaian yang mengkonversikan sinyal analog menjadi sinyal digital. Sistem mikroprosesor hanya dapat mengolah (memproses) data dalam bentuk biner saja, atau sering disebut besaran digital, oleh sebab itu setiap data analog yang akan diproses oleh mikrokomputer harus diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk kode biner (digital). Tegangan analog yang merupakan masukan dari ADC berasal dari *transducer*. *Transducer* inilah yang mengubah besaran kontinyu seperti temperatur, tekanan, kecepatan, ataupun putaran motor menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh *transducer* akan berubah secara kontinyu pada suatu *range* tertentu dan

disebut dengan tegangan analog dan tegangan analog ini kemudian diubah oleh ADC menjadi bentuk digital yang sebanding dengan tegangan analognya.

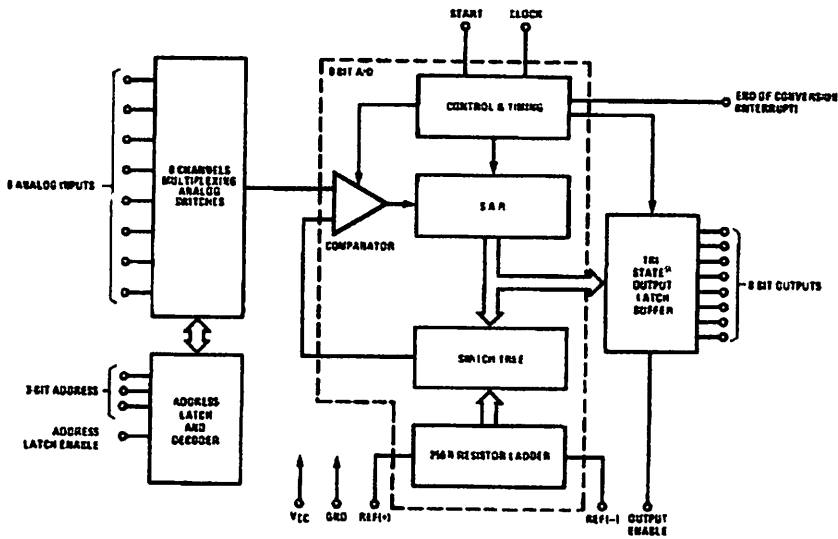


**Gambar 2.15 Pin out ADC 0808**

(Sumber :Data sheet ADC 0808)

ADC 0808 mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- Resolusi sebesar 8 bit
- *Conversion time* sebesar 100 $\mu$ s
- Total *unadjusted error* :  $\pm\frac{1}{2}$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- Single power : 5  $V_{DC}$
- Low power : 15 mW



**Gambar 2.16 Blok Diagram ADC 0808**

(Sumber :Data sheet ADC 0808)

Pengendali ADC ini pertama memilih saluran masukan yang di inginkan, dengan meletakkan 3 bit alamat pada pin A1, A2, A3 dan input ALE dipulsa positif, untuk mencetak alamat ini ke dalam register alamat multiplexer. Untuk konversi pin START diberi pulsa pada tepi naik dari pulsa ini register internal ( SAR ) dibersihkan dan pada tepi turun pulsa ini konversi dimulai. Proses konversi yang sedang berlangsung dapat disela ( *In terrupt* ) oleh sinyal SC yang baru. Jalur EOC akan menjadi *low* setelah 8 periode *Clock* dari tepi naik pulsa START. Ketika sinyal EOC menjadi *High* menunjukkan data konversi siap dibaca. Pin OE ( *output enable* ) berfungsi untuk mengijinkan data pada register SAR agar bisa dibaca sistem luar.

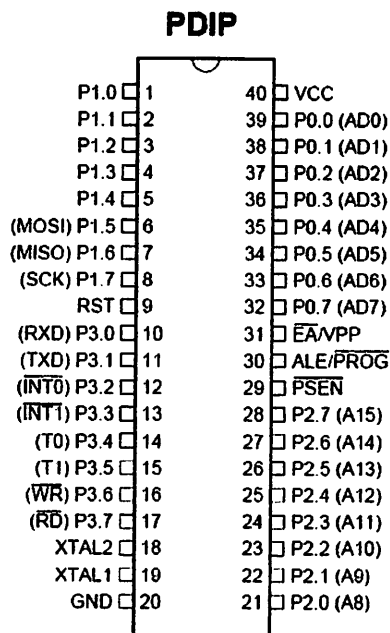
**Tabel 2.2 Menunjukkan Saluran Analog ADC 0808**

Saluran Anlaog Yang Dipilih	Jalur Alamat		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

(Sumber :Data sheet ADC 0808)

## 2.5 Mikrokontroler AT89S52

AT89S51 adalah mikrokontroler keluaran Atmel dengan 8K byte Flash PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*), AT89S52 merupakan memori dengan teknologi *nonvolatile memory*, isi memori tersebut dapat diisi ulang ataupun dihapus berkali-kali. Memori ini biasa digunakan untuk menyimpan instruksi (perintah) berstandar MCS-51 code sehingga memungkinkan mikrokontroler ini untuk bekerja dalam mode *single chip operation* (mode operasi keping tunggal) yang tidak memerlukan *external memory* (memori luar) unruk menyimpan *source code* tersebut. Gambar 2.17 menunjukkan konfigurasi pin mikrokontroler AT89S52.



**Gambar 2.17 Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S52**

(Sumber : Data sheet Mikrokontroler AT89S52)

Deskripsi Mikrokontroler AT89S52:

- VCC (*power supply*)
- GND (*ground*)
- Port 0, yaitu pin p0.7..p0.0

Port 0 dapat berfungsi sebagai I/O biasa, *low order multiplex address/data* atau pun menerima kode *byte* pada saat *Flash Programming*. Pada saat sebagai I/O biasa port ini dapat memberikan *output sink* ke delapan buah *Transistor Transistor Logic* (TTL) input atau dapat diubah sebagai input dengan memberikan logika 1 pada port tersebut.

- Port 1, yaitu pin p1.0...p1.7 Port 1 berfungsi sebagai I/O biasa atau menerima *low order address byte* selama pada saat *Flash Programming*. Port ini mempunyai internal pull up dan berfungsi sebagai input dengan memberikan logika 1. Sebagai output port ini

dapat memberikan *output sink* keempat buah input TTL. Fasilitas khusus dari port 1 ini adalah adanya *In-System Programming*, yaitu port 1.5 sebagai MOSI, port 1.6 sebagai MISO, port 1.7 sebagai SCK.

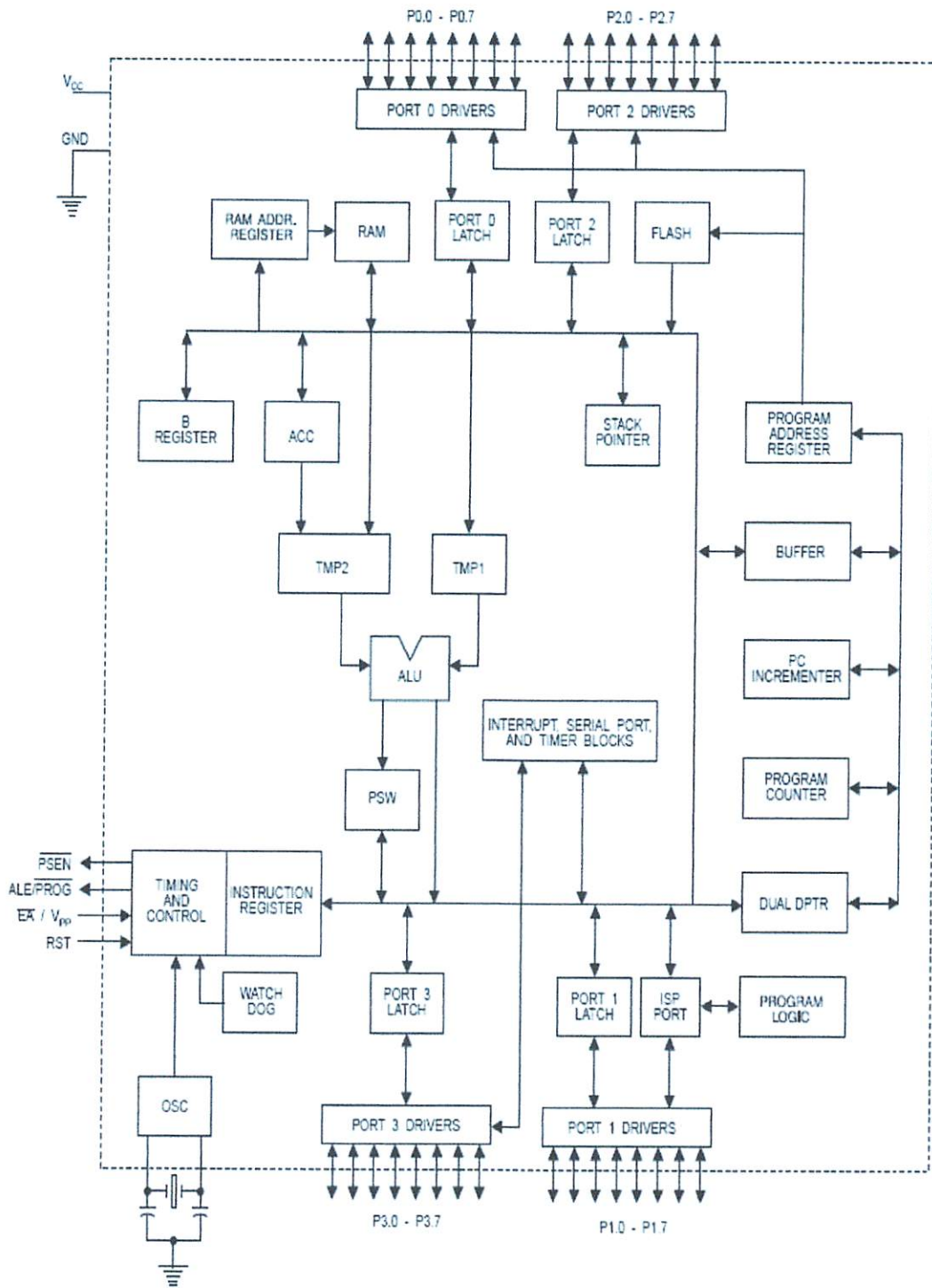
- Port 2, yaitu mulai pin p2.0...p2.7 Port 2 berfungsi sebagai I/O biasa atau *high order address*, pada saat mengakses memori secara 16 bit (Movx DPTR). Pada saat mengakses memori secara 8 bit (Mov Rn), port ini akan mengeluarkan sisi dari *Special Function Register*. Port ini mempunyai pull up dan berfungsi sebagai input dengan memberikan logika 1. Sebagai output, port ini dapat memberikan output sink keempat buah input TTL.

- Pin 3.0, sebagai RXD (*Port Serial Input*).
- Pin 3.1, sebagai TXD (*Port Serial Output*).
- Pin 3.2, sebagai INT0 (*Port External Interrupt 0*).
- Pin 3.3, sebagai INT1 (*Port External Interrupt 1*).
- Pin 3.4, sebagai T0 (*Port External Timer 0*).
- Pin 3.5, sebagai T1 (*Port External Timer 1*).
- Pin 3.6, sebagai WR (*External Data Memory Write Strobe*).
- Pin 3.7, sebagai RD (*External Data Memory Read Strobe*).
- Pin 9, sebagai RST Reset akan aktif dengan memberikan input high selama 2 cycle.
- Pin 30, sebagai ALE/PROG Pin ini dapat berfungsi sebagai *Address Latch Enable* (ALE) yang *me-latch low byte address* pada saat mengakses *memori external*. Sedangkan pada saat Flash Programming (PROG) berfungsi sebagai *pulse input*. Pada operasi normal ALE akan mengeluarkan sinyal *clock* sebesar 1/16 frekwensi

*oscillator*, kecuali pada saat mengakses *memori external*. Sinyal *clock* pada saat ini dapat pula di *disable* dengan men-set bit 0 *Special Function Register*.

- Pin 29, sebagai PSEN Pin ini berfungsi pada saat mengeksekusi program yang terletak pada *memori eksternal*. PSEN akan aktif dua kali setiap *cycle*.
- Pin 31, Sebagai EA/VPP Pada kondisi *low*, pin ini akan berfungsi sebagai EA yaitu mikrokontroler akan menjalankan program yang ada pada memori eksternal setelah sistem di *reset*. Jika berkondisi *high*, pin ini akan berfungsi untuk menjalankan program yang ada pada *memori internal*. Pada saat *Flash Programming* pin ini akan mendapat tegangan 12 Volt (VPP).
- Pin 19, sebagai XTALL1 (*Input Oscillator*).
- Pin 18, sebagai XTALL2 (*Output Oscillator*).

Dengan keistimewaan di atas pembuatan alat menggunakan AT89S52 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Adapun gambar 2.18 menunjukkan blok diagram dari Mikrokontroler AT89S52 adalah sebagai berikut:



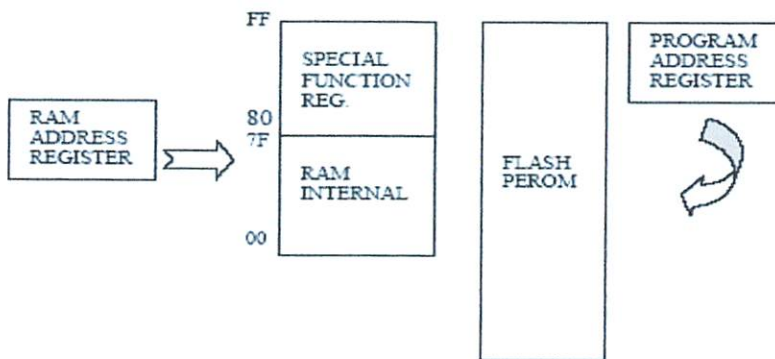
**Gambar 2.18 Blok Diagram Mikrokontroler AT89S52**

( Sumber : Data sheet Mikrokontroler AT89S52 )

### 2.5.1 Struktur Memori

AT89S52 mempunyai stuktur memori yang terdiri atas :

- *RAM Internal*, memori sebesar 128 *byte* yang biasanya digunakan untuk menyimpan variabel atau data yang bersifat sementara.
- *Special Function Register* (Register Fungsi Khusus), memori yang berisi register-register yang mempunyai fungsi-fungsi khusus yang disediakan oleh mikrokontroller tersebut, seperti timer, serial dan lain-lain.
- *Flash PEROM*, memori yang digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi MCS51. Gambar 2.19 menunjukkan struktur memori AT89S52.



**Gambar 2.19 Struktur Memori AT89S52**

( Sumber : *Data sheet Mikrokontroller AT89S52* )

### 2.5.2 Organisasi Memori

Organisasi memori pada mikrokontroler AT89S52 dapat dibagi menjadi dua bagian besar yaitu memori program dan memori data. Pembagian tersebut didasarkan atas fungsi dari penyimpanan data maupun program. *Memori program* digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi yang akan dijalankan oleh mikrokontroler, sedangkan *memori data* digunakan sebagai tempat yang sedang diolah mikrokontroler.

Program mikrokontroler disimpan dalam memori program berupa ROM. Mikrokontroler AT89S52 dilengkapi dengan *ROM internal*, sehingga untuk menyimpan program tidak digunakan *ROM eksternal* yang terpisah dari mikrokontroler. Agar tidak menggunakan *memori program eksternal*, EA (*Eksternal Address enable*) dihubungkan dengan Vcc.

Memori program mikrokontroler menggunakan alamat 16 bit mulai 0000H-FFFFH, sehingga kapasitas penyimpanan program maksimal adalah 8Kb. Sinyal /PSEN (*Program Store Enable*) tidak digunakan jika digunakan *memori program internal*.

Selain memori program mikrokontroler AT89S52 juga memiliki *data internal* 128 *byte* dan mampu mengakses memori data eksternal sebesar 64 Kb. Semua *memori data internal* dapat dialamati dengan data langsung atau tidak langsung. Ciri dari pengalamatan langsung adalah *operand* alamat *register* yang berisi alamat data yang akan diolah. Sebagian memori tersebut dapat dialamati dengan pengalamatan *register*, dan sebagian lagi dapat dialamati dengan memori satu bit. Untuk membaca data digunakan sinyal /RD sedangkan untuk menulis digunakan sinyal /RW.

### 2.5.3 SFR ( Special Function Register )

Register fungsi khusus ( *Special Function Register* ) terletak pada 128 byte bagian atas memori data internal dan berisi register-register untuk pelayanan latch port, timer, program status words, control peripheral dan sebagainya. Alamat register fungsi khusus ditunjukkan pada tabel 2.3

**Tabel 2.3 Special Function Regeister**

Simbol	Nama Register	Alamat
ACC	Accumulator	E0 <sub>H</sub>
B	Register B	F0 <sub>H</sub>
PSW	Program Status Word	D0 <sub>H</sub>
SP	Stack Pointer	81 <sub>H</sub>
DPL	Bit rendah	82 <sub>H</sub>
DPH	Bit Tinggi	83 <sub>H</sub>
P0	Port 0	80 <sub>H</sub>
P1	Port 1	90 <sub>H</sub>
P2	Port 2	A0 <sub>H</sub>
P3	Port 3	B0 <sub>H</sub>
IP	Interupt Periority Control	B8 <sub>H</sub>
IE	Interupt Enable Control	A8 <sub>H</sub>
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89 <sub>H</sub>
TCON	Timer/Counter Control	88 <sub>H</sub>
TH0	Timer/Counter 0 High Control	8C <sub>H</sub>

TL0	Timer/Counter 0 Low Control	8A <sub>H</sub>
TH1	Timer/Counter 1 High Control	8D <sub>H</sub>
TL1	Timer/Counter 1 Low Control	8B <sub>H</sub>
SCON	Serial Control	98 <sub>H</sub>
SBUF	Serial Data Buffer	99 <sub>H</sub>
PCON	Power Control	87 <sub>H</sub>

(Sumber: *Data sheet AT89S52* )

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

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

(*Interrupt Priority*) dan register IE (*Interrupt Enable*). Untuk mengontrol pelayanan *timer/counter* terdapat *register* khusus, yaitu register TCON (*timer/counter control* ) serta pelayanan port serial menggunakan register SCON (*Serial Port Control* ).

#### 2.5.4 Sistem Interupsi

Mikrokontroler AT89S52 mempunyai 5 buah sumber interupsi yang dapat membangkitkan permintaan *interupsi*, yaitu INT0, INT1, T1, T2 dan Port Serial. Saat terjadinya *interupsi* mikrokontroler secara otomatis akan menuju ke sub rutin pada alamat tersebut. Setelah interupsi selesai dikerjakan, mikrokontroler akan mengerjakan program semula. Tiap-tiap sumber *interupsi* dapat *enable* atau *disable* secara *software*.

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

*Bit-bit* pada IP adalah sebagai berikut:

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

Priority bit = 1 menandakan prioritas tinggi

Priority bit = 0 menandakan prioritas rendah

<b>Simbol</b>	<b>Posisi</b>	<b>Fungsi</b>
–	IP.7	Kosong
–	IP.6	Kosong
–	IP.5	Kosong
PS	IP.4	Bit prioritas interupsi port serial
PT1	IP.3	Bit prioritas interupsi Timer 1
PX1	IP.2	Bit prioritas interupsi
PT0	IP.1	Bit prioritas interupsi Timer 0
PX0	IP.0	Bit prioritas interupsi

**Tabel 2.4 Tingkat Prioritas Interupsi**

<b>Prioritas Interupsi</b>	<b>Sumber Interupsi</b>	<b>Alamat Vektor</b>
1	IE0 (Interupsi eksternal 0)	0003 <sub>H</sub>
2	TF0 (timer overflow flag 0)	000B <sub>H</sub>
3	IE1 (interupsi eksternal 1)	0013 <sub>H</sub>
4	TF1 (timer overflow flag 1)	001B <sub>H</sub>
5	R1 dan T1	0023 <sub>H</sub>

(Sumber: *Data sheet AT89S52*)

## 2.6 Keypad 4x4

Untuk mempermudah penggunaan mikrokontroler sebagai alat pemroses, maka diperlukan sarana yang dapat menjadi penghubung antara pengguna dan alat kontrol, yaitu sebagai sarana *input* data yang nantinya akan diolah oleh mikrokontroler.

Teknik yang sering digunakan dalam perancangan *keypad* adalah teknik *multiplexing* empat buah jalur baris dan empat jalur kolom. Bila baris dan kolom ini disidangkan maka akan terbentuk titik-titik potong yang membentuk *matriks* 4x4.

Rangkaian ini dapat dianalogikan dengan empat buah kabel terbuka yang disilangkan dengan empat kabel terbuka lainnya. Bila pada suatu titik, kabel yang disilangkan itu disentuhkan maka diasumsikan bahwa tombol *keypad* pada posisi yang- bersilangan tersebut ditekan. Untuk mengidentifikasi letak atau posisi tombol yang ditekan itu, bahwa susunan *matrix keypad* itu membetuk koordinat (x,y) dalam dua dimensi, informasi posisi yang diperlukan adalah informasi tentang nilai x dan y. Berikut gambar keypad 4x4 ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



**Gambar 2.20 Keypad 4 x4**  
(Sumber: Data sheet Keypad 4x4)

Tabel 2.5 Tabel Kebenaran Keypad 4x4

4x4		MATRIX CODES																		
		Standard								Shielded/Backlit										
BUTTON LOCATION	1	•				•				•				•				Shielded keypad = Shielded Backlit keypad = NC Shielded and backlit keypad = Shielded  Shielded keypad = NC Backlit keypad = EL Panel 1 Shielded and backlit keypad = EL Panel 1  Shielded keypad = NC Backlit keypad = EL Panel 2 Shielded and backlit keypad = EL Panel 2		
	2		•			•				•			•							
	3			•		•					•		•							
	4				•	•						•	•							
	5	•					•		•					•						
	6		•				•			•				•						
	7			•		•					•		•							
	8				•	•						•	•							
	9	•					•		•					•						
	10		•				•			•				•						
	11			•		•					•		•							
	12				•	•						•	•							
	13	•					•		•					•						
	14		•				•			•				•						
	15			•		•					•		•							
	16				•	•						•	•							
		5	6	7	8	1	2	3	4	6	7	8	9	2	3	4	5	1	10	11
		TERMINAL LOCATION																		

(Sumber: Data sheet Keypad 4x4)

## 2.7 LCD ( Liquid Crytal Display )

*Liquid Crystal Display* adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah controller CMOS didalamnya. *Controller* tersebut sebagai pembangkit ROM/RAM dan *display* data RAM. Semua fungsi tampilan di kontrol oleh suatu instruksi, sehingga modul LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan MPU.

**Tabel 2.6 Tabel Spesifikasi LCD HD44780 (Character 20x4)**

Item	Dimension	Unit
Number of Characters	20 characters x 4Lines	-
Module dimension	98.0 x 60.0 x 13.6(MAX)	mm
View area	77.0 x 25.2	mm
Active area	70.4 x 20.8	mm
Dot size	0.55 x 0.55	mm
Dot pitch	0.60 x 0.60	mm
Character size	2.95 x 4.75	mm
Character pitch	3.55 x 5.35	mm
LCD type	STN, Positive	
Duty	1/16	
View direction	6 o'clock	
Backlight Type	LED	

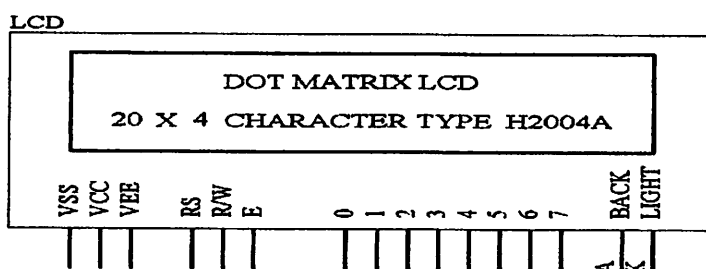
(Sumber: Data sheet LCD HD44780)

**Tabel 2.7 Tabel Karakteristik Tegangan LCD HD44780**

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage For Logic	$V_{DD}-V_{SS}$	-	4.5	-	5.5	V
Supply Voltage For LCD	$V_{DD}-V_0$	$T_a=-20^{\circ}C$	-	-	5.5	V
		$T_a=25^{\circ}C$	-	4.5	-	V
		$T_a=70^{\circ}C$	3.8	-	-	V
Input High Volt.	$V_{IH}$	-	2.2	-	$V_{DD}$	V
Input Low Volt.	$V_{IL}$	-	-	-	0.6	V
Output High Volt.	$V_{OH}$	-	2.4	-	-	V
Output Low Volt.	$V_{OL}$	-	-	-	0.4	V
Supply Current	$I_{DD}$	$V_{DD}=5V$	-	1.6	-	mA

(Sumber: Data sheet LCD HD44780)

Berikut ini merupakan pin-pin LCD beserta konfigurasi:



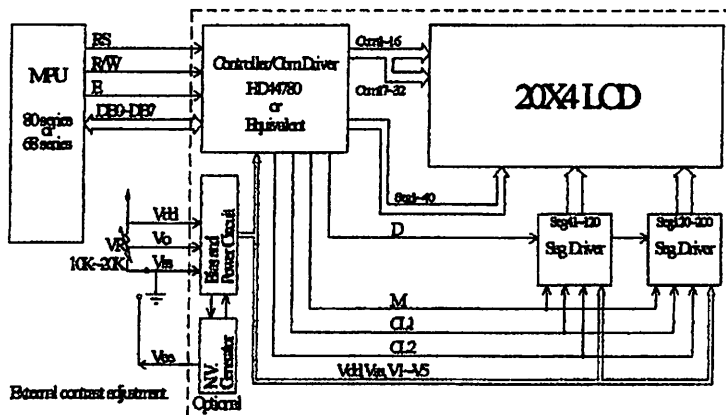
**Gambar 2.21 LCD HD44780**  
(Sumber: Data sheet LCD H2004A)

**Tabel 2.8 Tabel Fungsi Pin LCD HD44780**

Pin No.	Symbol	Level	Description
1	V <sub>SS</sub>	0V	Ground
2	V <sub>DD</sub>	5.0V	Supply Voltage for logic
3	VO	(Variable)	Operating voltage for LCD
4	RS	H/L	H: DATA, L: Instruction code
5	R/W	H/L	H: Read(MPU→Module) L: Write(MPU→Module)
6	E	H,H→L	Chip enable signal
7	DB0	H/L	Data bit 0
8	DB1	H/L	Data bit 1
9	DB2	H/L	Data bit 2
10	DB3	H/L	Data bit 3
11	DB4	H/L	Data bit 4
12	DB5	H/L	Data bit 5
13	DB6	H/L	Data bit 6
14	DB7	H/L	Data bit 7
15	A	4.2V-4.6V	LED +
16	K	0V	LED -

(Sumber: Data sheet LCD HD44780)

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul berupa bus data yang masih termutiplex dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendalian LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang dalam modul LCD. Diagram blok untuk LCD dapat dilihat dalam Gambar 2.19.



**Gambar 2.22 Diagram Blok LCD HD44780**  
(Sumber: Data sheet LCD HD44780)

## 2.8 LED (Light Emitting Diode)

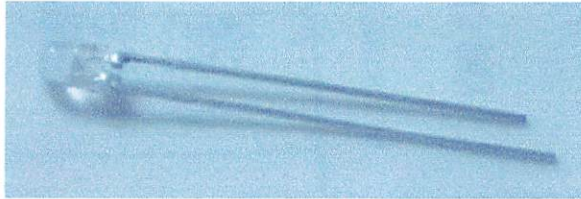
LED adalah dioda yang dapat mengeluarkan cahaya. Karena kemampuannya itu maka LED lebih sering dipakai sebagai indikator dalam suatu alat.

### 2.8.1 Prinsip Kerja LED

Di dalam LED terdapat sejumlah zat kimia yang akan mengeluarkan cahaya jika elektron-elektron melewatinya. Dengan mengganti zat kimia ini, kita dapat mengganti panjang gelombang cahaya yang dipancarkan, seperti infrared, hijau/biru/merah dan ultraviolet.

### 2.8.2 Cara Kerja LED

LED adalah dioda, sehingga memiliki kutup ( polar ). Arah arus konvensional hanya dapat mengalir dari anoda ke katoda. 2 kawat ( kaki ) pada LED memiliki panjang yang berbeda. Kawat yang panjang adalah anoda sedangkan yang pendek adalah katoda.



**Gambar 2.23 LED**

*(Sumber: <http://yunus07elektro.wordpress.com/2008/08/19/tutorial-led/>)*

LED bertipe surface mount ( SMD ) Prinsip kerjanya masih sama, hanya bentuknya saja yang berbeda.

Arus menentukan seberapa terang sebuah LED. Lebih besar arus maka lebih terang pula LED itu. LED tidak begitu sangat sensitif terhadap nilai resistor. Arus pada LED seharusnya sekitar 10 – 20 mA. Ketika arus melewati sebuah LED, jatuh tegangan pada LED sekitar 1,6 V.



**Gambar 2.24 Simbol LED**

## 2.9 Buzzer

*Buzzer* atau *beeper* merupakan perangkat isyarat yang biasa digunakan dalam perangkat elektronik yang biasa digunakan dalam mobil, *micro wave* dan alat lainnya. Buzzer paling sering terdiri dari sejumlah aktif atau sensor terhubung ke kontrol unit yang menentukan jika dan tombol yang telah mendorong atau dengan waktu yang telah bekas, dan biasanya illuminates cahaya pada tombol yang sesuai atau control panel, dan suara peringatan di bentuk kontinyu atau terputus-putus buzzing atau beeping sound. Pada awalnya perangkat ini didasarkan pada sistem Elektromekanik yang identik dengan sebuah lonceng listrik tanpa logam gong (yang membuat nada suara).



**Gambar 2.25 Simbol Buzzer**

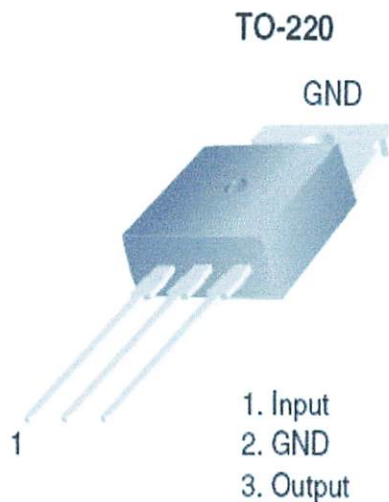
Seringkali unit ini telah berlabuh ke dinding atau langit-langit dan digunakan di dinding atau langit-langit sebagai klankbor. Lain dengan pelaksanaan beberapa AC-terhubung ke perangkat yang telah menerapkan sirkuit membuat AC sekarang menjadi kebisingan cukup keras untuk menggerakkan loudspeaker dan hook sirkuit ini sampai murah 8-ohm speaker. Saat ini, sekarang lebih populer menggunakan keramik berbasis piezoelectric alat yang membuat nada tinggi menjulang. Biasanya ini adalah hooked up untuk "driver" sirkuit yang berbeda-beda dari yang pitch suara atau Pulsed suara dan tidak aktif.

## 2.10 IC LM 7805

IC LM 7805 adalah linier three-terminal positif voltage regulator yang bekerja sebagai regulator untuk memberikan tegangan out put sebesar 5 volt dc.

Spesifikasi teknis:

- Output Current = 0.5 Amp
- Output Voltage = 5 Volt
- Input Voltage (Min) = 7.20 Volt
- Input Voltage (Max) = 35 Volt
- Regulation type = Linier
- TO-220 Package



**Gambar 2.26 LM 7805**  
(Sumber: <http://www.sparkfun.com>)

## 2.11 TRANSISTOR

Transistor adalah komponen aktif yang menggunakan aliran electron sebagai prinsip kerjanya didalam bahan. Sebuah transistor memiliki tiga daerah doped yaitu daerah emitter, daerah basis dan daerah disebut kolektor. Transistor ada dua jenis yaitu NPN dan PNP. Transistor memiliki dua sambungan: satu antara emitter dan basis, dan yang lain antara kolektor dan basis. Karena itu, sebuah transistor seperti dua buah dioda yang saling bertolak belakang yaitu dioda emitter-basis, atau disingkat dengan emitter dioda dan dioda kolektor-basis, atau disingkat dengan dioda kolektor.



SYMBOL TRANSISTOR NPN DAN PNP

**Gambar 2.27 Transistor**  
(Sumber: [http:// wiki.detikinet.com](http://wiki.detikinet.com))

Bagian emitter-basis dari transistor merupakan dioda, maka apabila dioda emitter-basis dibias maju maka kita mengharapkan akan melihat grafik arus terhadap tegangan dioda biasa. Saat tegangan dioda emitter-basis lebih kecil dari potensial barriernya, maka arus basis ( $I_b$ ) akan kecil. Ketika tegangan dioda melebihi potensial barriernya, arus basis ( $I_b$ ) akan naik secara cepat.

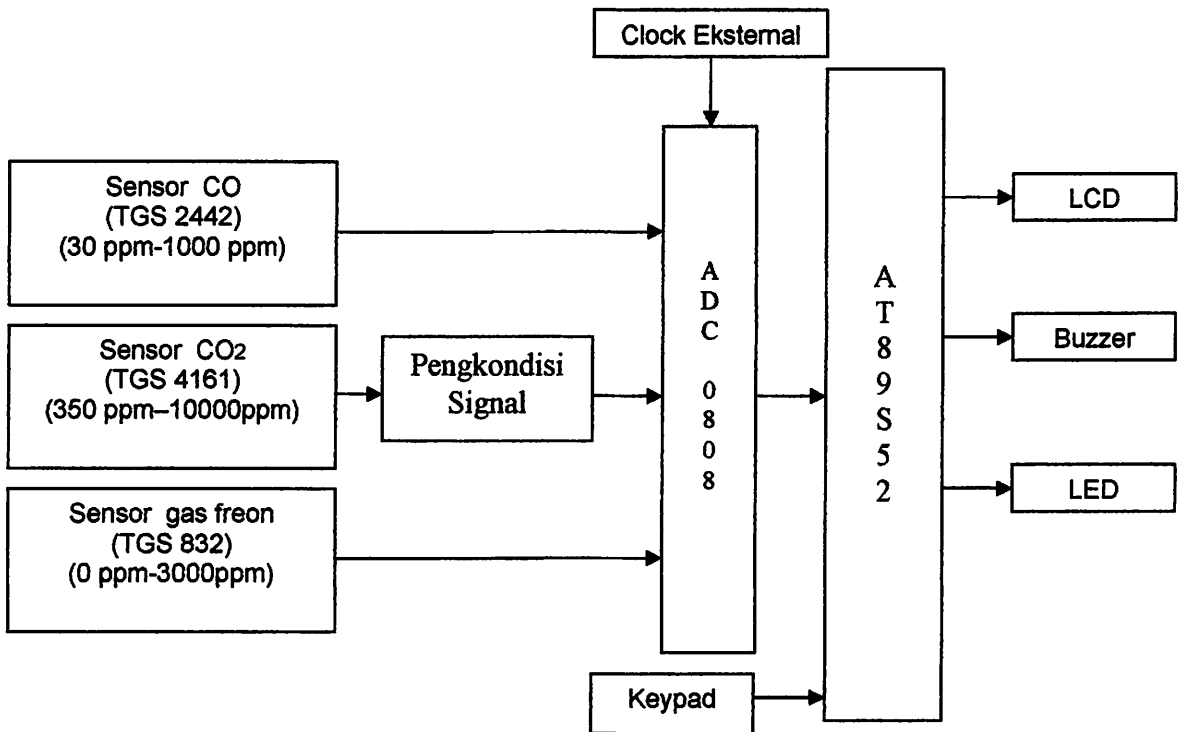
## **BAB III**

### **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Perancangan alat yang dibuat dalam skripsi ini meliputi perencanaan perangkat keras dan perencanaan perangkat lunak. Komponen yang dipakai dalam perencanaan ini antara lain mikrokontroler AT89S52 sebagai kontrol utama, dengan komponen pendukung meliputi sensor gas karbon monoksida TGS 2442, sensor gas karbon dioksida TGS 4161, sensor gas freon TGS 832, pengkondisi sinyal (op-amp), ADC 0808, keypad, LCD, LED, dan buzzer.

#### **3.1. Perancangan Sistem**

Perencanaan alat pendeteksi gas beracun pada kabin penumpang mobil dimana dikendalikan oleh mikrokontroler AT89S52 sebagai kendali utama dan menggunakan komponen lain sebagai komponen pendukung. Sebelum membuat perangkat keras terlebih dahulu direncanakan blok diagram yang akan dibuat, dan membahasnya sesuai dengan blok diagram. Adapun blok diagram yang direncanakan adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.1 Blok Diagram Perencanaan**

Dari diagram blok di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Sensor CO (TGS 2442)

Mengubah besaran non eleketris dalam hal ini adalah gas karbon monoksida (CO) menjadi besaran elektris

2. Sensor CO<sub>2</sub> (TGS 4161)

Mengubah besaran non eleketris dalam hal ini adalah gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi besaran elektris

3. Sensor Gas Freon (TGS 832)

Mengubah besaran non eleketris dalam hal ini adalah gas freon menjadi besaran elektris

4. Rangkaian pengkondisi sinyal (Op-Amp)

Untuk mengkondisikan tegangan dari out put sensor yang bervariasi agar dapat dibaca oleh ADC 0808

5. ADC 0808

Merubah atau mengkonversikan sinyal analog dari rangkaian pengkondisi sinyal menjadi sinyal digital

6. Mikrokontroler AT89S52

Digunakan sebagai penghitung dan pengolah data serta memprosesnya yang kemudian memberikan instruksi pada *buzzer* dan LED

7. Buzzer

Digunakan untuk mengeluarkan suara apabila terindikasi ada gas beracun

8. LED

Akan menyala apabila terindikasi adanya gas beracun

9. LCD

Untuk menampilkan setting point

10. Keypad

Mengatur setting point batas maksimum kadar gas beracun yang berbahaya bagi kesehatan manusia

### 3.2. Prinsip Kerja

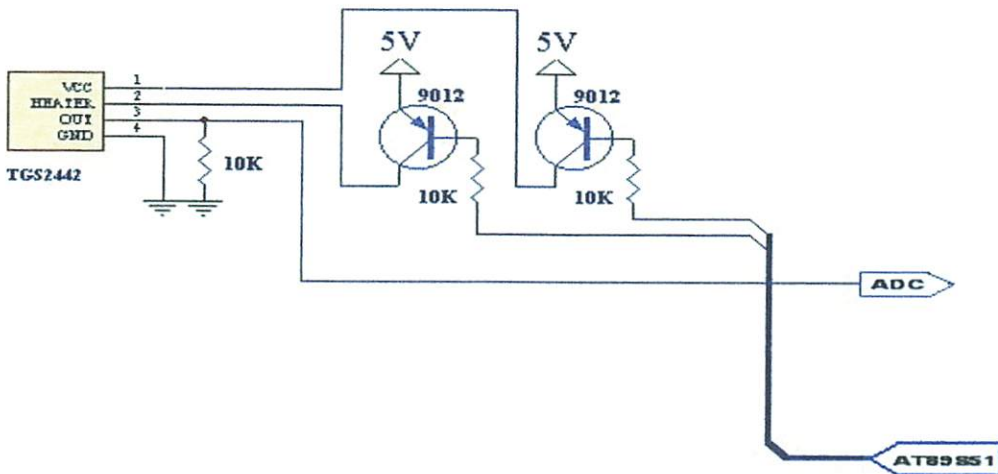
Pada saat pertama alat dinyalakan, alat akan meminta *inputan setting point* kadar gas beracun, inputan ini sebagai patokan atau batas. Setelah itu ketiga buah sensor (TGS 2442, TGS 4161, dan TGS 832) akan mendeteksi gas beracun (karbon monoksida,

karbon dioksida, dan freon), apakah kadar gas beracun yang berbahaya bagi kesehatan di dalam kabin penumpang mobil melebihi dari batas yang ditentukan (CO (> 1000 ppm), CO<sub>2</sub> (> 10.000 ppm) dan freon (> 3000 ppm)) maka mikrokontroller akan menyalakan LED dan buzzer yang berfungsi untuk memberikan peringatan kepada *user* bahwa di dalam kabin penumpang terdapat gas beracun yang kadarnya melebihi batas ambang yang berbahaya bagi kesehatan.

### 3.3. Perancangan Sensor

#### 3.3.1. Sensor Gas Karbon Monoksida (TGS 2442)

Sensor yang digunakan pada perancangan alat ini untuk mendeteksi gas karbon monoksida adalah TGS 2442. Dalam kemampuan pendeteksian gas konduktifitas sensor bertambah tergantung konsentrasi gas pada udara. Sebuah rangkaian listrik sederhana dapat mengkonversikan perubahan konduktivitas kedalam sebuah signal output yang sesuai dengan konsentrasi gas.



Gambar 3.2 Rangkaian TGS 2442 / Sensor CO

Pada rangkaian sensor ini digunakan 2 buah transistor, karena sensor ini membutuhkan aplikasi heating cycle selama 1 detik yang terkoneksi pada Vc. Setiap V<sub>H</sub> cycle terdiri dari 4,8V yang diterapkan pada heater pada 14 ms pertama, diikuti oleh 0V pulse untuk sisa waktu 986 ms. Vc cycle konsisten 0V untuk 995 ms diikuti dengan 5V untuk 5 ms. Untuk hasil yang maksimal pada karakteristik sensor, sinyal sensor harus diukur setelah 5 ms Vc pulse dari 5V.

Pada rangkaian sensor ini digunakan R<sub>L</sub> = 10 KΩ sesuai dengan *data sheet* sensor TGS 2442. Sedangkan dalam kondisi tersebut tanpa masukan CO pada ADC sudah terdapat nilai desimal sebesar 60. Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

- $V_{perstep} = \frac{V_{max}}{2^n - 1}$   
 $= \frac{5}{255}$   
 $= 0,0196V$
- $V_{out} = V_{perstep} \times 60$   
 $V_{out} = 0.0196 \times 60$   
 $= 1,176 V$

Dengan diketahui ADC = 60

Maka,

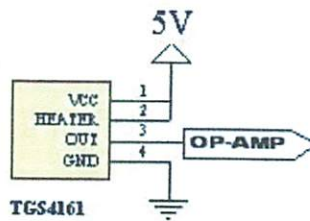
$$R_S = \frac{V_C \times R_L}{V_{out}} - R_L$$

$$= \frac{5 \times 10}{1,176} - 10$$

$$= 32,517 K\Omega$$

### 3.3.2. Sensor Gas Karbon Dioksida (TGS 4161)

Sensor yang digunakan pada perancangan alat ini untuk mendeteksi gas karbon dioksida adalah TGS 4164. Dalam kemampuan pendeteksian gas konduktifitas sensor bertambah tergantung konsentrasi gas pada udara. Sebuah rangkaian listrik sederhana dapat mengkonversikan perubahan konduktivitas kedalam sebuah signal output yang sesuai dengan konsentrasi gas.



Gambar 3.3 Rangkaian TGS 4161

Untuk menentukan gain dari amplifier diperlukan, lengkap dari sensor output yang diperlukan. Seperti yang disebutkan di *data sheet*, EMF ( Elektomotive Force ) output 350 ppmCO<sub>2</sub> di manapun adalah antara 220mV-490mV tetapi data tidak menilai minimum yang diharapkan oleh tegangan keluaran sensor. Tetapi ada satu penilaian dalam hal  $\Delta$ EMF bukan hanya EMF. Nilai yang  $\Delta$ EMF pada 3500 ppmCO<sub>2</sub> bervariasi antara 44mV-72 mV.  $\Delta$ EMF dinyatakan sebagai di bawah:

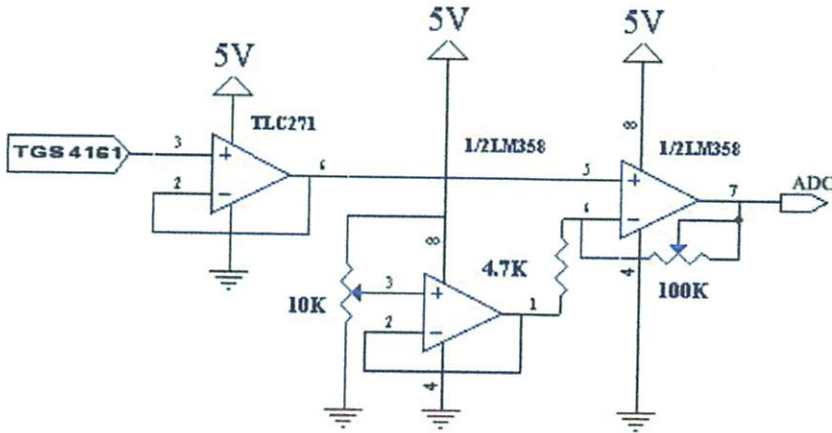
$$\Delta\text{EMF}(X \text{ ppmCO}_2) [\text{mV}] = \text{EMF}(350 \text{ ppmCO}_2) [\text{mV}] - \text{EMF}(X \text{ ppmCO}_2) [\text{mV}]$$

$$\Delta\text{EMF}(350 \text{ ppmCO}_2) [\text{mV}] = \text{EMF}(350 \text{ ppmCO}_2) [\text{mV}] - \text{EMF}(350 \text{ ppmCO}_2) [\text{mV}]$$

$$\Delta\text{EMF}(350 \text{ ppmCO}_2) [\text{mV}] = 0 [\text{mV}]$$

### 3.3.3. Pengkondisi Sinyal Sensor Gas Karbon Dioksida (TGS 4161)

Pada sensor ini menggunakan pengkondisi sinyal agar ADC dapat membaca output dari sensor yang berupa sinyal analog untuk diubah ke sinyal digital agar mampu dibaca oleh mikrokontroller.



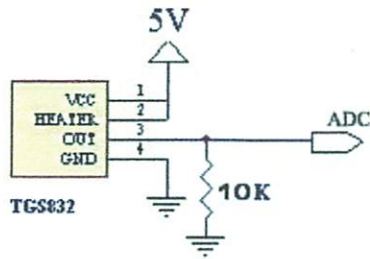
Gambar 3.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

TLC 271 berfungsi sebagai penyanggah ( buffer ) dan 2 buah 1/2LM358 berfungsi sebagai pengkondisi sinyal. Dari rangkaian pengkondisi sinyal di atas dapat diperoleh perhitungan sebagai berikut :

$$V_{out} = V_{in} - V_{ref} \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) + V_{ref}$$

### 3.3.4. Sensor Gas Freon (TGS 832)

Sensor yang digunakan pada perancangan alat ini untuk mendeteksi gas freon adalah TGS 832. Dalam kemampuan pendeteksian gas konduktivitas sensor bertambah tergantung konsentrasi gas pada udara. Sebuah rangkaian listrik sederhana dapat mengkonversikan perubahan konduktivitas kedalam sebuah signal output yang sesuai dengan konsentrasi gas.



**Gambar 3.5** Rangkaian TGS 832 / Sensor Freon

Pada rangkaian sensor ini digunakan  $R_L = 10\text{ K}\Omega$  sesuai dengan *data sheet* sensor TGS 832. Sedangkan dalam kondisi tersebut tanpa masukan freon pada ADC sudah terdapat nilai desimal sebesar 53. Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

- $V_{\text{perstep}} = \frac{V_{\text{max}}}{2^n - 1}$   
 $= \frac{5}{255}$   
 $= 0,0196V$
- $V_{\text{out}} = V_{\text{perstep}} \times \text{ADC}$   
 $V_{\text{out}} = 0.0196 \times 53$   
 $= 1,0388\text{ V}$

dengan diketahui  $\text{ADC} = 23$

maka,

$$V_{\text{out}} = \frac{R_L}{R_S + R_L} \times V$$

Sehingga,

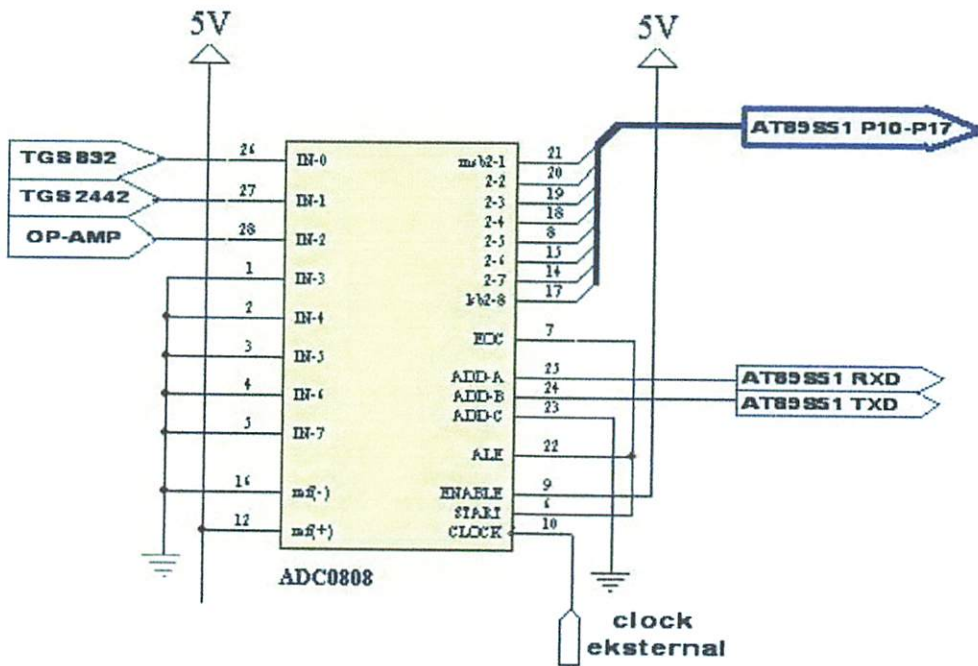
$$R_S = \frac{R_L \times V}{V_{\text{out}}} - R_L$$

$$= \frac{10 \times 5}{1,0388} - 10$$

$$= 38,1324 \text{ K}\Omega$$

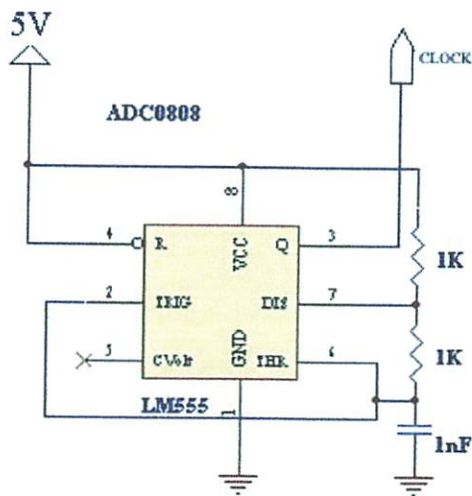
### 3.4. Perancangan Rangkaian ADC 0808

ADC0808 pada rangkaian ini digunakan untuk mengubah tegangan analog menjadi digital karena sensor CO,CO<sub>2</sub>, dan freon outputnya berupa sinyal analog yang tidak dapat di baca oleh mikrokontroller. Dengan masukan berupa 8 kanal input dan mempunyai keluaran biner (8 bit). ADC0808 ini beroperasi pada tegangan standart +5 volt yang dapat mengkode tegangan analog masukan berkisar 0 – 5 Volt. ADC 0808 memiliki kelebihan yaitu dapat menerima hingga 8 inputan. Pada alat ini hanya menggunakan 3 inputan saja, ADD A (pin 25) sebagai penerima sinyal dari mikrokontroller untuk memilih data antara CO,CO<sub>2</sub>, dan freon. IN 0 merupakan inputan yang berupa sinyal analog dari pengkondisi sinyal sensor gas freon, IN 1 merupakan inputan yang berupa sinyal analog dari pengkondisi sinyal sensor CO<sub>2</sub>, dan IN 2 merupakan inputan yang berupa sinyal analog dari pengkondisi sinyal sensor CO. D0 – D7 digunakan untuk mengirim data digital ke mikrokontroller.



Gambar 3.6 Rangkaian ADC 0808

Pada ADC 0808 tidak memiliki *clock internal* sehingga untuk mengaktifkannya diperlukan *clock eksternal*. Dalam hal ini menggunakan IC LM555 / NE 555. Berikut gambar dari rangkaian clock eksternal ADC 0808.



Gambar 3.7 Rangkaian Clock Eksternal ADC 0808

Dari gambar rangkaian di atas dapat dihitung besarnya frekuensi yang dihasilkan yaitu :

$$f = \frac{1}{1,1.R.C}$$

$$f = \frac{1}{1,1.(1.10^3 + 1.10^3).(1.10^{-9})}$$

$$f = \frac{1}{2,2.10^{-6}}$$

$$f = \frac{1.10^5}{2,2} = 454545,45 \text{ HZ}$$

$$= 454,54 \text{ KHz}$$

ADC0808 dapat juga diketahui resolusinya. Berdasarkan datasheet ADC0808 mempunyai 8 bit keluaran dan masukan maksimum adalah sebesar 5 Volt. Dari bit keluaran yang terdapat pada ADC ini maka resolusinya adalah sebesar :

$$\text{Input tegangan max (full scale)} = 5V$$

$$\text{ADC (8 bit)} = 2^n - 1$$

$$= 256 - 1$$

$$= 255$$

$$\text{Resolusi} = \frac{\text{input max (fullscale)}}{255} = \frac{5V}{255}$$

$$\approx 19,600 \text{ mV}$$

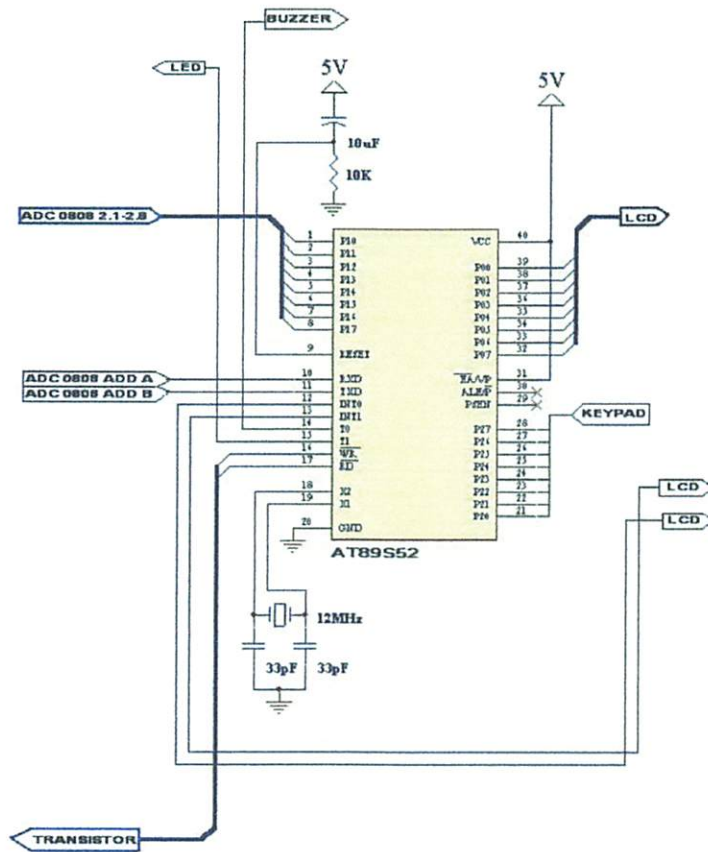
$$\approx 20 \text{ mV}$$

Untuk melakukan proses konversi (chip select) diberi *input low* sehingga data  $\overline{WR}$  ini, maka ADC akan memiliki konversi. Setelah proses konversi selesai,

$\overline{WR}$  dikendalikan dalam kondisi *High* dan  $\overline{RD}$  diberi pulsa *low* sehingga keluaran digital muncul pada saluran keluaran.

### 3.5. Perancangan Rangkaian Mikrokontroler AT89S52

Rangkaian sistem Mikrokontroler AT89S52 ini merupakan sistem kontrol dan pengolah data yang mengatur fungsi kerja sistem dari perancangan dan pembuatan alat tersebut. Dalam skripsi ini, Mikrokontroler digunakan sebagai sistem *input*, *output* dan kontrol. *Input* (masukan) pada rangkaian sistem kontrol ini dihubungkan dengan sensor gas karbon monoksida, gas karbon dioksida dan gas freon yang diperantarai oleh Op-Amp dan ADC 0808, untuk inputan dari ADC portnya menggunakan port 1.0 (P1.0) sampai dengan port 1.7 (P1.7). Sedangkan *output* (keluaran) dapat dihubungkan dengan *display* LCD untuk portnya menggunakan port 0.0 sampai dengan port 0.7 dan port INT0 dan port INT1 digunakan pada LCD sebagai kontrol. Port RXD dan Port TXD digunakan sebagai *ADC adres*. Port T1, port WR, dan port RD digunakan sebagai *output* LED dan port T0 digunakan sebagai *output* buzzer. Port 2.0 sampai dengan port 2.7 digunakan sebagai *input* keypad. Port RST dihubungkan pada rangkaian reset, Port XTAL 1 dan XTAL 2 dihubungkan pada rangkaian *Clock external* mikrokontroler.



**Gambar 3.8 Rangkaian Mikrokontroler AT89S52**

Pada perancangan alat ini mikrokontroler menggunakan *clock* sebesar 12 MHz. Mikrokontroler juga memiliki *internal clock* generator yang berfungsi sebagai sumber *clock*, tetapi masih memerlukan rangkaian tambahan untuk membangkitkan *clock* yang dibutuhkan oleh mikrokontroler. Rangkaian eksternal ini terdiri dari dua buah kapasitor dan sebuah kristal dengan ketentuan yang disesuaikan dalam datasheet sebagai berikut :

C1 dan C2 = 33 pF

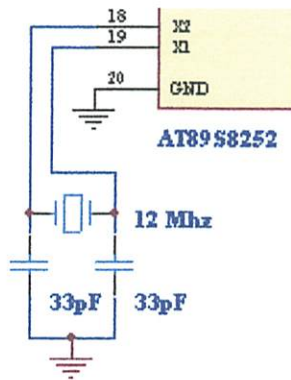
X1 crystal = 11,0592 MHz

Mikrokontroller AT89S51 ini memiliki internal *clock* generator yang berfungsi sebagai sumber *clock* yang di perlukan. Rangkaian ini terdiri dari dua buah kapasitor dan sebuah kristal, dengan ketentuan :

C1 dan C2 = 30 pF ±10 pF untuk kristal

= 40 pF ±10 pF untuk keramik resonator

Dalam minimum sistem ini, menggunakan kristal 11,0592 MHz dan C1 = C2 sebesar 33 pF. Dengan rangkaian sebagai berikut :



**Gambar 3.9 Rangkaian Clock**

Dengan menggunakan nilai kristal diatas maka dapat dihitung waktu yang diperlukan untuk satu siklus mesin.

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

Sehingga :  $T_{me} = \frac{C \times 12}{f_{\text{kristal}}}$

$$T_{me} = \frac{1 \times 12}{11,0592 \text{ KHz}} = \frac{12}{11,0592 \text{ KHz}}$$

$$T_{me} = 1,08 \mu\text{S}$$

Maka, satu siklus mesin dari mikrokontroler AT89S51 adalah sebesar  $T_{me} = 1,08 \mu\text{S}$ .

Rangkaian reset ini diperlukan agar AT89S8252 dapat di-reset secara otomatis pada saat pertama kali power diaktifkan, atau disebut power-on reset. Saat catu daya dinyalakan rangkaian reset akan menahan logika tinggi pada pin RST untuk jangka waktu tertentu. Jangka waktu tersebut ditentukan oleh pengosongan muatan pada kondensator, waktu penundaan yang diperlukan adalah  $2 \mu\text{s}$  (2 kali siklus) ditambah dengan waktu penundaan saat kristal mulai on. Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 12 MHz maka satu periode membutuhkan waktu :

$$T = \frac{1}{f_{XTAL}} = \frac{1}{12}$$

$$= 8,33 \times 10^{-8} \text{ s}$$

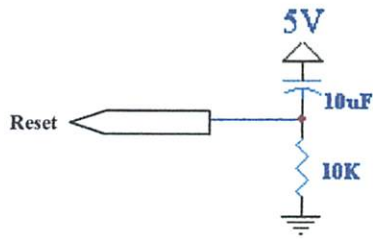
Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk mereset mikrokontroler adalah :

$$\text{Reset}(\text{min}) = T \times \text{Periode yang dibutuhkan}$$

$$= 8,33 \times 10^{-8} \text{ s} \times 24$$

$$= 2 \mu\text{s}$$

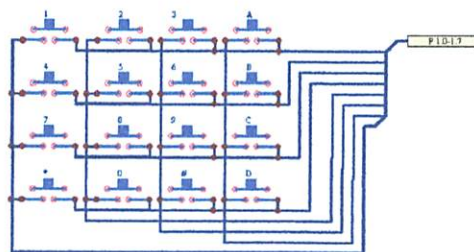
Dari sini dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler membutuhkan waktu minimal  $2 \mu\text{s}$  untuk mereset, waktu minimal inilah dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C. Dalam perancangan digunakan  $R = 10 \text{ K}$ ,  $C = 10 \mu\text{F}$ ,  $V_{cc} = 5 \text{ V}$ . Rangkaian reset ini juga ditambah dengan saklar agar dapat juga dilakukan secara manual. Rangkaian reset ditunjukkan dalam Gambar berikut.



Gambar 3.10 Rangkaian Reset

### 3.6. Perancangan Rangkaian Keypad 4x4

Keypad yang digunakan adalah keypad matriks 4x4. Port yang digunakan untuk sinyal port 1.0 – port 1.3 dari mikrokontroller masuk ke kelompok baris keypad, sedangkan kelompok kolom keypad dihubungkan ke port 1.4 – port 1.7 mikrokontroller. Untuk fungsi dari tombol-tombol keypad tergantung pada pemrogram. Berikut blok diagram dari penyambungan keypad ke mikrokontroller.



Gambar 3.11 Blok Diagram Hubungan Keypad Dengan Mikrokontroller

### 3.7. Perancangan Rangkaian LCD HD44780 ( Liquid Crystal Display )

LCD diperlukan untuk menampilkan nilai karakter input yang akan diproses dan data karakter output dari hasil pengukuran supaya hasil proses dan pengukuran bisa dipahami oleh manusia. Rangkaian LCD ini dalam pengoperasiannya memerlukan 8 bit

data dan 3 bit kontrol. Bagian utama dari rangkaian ini adalah penampil karakter LCD 20 x 4 baris. RS (*Register Select*) dan *Enable* pada pin 4 dan pin 6 yang merupakan kontrol dari LCD. Saluran data (*data bus*) dihubungkan ke port 0 mikrokontroler. Untuk pin R/W akan berlogika *low* (0) apabila dihubungkan dengan ground maka LCD difungsikan hanya untuk menuliskan program atau data ke *display*. Untuk mengambil data dari mikrokontroler maka pin-pin data dihubungkan dengan port dari mikrokontroler.

Pada lembaran *datasheet* modul LCD HD44780 disebutkan bahwa:

*Power supply LCD meliputi :*

$$V_{ss} = 0 \text{ V}$$

$$V_{cc} = 5 \text{ V} \pm 5\% (2\text{mA})$$

*Power supply back light :*

$$V + BL = 4 - 4,2 \text{ V (50 sampai 200 mA)}$$

$$V_{BL} = 0 \text{ V (GND)}$$

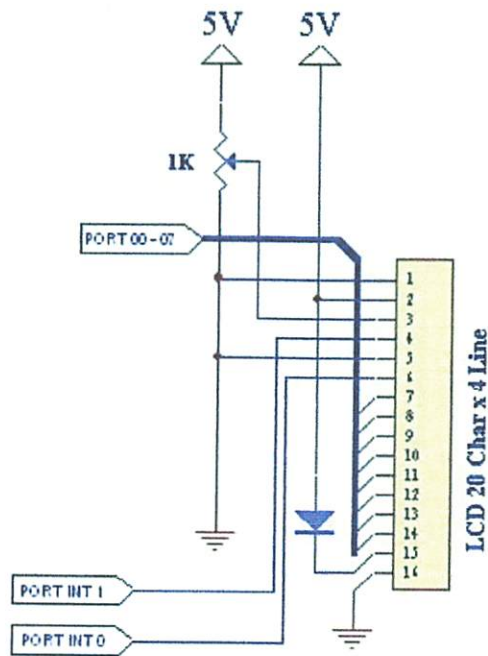
Pada input  $V + BL$  dipasang sebuah dioda 1N4001 (bahan silicon dengan  $V_d = 0,65 \text{ V}$  sampai  $0,7 \text{ V}$ ). tujuannya adalah didapatkan tegangan  $V + BL$  sebesar  $4 - 4,2 \text{ V}$  dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_{cc} = V_d + (V + BL)$$

$$5 = 0,7 + (V + BL)$$

$$(V + BL) = 5 - 0,7 = 4,3 \text{ Volt.}$$

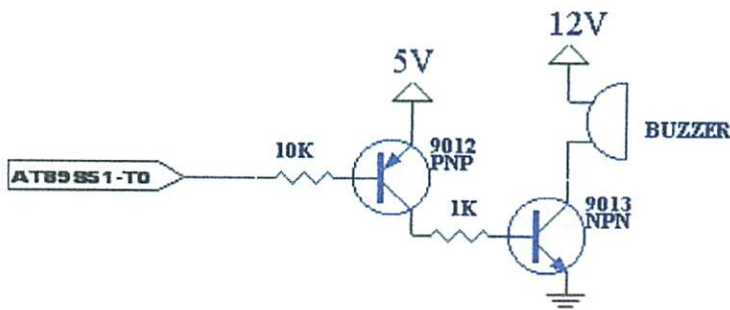
Dipilih dioda 1N4001 karena arus maksimum yang biasa dilewatkan oleh dioda ini sebesar 1 A, berikut ini adalah rangkaian lengkap modul LCD yang digunakan dalam perancangan :



Gambar 3.12 Rangkaian LCD

### 3.8. Perancangan Rangkaian Buzzer

Buzzer diperlukan sebagai perangkat isyarat. Sebelum masuk ke mikrokontroller AT89S51 buzzer dihubungkan pada 2 buah transistor. Transistor yang digunakan adalah tipe PNP (TR9012) dan tipe NPN (TR9013). Di sini transistor bekerja sebagai *switch*, yaitu menghidupkan atau mematikan buzzer.



Gambar 3.13 Rangkaian Buzzer

Transistor dirangkai secara seri agar keluaran suara pada buzzer menjadi lebih baik. Resistor pada rangkaian berfungsi untuk memperbaiki waktu pematian pada buzzer.

$$I_{b1} = \frac{V - 0,7}{R_{b1}}$$
$$= \frac{5 - 0,7}{10}$$

$$= 0,43 \text{ mA}$$

$$I_{b2} = \frac{V - 0,7}{R_{b2}}$$
$$= \frac{5 - 0,7}{1}$$

$$= 4,3 \text{ mA}$$

$$I_{b\text{total}} = I_{b1} + I_{b2} = 4,73 \text{ mA}$$

Keterangan :

$$V_E = 5 \text{ Volt}$$

$$\text{Jika } V_B \geq 5V - 0,7V$$

$V_B \geq 4,3V$  maka transistor "off"

$V_B < 4,3V$  maka transistor "on"

Cara kerjanya adalah sebagai berikut:

- *Emitter* pada PNP diberi tegangan 5 volt
- *Basis* pada PNP dihubungkan ke mikrokontroller, jika mikrokontroller memberikan logika "high" maka transistor dalam keadaan "off" (buzzer mati) karena tegangan pada emitor sama dengan tegangan pada basis. Untuk mengaktifkan transistor PNP, maka basis harus diberi tegangan lebih kecil dari  $V_E - 0.7$  ( $V_E$  adalah tegangan pada emitor). Jadi ketika mikrokontroller diberi logika "low" ( tegangan pada basis = 0 Volt), maka transistor akan aktif sehingga buzzer menyala.
- *Collector* dihubungkan ke basis NPN
- *Emitter* pada NPN sebagai graound

- *Collector* pada NPN dihubungkan ke beban (Buzzer)

### 3.9. Perancangan Rangkaian LED

Arus maksimal yang terdapat pada *LED* adalah sebesar 20 mA, sehingga nilai *resistor* yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5V}{20mA} = 250\Omega$$

Jadi R minimal yang digunakan agar LED dapat menyala adalah  $> 250\Omega$ .

Sedangkan pada rangkaian digunakan R sebesar 330 $\Omega$ .

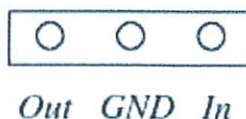
Pada alat ini digunakan sebuah lampu LED yang apabila sensor mendeteksi adanya gas berbahaya ( CO, CO<sub>2</sub>, dan Freon ) maka lampu LED akan menyala.



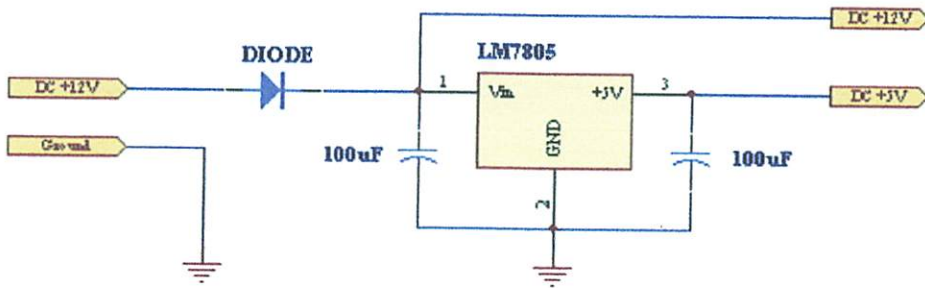
Gambar 3.14 Rangkaian LED

### 3.10. Perancangan Rangkaian Regulator

Mikrokontroler AT89S51 membutuhkan power supply sebesar 5V DC. Pada alat ini menggunakan accu yang memiliki tegangan 12V sebagai supply untuk mikrokontroler 5V DC. Untuk itu digunakan IC 7805 yang berfungsi sebagai regulator. IC regulator 7805 ini memiliki 3 pin sebagai berikut :



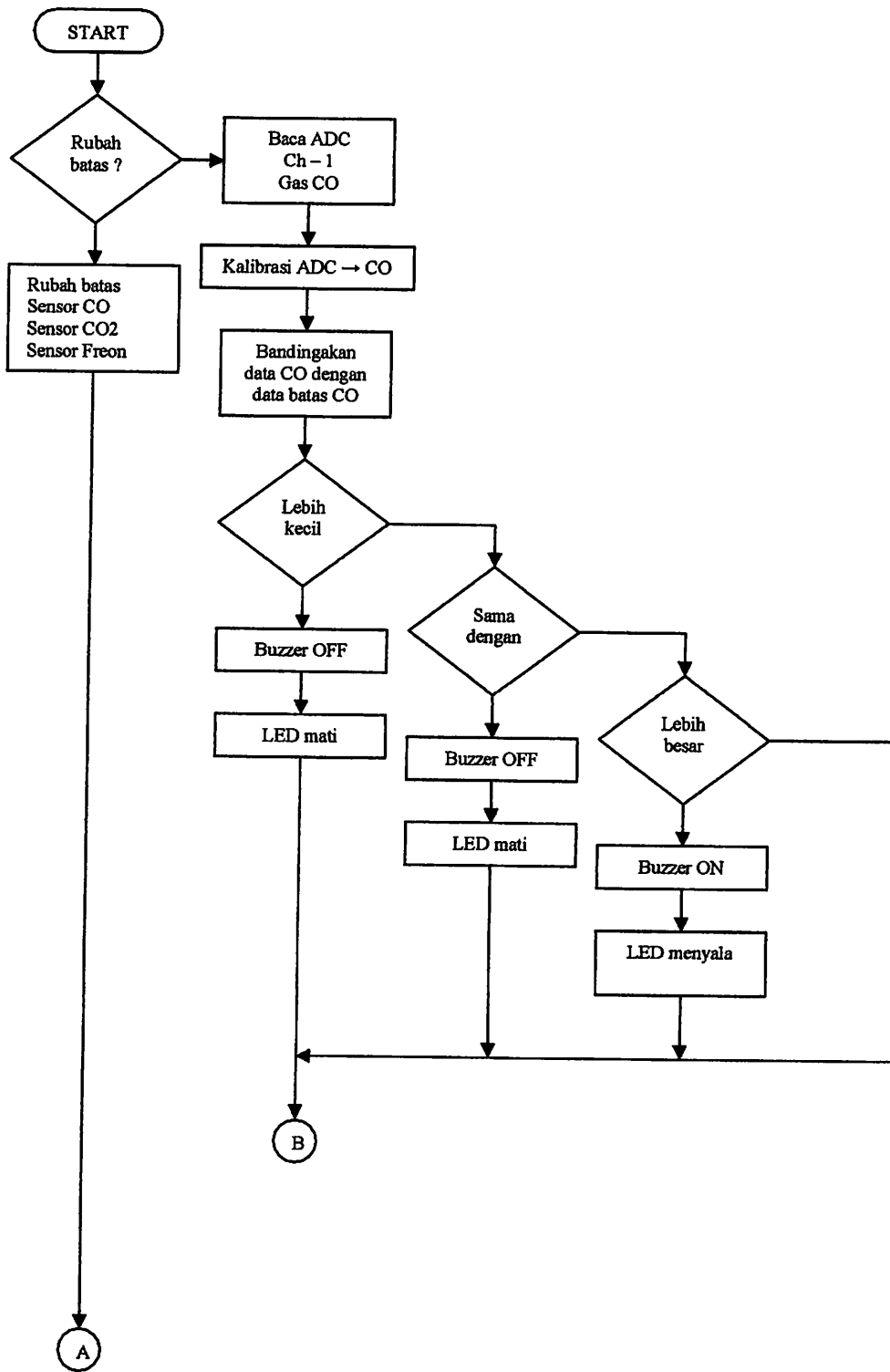
Gambar 3.15 PIN Pada Regulator

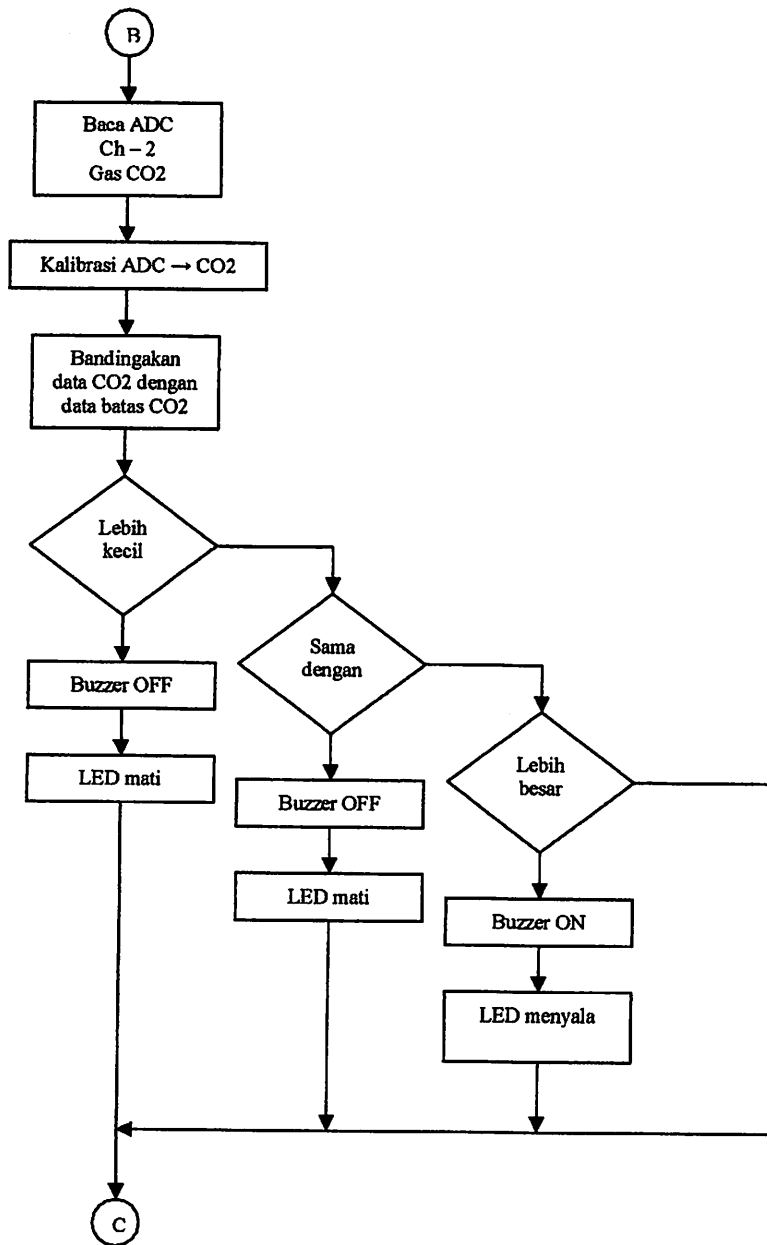


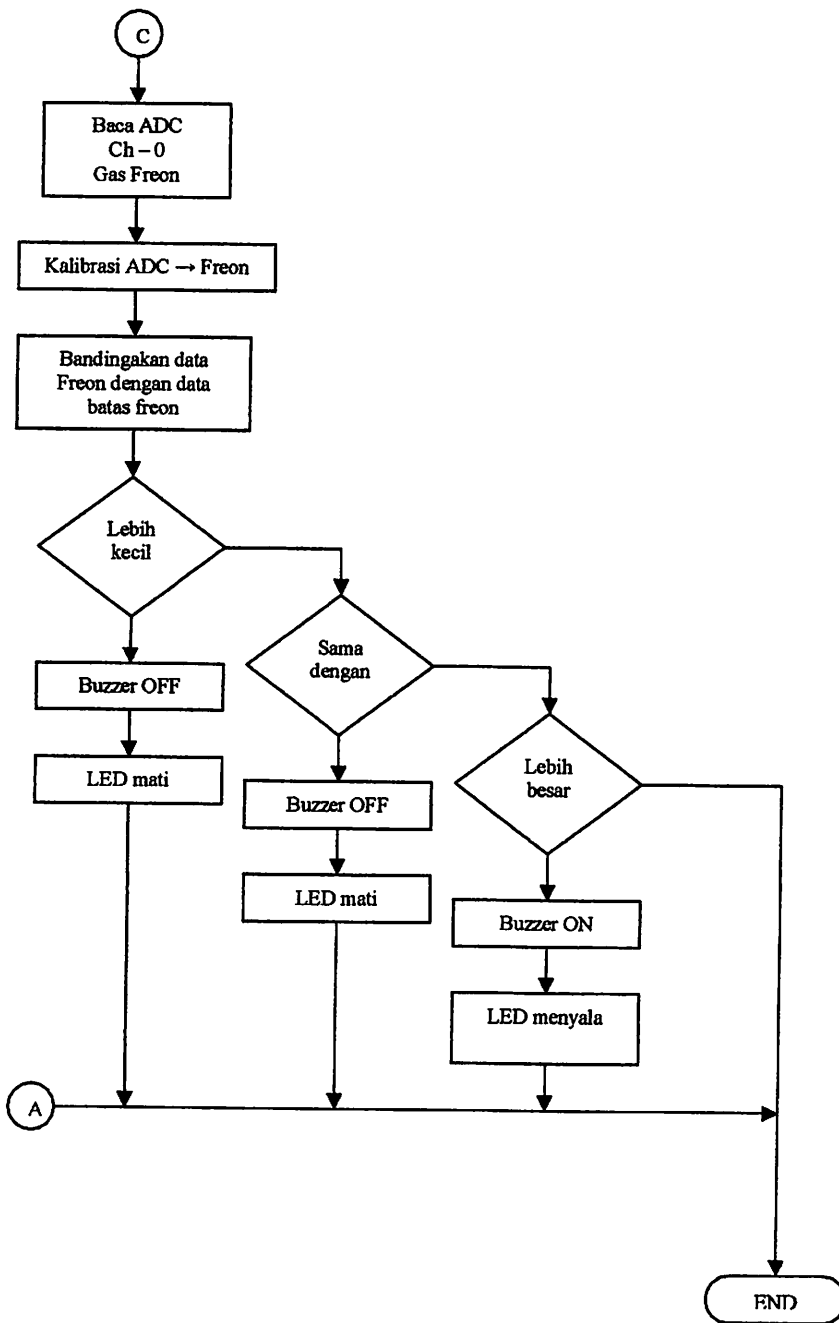
Gambar 3.16 Rangkaian Regulator

Pada rangkaian regulator DC 12V merupakan sumber tegangan dalam hal ini adalah accu. Fungsi diode pada rangkaian ini hanya sebagai pengaman apabila *polarity* terbalik. IC regulator ( LM7805 ) berfungsi sebagai penurun tegangan ( step down ) agar tegangan *out putnya* menjadi 5V. Out put pada rangkaian ini ada 2 yaitu 12V dan 5V. Untuk 12V out put nya sebagai sumber tegangan buzzer, sedangkan out put 5V sebagai sumber tegangan sensor, pengkondisi sinyal, mikrokontroller, ADC, clock eksternal ADC, LCD dan LED.

### 3.11. Flowchart







## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT**

#### **4.1. Tujuan**

Bab ini akan membahas tentang pengujian alat yang telah dirancang. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah *hardware* dan *software* dapat bekerja sesuai dengan kondisi yang diinginkan, maka dilakukan pengujian pada alat dan sistem kerja alat, yang mana prosedur pengujian meliputi:

1. Pengujian *Hardware*.
2. Pengujian sistem secara keseluruhan.

#### **4.2. Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*).**

Dalam pengujian alat dibagi dalam beberapa sub sistem dari instrumen dan peralatan, diantaranya adalah :

1. Pengujian Sensor
  - a) Sensor TGS 2442 ( sensor CO )
  - b) Sensor TGS 4161 ( sensor CO<sub>2</sub> ) dan Op - Amp
  - c) Sensor TGS 832 ( sensor gas freon )
2. Pengujian ADC
3. Pengujian LCD
4. Pengujian Keypad
5. Pengujian Op – Amp
6. Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian perangkat keras ini mencakup pengujian rangkaian elektronika pada masing-masing blok maupun blok secara keseluruhan.

### 4.3 Pengujian Sensor

#### 4.3.1 Sensor TGS 2442

##### 4.3.1.1 Tujuan

Untuk mengetahui berapa kadar gas karbon monoksida ( CO ) yang dideteksi dengan sensor TGS 2442.

##### 4.3.1.2 Prosedur Pengujian

Pada rangkaian sensor, menggunakan  $R_L = 10\text{ K}\Omega$ ,  $V_c = 5\text{ Volt}$  sesuai dengan *data sheet* sensor TGS 2442.

ADC 0808 bekerja dari 0-5 volt = 0-255 data.

Jadi resolusi ADC linier /  $V_{perstep}$  :

$$\begin{aligned} \bullet \quad V_{perstep} &= \frac{V_{max}}{2^n - 1} \\ &= \frac{5}{255} \\ &= 0,0196V / data \end{aligned}$$

Pada saat sensor tanpa beban / tanpa kadar CO sensor menunjukkan nilai ADC =

60 yang artinya:

$$\begin{aligned} \bullet \quad ADC &= \frac{V_{out}}{V_{perstep}} \\ 60 &= \frac{V_{out}}{0,0196} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 V_{out} \text{ (sensor)} &= V_{perstep} \times \text{ADC} \\
 &= 0,0196 \times 60 \\
 &= 1,176 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Output dari sensor TGS 2442 berbentuk tegangan ( $V_{out}$  sensor), dengan mendapatkan nilai  $V_{output}$  dari sensor maka dapat diketahui nilai  $R_s$  dengan rumus seperti dibawah ini:

- $R_s = \frac{RL \times V}{V_{out}} - RL$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10 \times 5}{1,176} - 10 \\
 &= 32,517 \text{ K}\Omega
 \end{aligned}$$

Pada saat sensor diberi inputan ( CO ) sensor menunjukkan nilai  $\text{ADC} = 100$  yang artinya :

- $\text{ADC} = \frac{V_{out}}{V_{perstep}}$

$$100 = \frac{V_{out}}{0,0196}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 V_{out} \text{ (sensor)} &= V_{perstep} \times \text{ADC} \\
 &= 0,0196 \times 100 \\
 &= 1,96 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Output dari sensor TGS 2442 berbentuk tegangan ( $V_{out}$  sensor), dengan mendapatkan nilai  $V_{output}$  dari sensor maka dapat diketahui nilai  $R_s$  dengan rumus seperti dibawah ini:

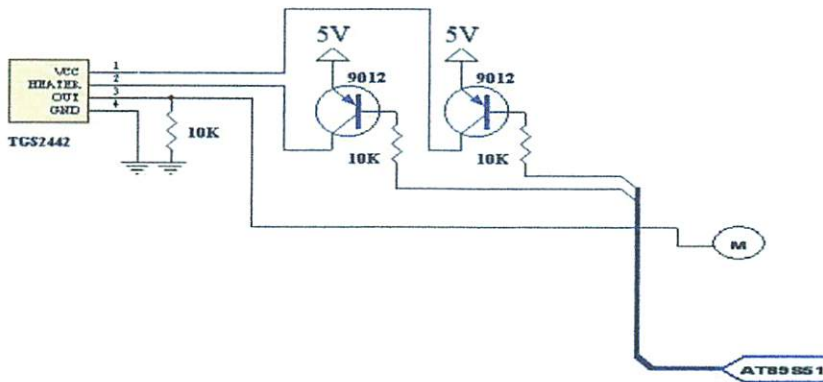
- $$R_s = \frac{R_L \times V}{V_{out}} - R_L$$

$$= \frac{10 \times 5}{1,96} - 10$$

$$= 15,51 \text{ K}\Omega$$

Pengukuran pada sensor TGS 2442 :

1. Rangkai sensor seperti gambar :



**Gambar 4.1 Pengukuran TGS 2442**

2. Mengaktifkan catu daya
3. Mengukur  $V_{out}$  dan  $R_s$  TGS 2442

Dari pengukuran diketahui bahwa  $V_{out} = 1,18 \text{ V}$  dan  $R_s = 32,53 \text{ K}\Omega$  pada saat air cleaned ( udara bersih ). Ketika sensor diberi inputan berupa gas CO  $V_{out} = 1,97 \text{ V}$  dan  $R_s = 15,53 \text{ K}\Omega$

**TABEL 4.1**  
**HASIL PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN TGS 2442**

KONDISI	PERHITUNGAN			PENGUKURAN		Error
	$R_s/R_o$	$R_s$ ( $\text{K}\Omega$ )	$V_{out}$ ( $\text{V}$ )	$R_s$ ( $\text{K}\Omega$ )	$V_{out}$ ( $\text{V}$ )	$R_s$ (%)
AIR CLEANED	1	32,517	1,176	32,53	1,18	0,04
DIBERI INPUTAN CO	0,6	15,51	1,96	15,53	1,97	0,13

$$Error = \frac{HasilPengukuran - Hasilperhitungan}{HasilPerhitungan} \times 100\%$$

### 4.3.2 Sensor TGS 4161

#### 4.3.2.1 Tujuan

Untuk mengetahui berapa kadar gas karbon dioksida ( CO<sub>2</sub> ) yang dideteksi dengan sensor TGS 4161.

#### 4.3.2.2 Prosedur pengujian

Pada rangkaian sensor menggunakan op-amp IC TLC 271 sebagai *buffer* atau penyanggah karena impedansi sensor terlalu besar ( > 100 GΩ ). Diketahui sesuai dengan *data sheet* :

$$\Delta\text{EMF} = \text{EMF1} - \text{EMF2}$$

$$\text{EMF1} = \text{EMF pada } 350 \text{ ppm CO}_2$$

$$\text{EMF2} = \text{EMF pada konsentrasi gas yang terdeteksi}$$

Dari rumus di atas dapat diketahui ( misalkan X = 350 ppm ( range sensor 350 ppm – 8000 ppm ) ):

$$\Delta\text{EMF} = \text{EMF1} - \text{EMF2}$$

$$\Delta\text{EMF} ( 350 \text{ ppm} ) [\text{mv}] = 350 \text{ ppm} [\text{mv}] - X \text{ ppm} [\text{mv}]$$

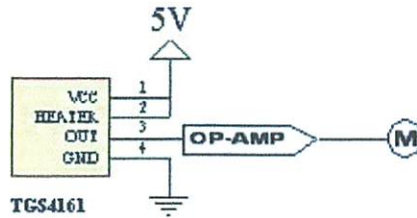
$$\Delta\text{EMF} ( 350 \text{ ppm} ) [\text{mv}] = 350 \text{ ppm} [\text{mv}] - 350 \text{ ppm} [\text{mv}]$$

$$\Delta\text{EMF} ( 350 \text{ ppm} ) [\text{mv}] = 0 [\text{mv}]$$

Jadi pada saat 350 ppm  $\Delta\text{EMF}$  sebesar 0 [mv]

Pengukuran pada sensor TGS 4161 :

1. Rangkai sensor seperti pada gambar :



**Gambar 4.2 Pengukuran TGS 4161**

2. Mengaktifkan catu daya
3. Mengukur  $V_{out}$  pada sensor TGS 4161

Dari pengukuran diketahui bahwa  $V_{out} = 750 \text{ mV}$

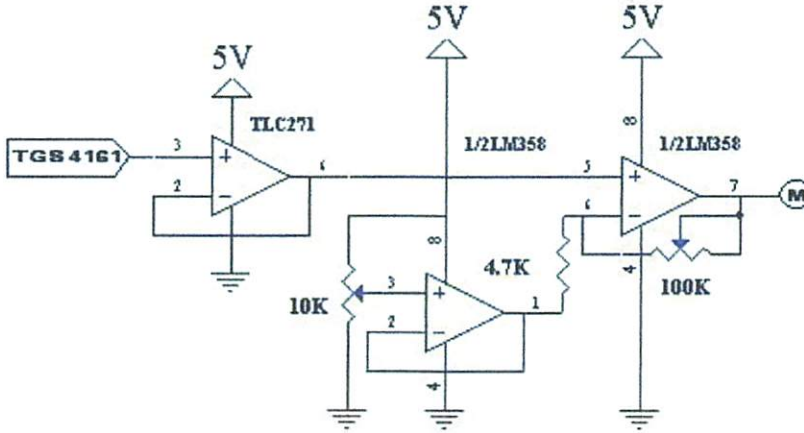
**TABEL 4.2**

**HASIL PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN TGS 4161**

KONDISI	PERHITUNGAN	PENGUKURAN
	$\Delta EMF \text{ ( mV )}$	$V_{out} \text{ ( mV )}$
AIR CLEANED	0	750
DIBERI INPUTAN CO <sub>2</sub>	14	764

### 4.3.3 Pengujian Op – Amp

1. Menyusun rangkaian seperti pada gambar :



Gambar 4.3 Pengukuran op-amp

2. Mengaktifkan catu daya
3. Mengukur  $V_{out}$  pada rangkaian op-amp

Pada saat sensor mendeteksi *air cleaned* maka  $V_{out}$  dari sensor yang diukur pada TLC 271 sebesar 750 mV yang merupakan inputan pengkodisi sinyal. Kemudian  $V_{out}$  pada pengkodisi sinyal diukur dan mendapatkan nilai 0 V. Pada saat sensor diberi inputan berupa gas CO2  $V_{out}$  yang diukur pada TLC 271 sebesar 785 mV. Kemudian  $V_{out}$  pada pengkodisi sinyal diukur dan mendapatkan nilai 0,78 V

Penghitungan dengan menggunakan rumus :

$$V_{out} = V_{in} - V_{ref} \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) + V_{ref}$$

Dari penghitungan pada saat  $V_{in} = 750 \text{ mV}$

$$\begin{aligned} V_{out} &= 750 \text{ mV} - 750 \text{ mV} \left( \frac{100}{4,7} + 1 \right) + 750 \text{ mV} \\ &= 750 \text{ mV} - 750 \text{ mV} ( 22,28 ) + 750 \text{ mV} \end{aligned}$$

$$= 0 ( 22,28 ) + 750 \text{ mV}$$

$$= 750 \text{ mV}$$

Dari penghitungan pada saat  $V_{in} = 764 \text{ mV}$

$$V_{out} = 764 \text{ mV} - 750 \text{ mV} \left( \frac{100}{4,7} + 1 \right) + 750 \text{ mV}$$

$$= 14 ( 22,28 ) + 750 \text{ mV}$$

$$= 319,2 \text{ mV} + 750 \text{ mV}$$

$$= 1069,2 \text{ mV} = 1,07 \text{ V}$$

**Tabel 4.3**

**Vout Pengkondisi sinyal**

KONDISI	PERHITUNGAN	PENGUKURAN
	Vout	Vout
AIR CLEANED	750 mV	750 mV
DIBERI INPUTAN CO2	1,07 V	1,8 V

#### 4.3.4 Sensor TGS 832

##### 4.3.4.1 Tujuan

Untuk mengetahui berapa kadar gas freon ( CFC ) yang dideteksi dengan sensor TGS 832.

##### 4.3.4.2 Prosedur Pengujian

Pada rangkaian sensor, menggunakan  $R_L = 10 \text{ K}\Omega$ ,  $V_c = 5 \text{ Volt}$  sesuai dengan *data sheet* sensor TGS 832.

ADC 0808 bekerja dari 0-5 volt = 0-255 data.

Jadi resolusi ADC linier /  $V_{perstep}$  :

- $V_{perstep} = \frac{V_{max}}{2^n - 1}$   
 $= \frac{5}{255}$   
 $= 0,0196V /data$

Pada saat sensor tanpa beban / tanpa kadar Freon sensor menunjukkan nilai ADC

= 50 yang artinya:

- $ADC = \frac{V_{out}}{V_{perstep}}$   
 $50 = \frac{V_{out}}{0,0196}$

Maka,

$$V_{out} (sensor) = V_{perstep} \times ADC$$

$$= 0,0196 \times 50$$

$$= 0,98 V$$

Output dari sensor TGS 832 berbentuk tegangan ( $V_{out}$  sensor), dengan mendapatkan nilai  $V_{output}$  dari sensor maka dapat diketahui nilai  $R_s$  dengan rumus seperti dibawah ini:

- $R_s = \frac{RL \times V}{V_{out}} - RL$   
 $= \frac{10 \times 5}{0,98} - 10$   
 $= 41,02 K\Omega$

Pada saat sensor diberi inputan ( Freon ) sensor menunjukkan nilai ADC = 125

yang artinya :

- $$\text{ADC} = \frac{V_{out}}{V_{perstep}}$$
- $$125 = \frac{V_{out}}{0,0196}$$

Maka,

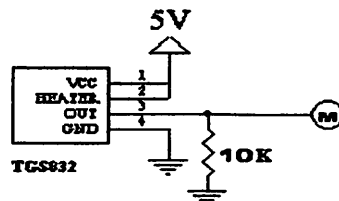
$$\begin{aligned} V_{out} (\text{sensor}) &= V_{perstep} \times \text{ADC} \\ &= 0,0196 \times 125 \\ &= 2,45 \text{ V} \end{aligned}$$

Output dari sensor TGS 832 berbentuk tegangan ( $V_{out}$  sensor), dengan mendapatkan nilai  $V_{output}$  dari sensor maka dapat diketahui nilai  $R_s$  dengan rumus seperti dibawah ini:

- $$R_s = \frac{R_L \times V}{V_{out}} - R_L$$
- $$= \frac{10 \times 5}{2,45} - 10$$
- $$= 10,4 \text{ K}\Omega$$

Pengukuran pada TGS 832 :

1. Rangkai sensor seperti pada gambar :



Gambar 4.4 Pengukuran TGS 832

2. Mengaktifkan catu daya
3. Mengukur  $R_s$  dan  $V_{out}$  TGS 832

Dari pengukuran diketahui bahwa  $V_{out} = 0,98 \text{ V}$  dan  $R_s = 41,07 \text{ K}\Omega$  pada saat air cleaned ( udara bersih ). Ketika sensor diberi inputan berupa gas Freon  $V_{out} = 2,45 \text{ V}$  dan  $R_s = 10,3 \text{ K}\Omega$

**TABEL 4.4**  
**HASIL PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN TGS 832**

KONDISI	PERHITUNGAN			PENGUKURAN		Error
	$R_s/R_o$	$R_s$ ( $\text{K}\Omega$ )	$V_{out}$ ( V )	$R_s$ ( $\text{K}\Omega$ )	$V_{out}$ ( V )	$R_s$ ( % )
AIR CLEANED	1	41,02	0,98	41,07	0,98	0,12
DIBERI INPUTAN CO	0,4	10,04	2,45	10,3	2,45	2,6

$$Error = \frac{HasilPengukuran - Hasilperhitungan}{HasilPerhitungan} \times 100\%$$

#### 4.4 Pengujian ADC 0808

Pengujian ADC 0808 bertujuan untuk mengetahui nilai *output* yang dihasilkan oleh ADC 0808 setelah diberi *input* yang merupakan  $V_{out}$  dari sensor. Pada pengujian ini menggunakan LED yang disusun berjajar dan tiap kaki tiap LED dimasukkan pada tiap *pin output* ADC 0808.

**Tabel 4.5 Hasil Pengujian ADC 0808 dengan TGS 2442**

KONDISI	Tegangan (Volt)	Output LED	Nilai Desimal
AIR CLEANED	1,176	00111100	60
DIBERI INPUTAN CO	1,96	01100100	100

(Sumber : pengujian)

**Tabel 4.6 Hasil Pengujian ADC 0808 dengan TGS 4161**

<b>KONDISI</b>	<b>Tegangan (Volt)</b>	<b>Output LED</b>	<b>Nilai Desimal</b>
AIR CLEANED	$906.10^{-3}$	00010100	60
DIBERI INPUTAN CO2	1,59	01010000	100

(Sumber : pengujian)

**Tabel 4.7 Hasil Pengujian ADC 0808 dengan TGS 832**

<b>KONDISI</b>	<b>Tegangan (Volt)</b>	<b>Output LED</b>	<b>Nilai Desimal</b>
AIR CLEANED	0,98	00110010	50
DIBERI INPUTAN Freon	1,96	01100100	100

(Sumber : pengujian)

## **4.5 Pengujian LCD**

### **4.5.1 Tujuan**

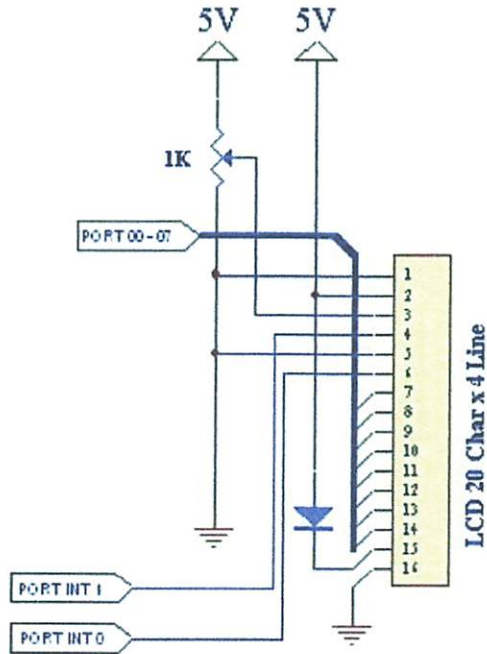
Adapun tujuan dari pengujian rangkaian ini untuk mengetahui kondisi keluaran LCD yaitu sebagai tampilan, juga mencatat nilai tegangan yang masuk pada LCD sebelum dan sesudah melewati diode.

### **4.5.2 Alat-alat yang digunakan**

- LCD
- Rangkaian mikrokontroler AT 89S8252
- Catu daya.
- Voltmeter digital

### 4.5.3 Prosedur pengujian

1. Menyusun rangkaian pengujian seperti pada gambar 4.5.



**Gambar 4.5 Rangkaian Pengujian LCD**

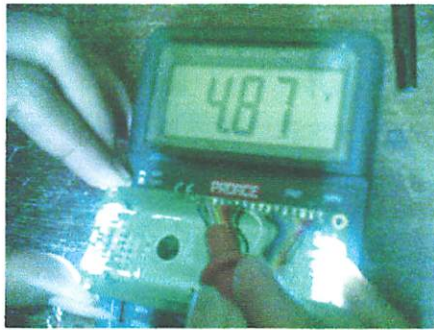
2. Membuat software pengujian rangkaian LCD, program ini berisi inialisasi mikrokontroler dan LCD.
3. Mengaktifkan catu daya.
4. Mengoperasikan program dan hasil keluaran akan ditunjukkan pada layar penampil kristal cair.
5. Mengukur besarnya tegangan awal yang masuk pada LCD dan tegangan setelah lewat pada dioda

#### 4.5.4 Hasil pengujian

Dari hasil pengujian maka didapatkan tampilan seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :

**Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Pengujian Rangkaian LCD**

No	Tegangan Awal LCD (Volt)	Tegangan Setelah Melewati Dioda (Volt)
1	4,87	4,25



**Gambar 4.6 Pengukuran Tegangan Awal LCD**



**Gambar 4.7 Pengukuran Tegangan Setelah Melewati Dioda.**



**Gambar 4.8 Hasil Pengujian LCD**

## 4.5 Pengujian Keypad

### Tujuan

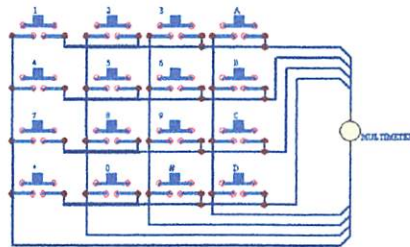
Untuk menguji apakah tombol keypad dapat bekerja sebagai inputan, dan mensimulasikan tombol yang ditekan melalui suara buzzer pada multimeter digital.

### 4.5.1 Alat yang digunakan

- Multimeter digital
- Keypad

### 4.5.2 Prosedur Pengujian

1. Menyusun rangkaian pengujian keypad seperti pada gambar 4.9.



**Gambar 4.9 Pengujian Rangkaian Keypad.**

2. Memberikan kombinasi masukan dengan menekan tombol-tombol keypad.
3. Mengamati hasil penekanan keypad. Kemudian mencatat hasil pengamatan pada tabel 4.7.

### 4.5.3 Hasil Pengujian

**Tabel 4.9 Hasil Pengujian Keypad.**

TOMBOL	BARIS				KOLOM			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	0	0	0	1	0	0	0
2	1	0	0	0	0	1	0	0
3	1	0	0	0	0	0	1	0
A	1	0	0	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	1	0	0	0
5	0	1	0	0	0	1	0	0
6	0	1	0	0	0	0	1	0
B	0	1	0	0	0	0	0	1
7	0	0	1	0	1	0	0	0
8	0	0	1	0	0	1	0	0
9	0	0	1	0	0	0	1	0
C	0	0	1	0	0	0	0	1
#	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0
*	0	0	0	1	0	0	1	0
D	0	0	0	1	0	0	0	1

\*Keterangan : cara membaca tabel diatas adalah jika antara baris dan kolom terhubung

(1) maka akan membentuk matrik baris dan kolom sesuai penekanan tombol keypad.



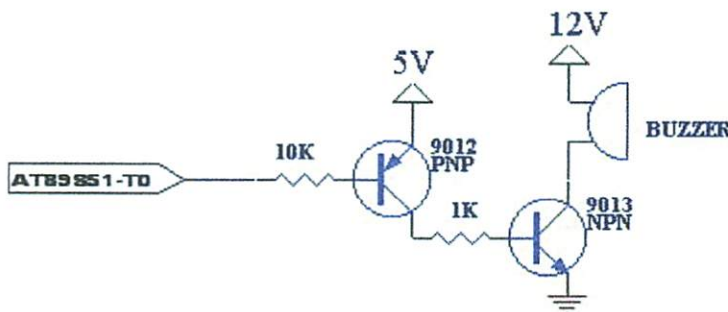
**Gambar 4.10 Pengecekan Jalur Keypad Dengan Multimeter.**

- Analisa Hasil Pengujian

Dari rangkaian pengujian didapatkan bahwa untuk membentuk satu karakter penekanan keypad maka baris dan kolom harus terhubung. Sebagai contoh : jika angka 1 ditekan kemudian mengeceknya menggunakan multimeter pada baris 1 dan kolom 1 maka akan terdengar suara buzzer pada multimeter, begitu seterusnya pada penekanan keypad yang lain sesuai tabel 4.7

#### 4.6 Pengujian Buzzer

1. Menyusun rangkaian seperti pada gambar :



**Gambar 4.11 Rangkaian buzzer**

2. Nyalakan catu daya
3. Ukur Ib

Pada pengukuran diperoleh nilai  $I_b = 4.17 \text{ mA}$

Penghitungan  $I_b$  pada rangkaian :

$$\begin{aligned} I_{b1} &= \frac{V - 0,7}{R_{b1}} \\ &= \frac{5 - 0,7}{10} \\ &= 0,43 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{b2} &= \frac{V - 0,7}{R_{b2}} \\ &= \frac{5 - 0,7}{1} \\ &= 4,3 \text{ mA} \end{aligned}$$

**Tabel 4.10 Hasil Pengujian Buzzer**

KEADAAN BUZZER	PERHITUNGAN		PENGUKURAN	
	I <sub>b1</sub>	I <sub>b2</sub>	I <sub>b1</sub>	I <sub>b2</sub>
BUZZER MATI	0	0	0	0
BUZZER HIDUP	0,43	4,3	0,4	4,2

#### 4.8 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian rangkaian secara keseluruhan dilakukan dengan menghubungkan masing-masing rangkaian atau blok dan menjalankan perangkat lunak yang dibuat. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah peralatan yang dibuat telah sesuai dengan perencanaan

- Memberi tegangan catu daya sebesar 12 volt DC, dapat berupa baterai, aki dan lain – lain.
- Nyalakan saklar *ON/OFF*
- *Inputkan setting point*
- Berikan inputan pada ke tiga sensor CO untuk TGS 2442 CO<sub>2</sub> untuk TGS 4161 dan Freon R-134a untuk TGS 832.

- Mengamati nilai pengukuran pada LCD

#### 4.8.1 Pengukuran CO

**Tabel 4.9 Hasil Pengukuran CO**

PERCOBAAN	CO (PPM) ALAT 1	CO (PPM) ALAT 2	Error (%)
1	100	100	0
2	110	109	0,92
3	125	123	1,63
4	140	137	2,19
5	160	159	0,63
6	190	187	1,60
7	230	227	1,32
8	290	288	0,69

*Alat 1 = alat yang menggunakan TGS 2442*

*Alat 2 = alat ukur CO yang sudah ada*

Dengan melakukan perhitungan yang sama maka akan didapatkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.9 di bawah ini.

Error rata-rata sebesar :

$$\begin{aligned} \sum \text{error rata-rata} &= \frac{\sum \text{error}}{n} \\ &= \frac{35,05}{12} = 2,96\% \end{aligned}$$

## 4.8.2 Pengukuran CO2

**Tabel 4.10 Hasil Pengukuran CO2**

PERCOBAAN	CO2 (PPM) Alat 1	CO2 (PPM) Alat 2	error (%)
1	950	920	3,261
2	1550	1520	1,974
3	2150	2120	1,415
4	2750	2720	1,103
5	3350	3320	0,904
6	3950	3920	0,765
7	4550	4520	0,664
8	5150	5120	0,586
9	5750	5720	0,524
10	6350	6320	0,475
11	6950	6920	0,434
12	7550	7520	0,399

*Alat 1 = alat yang menggunakan TGS 4161*

*Alat 2 = alat ukur CO2 yang sudah ada*

Dengan melakukan perhitungan yang sama maka akan didapatkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.10 di bawah ini.

Error rata-rata sebesar :

$$\begin{aligned}\sum \text{errorrata} - \text{rata} &= \frac{\sum \text{error}}{n} \\ &= \frac{21,878}{13} = 1,68\%\end{aligned}$$

### 4.8.3 Pengukuran Freon

**Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Freon**

<b>PERCOBAAN</b>	<b>Freon (PPM) Alat</b>
1	100
2	150
3	175
4	200
5	300
6	400
7	600
8	950
9	2000

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari pembahasan perancangan dan pembuatan alat pendeteksi gas beracun pada kabin penumpang mobil, dapat diambil kesimpulan, yaitu :

1. Pada pengujian sensor CO ( TGS 2442 ) pada *air cleaned* nilai  $R_s = 32,53 \text{ K}\Omega$  dan ketika sensor diberi inputan berupa gas CO nilai  $R_s = 15,53 \text{ K}\Omega$ . Dari pengujian didapat penyimpangan dari perhitungan dan pengukuran pada saat *air cleaned* terdapat penyimpangan 0,04% dan pada saat diberi inputan penyimpangan 0,13%. Penyimpangan rata-rata  $R_s$  pada TGS 2442 sebesar 0,085%
2. Pada sensor CO<sub>2</sub> ( TGS 4161 ) pada *air cleaned* nilai  $V_{out} = 750 \text{ mV}$  dan ketika diberi inputan berupa gas CO<sub>2</sub>  $V_{out} = 764 \text{ mV}$ .
3. Pada pengujian sensor CO ( TGS 832 ) pada *air cleaned* nilai  $R_s = 41,07 \text{ K}\Omega$  dan ketika sensor diberi inputan berupa gas CO nilai  $R_s = 10,3 \text{ K}\Omega$ . Dari pengujian didapat penyimpangan dari perhitungan dan pengukuran pada saat *air cleaned* terdapat penyimpangan 0,12% dan pada saat diberi inputan penyimpangan 2,6%. Penyimpangan rata-rata  $R_s$  pada TGS 832 sebesar 1,36%.
4. Pada pengujian alat secara keseluruhan, penyimpangan rata rata pada pengukuran sensor TGS 2442 sebesar 2,96% dan TGS 4161 sebesar 1,68% .

## 5.2. Saran

Alat yang dibuat ini masih memiliki keterbatasan, nantinya diharapkan dapat dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan itu. Sehingga mendapatkan alat yang diharapkan dapat mendekati alat yang ideal.

1. Bagi peneliti selanjutnya diharapkan bisa mengaplikasikan TGS 2442 TGS 4161 dan TGS 832 (pendeteksi CO, CO<sub>2</sub> dan Freon) ini bukan hanya pada kabin penumpang mobil saja.
2. Diharapkan kedepannya bisa menentukan berapa kadar/sensitifitas dari zat-zat yang dapat dideteksi oleh TGS 2442 diantaranya Air, H<sub>2</sub> dan Ethanol. Untuk TGS 4161 diantaranya CO, Ethanol dan H<sub>2</sub>. Untuk TGS 832 diantaranya Air, R-12, Ethanol dan R-22.
3. Untuk pengujian sensor TGS 832 ( Freon) tidak dapat dilakukan pengujian dengan membandingkan alat yang sudah ada, diharapkan kedepannya dapat dilakukan dengan alat yang ada agar didapat hasil yang akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- <http://www.futurlec.com/ADConv/ADC0808.shtml>
- <http://id.wikipedia.org>
- Malvino, A.P. 1990. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Erlangga.
- Jendela iptek, gaya dan gerak, 1997
- <http://www.iguanalabs.com/adc0808.jpg>
- Uffenbeck, J., 1986. *Microcomputer and Microprocessor*. Prentice Hall. New Jersey.
- <Http://www.ATMEL.com>.
- <Http://www.FIGARO.com>.
- <Http://alldatasheet.com/RKH1AN.pdf>



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

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

BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 2 Juni 2009

Nomor : ITN- 915/7/TA /2009  
Lampiran :  
Perihal : Bimbingan Skripsi

Kepada : Yth. Sdr. IR. TH. MIMIEN MUSTIKAWATI, MT  
Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

Dengan hormat,

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi untuk mahasiswa:

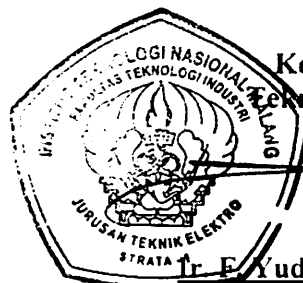
Nama : EKO HADI PRASETIO  
Nim : 03 17 035  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai tanggal:

29 MEI 2009 s/d 29 NOVEMBER 2009

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian sarjana.

Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

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

Tindakan:

1. Mahasiswa yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S-4a



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : EKO HADI PRASETIO  
Nim : 03.17.035  
Masa Bimbingan : 29 Mei 2009 s/d 29 November 2009  
Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENDETEKSI GAS BERACUN  
PADA KABIN PENUMPANG MOBIL

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	17-6-2009	Bab I Revisi	
2	17-6-2009	Bab II revisi	
3		Bab I ok	
4		Bab II ok	
5		Bab III revisi	
6		Bab III ok	
7		Bab IV ok	
8		memo surat	
9		Seminar hasil	
10		kompri	

Malang,  
Dosen Pembimbing I

**Ir. TH. Mimien Mustikawati, MT**  
NIP. 103 000 0352



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

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

BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 2 Juni 2009

Nomor : ITN- 916/7/TA /2009  
Lampiran :  
Perihal : Bimbingan Skripsi

Kepada : Yth. Sdr. IRMALIA SURYANI F, ST, MT  
Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

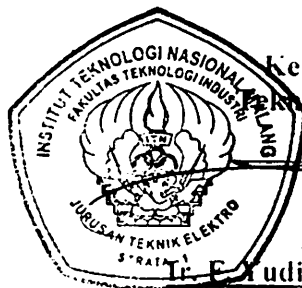
Dengan hormat,  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi  
untuk mahasiswa:

Nama : EKO HADI PRASETIO  
Nim : 03 17 035  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya  
kepada Saudara i selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai  
tanggal:

29 MEI 2009 s/d 29 NOVEMBER 2009

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian sarjana.  
Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami ucapkan  
terima kasih



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

Dr. E. Hadi I impraptono, MT  
NIP. Y. 1039500274

Tindakan:

1. Mahasiswa yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S-4a



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : EKO HADI PRASETIO  
Nim : 03.17.035  
Masa Bimbingan : 29 Mei 2009 s/d 29 November 2009  
Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENDETEKSI GAS BERACUN  
PADA KABIN PENUMPANG MOBIL

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	14-08-09	Revisi BAB I	
2	30-11-09	Revisi BAB II	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,  
Dosen Pembimbing II

Irmalia Suryani Faradisa ST.MT  
NIP.103 010 0365




## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : EKO HADI PRASITIO  
NIM : 0317035  
Perbaikan meliputi :

1. Proritas dasar diformulasional keatas?
2. Kalimat pengantar pd gbr //
3. frekuensi LM 555 data sheet  
459,54 kHz
4. Data sheet LCD. Hg frekuensi di bawah  
5V

Malang, 9 Feb '10

  
M. Ibrahim asst. ST MT



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

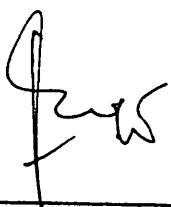
Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : EKO HADI.P  
NIM : 031703J  
Perbaikan meliputi :

1. Hitung persentase error setiap pengujian.

2. Tambahkan foto untuk validasi pengukuran alat/mobil.

Malang,

(  )



**FORMULIR PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI**

Nama : EKO HADI PRADETIO  
Nim : 03.17.035  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Masa Bimbingan : 29 Mei 2009 – 29 November 2009  
Judul Skripsi : **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENDETEKSI GAS BERACUN PADA KABIN PENUMPANG MOBIL**

No	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	Penguji I	09 Februari 2010	Teori dasar differensial	
			Kalimat pengantar pada gambar	
			Frekuensi LM 555 data sheet	
			Data sheet LCD tentang tegangan dibawah 5 V	
2.	Penguji II	09 Febuari 2010	Persentase error setiap pengujian	
			Foto untuk validasi pengukuran alat	

Disetujui,  
Penguji I

**M. Ibrahim Ashari, ST,MT**  
NIP.P. 1030100358

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing I

**Ir.TH.Miemien Mustikawati, MT**  
NIP.P.1030000352

Disetujui,  
Penguji II

**Ir. Eko Nurcahyo**  
NIP.Y. 1028700172

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing II

**Irmalia Suryani Faradisa, ST,MT**  
NIP.P.1030100365

**FOTO – FOTO PENGUJIAN ALAT DENGAN ALAT YANG SUDAH ADA**







## LISTING PROGRAM

```

org      00h
ljmp     init
;

org      1Bh                ;\
mov      TL1,#0B0h          ; |
mov      TH1,#03Ch          ; |
clr      TF1                ; | interrupt 20x50ms
djnz     Cntr,tgbcsn        ; | baca sensor co
mov      Cntr,#20           ; |
lcall    bc_sco             ; |
tgbcsn:  reti              ;/
;

Slc0     Bit P3.0
Slc1     Bit P3.1
Rest     Bit P3.2
Enbl     Bit P3.3

Buzr     Bit P3.4
Ldmr     Bit P3.5
CoHt     Bit P3.6
Cosn     Bit P3.7

Stin     Bit 20h.0          ; status timer overload
Stt0     Bit 20h.1          ; status sensor 0 melampai batas
Stt1     Bit 20h.2          ; status sensor 1 melampai batas
Stt2     Bit 20h.3          ; status sensor 2 melampai batas

Dsn0     Equ 30h            ; data sensor 0
Dsn1     Equ 31h            ; data sensor 1
Dsn2     Equ 32h            ; data sensor 2
Ds00     Equ 33h            ; data sensor 0 low
Ds01     Equ 34h            ; data sensor 0 high
Ds10     Equ 35h            ; data sensor 1 low
Ds11     Equ 36h            ; data sensor 1 high
Ds20     Equ 37h            ; data sensor 2 low
Ds21     Equ 38h            ; data sensor 2 high

Sp00     Equ 39h            ; data setpoint 0 low
Sp01     Equ 3Ah            ; data setpoint 0 high
Sp10     Equ 3Bh            ; data setpoint 1 low
Sp11     Equ 3Ch            ; data setpoint 1 high
Sp20     Equ 3Dh            ; data setpoint 2 low
Sp21     Equ 3Eh            ; data setpoint 2 high

Dk10     Equ 3Fh            ; data kalibrasi 0
Dk11     Equ 40h            ; data kalibrasi 1
Dk12     Equ 41h            ; data kalibrasi 2

Char     Equ 50h
Cntr     Equ 51h
Buf0     Equ 52h
Buf1     Equ 53h
Buf2     Equ 54h
Hex0     Equ 55h

```

```

Hex1      Equ 56h
Dly0      Equ 57h
Dly1      Equ 58h
Dly2      Equ 59h
Dly3      Equ 5Ah

```

```

;
init:     lcall    lcd_in
          lcall    tmr_in
          mov      Sp00,#208      ; set awal seting point 0 low
          mov      Sp01,#007      ; set awal seting point 0 high
          mov      Sp10,#208      ; set awal seting point 1 low
          mov      Sp11,#007      ; set awal seting point 1 high
          mov      Sp20,#184      ; set awal seting point 2 low
          mov      Sp21,#011      ; set awal seting point 2 high

```

```

;
mulai:   mov      DPTR,#nama
          lcall    line1
          mov      Char,#20
          lcall    tulis
          mov      DPTR,#nim
          lcall    line2
          mov      Char,#20
          lcall    tulis
          mov      DPTR,#jur
          lcall    line3
          mov      Char,#20
          lcall    tulis
          mov      DPTR,#univ
          lcall    line4
          mov      Char,#20
          lcall    tulis
          lcall    line5
          lcall    delay2

```

```

;
          mov      DPTR,#judul0
          lcall    line1
          mov      Char,#20
          lcall    tulis
          mov      DPTR,#judul1
          lcall    line2
          mov      Char,#20
          lcall    tulis
          mov      DPTR,#judul2
          lcall    line3
          mov      Char,#20
          lcall    tulis
          mov      DPTR,#judul3
          lcall    line4
          mov      Char,#20
          lcall    tulis
          lcall    line5
          lcall    delay2
          ljmp     mulai

```

```

;
stpng0:  lcall    lcdclr          ; seting point CFC
          mov      DPTR,#tpsps0
          lcall    line1

```

```

    mov     Char,#20
    lcall  tulis
    mov     Hex0,Sp00
    mov     Hex1,Sp01
stpg00: lcall  hexdec
    mov     DPTR,#angka
    mov     P0,#09Ah
    lcall  w_ins
    mov     A,R4
    lcall  wr_chr
    mov     A,R3
    lcall  wr_chr
    mov     A,R2
    lcall  wr_chr
    mov     A,R1
    lcall  wr_chr
    mov     P0,#'P'
    lcall  w_chr
    mov     P0,#'p'
    lcall  w_chr
    mov     P0,#'m'
    lcall  w_chr
    lcall  line5
    lcall  tg_lps
stpg01: lcall  scnkpd
    cjne   R0,#10,stpg02
    ljmp   stpg01
stpg02: cjne   R0,#11,stpg03
    mov     SP,#07h
    ljmp   mulai
stpg03: cjne   R0,#12,stpg04
    ljmp   stpg01
stpg04: cjne   R0,#13,stpg05
    ljmp   stpg01
stpg05: cjne   R0,#14,stpg06
    ljmp   stpg01
stpg06: cjne   R0,#15,stpg07
    ljmp   stpg01
stpg07: cjne   R0,#16,stpg08
    ljmp   stpng1
stpg08: mov     P0,#09Ah
    lcall  w_ins
    mov     A,R0
    mov     R4,A
    lcall  wr_chr
    lcall  tg_lps
    lcall  tg_tkn
    mov     A,R0
    mov     R3,A
    lcall  wr_chr
    lcall  tg_lps
    lcall  tg_tkn
    mov     A,R0
    mov     R2,A
    lcall  wr_chr
    lcall  tg_lps
    lcall  tg_tkn

```

```

    mov     A,R0
    mov     R1,A
    lcall   wr_chr
    lcall   tg_lps
    lcall   dechex
    mov     Sp00,Hex0
    mov     Sp01,Hex1
    ljmp    stpng0
;
stpng1: lcall   lcdclr           ; seting point CO
    mov     DPTR,#tpsps1
    lcall   line1
    mov     Char,#20
    lcall   tulis
    mov     Hex0,Sp10
    mov     Hex1,Sp11
stpg10: lcall   hexdec
    mov     DPTR,#angka
    mov     P0,#09Ah
    lcall   w_ins
    mov     A,R4
    lcall   wr_chr
    mov     A,R3
    lcall   wr_chr
    mov     A,R2
    lcall   wr_chr
    mov     A,R1
    lcall   wr_chr
    mov     P0,#'P'
    lcall   w_chr
    mov     P0,#'p'
    lcall   w_chr
    mov     P0,#'m'
    lcall   w_chr
    lcall   line5
    lcall   tg_lps
stpg11: lcall   scnkpd
    cjne    R0,#10,stpg12
    ljmp    stpg11
stpg12: cjne    R0,#11,stpg13
    mov     SP,#07h
    ljmp    mulai
stpg13: cjne    R0,#12,stpg14
    ljmp    stpg11
stpg14: cjne    R0,#13,stpg15
    ljmp    stpg11
stpg15: cjne    R0,#14,stpg16
    ljmp    stpg11
stpg16: cjne    R0,#15,stpg17
    ljmp    stpng0
stpg17: cjne    R0,#16,stpg18
    ljmp    stpng2
stpg18: mov     P0,#09Ah
    lcall   w_ins
    mov     A,R0
    mov     R4,A
    lcall   wr_chr

```

```

lcall    tg_lps
lcall    tg_tkn
mov      A,R0
mov      R3,A
lcall    wr_chr
lcall    tg_lps
lcall    tg_tkn
mov      A,R0
mov      R2,A
lcall    wr_chr
lcall    tg_lps
lcall    tg_tkn
mov      A,R0
mov      R1,A
lcall    wr_chr
lcall    tg_lps
lcall    dechex
mov      Sp10,Hex0
mov      Sp11,Hex1
ljmp     stpng1

```

```

;
stpng2:  lcall    lcdclr                ; seting point CO2
mov      DPTR,#tpsp2
lcall    line1
mov      Char,#20
lcall    tulis
mov      Hex0,Sp20
mov      Hex1,Sp21
stpg20:  lcall    hexdec
mov      DPTR,#angka
mov      P0,#09Ah
lcall    w_ins
mov      A,R4
lcall    wr_chr
mov      A,R3
lcall    wr_chr
mov      A,R2
lcall    wr_chr
mov      A,R1
lcall    wr_chr
mov      P0,#'P'
lcall    w_chr
mov      P0,#'p'
lcall    w_chr
mov      P0,#'m'
lcall    w_chr
lcall    line5
lcall    tg_lps
stpg21:  lcall    scnkp
cjne     R0,#10,stpg22
ljmp     stpg21
stpg22:  cjne     R0,#11,stpg23
mov      SP,#07h
ljmp     mulai
stpg23:  cjne     R0,#12,stpg24
ljmp     stpg21
stpg24:  cjne     R0,#13,stpg25

```

```

        ljmp      stpg21
stpg25: cjne     R0,#14,stpg26
        ljmp      stpg21
stpg26: cjne     R0,#15,stpg27
        ljmp      stpng1
stpg27: cjne     R0,#16,stpg28
        ljmp      stpg21
stpg28: mov      P0,#09Ah
        lcall     w_ins
        mov      A,R0
        mov      R4,A
        lcall     wr_chr
        lcall     tg_lps
        lcall     tg_tkn
        mov      A,R0
        mov      R3,A
        lcall     wr_chr
        lcall     tg_lps
        lcall     tg_tkn
        mov      A,R0
        mov      R2,A
        lcall     wr_chr
        lcall     tg_lps
        lcall     tg_tkn
        mov      A,R0
        mov      R1,A
        lcall     wr_chr
        lcall     tg_lps
        lcall     dechex
        mov      Sp20,Hex0
        mov      Sp21,Hex1
        ljmp      stpng2
;
kalbrs: lcall     lcdclr           ; seting point gas 3
        mov      DPTR,#tpdtad
        lcall     line1
        mov      Char,#20
        lcall     tulis
        mov      DPTR,#tpsns0
        lcall     line2
        mov      Char,#20
        lcall     tulis
        mov      DPTR,#tpsns1
        lcall     line3
        mov      Char,#20
        lcall     tulis
        mov      DPTR,#tpsns2
        lcall     line4
        mov      Char,#20
        lcall     tulis
        lcall     tg_lps
klbrs0: lcall     DPTR,#angka
        lcall     bcsns0
        lcall     bcsns2
;
        mov      P0,#0C7h         ;\
        lcall     w_ins           ; |

```

```

mov     A,Dsn0           ; |
lcall  nilai           ; |
mov     P0,#09Bh        ; |
lcall  w_ins           ; |
mov     A,Dsn1          ; | tulis data sensor (ADC)
lcall  nilai           ; |
mov     P0,#0DBh        ; |
lcall  w_ins           ; |
mov     A,Dsn2          ; |
lcall  nilai           ; |
lcall  line5           ;/

;

mov     Dk10,#000       ; smntr
mov     Dk11,#000       ; smntr
mov     Dk12,#000       ; smntr

;

mov     P0,#0CDh        ;\
lcall  w_ins           ; |
mov     A,Dk10          ; |
lcall  nilai           ; |
mov     P0,#0A1h        ; |
lcall  w_ins           ; |
mov     A,Dk11          ; | tulis data kalibrasi
lcall  nilai           ; |
mov     P0,#0E1h        ; |
lcall  w_ins           ; |
mov     A,Dk12          ; |
lcall  nilai           ; |
lcall  line5           ;/

;

lcall  delay1
cjne  R0,#11,klbrs1
mov   SP,#07h
ljmp  mulai
klbrs1: cjne R0,#15,klbrs0
ljmp  stpng2

;
action: lcall lcdclr           ; action
mov     DPTR,#tpdssp
lcall  line1
mov     Char,#20
lcall  tulis
mov     DPTR,#tpsnp0
lcall  line2
mov     Char,#20
lcall  tulis
mov     DPTR,#tpsnp1
lcall  line3
mov     Char,#20
lcall  tulis
mov     DPTR,#tpsnp2
lcall  line4
mov     Char,#20
lcall  tulis
mov     Hex0,Sp00          ;\
mov     Hex1,Sp01         ; |
lcall  hexdec             ; |

```

```

mov     DPTR,#angka      ; |
mov     P0,#0CDh         ; |
lcall  w_ins             ; |
mov     A,R4             ; |
lcall  wr_chr            ; |
mov     A,R3             ; |
lcall  wr_chr            ; |
mov     A,R2             ; |
lcall  wr_chr            ; |
mov     A,R1             ; |
lcall  wr_chr            ;/
lcall  line5

```

```

;
mov     Hex0,Sp10        ;\
mov     Hex1,Sp11        ; |
lcall  hexdec            ; |
mov     DPTR,#angka      ; |
mov     P0,#0A1h         ; |
lcall  w_ins             ; |
mov     A,R4             ; |
lcall  wr_chr            ; |
mov     A,R3             ; |
lcall  wr_chr            ; |
mov     A,R2             ; |
lcall  wr_chr            ; |
mov     A,R1             ; |
lcall  wr_chr            ;/
lcall  line5

```

```

;
mov     Hex0,Sp20        ;\
mov     Hex1,Sp21        ; |
lcall  hexdec            ; |
mov     DPTR,#angka      ; |
mov     P0,#0E1h         ; |
lcall  w_ins             ; |
mov     A,R4             ; |
lcall  wr_chr            ; |
mov     A,R3             ; |
lcall  wr_chr            ; |
mov     A,R2             ; |
lcall  wr_chr            ; |
mov     A,R1             ; |
lcall  wr_chr            ;/
lcall  line5

```

```

;
lcall  tg_lps
actn00: lcall  bcsns0
lcall  bcsns2

```

```

;
mov     DPTR,#lokp00     ;\
mov     A,Dsn0           ; |
movc    A,@A+DPTR        ; |
mov     Ds00,A          ; |
mov     DPTR,#lokp01     ; |
mov     A,Dsn0           ; |
movc    A,@A+DPTR        ; |
mov     Ds01,A          ; |

```

```

mov     Hex0,Ds00      ; |
mov     Hex1,Ds01      ; |
lcall   hexdec         ; |
mov     DPTR,#angka    ; |
mov     P0,#0C4h       ; |
lcall   w_ins          ; |
mov     A,R4           ; |
lcall   wr_chr         ; |
mov     A,R3           ; |
lcall   wr_chr         ; |
mov     A,R2           ; |
lcall   wr_chr         ; |
mov     A,R1           ; |
lcall   wr_chr        ;/
lcall   line5

```

```

;
mov     DPTR,#lokp10   ;\
mov     A,Dsn1         ; |
movc    A,@A+DPTR     ; |
mov     Ds10,A        ; |
mov     DPTR,#lokp11  ; |
mov     A,Dsn1         ; |
movc    A,@A+DPTR     ; |
mov     Ds11,A        ; |
mov     Hex0,Ds10     ; |
mov     Hex1,Ds11     ; |
lcall   hexdec         ; |
mov     DPTR,#angka    ; |
mov     P0,#098h       ; |
lcall   w_ins          ; |
mov     A,R4           ; |
lcall   wr_chr         ; |
mov     A,R3           ; |
lcall   wr_chr         ; |
mov     A,R2           ; |
lcall   wr_chr         ; |
mov     A,R1           ; |
lcall   wr_chr        ;/
lcall   line5

```

```

;
mov     DPTR,#lokp20   ;\
mov     A,Dsn2         ; |
movc    A,@A+DPTR     ; |
mov     Ds20,A        ; |
mov     DPTR,#lokp21  ; |
mov     A,Dsn2         ; |
movc    A,@A+DPTR     ; |
mov     Ds21,A        ; |
mov     Hex0,Ds20     ; |
mov     Hex1,Ds21     ; |
lcall   hexdec         ; |
mov     DPTR,#angka    ; |
mov     P0,#0D8h       ; |
lcall   w_ins          ; |
mov     A,R4           ; |
lcall   wr_chr         ; |
mov     A,R3           ; |

```

```

        lcall wr_chr      ; |
        mov     A,R2      ; |
        lcall wr_chr      ; |
        mov     A,R1      ; |
        lcall wr_chr      ;/
        lcall line5      ;
;
actn01: clr     Stt0      ;\
        clr     Stt1      ; | reset status
        clr     Stt2      ;/
        mov     R0,Ds00   ;\
        mov     R1,Ds01   ; |
        mov     R2,Sp00   ; |
        mov     R3,Sp01   ; | bandingkan sensor 0
        lcall  div16      ; | dg seting point 0
actn02: cjne   R0,#0,actn03 ; |
        ljmp   actn04     ; |
actn03: setb   Stt0      ;/
;
actn04: mov     R0,Ds10   ;\
        mov     R1,Ds11   ; |
        mov     R2,Sp10   ; |
        mov     R3,Sp11   ; | bandingkan sensor 1
        lcall  div16      ; | dg seting point 1
actn05: cjne   R0,#0,actn06 ; |
        ljmp   actn07     ; |
actn06: setb   Stt1      ;/
;
actn07: mov     R0,Ds20   ;\
        mov     R1,Ds21   ; |
        mov     R2,Sp20   ; |
        mov     R3,Sp21   ; | bandingkan sensor 2
        lcall  div16      ; | dg seting point 2
actn08: cjne   R0,#0,actn09 ; |
        ljmp   actn10     ; |
actn09: setb   Stt2      ;/
;
actn10: jb     Stt0,actn11
        jb     Stt1,actn11
        jb     Stt2,actn11
        ljmp   actn12
actn11: clr     Ldmr
        clr     Buzr
        lcall  delay1
        setb   Ldmr
        setb   Buzr
actn12: lcall  delay1
        cjne   R0,#11,actn13
        setb   Ldmr
        mov    SP,#07h
        ljmp   mulai
actn13: lcall  delay1
        ljmp   actn00
;
bcsns0: clr     Stin
        clr     Slc0      ;\
        clr     Slc1      ; |

```

```

        mov     Dly1,#5           ; | baca adc
        lcall  delay1           ; | ch-0
        jb     Stin,bcsn1       ; |
bcsn1:  mov     Dsn0,P1         ;/
        ret

;
bcsns2: clr     Stin
        setb   Slc0             ;\
        clr    Slc1             ; |
        mov    Dly1,#5         ; |
        lcall  delay1           ; | baca adc
        mov    A,#150          ; | ch-2
        jb     Stin,bcsn21     ; |
        mov    B,P1            ; |
        clr    C                ; |
        subb   A,B              ; |
        jnc    bcsn20          ; |
        mov    A,#0            ; |
bcsn20: jb     Stin,bcsn21     ; |
        mov    Dsn2,A          ;/
bcsn21: ret

;
bc_sco: setb   Stin
        clr    Slc0             ; select address ADC ch-1
        setb   Slc1             ;
        mov    Dly1,#3         ;
        lcall  delay1           ;
        mov    TL0,#03Ch       ;\
        mov    TH0,#0F6h       ; | set timer 2.5ms
        clr    TFO              ; | start timer
        setb   TR0              ; | nyalakan sensor
        clr    Cosn             ; | tunggu overflow
        jnb    TFO,$           ; | baca sensor (adc)
        mov    Dsn1,P1         ;/
        mov    TL0,#03Ch       ;\
        mov    TH0,#0F6h       ; | set timer 2.5ms
        clr    TFO              ; | start timer
        setb   TR0              ; | nyalakan sensor
        jnb    TFO,$           ; | tunggu overflow
        setb   Cosn            ; | matikan sensor
        clr    TR0             ;/
        mov    TL0,#050h       ;\
        mov    TH0,#0C9h       ; | set timer 14ms
        clr    TFO              ; | start timer
        setb   TR0              ; | nyalakan heater
        clr    Coht             ; | tunggu overflow
        jnb    TFO,$           ; | matikan heater
        clr    TR0             ; |
        setb   Coht            ;/
        reti

;
hexdec: mov     R1,#0           ; cacah urut
        mov     R2,#0
        mov     R3,#0
        mov     R4,#0
        mov     A,Hex1
        jz      hexdc1

```

```

        mov     Buf0,#0
hexdc0: lcall   incdec
        djnz   Buf0,hexdc0
        djnz   Hex1,hexdc0
hexdc1: mov     A,Hex0
        jz     hexdc3
hexdc2: lcall   incdec
        djnz   Hex0,hexdc2
hexdc3: ret
;
incdec: inc     R1                ; increment decimal
        cjne  R1,#10,indec
        mov   R1,#0
        inc  R2
        cjne  R2,#10,indec
        mov   R2,#0
        inc  R3
        cjne  R3,#10,indec
        mov   R3,#0
        inc  R4
        cjne  R4,#10,indec
        mov   R4,#0
indec:  ret
;
dechex: mov     Hex0,#0
        mov     Hex1,#0
dchex0: mov     A,R4
        cjne   A,#0,dchex4
dchex1: mov     A,R3
        cjne   A,#0,dchex7
dchex2: mov     A,R2
        cjne   A,#0,dchex9
dchex3: mov     A,R1
        cjne   A,#0,dchexB
        ljmp   dchexC
dchex4: mov     Buf0,#10
dchex5: mov     Buf1,#100
dchex6: lcall   inchex
        djnz   Buf1,dchex6
        djnz   Buf0,dchex5
        djnz   R4,dchex4
        ljmp   dchex1
dchex7: mov     Buf0,#100
dchex8: lcall   inchex
        djnz   Buf0,dchex8
        djnz   R3,dchex7
        ljmp   dchex2
dchex9: mov     Buf0,#10
dchexA: lcall   inchex
        djnz   Buf0,dchexA
        djnz   R2,dchex9
        ljmp   dchex3
dchexB: lcall   inchex
        djnz   R1,dchexB
dchexC: ret
;
inchex: inc     Hex0                ; increment hexa

```

```

        mov     A,Hex0
        jnz     inhex
        inc     Hex1
inhex:  ret
;
nilai:  mov     B,#100
        div    AB
        lcall  wr_chr
        mov    A,B
        mov    B,#10
        div    AB
        lcall  wr_chr
        mov    A,B
        lcall  wr_chr
        ret
;
line1:  mov     P0,#080h
        lcall  w_ins
        ret
;
line2:  mov     P0,#0C0h
        lcall  w_ins
        ret
;
line3:  mov     P0,#094h
        lcall  w_ins
        ret
;
line4:  mov     P0,#0D4h
        lcall  w_ins
        ret
;
line5:  mov     P0,#0F0h
        lcall  w_ins
        ret
;
tulis:  clr     A
        lcall  wr_chr
        inc    DPTR
        djnz  Char,tulis
        ret
;
wr_chr: movc    A,@A+DPTR
        mov    P0,A
        lcall  w_chr
        ret
;
w_ins:  clr     Enbl
        clr     Rest
        setb   Enbl
        clr     Enbl
        lcall  delay0
        ret
;
w_chr:  clr     Enbl
        setb   Rest
        setb   Enbl

```

```

        clr     Enbl
        lcall  delay0
        ret
;
lcd_in: lcall  delay1
        mov    P0,#01h           ; Display Clear
        lcall  w_ins
        mov    P0,#38h           ; Function Set
        lcall  w_ins
        mov    P0,#0Dh           ; Display On, Cursor, Blink
        lcall  w_ins
        mov    P0,#06h           ; Entry Mode
        lcall  w_ins
        mov    P0,#02h           ; Cursor Home
        lcall  w_ins
        ret
;
lcdclr: mov    P0,#01h           ; Display Clear
        lcall  w_ins
        lcall  delay0
        lcall  delay0
        ret
;
tmr_in: lcall  delay1
        mov    Cntr,#20
        mov    TMOD,#11h         ; timer 0 & 1 mode 16 bit
        mov    TL1,#000h
        mov    TH1,#000h
        setb   ET1
        setb   EA
        clr    TF1
        setb   TR1
        ret
;
scnkpd: mov    R0,#10
        lcall  delay0
col1:   mov    P2,#11111110b
        mov    A,P2
c1b1:   cjne   A,#11101110b,c1b2
        mov    R0,#1
c1b2:   cjne   A,#11011110b,c1b3
        mov    R0,#2
c1b3:   cjne   A,#10111110b,c1b4
        mov    R0,#3
c1b4:   cjne   A,#01111110b,col2
        mov    R0,#13
;
col2:   mov    P2,#11111101b
        mov    A,P2
c2b1:   cjne   A,#11101101b,c2b2
        mov    R0,#4
c2b2:   cjne   A,#11011101b,c2b3
        mov    R0,#5
c2b3:   cjne   A,#10111101b,c2b4
        mov    R0,#6
c2b4:   cjne   A,#01111101b,col3
        mov    R0,#14

```

```

;
col3:  mov     P2,#11111011b
       mov     A,P2
c3b1:  cjne   A,#11101011b,c3b2
       mov     R0,#7
c3b2:  cjne   A,#11011011b,c3b3
       mov     R0,#8
c3b3:  cjne   A,#10111011b,c3b4
       mov     R0,#9
c3b4:  cjne   A,#01111011b,col4
       mov     R0,#15
;
col4:  mov     P2,#11110111b
       mov     A,P2
c4b1:  cjne   A,#11100111b,c4b2
       mov     R0,#11
c4b2:  cjne   A,#11010111b,c4b3
       mov     R0,#0
c4b3:  cjne   A,#10110111b,c4b4
       mov     R0,#12
c4b4:  cjne   A,#01110111b,back
       mov     R0,#16
back:  ret
;
tg_tkn: lcall  scnkpd
tg_tk0: cjne   R0,#16,tg_tk1
       ljmp   tg_tkn
tg_tk1: cjne   R0,#15,tg_tk2
       ljmp   tg_tkn
tg_tk2: cjne   R0,#14,tg_tk3
       ljmp   tg_tkn
tg_tk3: cjne   R0,#13,tg_tk4
       ljmp   tg_tkn
tg_tk4: cjne   R0,#12,tg_tk5
       ljmp   tg_tkn
tg_tk5: cjne   R0,#11,tg_tk6
       ljmp   tg_tkn
tg_tk6: cjne   R0,#10,tg_tk7
       ljmp   tg_tkn
tg_tk7: ret

```

```

ljump      action
dely22: djnz  Dly2,dely20
ret

;
nama:      DB      '      Eko Hadi P      '
nim:       DB      '      NIM 03.17.035      '
jur:       DB      '      T. Elektro      '
univ:      DB      '      ITN Malang      '
judul0:    DB      '      Alat Pendeteksi      '
judul1:    DB      '      Gas Freon      '
judul2:    DB      '      Karbon Dioksida      '
judul3:    DB      '      Karbon Monoksida      '
tpsps0:    DB      '      Set Point Sensor 1      '
tpsps1:    DB      '      Set Point Sensor 2      '
tpsps2:    DB      '      Set Point Sensor 3      '
tpdtad:    DB      '      Kalibrasi Data      '
tpsns0:    DB      'Snsr1: 000 000 ppm'
tpsns1:    DB      'Snsr2: 000 000 ppm'
tpsns2:    DB      'Snsr3: 000 000 ppm'
tpdssp:    DB      '      Data Snsr Stgpnt      '
tpsnp0:    DB      'S1: 000 ppm 000 ppm'
tpsnp1:    DB      'S2: 000 ppm 000 ppm'
tpsnp2:    DB      'S3: 000 ppm 000 ppm'
angka:    DB      '0123456789      '

;
lokp00:    DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000      ; 000-009
DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000      ; 010-019
DB      000,000,001,004,007,010,014,017,020,024      ; 020-029
DB      027,031,034,038,042,045,049,053,057,061      ; 030-039
DB      065,069,073,077,081,085,090,094,098,103      ; 040-049
DB      107,112,116,121,125,130,135,140,145,149      ; 050-059
DB      154,159,164,170,175,180,185,190,196,201      ; 060-069
DB      207,212,218,223,229,235,240,246,252,002      ; 070-079
DB      008,014,020,026,032,038,044,051,057,063      ; 080-089
DB      070,076,083,089,096,103,109,116,123,130      ; 090-099
DB      137,144,151,158,165,172,179,186,194,201      ; 100-109
DB      208,216,223,231,239,246,254,006,013,021      ; 110-119
DB      029,037,045,053,061,069,078,086,094,102      ; 120-129
DB      111,119,128,136,145,153,162,171,180,188      ; 130-139
DB      197,206,215,224,233,242,252,005,014,023      ; 140-149
DB      033,042,052,061,071,080,090,100,109,119      ; 150-159
DB      129,139,149,159,169,179,189,199,210,220      ; 160-169
DB      230,241,251,006,016,027,037,048,059,070      ; 170-179
DB      080,091,102,113,124,135,146,158,169,180      ; 180-189
DB      191,203,214,226,237,249,004,016,028,040      ; 190-199
DB      051,063,075,087,099,111,123,135,148,160      ; 200-209
DB      172,184,197,209,222,234,247,004,016,029      ; 210-219
DB      042,055,068,081,094,107,120,133,146,159      ; 220-229
DB      172,186,199,213,226,240,253,011,024,038      ; 230-239
DB      052,066,080,094,108,122,136,150,164,178      ; 240-249
DB      192,207,221,235,250,008      ; 250-255

;
lokp01:    DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000      ; 000-009
DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000      ; 010-019
DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000      ; 020-029
DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000      ; 030-039
DB      000,000,000,000,000,000,000,000,000,000      ; 040-049

```



DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ; 080-089  
 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ; 090-099  
 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ; 100-109  
 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ; 110-119  
 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ; 120-129  
 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ; 130-139  
 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ; 140-149  
 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ; 150-159  
 DB 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ; 160-169  
 DB 000,000,000,001,001,001,001,001,001,001 ; 170-179  
 DB 001,001,001,001,001,001,001,001,001,001 ; 180-189  
 DB 001,001,001,001,001,001,001,001,001,001 ; 190-199  
 DB 001,001,001,001,001,001,001,001,001,001 ; 200-209  
 DB 001,001,001,001,001,001,001,001,001,001 ; 210-219  
 DB 001,001,001,001,001,001,001,001,001,001 ; 220-229  
 DB 001,001,001,001,001,001,001,001,001,001 ; 230-239  
 DB 001,001,001,001,001,001,001,001,001,001 ; 240-249  
 DB 001,001,001,001,001,001,001 ; 250-255

;

lokp20: DB 094,124,154,184,214,244,018,048,078,108 ; 000-009  
 DB 138,168,198,228,002,032,062,092,122,152 ; 010-019  
 DB 182,212,242,016,046,076,106,136,166,196 ; 020-029  
 DB 226,000,030,060,090,120,150,180,210,240 ; 030-039  
 DB 014,044,074,104,134,164,194,224,254,028 ; 040-049  
 DB 058,088,118,148,178,208,238,012,042,072 ; 050-059  
 DB 112,132,162,192,222,252,026,056,086,116 ; 060-069  
 DB 146,176,206,236,010,040,070,100,130,160 ; 070-079  
 DB 190,220,250,024,054,084,114,144,174,204 ; 080-089  
 DB 234,008,038,068,098,128,158,188,218,248 ; 090-099  
 DB 022,052,082,112,142,172,202,232,006,036 ; 100-109  
 DB 066,096,126,156,186,216,246,020,050,080 ; 110-119  
 DB 110,140,170,200,230,004,034,064,094,124 ; 120-129  
 DB 154,184,214,244,018,048,078,108,138,168 ; 130-139  
 DB 198,228,002,032,062,092,122,152,182,212 ; 140-149  
 DB 242,016,046,076,106,136,166,196,226,000 ; 150-159  
 DB 030,060,090,120,150,180,210,240,014,044 ; 160-169  
 DB 074,104,134,164,194,224,254,028,058,088 ; 170-179  
 DB 118,184,178,208,238,012,042,072,102,132 ; 180-189  
 DB 162,192,222,252,026,056,086,116,146,176 ; 190-199  
 DB 206,236,010,040,070,100,130,160,190,220 ; 200-209  
 DB 250,024,054,084,114,144,174,204,238,008 ; 210-219  
 DB 038,068,098,128,158,188,218,248,022,052 ; 220-229  
 DB 082,112,142,172,202,232,006,036,066,096 ; 230-239  
 DB 126,156,186,216,246,020,050,080,110,140 ; 240-249  
 DB 170,200,230,004,034,064 ; 250-255

;

lokp21: DB 001,001,001,001,001,001,002,002,002,002 ; 000-009  
 DB 002,002,002,002,003,003,003,003,003,003 ; 010-019  
 DB 003,003,003,004,004,004,004,004,004,004 ; 020-029  
 DB 004,005,005,005,005,005,005,005,005,005 ; 030-039  
 DB 006,006,006,006,006,006,006,006,006,007 ; 040-049  
 DB 007,007,007,007,007,007,007,008,008,008 ; 050-059  
 DB 008,008,008,008,008,008,008,009,009,009 ; 060-069  
 DB 009,009,009,009,010,010,010,010,010,010 ; 070-079  
 DB 010,010,010,011,011,011,011,011,011,011 ; 080-089  
 DB 011,012,012,012,012,012,012,012,012,012 ; 090-099  
 DB 013,013,013,013,013,013,013,013,014,014 ; 100-109

```

DB      014,014,014,014,014,014,014,015,015,015      ; 110-119
DB      015,015,015,015,015,016,016,016,016,016      ; 120-129
DB      016,016,016,016,017,017,017,017,017,017      ; 130-139
DB      017,017,018,018,018,018,018,018,018,018      ; 140-149
DB      018,019,019,019,019,019,019,019,019,020      ; 150-159
DB      020,020,020,020,020,020,020,020,021,021      ; 160-169
DB      021,021,021,021,021,021,021,022,022,022      ; 170-179
DB      022,022,022,022,022,023,023,023,023,023      ; 180-189
DB      023,023,023,023,024,024,024,024,024,024      ; 190-199
DB      024,024,025,025,025,025,025,025,025,025      ; 200-209
DB      025,026,026,026,026,026,026,026,026,027      ; 210-219
DB      027,027,027,027,027,027,027,027,028,028      ; 220-229
DB      028,028,028,028,028,028,029,029,029,029      ; 230-239
DB      029,029,029,029,029,030,030,030,030,030      ; 240-249
DB      030,030,030,031,031,031                        ; 250-255
;
div16:  anl      PSW,#0E7h
        mov      A,R3
        orl      A,R2
        jnz     divok
        setb    C
        ret
;
divok:  push     DPL
        push     DPH
        push     B
        lcall   cr0r1
        lcall   cr2r3
        lcall   udiv16
        lcall   mr0r1
        clr     C
        pop     B
        pop     DPH
        pop     DPL
        ret
;
udiv16: mov      R7,#0
        mov      R6,#0
        mov      B,#16
;
divlop: clr     C
        mov      A,R0
        rlc     A
        mov      R0,A
        mov      A,R1
        rlc     A
        mov      R1,A
        mov      A,R6
        rlc     A
        mov      R6,A
        mov      A,R7
        rlc     A
        mov      R7,A
        mov      A,R6
        clr     C
        subb   A,R2
        mov     DPL,A

```

```

mov     A,R7
subb   A,R3
mov    DPH,A
cpl    C
jnc    div_1
mov    R7,DPH
mov    R6,DPL
;
div_1:  mov    A,R4
        rlc    A
        mov    R4,A
        mov    A,R5
        rlc    A
        mov    R5,A
        djnz  B,divlop
        mov    A,R5
        mov    R1,A
        mov    A,R4
        mov    R0,A
        mov    A,R7
        mov    R3,A
        mov    A,R6
        mov    R2,A
        ret
;
cr0r1:  mov    A,R1
        jb    Acc.7,c0a
        clr   21h
        ret
;
c0a:    setb   21h
        mov    A,R0
        cpl   A
        add   A,#1
        mov    R0,A
        mov    A,R1
        cpl   A
        addc  A,#0
        mov    R1,A
        ret
;
cr2r3:  mov    A,R3
        jb    Acc.7,c1a
        clr   22h
        ret
;
c1a:    setb   22h
        mov    A,R2
        cpl   A
        add   A,#1
        mov    R2,A
        mov    A,R3
        cpl   A
        addc  A,#0
        mov    R3,A
        ret
;

```

```

mr0r1:  jb      21h,mr0r1b
        jb      22h,mr0r1a
        ret
;
mr0r1b: jnb      22h,mr0r1a
        ret
;
mr0r1a: mov      A,R0
        cpl     A
        add     A,#1
        mov     R0,A
        mov     A,R1
        cpl     A
        addc    A,#0
        mov     R1,A
        ret
;
mr0r3:  jb      21h,mr0r3b
        jb      22h,mr0r3a
        ret
;
mr0r3b: jnb      22h,mr0r3a
        ret
;
mr0r3a: mov      A,R0
        cpl     A
        add     A,#1
        mov     R0,A
        mov     A,R1
        cpl     A
        addc    A,#0
        mov     R1,A
        mov     A,R2
        cpl     A
        addc    A,#0
        mov     R2,A
        mov     A,R3
        cpl     A
        addc    A,#0
        mov     R3,A
        ret
;
end

```

## TGS 2442 - for the detection of Carbon Monoxide

### Features:

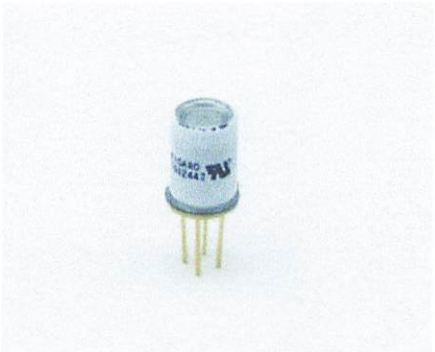
- \* Low power consumption
- \* High sensitivity/selectivity to carbon monoxide (CO)
- \* Miniature size
- \* Low sensitivity to alcohol vapor
- \* Long life and low cost
- \* Low humidity dependency

### Applications:

- \* CO detectors
- \* Air quality controllers
- \* Indoor parking lot ventilation

TGS 2442 utilizes a multilayer sensor structure. A glass layer for thermal insulation is sintered between a ruthenium oxide (RuO<sub>2</sub>) heater and an alumina substrate. A pair of electrodes for the heater are formed on a thermal insulator. The gas sensing layer, which is formed of tin dioxide (SnO<sub>2</sub>), is printed on an electrical insulation layer which covers the heater. A pair of Au electrodes for measuring sensor resistance are formed on the electrical insulator. Activated charcoal is filled between the internal cover and outer cover for the purpose of reducing the influence of noise gases.

TGS 2442 displays good selectivity to carbon monoxide, making it ideal for CO detectors. In the presence of CO, the sensor's conductivity increases depending on the gas concentration in the air. A simple pulsed electrical circuit operating on a second circuit voltage cycle can convert the change in conductivity to an output signal which corresponds to gas concentration.



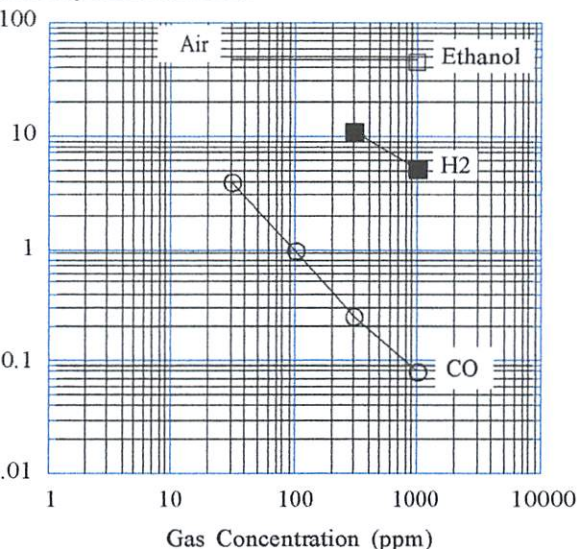
The figure below represents typical sensitivity characteristics, the data having been gathered at standard test conditions (see reverse side of this sheet). The Y-axis is indicated as sensor resistance ratio (Rs/Ro) which is defined as follows:

- Rs = Sensor resistance of displayed gases at various concentrations
- Ro = Sensor resistance in 100ppm CO

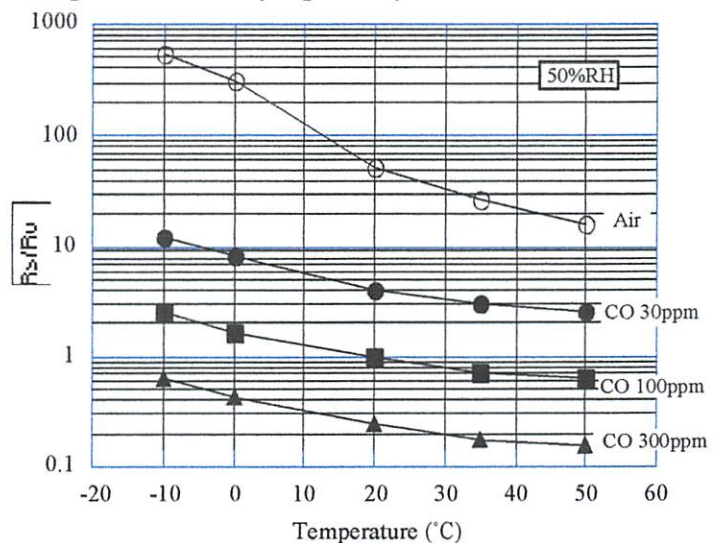
The figure below represents typical temperature and humidity dependency characteristics. Again, the Y-axis is indicated as sensor resistance ratio (Rs/Ro), defined as follows:

- Rs = Sensor resistance at 30ppm, 100ppm and 300ppm of CO at various temperatures and 50%R.H.
- Ro = Sensor resistance at 300ppm of CO at 25°C and 50% R.H.

### Sensitivity Characteristics:



### Temperature/Humidity Dependency:



**IMPORTANT NOTE:** OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES NOT LISTED HEREIN. FIGARO CANNOT ASSUME ANY RESPONSIBILITY FOR ANY USE OF ITS SENSORS IN A PRODUCT OR APPLICATION FOR WHICH SENSOR HAS NOT SPECIFICALLY TESTED BY FIGARO.

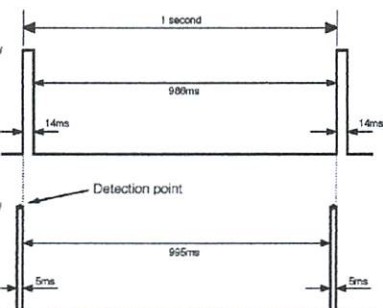


### Basic Measuring Circuit:

Circuit voltage ( $V_c$ ) is applied across the sensing element which has a resistance ( $R_s$ ) between the sensor's two electrodes (pins No. 2 and No. 3) and a load resistor ( $R_L$ ) connected in series. The sensing element is heated by the heater which is connected to pins No. 1 and No. 4.

**Heating cycle**--The sensor requires application of a 1 second heating cycle which is used in connection with a circuit

voltage cycle of 1 second. Each  $V_H$  cycle is comprised by 4.8V being applied to the heater for the first 14ms, followed by 0V pulse for the remaining 986ms. The  $V_c$  cycle consists of 0V applied for 995ms, followed by 5.0V for 5ms. For achieving optimal sensing characteristics, the sensor's signal should be measured after the midpoint of the 5ms  $V_c$  pulse of 5.0V (for reference, see timing chart below).



**NOTE:** Application of a  $V_c$  pulse condition is required to prevent possible migration of heater materials into the sensing element material. Under extreme conditions of high humidity and temperature, a constant  $V_c$  condition could result in such migration and cause long term drift of  $R_s$  to higher values. A 5ms  $V_c$  pulse results in significantly less driving force for migration than a constant  $V_c$  condition, rendering the possibility of migration negligibly small.

### Specifications:

Model number		TGS 2442	
Sensing element type		M1	
Standard package		TO-5 metal can	
Target gases		Carbon monoxide	
Typical detection range		30 ~ 1000 ppm	
Standard circuit conditions	Heater voltage cycle	$V_H$	$V_{HH}=4.8V \pm 0.2V$ DC, 14ms $V_{HL}=0.0$ , 986ms
	Circuit voltage cycle	$V_C$	$V_C=0V$ for 995ms, $V_C=5.0V \pm 0.2V$ DC for 5ms
	Load resistance	$R_L$	variable ( $\geq 10k\Omega$ )
Electrical characteristics under standard test conditions	Heater resistance	$R_H$	$17 \pm 2.5\Omega$ at room temp.
	Heater current	$I_H$	approx. 203mA (in case of $V_{HH}$ )
	Heater power consumption	$P_H$	approx. 14mW (ave.)
	Sensor resistance	$R_s$	$13.3k\Omega \sim 133k\Omega$ in 100ppm of carbon monoxide
	Sensitivity (change ratio of $R_s$ )	$\beta$	0.13 ~ 0.31
Standard test conditions	Test gas conditions	Carbon monoxide in air at $20 \pm 2^\circ C$ , $65 \pm 5\% RH$	
	Circuit conditions	Same as Std. Circuit Condition (above)	
	Conditioning period before test	2 days or more	

Sensor resistance ( $R_s$ ) is calculated with a measured value  $V_{out}$  as follows:

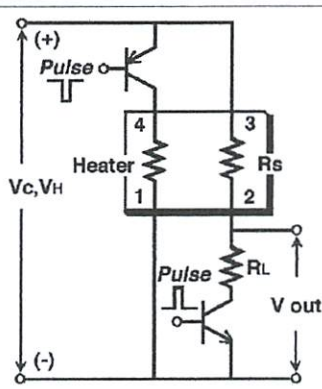
$$R_s = \frac{V_c \times R_L}{V_{out}} - R_L$$

Value of sensitivity ( $\beta$ ) is calculated with two measured values of  $R_s$  as follows:

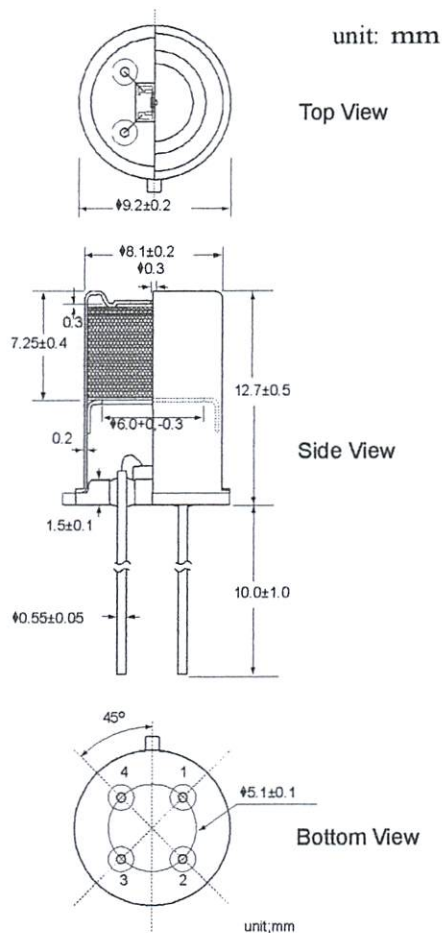
$$\beta = \frac{R_s(CO, 300ppm)}{R_s(CO, 100ppm)}$$

For information on warranty, please refer to Standard Terms and Conditions of Sale of FIGARO USA Inc.

Rev: 07/07



### Structure and Dimensions:



FIGARO USA INC.  
121 S. Wilke Rd. Suite 300  
Arlington Heights, IL 60005  
Tel: 847-832-1701  
Fax: 847-832-1705  
email: [figarousa@figarosensor.com](mailto:figarousa@figarosensor.com)



### TGS 4161 - for the detection of Carbon Dioxide

#### Features:

- \* High selectivity to CO<sub>2</sub>
- \* Compact size
- \* Low dependency on humidity
- \* Long life
- \* Low power consumption

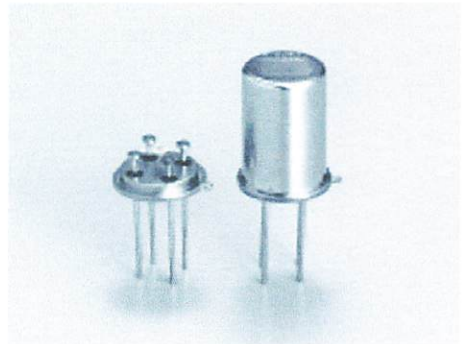
#### Applications:

- \* Air quality control
- \* Fermentation process control

TGS4161 is a new solid electrolyte CO<sub>2</sub> sensor which offers miniaturization and low power consumption. The CO<sub>2</sub> sensitive element consists of a solid electrolyte formed between two electrodes, together with a printed heater (RuO<sub>2</sub>) substrate. By monitoring the change in electromotive force (EMF) generated between the two electrodes, it is possible to measure CO<sub>2</sub> gas concentration.

The top of the sensor cap contains adsorbent (zeolite) for the purpose of reducing the influence of interference gases.

TGS4161 exhibits a linear relationship between ΔEMF and CO<sub>2</sub> gas concentration on a logarithmic scale. The sensor displays good long term stability and shows excellent durability against the effects of high humidity through the application of innovative technology in the sensor's electrode design.



The figure below represents typical sensitivity characteristics of TGS4161. The Y-axis is indicated as ΔEMF which is defined as follows:

$$\Delta EMF = EMF1 - EMF2$$

where

EMF1 = EMF in 350 ppm CO<sub>2</sub>

EMF2 = EMF in listed gas concentration

The figure below shows typical humidity dependency of TGS4161. Again, the Y-axis is indicated as ΔEMF which is defined as follows:

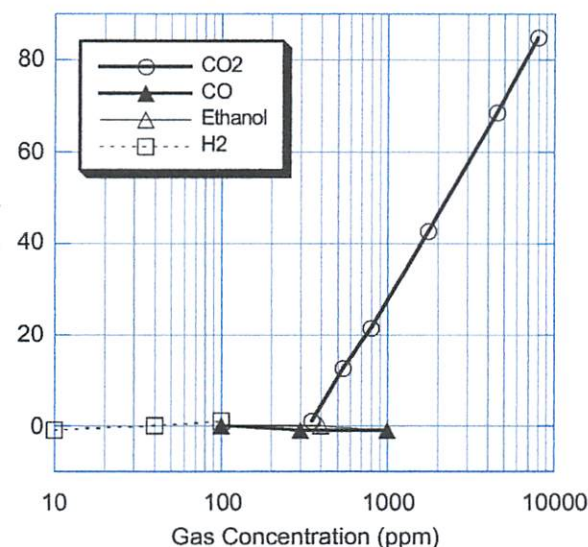
$$\Delta EMF = EMF1 - EMF2$$

where

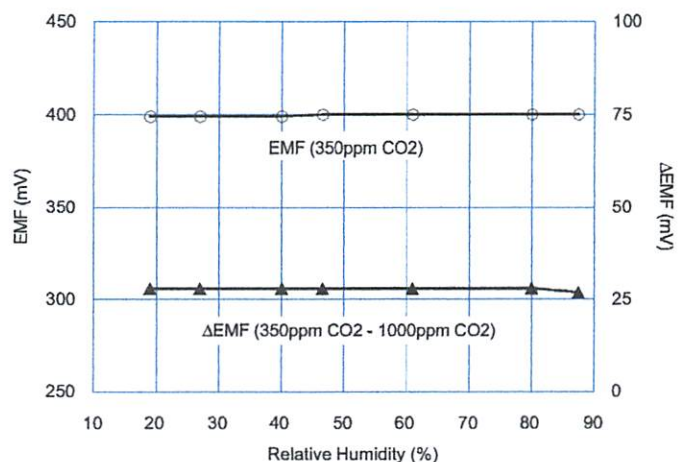
EMF1 = EMF in 350 ppm CO<sub>2</sub>

EMF2 = EMF in 1000 ppm CO<sub>2</sub>

#### Sensitivity Characteristics:



#### Humidity Dependency:



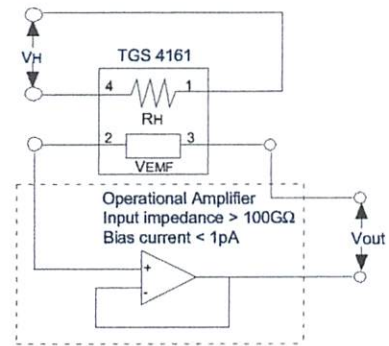
**IMPORTANT NOTE:** OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES ARE NOT LISTED HEREIN. FIGARO CANNOT ASSUME ANY RESPONSIBILITY FOR ANY USE OF ITS SENSORS IN A PRODUCT OR APPLICATION FOR WHICH SENSOR HAS NOT BEEN SPECIFICALLY TESTED BY FIGARO.



### Basic Measuring Circuit:

The TGS4161 sensor requires heater voltage ( $V_H$ ) input. The heater voltage is applied to the integrated heater in order to maintain the sensing element at a specific temperature which is optimal for sensing. Electromotive force (EMF) of the sensor should be measured using a high impedance ( $>100\text{ G}\Omega$ ) operational amplifier with bias current  $< 1\text{ pA}$  (e.g. Texas Instruments' model #TLC271). Since the solid electrolyte type sensor

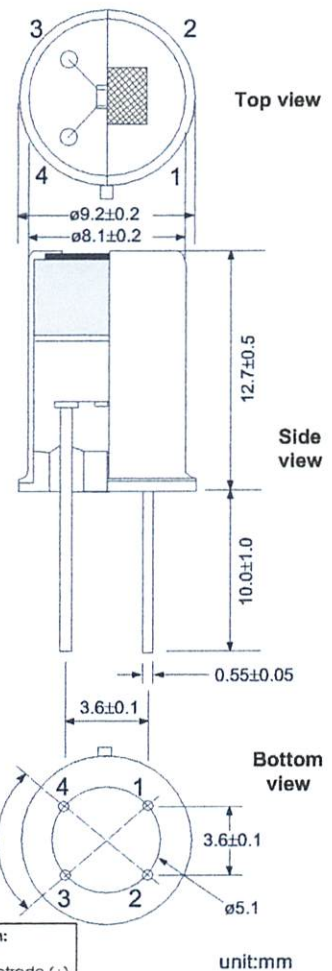
functions as a kind of battery, the EMF value itself would drift using this basic measuring circuit. However, the change of EMF value ( $\Delta\text{EMF}$ ) shows a stable relationship with the change of  $\text{CO}_2$  concentration. Therefore, in order to obtain an accurate measurement of  $\text{CO}_2$ , a special microprocessor for signal processing should be used with TGS4161. Figaro can provide a special evaluation sensor module (AM-4) for TGS4161.



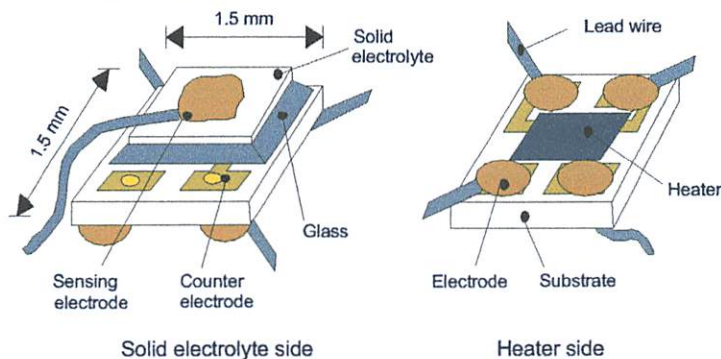
### Specifications:

Model number		TGS 4161	
Sensing element type		Solid electrolyte	
Target gases		Carbon dioxide	
Typical detection range		350 ~ 8000 ppm	
Electrical characteristics	Heater resistance	$R_H$	$70 \pm 7\Omega$ at room temp.
	Heater current	$I_H$	approx. 50mA
	Heater power consumption	$P_H$	approx. 250mW
	Electromotive force	EMF	220~490mV in 350ppm $\text{CO}_2$
	Sensitivity	$\Delta\text{EMF}$	44~72mV EMF(350ppm $\text{CO}_2$ )- EMF(3500ppm $\text{CO}_2$ )
	Heater voltage	$V_H$	$5.0 \pm 0.2\text{V}$ (DC)
Sensor characteristics	Response time	approx. 1.5 min. (to 90% of final value)	
	Measurement accuracy	approx. $\pm 20\%$ at 1,000ppm $\text{CO}_2$	
Operating conditions		$-10\sim 50^\circ\text{C}$ , 5~95%RH	
Storage conditions		$-20\sim 60^\circ\text{C}$ , 5~90%RH (store in moisture proof bag with silica gel)	
Standard test conditions	Test gas condition	$\text{CO}_2$ in air at $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , $65 \pm 5\%$ RH	
	Circuit condition	$V_H = 5.0 \pm 0.05\text{V}$ DC	
	Conditioning period before test	2 days	

### Structure and Dimensions:



### Sensing Element Structure:



**FIGARO ENGINEERING INC.**  
 1-5-11 Senba-nishi  
 Mino, Osaka 562-8505 JAPAN  
 Phone: (81)-727-28-2561  
 Fax: (81)-727-28-0467  
 email: figaro@figaro.co.jp

**FIGARO USA, INC.**  
 3703 West Lake Ave. Suite 203  
 Glenview, Illinois 60025 USA  
 Phone: (1)-847-832-1701  
 Fax: (1)-847-832-1705  
 email: figarousa@figarosensor.com



## TGS 832 - for the detection of Chlorofluorocarbons (CFC's)

### Features:

- \* High sensitivity to R-134a
- \* Quick response to R-134a
- \* Improved selectivity
- \* Long term stability
- \* Uses simple electrical circuit
- \* Ceramic base resistant to severe environment

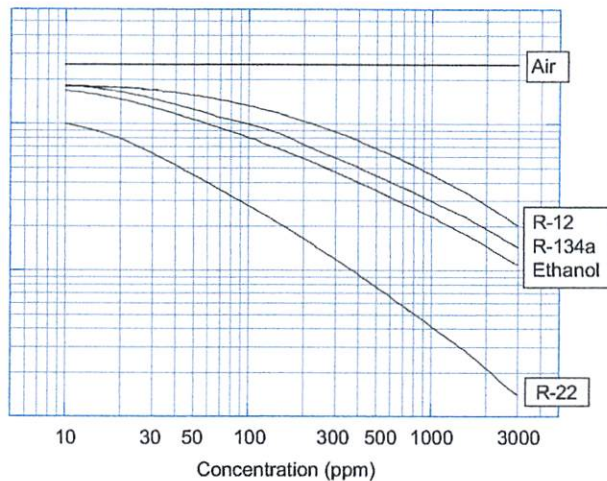
The sensing element of Figaro gas sensors is a tin dioxide ( $\text{SnO}_2$ ) semiconductor which has low conductivity in clean air. In the presence of a detectable gas, the sensor's conductivity increases depending on the gas concentration in the air. A simple electrical circuit can convert the change in conductivity to an output signal which corresponds to the gas concentration.

The TGS 832 has high sensitivity to R-134a, the most promising alternative to R-22, commonly used in air conditioning systems and refrigerators. R-12 and R-22 are also detectable by TGS 832. With its good long term stability, TGS 832 is an excellent, low-cost sensor for CFC detection.

The figure below represents typical sensitivity characteristics, all data having been gathered at standard test conditions (see reverse side of this sheet). The Y-axis is indicated as sensor resistance ratio ( $R_s/R_o$ ) which is defined as follows:

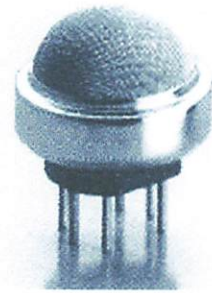
- $R_s$  = Sensor resistance of displayed gases at various concentrations
- $R_o$  = Sensor resistance at 100ppm of R-134a

### Sensitivity Characteristics:



### Applications:

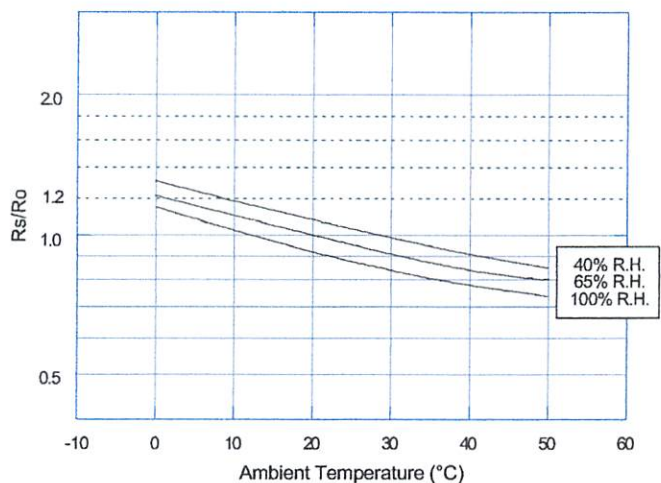
- \* Refrigerant leak detector



The figure below represents typical temperature and humidity dependency characteristics. Again, the Y-axis is indicated as sensor resistance ratio ( $R_s/R_o$ ), defined as follows:

- $R_s$  = Sensor resistance at 100ppm of R-134a at various temperatures/humidities
- $R_o$  = Sensor resistance at 100ppm of R-134a at 20°C and 65% R.H.

### Temperature/Humidity Dependency:



**IMPORTANT NOTE:** OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES ARE NOT LISTED HEREIN. FIGARO CANNOT ASSUME ANY RESPONSIBILITY FOR ANY USE OF ITS SENSORS IN A PRODUCT OR APPLICATION FOR WHICH SENSOR HAS NOT BEEN SPECIFICALLY TESTED BY FIGARO.

# IGARO 835 - for the detection of Carotifluorocarbons (CFCs)

## IGARO 835

## Application:

Detection of hydrocarbons

- Hydrocarbons in air
- Hydrocarbons in water
- Hydrocarbons in soil
- Hydrocarbons in food
- Hydrocarbons in paint
- Hydrocarbons in oil
- Hydrocarbons in gas
- Hydrocarbons in liquid
- Hydrocarbons in solid
- Hydrocarbons in powder
- Hydrocarbons in dust
- Hydrocarbons in smoke
- Hydrocarbons in steam
- Hydrocarbons in vapor
- Hydrocarbons in fume
- Hydrocarbons in mist
- Hydrocarbons in aerosol
- Hydrocarbons in emulsion
- Hydrocarbons in suspension
- Hydrocarbons in dispersion
- Hydrocarbons in solution
- Hydrocarbons in mixture
- Hydrocarbons in blend
- Hydrocarbons in alloy
- Hydrocarbons in compound
- Hydrocarbons in mixture
- Hydrocarbons in blend
- Hydrocarbons in alloy
- Hydrocarbons in compound



The IGARO 835 is a portable, battery-powered device used for the detection of hydrocarbons. It features a sensitive detector and a built-in amplifier. The device is easy to use and provides a clear signal when hydrocarbons are present. It is suitable for use in a wide range of environments, including indoor and outdoor spaces. The IGARO 835 is a reliable and accurate tool for the detection of hydrocarbons.

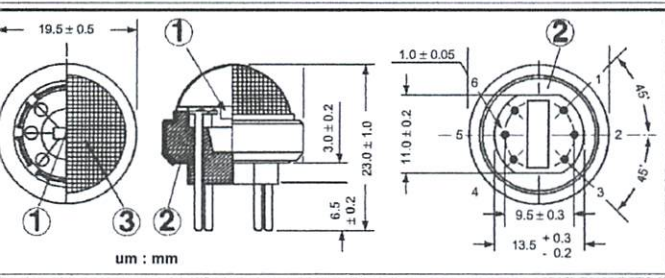
The IGARO 835 is a portable, battery-powered device used for the detection of hydrocarbons. It features a sensitive detector and a built-in amplifier. The device is easy to use and provides a clear signal when hydrocarbons are present. It is suitable for use in a wide range of environments, including indoor and outdoor spaces. The IGARO 835 is a reliable and accurate tool for the detection of hydrocarbons.

## Technical specifications

## IGARO 835

Parameter	Value
Power supply	4 x AA batteries
Operating voltage	1.5V
Operating current	10mA
Operating temperature	-10°C to 40°C
Storage temperature	-20°C to 60°C
Relative humidity	10% to 90%
Weight	150g
Dimensions	100 x 50 x 30mm
Material	Plastic
Color	Black
Finish	Matte
Accessories	Batteries, User manual

### Structure and Dimensions:



- ① Sensing Element:  
SnO<sub>2</sub> is sintered to form a thick film on the surface of an alumina ceramic tube which contains an internal heater.
- ② Sensor Base:  
Alumina ceramic
- ③ Flame Arrestor:  
100 mesh SUS316 double gauze

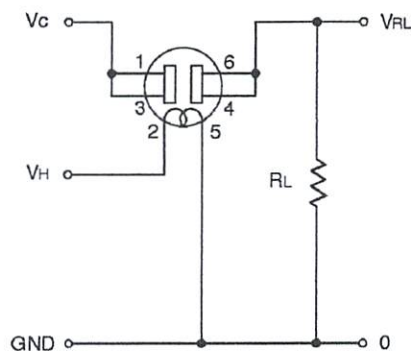
### Pin Connection and Basic Measuring Circuit:

The numbers shown around the sensor symbol in the circuit diagram at the right correspond with the pin numbers shown in the sensor's structure drawing above). When the sensor is connected as shown in the basic circuit, output across the Load Resistor (V<sub>RL</sub>) increases as the sensor's resistance (R<sub>s</sub>) decreases, depending on gas concentration.

### Standard Circuit Conditions:

Item	Symbol	Rated Values	Remarks
Heater Voltage	V <sub>H</sub>	5.0 ± 0.2V	AC or DC
Circuit Voltage	V <sub>C</sub>	Max. 24V	AC or DC *PS 15mW
Load Resistance	R <sub>L</sub>	Variable	*PS 15mW

### Basic Measuring Circuit:



### Electrical Characteristics:

Item	Symbol	Condition	Specification
Sensor Resistance	R <sub>s</sub>	R-134a at 100ppm/Air	4k ~ 40k
Change Ratio of Sensor Resistance	R <sub>s</sub> /R <sub>0</sub>	$\frac{R_s \text{ (R-134a at 300ppm/Air)}}{R_s \text{ (R-134a at 100ppm/Air)}}$	0.50 ~ 0.65
Heater Resistance	R <sub>H</sub>	Room temperature	30.0 ± 3.0
Heater Power Consumption	P <sub>H</sub>	V <sub>H</sub> =5.0V	835 ± 90mW

### Standard Test Conditions:

GS 832 complies with the above electrical characteristics when the sensor is tested in standard conditions as specified below:

Test Gas Conditions: 20 ± 2°C, 65 ± 5% R.H.  
Circuit Conditions: V<sub>C</sub> = 10.0 ± 0.1V (AC or DC),  
V<sub>H</sub> = 5.0 ± 0.05V (AC or DC),  
R<sub>L</sub> = 10.0kΩ ± 1%

Preheating period before testing: More than 7 days

#### FIGARO USA, INC.

3703 West Lake Ave. Suite 203  
Glenview, Illinois 60025  
Phone: (847)-832-1701  
Fax: (847)-832-1705  
email: figarousa@figarosensor.com

Sensor Resistance (R<sub>s</sub>) is calculated by the following formula:

$$R_s = \left( \frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L$$

Power dissipation across sensor electrodes (P<sub>s</sub>) is calculated by the following formula:

$$P_s = \frac{V_c^2 \times R_s}{(R_s + R_L)^2}$$

For information on warranty, please refer to Standard Terms and Conditions of Sale of Figaro USA Inc.



# ADC0808/ADC0809

## 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

### General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

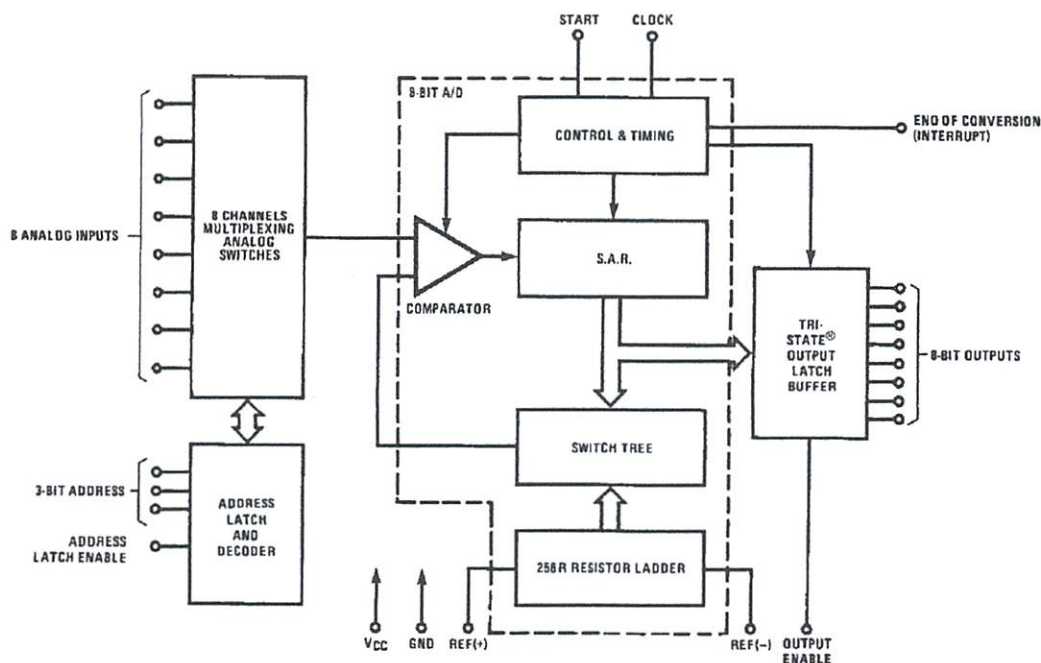
### Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5  $V_{DC}$  or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to  $V_{CC}$  input range
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

### Key Specifications

- |                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| ■ Resolution             | 8 Bits                        |
| ■ Total Unadjusted Error | $\pm 1/2$ LSB and $\pm 1$ LSB |
| ■ Single Supply          | 5 $V_{DC}$                    |
| ■ Low Power              | 15 mW                         |
| ■ Conversion Time        | 100 $\mu$ s                   |

### Block Diagram



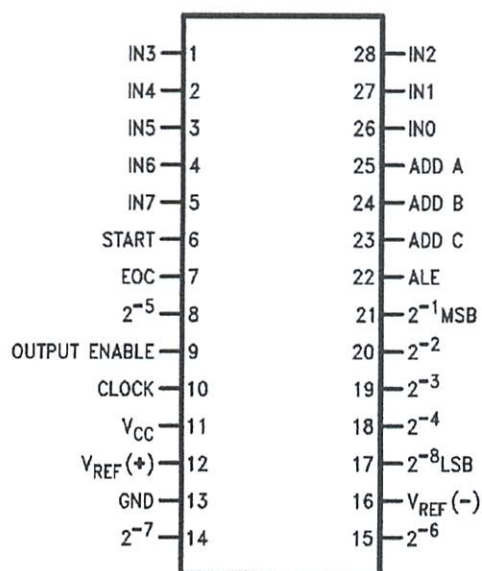
See Ordering Information

567201

ADC0808/ADC0809 8-Bit  $\mu$ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

## Connection Diagrams

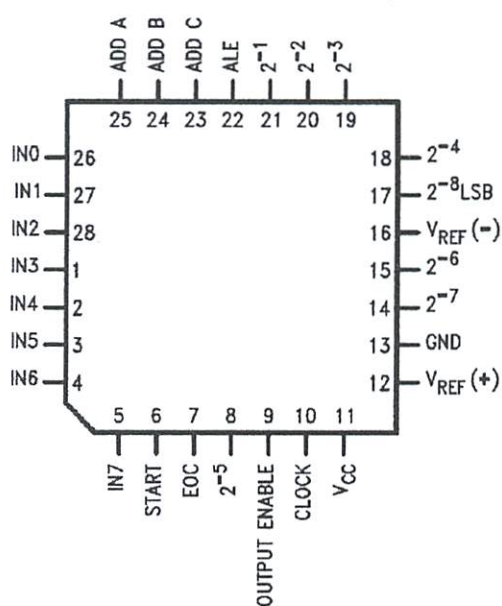
Dual-In-Line Package



Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN  
See NS Package NA28E

567211

Molded Chip Carrier Package



Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV  
See NS Package V28A

567212

## Ordering Information

Temperature Range		-40°C to +85°C		
Package Outline		NA28E Molded DIP	V28A Molded Chip Carrier	V28A Molded Chip Carrier (Tape and Reel)
Error	±½ LSB Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCV	ADC0808CCVX
	±1 LSB Unadjusted	ADC0809CCN	ADC0809CCV	ADC0809CCVX

## Absolute Maximum Ratings

(Notes 1, 2)

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

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin	-0.3V to ( $V_{CC}$ + 0.3V)
Accept Control Inputs	
Voltage at Control Inputs	-0.3V to +15V
START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Power Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Wave Soldering (plastic)	260°C
Wave Soldering (metal)	260°C
Reflow Soldering (lead-free)	215°C
Reflow Soldering (lead-containing)	220°C
Electrostatic Susceptibility (Note 8)	400V

## Operating Conditions

(Notes 1, 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ -40°C $\leq$ $T_A$ $\leq$ +85°C
Range of $V_{CC}$	4.5 $V_{DC}$ to 6.0 $V_{DC}$

## Electrical Characteristics – Converter Specifications

**Converter Specifications:**  $V_{CC}=5$   $V_{DC}=V_{REF+}$ ,  $V_{REF(-)}=GND$ ,  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  and  $f_{CLK}=640$  kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808 Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C			$\pm 1/2$	LSB
		$T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 3/4$	LSB
	ADC0809 Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C			$\pm 1$	LSB
		$T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1 1/4$	LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		k $\Omega$
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND - 0.1		$V_{CC} + 0.1$	$V_{DC}$
	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		$V_{CC}$	$V_{CC} + 0.1$	V
	Voltage, Center of Ladder $\frac{V(+) + V_{REF(-)}}{2}$		$(V_{CC}/2) - 0.1$	$V_{CC}/2$	$(V_{CC}/2) + 0.1$	V
	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
	Comparator Input Current	$f_c=640$ kHz, (Note 6)	-2	$\pm 0.5$	2	$\mu\text{A}$

## Electrical Characteristics – Digital Levels and DC Specifications

**Digital Levels and DC Specifications:** ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV,  $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25$  V,  $-40 \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>ANALOG MULTIPLEXER</b>						
	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5$ V, $V_{IN}=5$ V, $T_A=25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$		10	200	nA
					1.0	$\mu\text{A}$
	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5$ V, $V_{IN}=0$ , $T_A=25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$	-200	-10		nA
			-1.0			$\mu\text{A}$
<b>DIGITAL INPUTS</b>						
	Logical "1" Input Voltage		$(V_{CC} - 1.5)$			V
	Logical "0" Input Voltage				1.5	V

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=15V$			1.0	$\mu A$
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=0$	-1.0			$\mu A$
$I_{CC}$	Supply Current	$f_{CLK}=640\text{ kHz}$		0.3	3.0	mA

**DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)**

$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$V_{CC} = 4.75V$ $I_{OUT} = -360\mu A$ $I_{OUT} = -10\mu A$	2.4 4.5			V V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O=1.6\text{ mA}$			0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O=1.2\text{ mA}$			0.45	V
$I_{OUT}$	TRI-STATE Output Current	$V_O=5V$ $V_O=0$	-3		3	$\mu A$ $\mu A$

## Electrical Characteristics – Timing Specifications

Timing Specifications  $V_{CC}=V_{REF(+)}=5V$ ,  $V_{REF(-)}=GND$ ,  $t_r=t_f=20\text{ ns}$  and  $T_A=25^\circ C$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$t_{STCLK}$	Start Time Delay from Clock	(Figure 5)	300		900	ns
$t_{WS}$	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_{WALE}$	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_s$	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_H$	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_D$	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S=0\Omega$ (Figure 5)		1	2.5	$\mu s$
$t_{H1}, t_{H0}$	OE Control to Q Logic State	$C_L=50\text{ pF}$ , $R_L=10k$ (Figure 8)		125	250	ns
$t_{1H}, t_{0H}$	OE Control to Hi-Z	$C_L=10\text{ pF}$ , $R_L=10k$ (Figure 8)		125	250	ns
$t_c$	Conversion Time	$f_c=640\text{ kHz}$ , (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	$\mu s$
$f_c$	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
$t_{EOC}$	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		$8 + 2\ \mu s$	Clock Periods
$C_{IN}$	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
$C_{OUT}$	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

**Note 1:** 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 specified operating conditions.

**Note 2:** All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

**Note 3:** A Zener diode exists, internally, from  $V_{CC}$  to GND and has a typical breakdown voltage of  $7 V_{DC}$ .

**Note 4:** Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the  $V_{CC}$  supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog  $V_{IN}$  does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute  $0V_{DC}$  to  $5V_{DC}$  input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of  $4.900 V_{DC}$  over temperature variations, initial tolerance and loading.

**Note 5:** Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 3. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.

**Note 6:** Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 6). See paragraph 4.0.

**Note 7:** The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

**Note 8:** Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

## Functional Description

### Multiplexer

The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table 1 shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE 1. Analog Channel Selection

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

### Converter Characteristics

#### Converter

One of the main features of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to provide fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 main sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause problems that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached  $+1/2$  LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

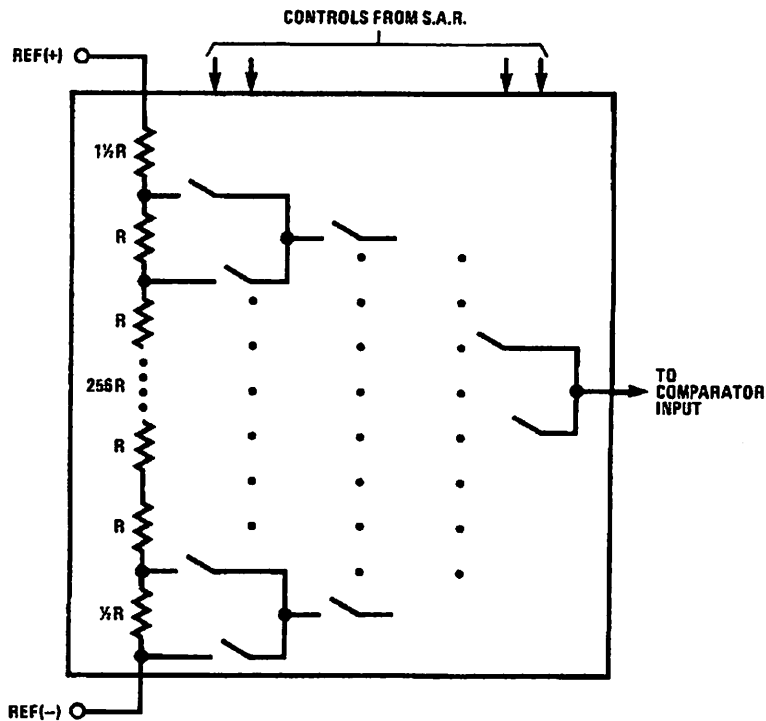
The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion start pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

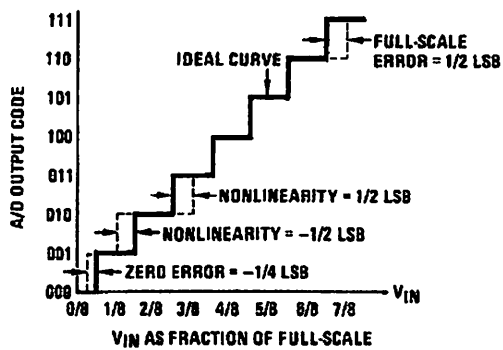
The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.



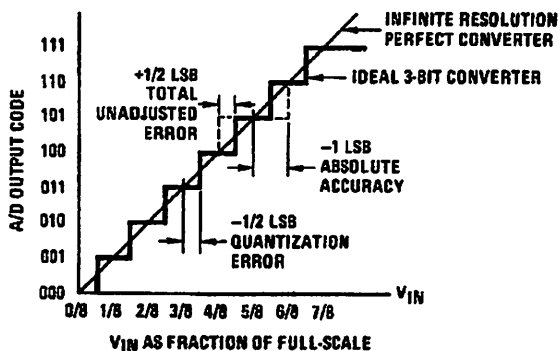
567202

FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree



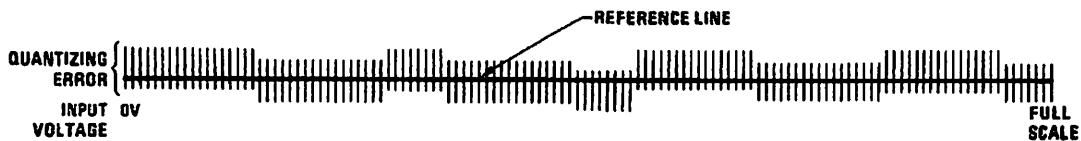
567213

FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve



567214

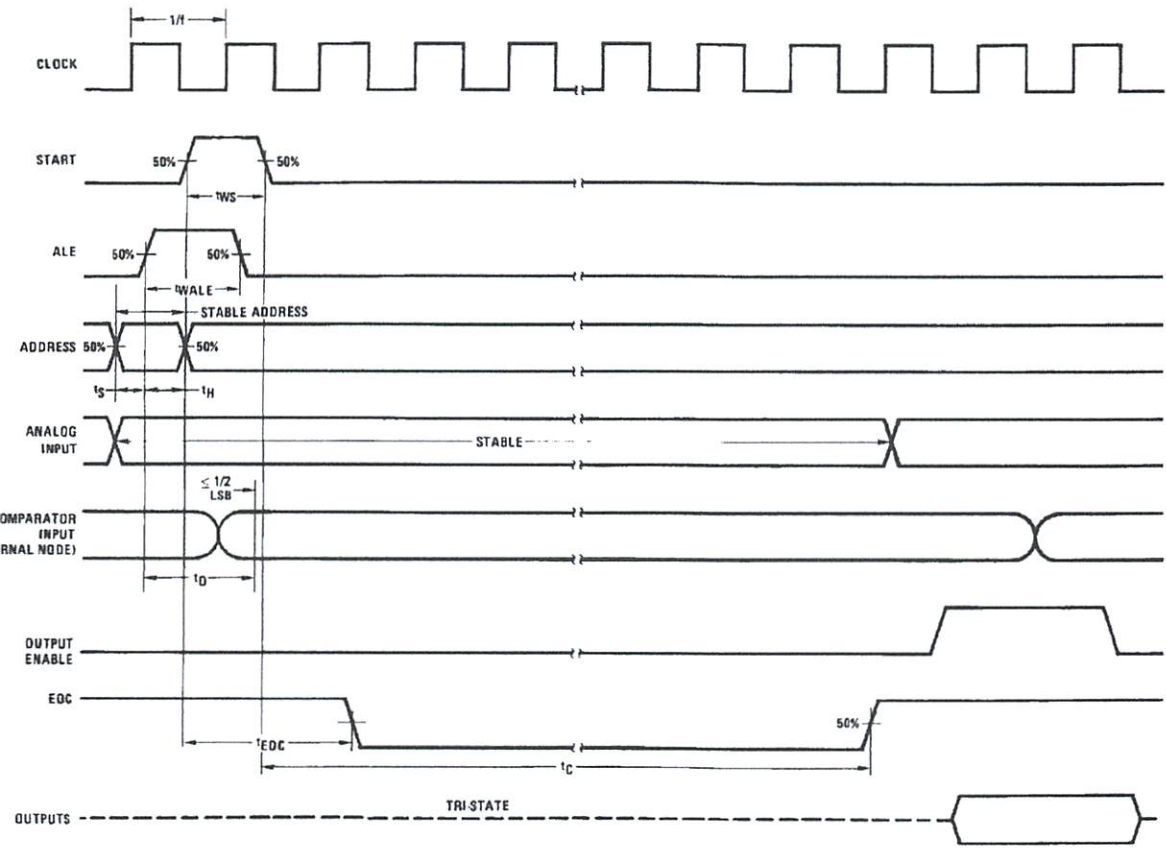
FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve



567215

FIGURE 4. Typical Error Curve

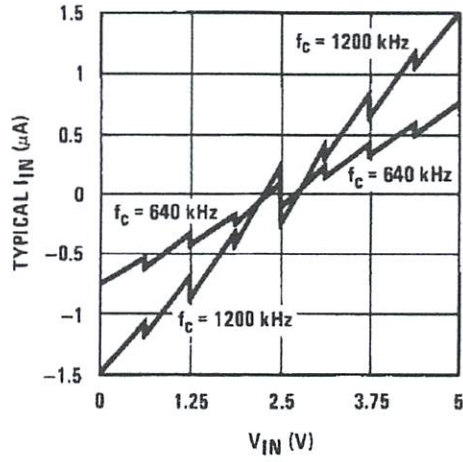
Timing Diagram



567204

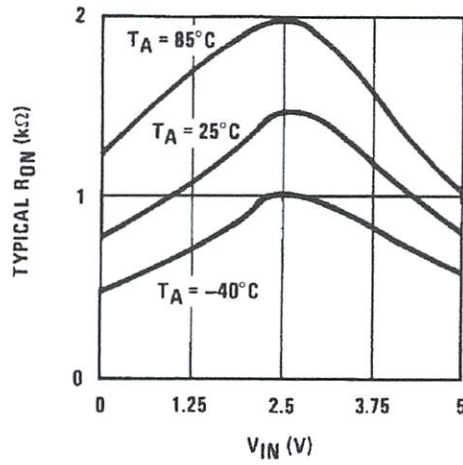
FIGURE 5.

## Typical Performance Characteristics



567216

FIGURE 6. Comparator  $I_{IN}$  vs.  $V_{IN}$   
( $V_{CC}=V_{REF}=5V$ )



567217

FIGURE 7. Multiplexer  $R_{ON}$  vs.  $V_{IN}$   
( $V_{CC}=V_{REF}=5V$ )

## STATE Test Circuits and Timing Diagrams

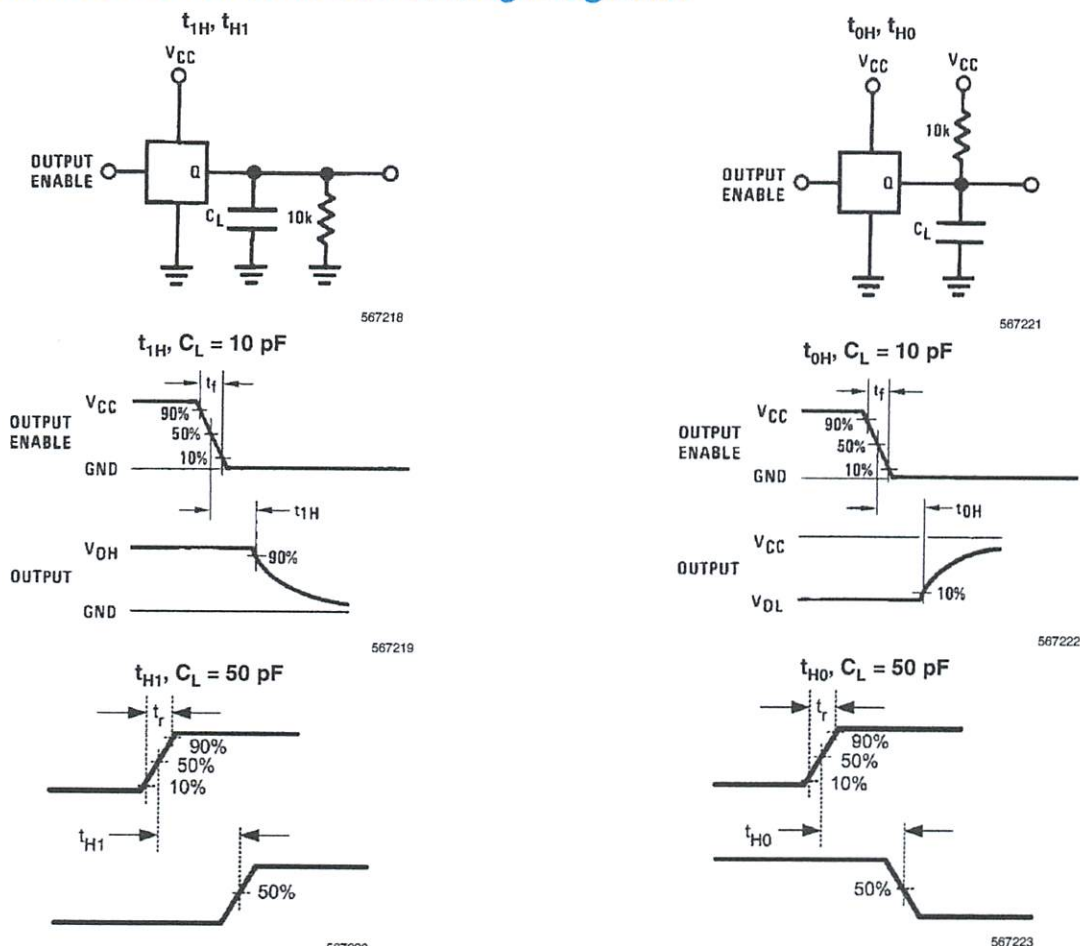


FIGURE 8. TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams

## Applications Information

### INTRODUCTION

### RATIOMETRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{fs} - V_Z} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

Input voltage into the ADC0808

Full-scale voltage

Zero voltage

Data point being measured

D<sub>MAX</sub> = Maximum data limit

D<sub>MIN</sub> = Minimum data limit

An example of a ratiometric transducer is a potentiometer or a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a

proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 9).

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if  $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$ , then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

### 2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(-), should not be more negative than ground. The center of the ladder volt-

age must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

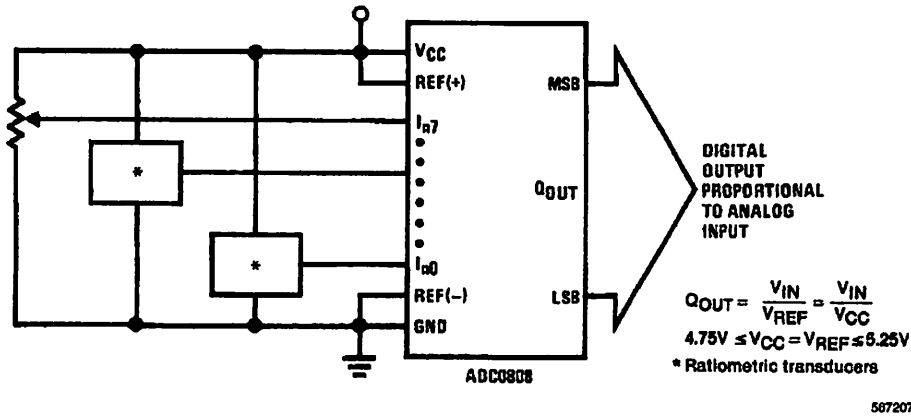


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

The ADC0808 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 μF output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed  $V_{CC}$  and ground, respectively, but they can be symmetrically less than  $V_{CC}$  and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In Figure 13, a 2.5V reference is symmetrically centered about  $V_{CC}/2$  since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

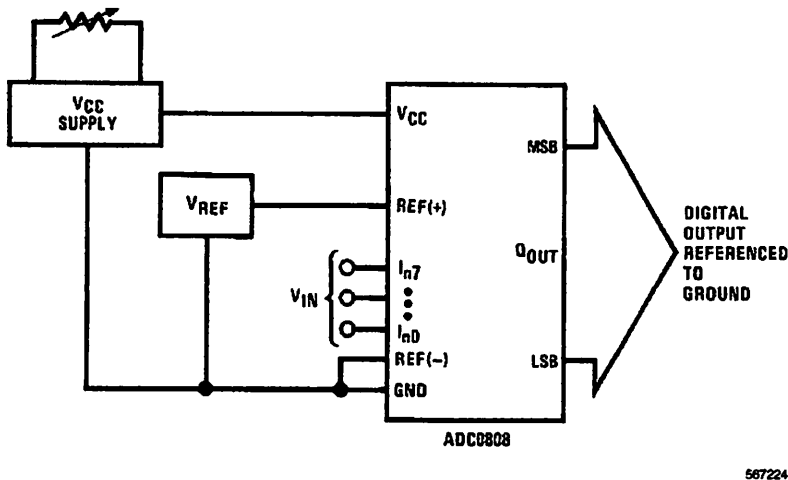
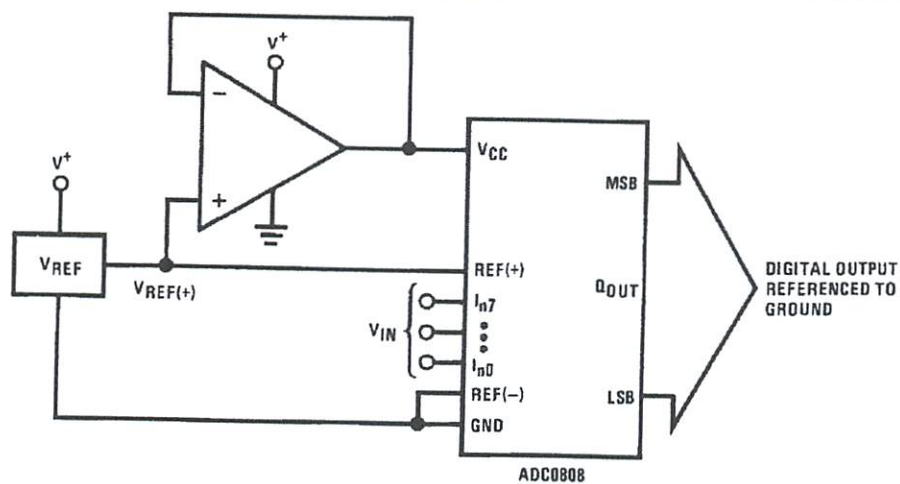


FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply

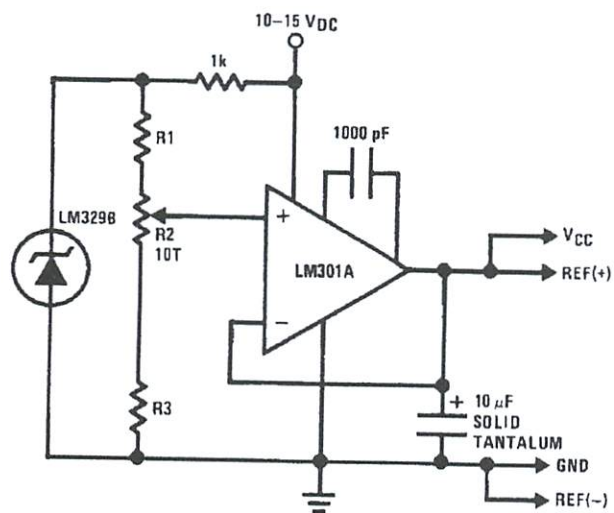


587225

$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

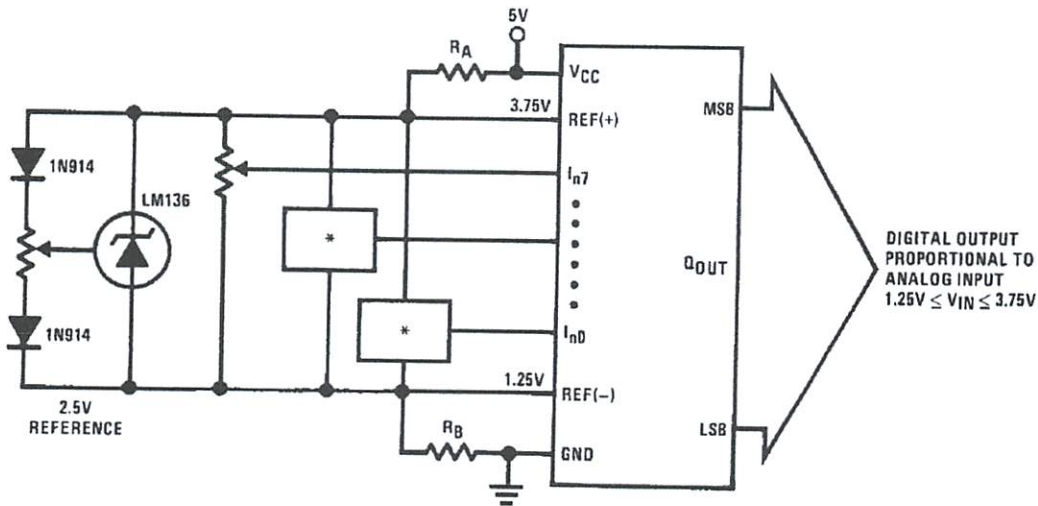
$$4.75V \leq V_{CC} = V_{REF} \leq 5.25V$$

FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V<sub>CC</sub> Supply



587226

FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit



567227

$$R_A = R_B$$

\*Ratiometric transducers

FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

### 3.0 CONVERTER EQUATIONS

The transition between adjacent codes N and N+1 is given by:

$$V_{IN} = \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[ \frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (2)$$

The center of an output code N is given by:

$$V_{IN} \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[ \frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (3)$$

The output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

Where:  $V_{IN}$  = Voltage at comparator input

$V_{REF(+)}$  = Voltage at Ref(+)

$V_{REF(-)}$  = Voltage at Ref(-)

$V_{TUE}$  = Total unadjusted error voltage (typically

$$V_{REF(+)} \div 512)$$

### 4.0 ANALOG COMPARATOR INPUTS

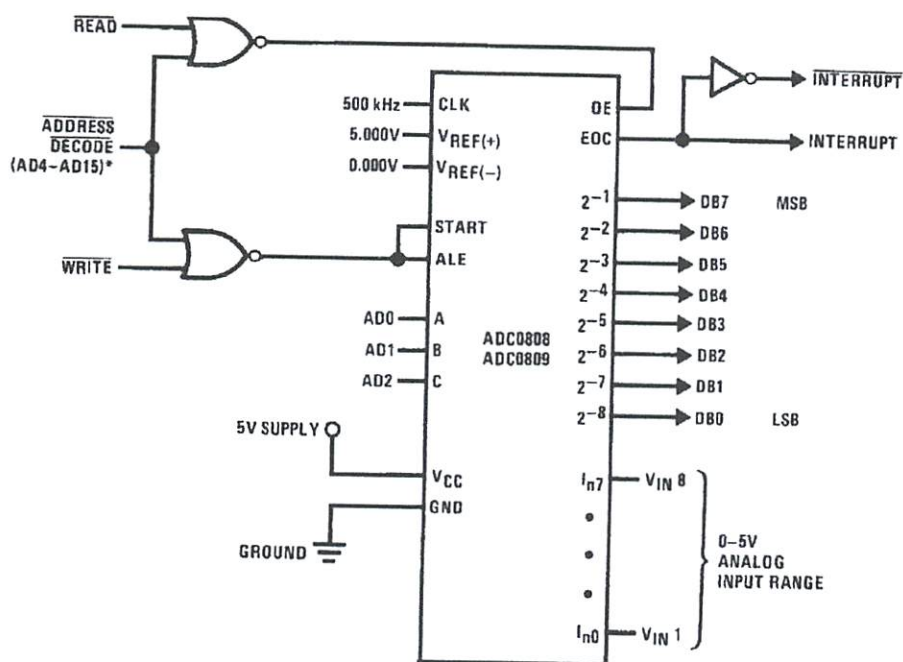
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with  $V_{IN}$  as shown in Figure 6.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

ical Application



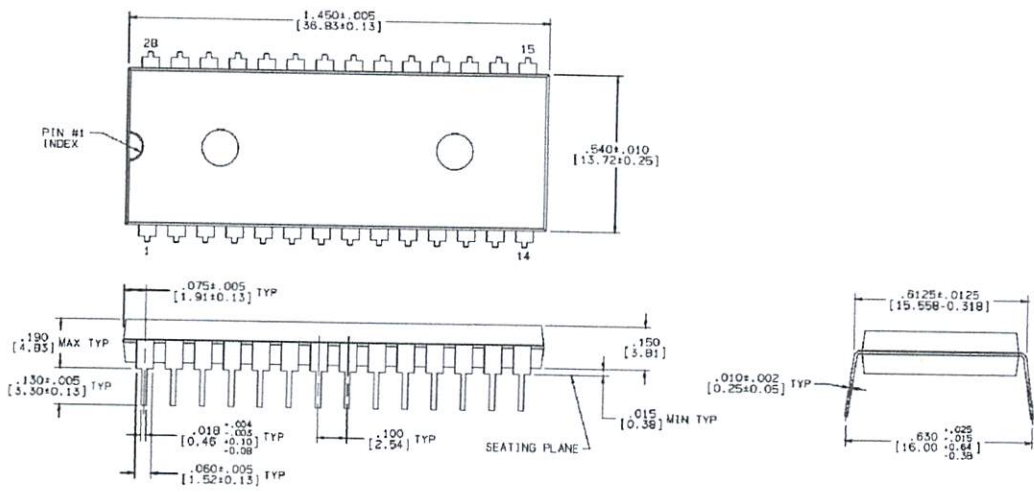
atches needed for 8085 and SC/MP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

567210

TABLE 2. Microprocessor Interface Table

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{INT}$ (Thru RST Circuit, Mode 0)
SC/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA* $\phi$ 2•R/W	VMA* $\phi$ • $\overline{R/W}$	$\overline{IRQA}$ or $\overline{IRQB}$ (Thru PIA)

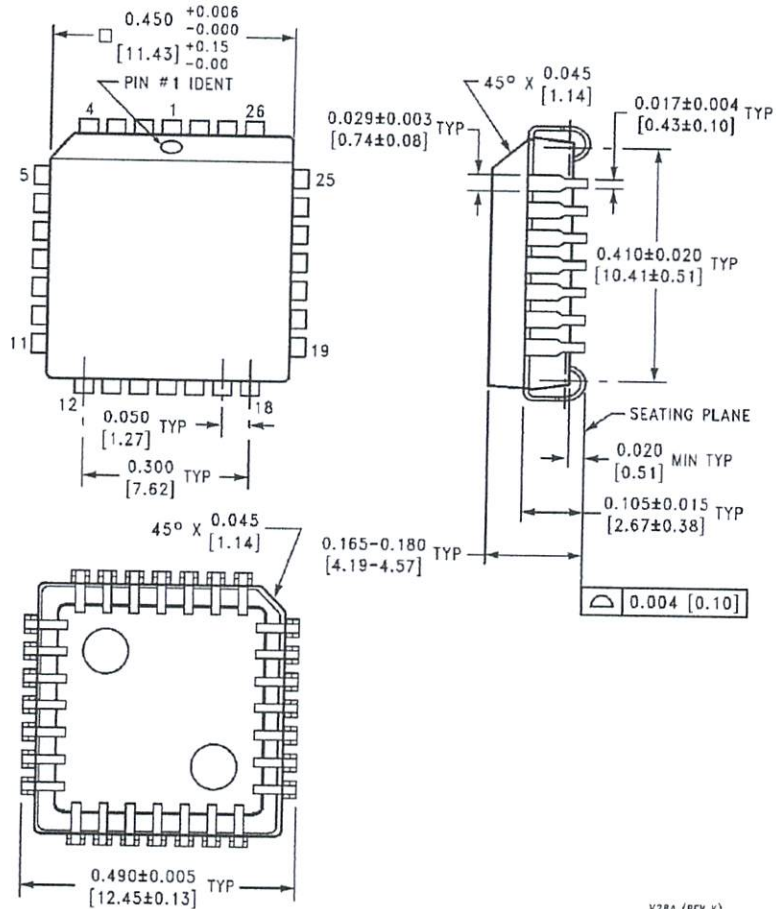
**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted



CONTROLLING DIMENSION IS INCH  
VALUES IN [ ] ARE MILLIMETERS

**Molded Dual-In-Line Package (N)**  
Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN  
NS Package Number NA28E

NA28E (Rev B)



**Molded Chip Carrier (V)**  
Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV  
NS Package Number V28A

V28A (REV K)



## Notes

For more National Semiconductor product information and proven design tools, visit the following Web sites at:

Products		Design Support	
Amplifiers	<a href="http://www.national.com/amplifiers">www.national.com/amplifiers</a>	WEBENCH® Tools	<a href="http://www.national.com/webench">www.national.com/webench</a>
Audio	<a href="http://www.national.com/audio">www.national.com/audio</a>	App Notes	<a href="http://www.national.com/appnotes">www.national.com/appnotes</a>
Clock and Timing	<a href="http://www.national.com/timing">www.national.com/timing</a>	Reference Designs	<a href="http://www.national.com/refdesigns">www.national.com/refdesigns</a>
Data Converters	<a href="http://www.national.com/adc">www.national.com/adc</a>	Samples	<a href="http://www.national.com/samples">www.national.com/samples</a>
Interface	<a href="http://www.national.com/interface">www.national.com/interface</a>	Eval Boards	<a href="http://www.national.com/evalboards">www.national.com/evalboards</a>
LVDS	<a href="http://www.national.com/lvds">www.national.com/lvds</a>	Packaging	<a href="http://www.national.com/packaging">www.national.com/packaging</a>
Power Management	<a href="http://www.national.com/power">www.national.com/power</a>	Green Compliance	<a href="http://www.national.com/quality/green">www.national.com/quality/green</a>
Switching Regulators	<a href="http://www.national.com/switchers">www.national.com/switchers</a>	Distributors	<a href="http://www.national.com/contacts">www.national.com/contacts</a>
LDOs	<a href="http://www.national.com/ldo">www.national.com/ldo</a>	Quality and Reliability	<a href="http://www.national.com/quality">www.national.com/quality</a>
LED Lighting	<a href="http://www.national.com/led">www.national.com/led</a>	Feedback/Support	<a href="http://www.national.com/feedback">www.national.com/feedback</a>
Voltage Reference	<a href="http://www.national.com/vref">www.national.com/vref</a>	Design Made Easy	<a href="http://www.national.com/easy">www.national.com/easy</a>
PowerWise® Solutions	<a href="http://www.national.com/powerwise">www.national.com/powerwise</a>	Solutions	<a href="http://www.national.com/solutions">www.national.com/solutions</a>
Serial Digital Interface (SDI)	<a href="http://www.national.com/sdi">www.national.com/sdi</a>	Mil/Aero	<a href="http://www.national.com/milaero">www.national.com/milaero</a>
Temperature Sensors	<a href="http://www.national.com/tempsensors">www.national.com/tempsensors</a>	SolarMagic™	<a href="http://www.national.com/solarmagic">www.national.com/solarmagic</a>
Wireless (PLL/VCO)	<a href="http://www.national.com/wireless">www.national.com/wireless</a>	PowerWise® Design University	<a href="http://www.national.com/training">www.national.com/training</a>

THE CONTENTS OF THIS DOCUMENT ARE PROVIDED IN CONNECTION WITH NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION ("NATIONAL") PRODUCTS. NATIONAL MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES WITH RESPECT TO THE ACCURACY OR COMPLETENESS OF THE CONTENTS OF THIS PUBLICATION AND RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES TO SPECIFICATIONS AND PRODUCT DESCRIPTIONS AT ANY TIME WITHOUT NOTICE. NO LICENSE, WHETHER EXPRESS, IMPLIED, ARISING BY ESTOPPEL OR OTHERWISE, TO ANY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IS GRANTED BY THIS DOCUMENT.

TESTING AND OTHER QUALITY CONTROLS ARE USED TO THE EXTENT NATIONAL DEEMS NECESSARY TO SUPPORT NATIONAL'S PRODUCT WARRANTY. EXCEPT WHERE MANDATED BY GOVERNMENT REQUIREMENTS, TESTING OF ALL PARAMETERS OF EACH PRODUCT IS NOT NECESSARILY PERFORMED. NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY FOR APPLICATIONS ASSISTANCE OR BUYER PRODUCT DESIGN. BUYERS ARE RESPONSIBLE FOR THEIR PRODUCTS AND APPLICATIONS USING NATIONAL COMPONENTS. PRIOR TO USING OR DISTRIBUTING ANY PRODUCTS THAT INCLUDE NATIONAL COMPONENTS, BUYERS SHOULD PROVIDE ADEQUATE DESIGN, TESTING AND OPERATING SAFEGUARDS.

EXCEPT AS PROVIDED IN NATIONAL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR SUCH PRODUCTS, NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, AND NATIONAL DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY RELATING TO THE SALE AND/OR USE OF NATIONAL PRODUCTS INCLUDING LIABILITY OR WARRANTIES RELATING TO FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, MERCHANTABILITY, OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT.

### LIFE SUPPORT POLICY

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

Life support devices or systems are devices 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. A critical component is any component in 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 and the National Semiconductor logo are registered trademarks of National Semiconductor Corporation. All other brand or product names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.

Copyright © 2009 National Semiconductor Corporation

For the most current product information visit us at [www.national.com](http://www.national.com)

 National Semiconductor  
Americas Technical  
Support Center  
Email: [support@nsc.com](mailto:support@nsc.com)  
Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor Europe  
Technical Support Center  
Email: [europe.support@nsc.com](mailto:europe.support@nsc.com)

National Semiconductor Asia  
Pacific Technical Support Center  
Email: [ap.support@nsc.com](mailto:ap.support@nsc.com)

National Semiconductor Japan  
Technical Support Center  
Email: [jpn.feedback@nsc.com](mailto:jpn.feedback@nsc.com)

# LM555 Timer

## General Description

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

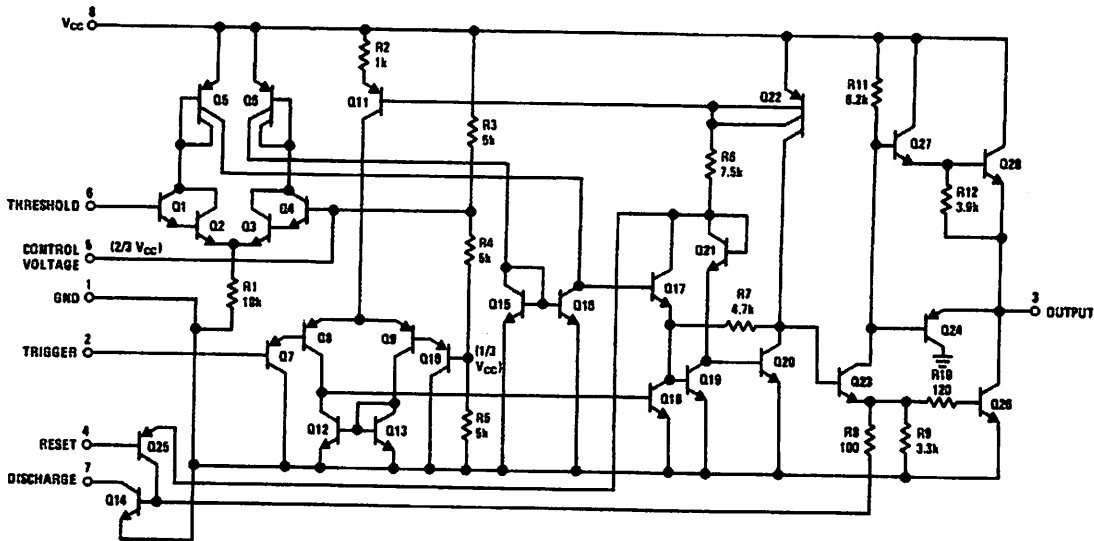
## Features

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

## Applications

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

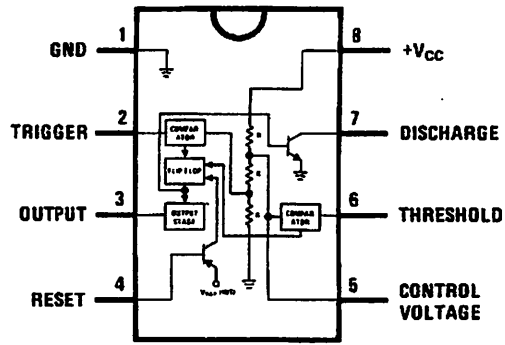
## Schematic Diagram



00785101

## Connection Diagram

Dual-In-Line, Small Outline  
and Molded Mini Small Outline Packages



Top View

00785103

## Ordering Information

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

**Absolute Maximum Ratings** (Note 2)

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

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

**Soldering Information**

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

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

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

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

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

## Electrical Characteristics (Notes 1, 2) (Continued)

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

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$				
	$I_{SINK} = 10\text{mA}$		0.1	0.25	V
	$I_{SINK} = 50\text{mA}$		0.4	0.75	V
	$I_{SINK} = 100\text{mA}$		2	2.5	V
	$I_{SINK} = 200\text{mA}$		2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$				
Output Voltage Drop (High)	$I_{SINK} = 8\text{mA}$		0.25	0.35	V
	$I_{SINK} = 5\text{mA}$				
	$I_{SOURCE} = 200\text{mA}$ , $V_{CC} = 15\text{V}$		12.5		V
	$I_{SOURCE} = 100\text{mA}$ , $V_{CC} = 15\text{V}$	12.75	13.3		V
Rise Time of Output	$V_{CC} = 5\text{V}$	2.75	3.3		V
Fall Time of Output			100		ns
			100		ns

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

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

**Note 3:** For operating at elevated temperatures the device must be derated above  $25^\circ\text{C}$  based on a  $+150^\circ\text{C}$  maximum junction temperature and a thermal resistance of  $106^\circ\text{C/W}$  (DIP),  $170^\circ\text{C/W}$  (SO-8), and  $204^\circ\text{C/W}$  (MSOP) junction to ambient.

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

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

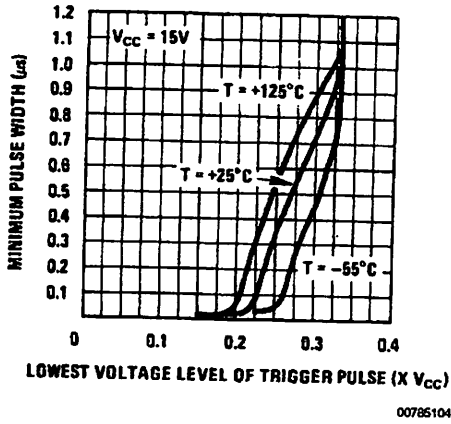
**Note 6:** This will determine the maximum value of  $R_A + R_B$  for 15V operation. The maximum total ( $R_A + R_B$ ) is  $20\text{M}\Omega$ .

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

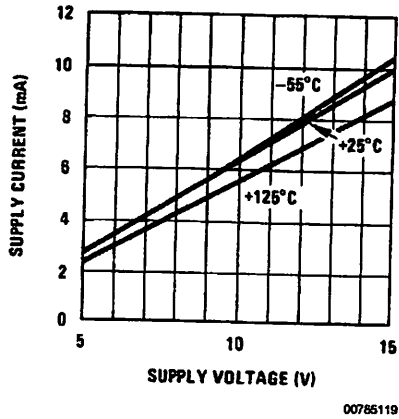
**Note 8:** Refer to RET555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

Typical Performance Characteristics

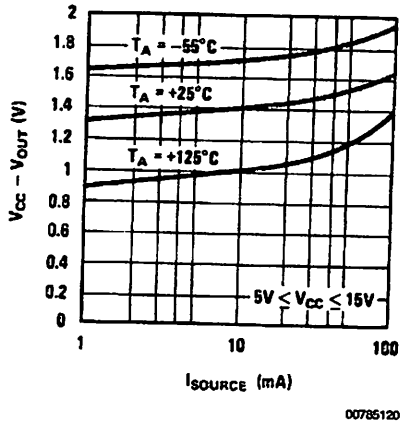
Minimum Pulse Width Required for Triggering



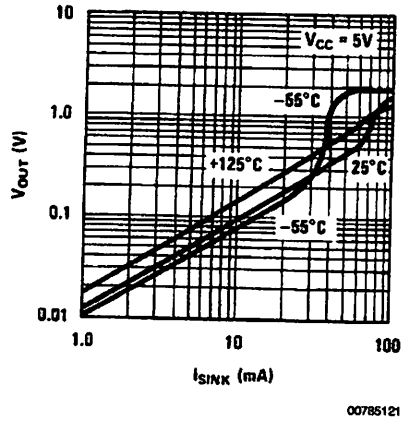
Supply Current vs. Supply Voltage



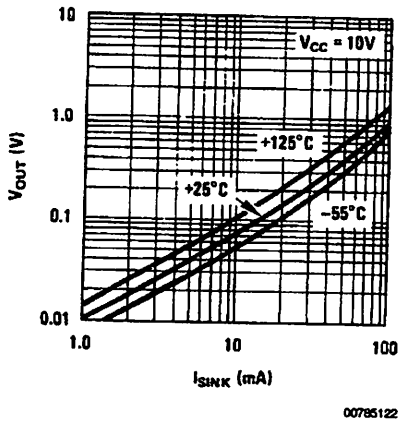
High Output Voltage vs. Output Source Current



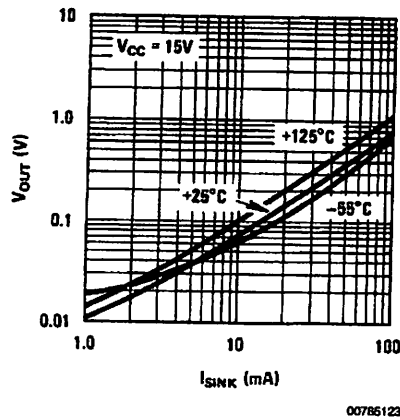
Low Output Voltage vs. Output Sink Current



Low Output Voltage vs. Output Sink Current

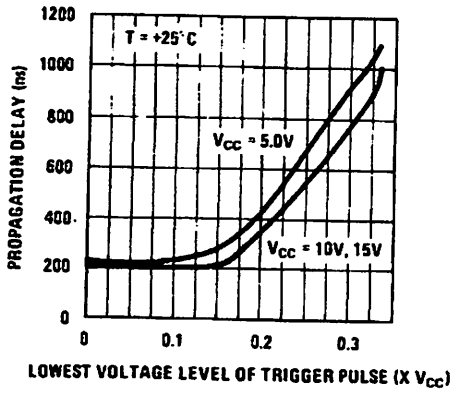


Low Output Voltage vs. Output Sink Current



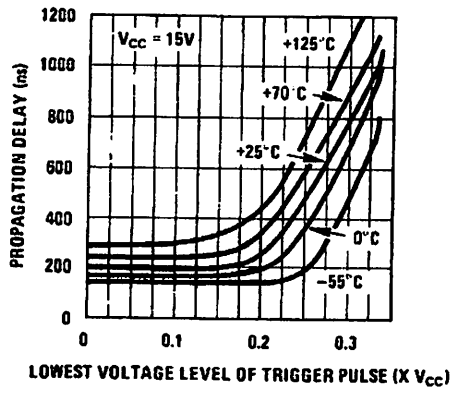
# Typical Performance Characteristics (Continued)

Output Propagation Delay vs. Voltage Level of Trigger Pulse



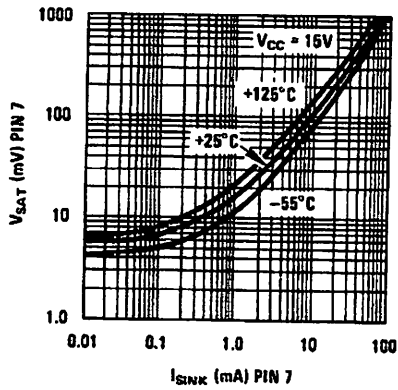
00785124

Output Propagation Delay vs. Voltage Level of Trigger Pulse



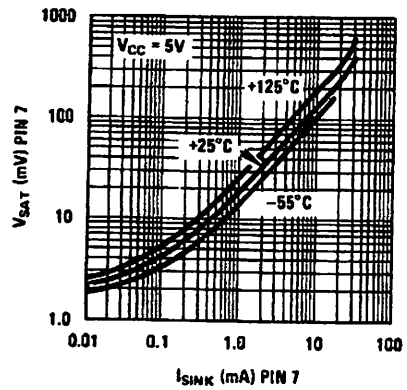
00785125

Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs. Sink Current



00785126

Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs. Sink Current

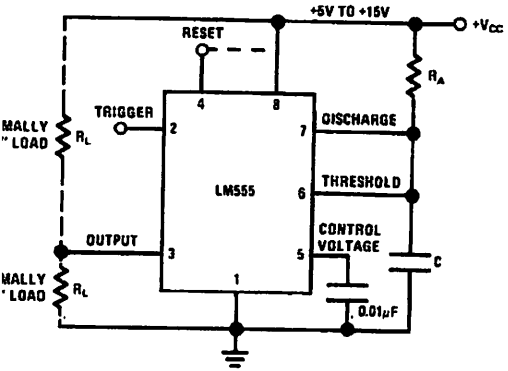


00785127

# Applications Information

## MONOSTABLE OPERATION

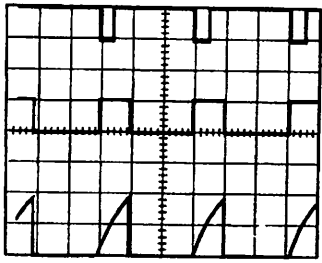
In monostable mode of operation, the timer functions as a one-shot pulse generator (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a discharge transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than  $1/3 V_{CC}$  to pin 2, the flip-flop is set, which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.



00785105

FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of  $t = 1.1 R_A C$ , at the end of which time the voltage equals  $2/3 V_{CC}$ . The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the discharge times of the capacitor are both directly proportional to the supply voltage, the timing interval is independent of  $V_{CC}$ .



00785106

Top Trace: Input 5V/Div.  
 Middle Trace: Output 5V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

FIGURE 2. Monostable Waveforms

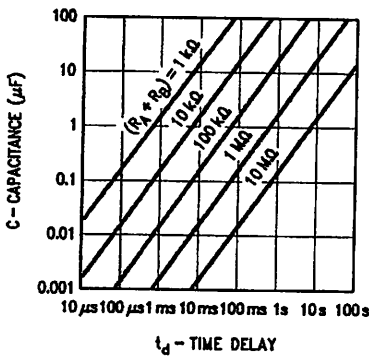
In this mode of operation, the timing cycle when the output is high, the further duration of a trigger pulse will not effect the circuit so long as the trigger input is returned high at least  $10\mu s$  before the end of the timing interval. However the circuit can be reset

during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to  $V_{CC}$  to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

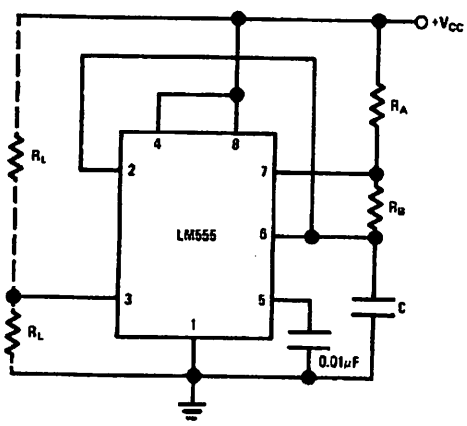


00785107

FIGURE 3. Time Delay

## ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a multivibrator. The external capacitor charges through  $R_A + R_B$  and discharges through  $R_B$ . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.



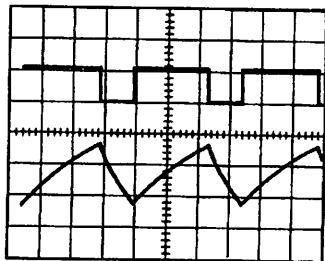
00785108

FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

## Applications Information (Continued)

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



00785109

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

FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time (output high) is given by:

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

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

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

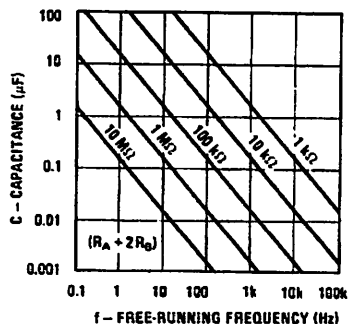
The frequency of oscillation is:

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

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

The duty cycle is:

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

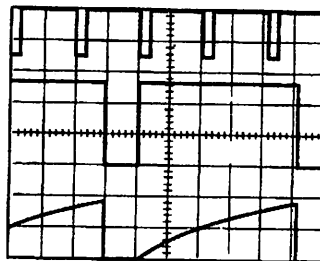


00785110

FIGURE 6. Free Running Frequency

## FREQUENCY DIVIDER

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



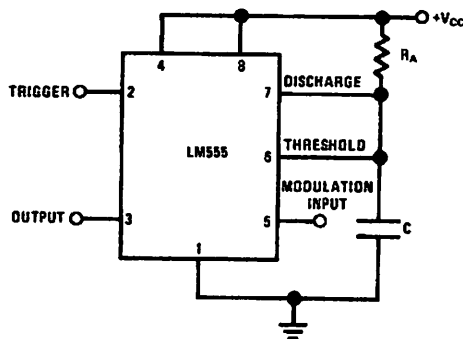
00785111

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

FIGURE 7. Frequency Divider

## PULSE WIDTH MODULATOR

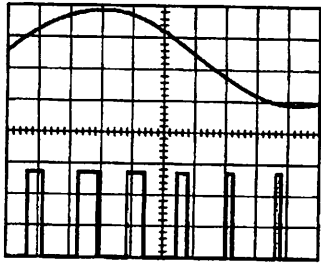
When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.



00785112

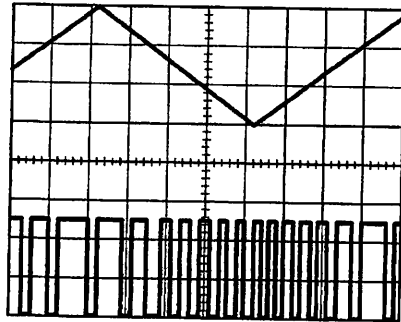
FIGURE 8. Pulse Width Modulator

Applications Information (Continued)



00785113  
 V<sub>CC</sub> = 5V  
 TIME = 0.2 ms/DIV. Bottom Trace: Output Voltage 2V/Div.  
 R<sub>A</sub> = 3.9kΩ  
 R<sub>B</sub> = 3kΩ  
 C = 0.01μF

FIGURE 9. Pulse Width Modulator



00785115  
 V<sub>CC</sub> = 5V  
 TIME = 0.1 ms/DIV. Bottom Trace: Output 2V/Div.  
 R<sub>A</sub> = 3.9kΩ  
 R<sub>B</sub> = 3kΩ  
 C = 0.01μF

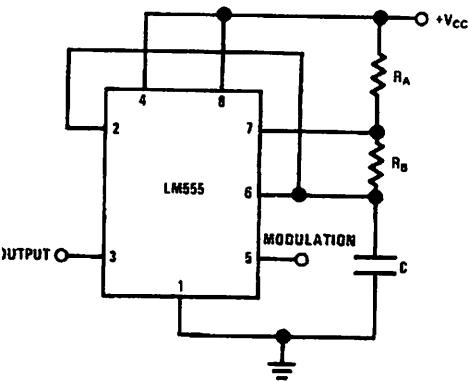
FIGURE 11. Pulse Position Modulator

PULSE POSITION MODULATOR

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

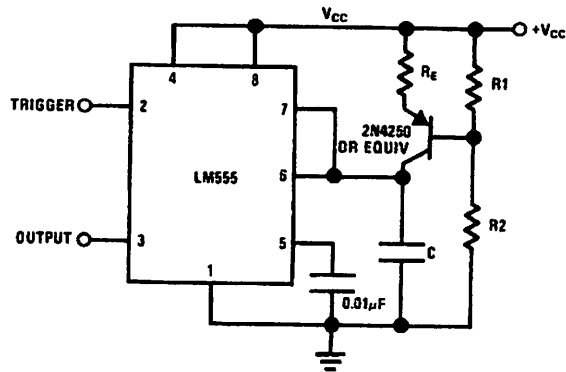
LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R<sub>A</sub>, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.



00785114

FIGURE 10. Pulse Position Modulator



00785118

FIGURE 12.

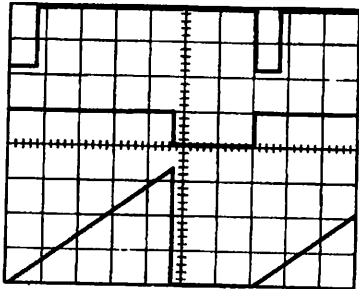
Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

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

$$V_{BE} \cong 0.6V$$

$$V_{BE} = 0.6V$$

## Applications Information (Continued)



00785117

$V_{CC} = 5V$   
 Top Trace: Input 3V/Div.  
 TIME = 20µs/DIV. Middle Trace: Output 5V/Div.  
 $R_1 = 47k\Omega$  Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.  
 $R_2 = 100k\Omega$   
 $R_E = 2.7 k\Omega$   
 $C = 0.01 \mu F$

FIGURE 13. Linear Ramp

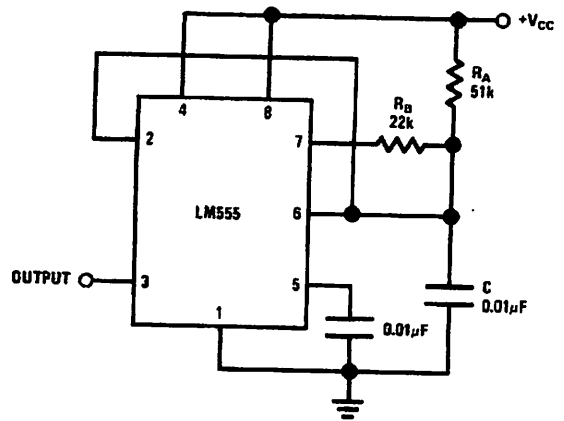
### 50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors  $R_A$  and  $R_B$  may be connected as in Figure 14. The time period for the output high is the same as previous,  $t_1 = 0.693 R_A C$ . For the output low it is  $t_2 =$

$$\left[ \frac{(R_A R_B)}{(R_A + R_B)} \right] C \ln \left[ \frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

Thus the frequency of oscillation is

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2}$$



00785118

FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if  $R_B$  is greater than  $1/2 R_A$  because the junction of  $R_A$  and  $R_B$  cannot bring pin 2 down to  $1/3 V_{CC}$  and trigger the lower comparator.

### ADDITIONAL INFORMATION

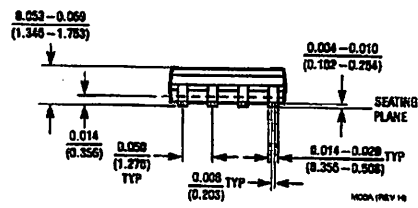
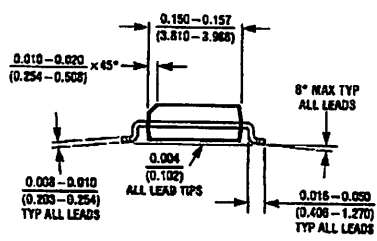
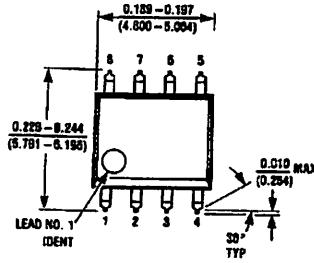
Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is  $0.1\mu F$  in parallel with  $1\mu F$  electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as  $10\mu s$  when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to  $10\mu s$  minimum.

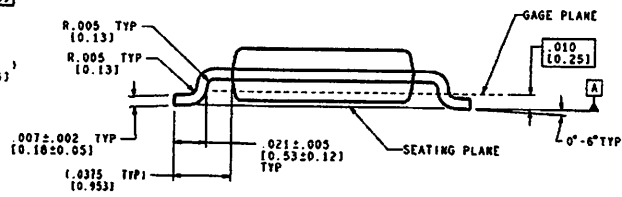
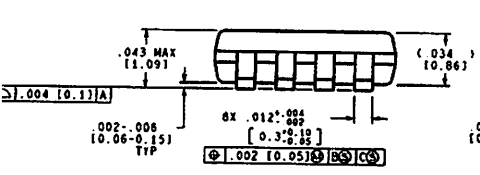
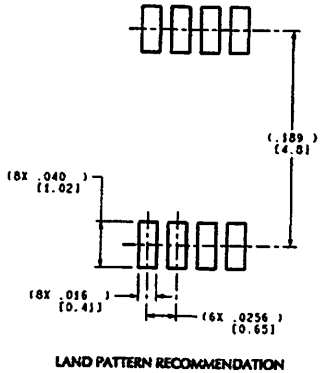
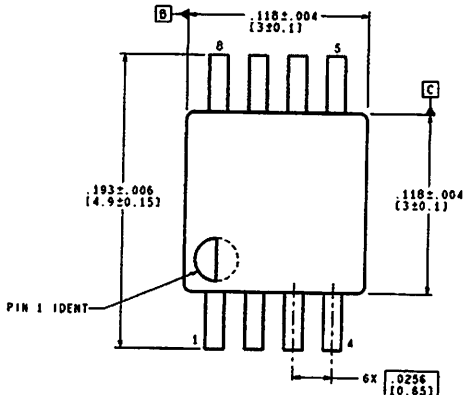
Delay time reset to output is  $0.47\mu s$  typical. Minimum reset pulse width must be  $0.3\mu s$ , typical.

Pin 7 current switches within 30ns of the output (pin 3) voltage.

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



**Small Outline Package (M)  
NS Package Number M08A**

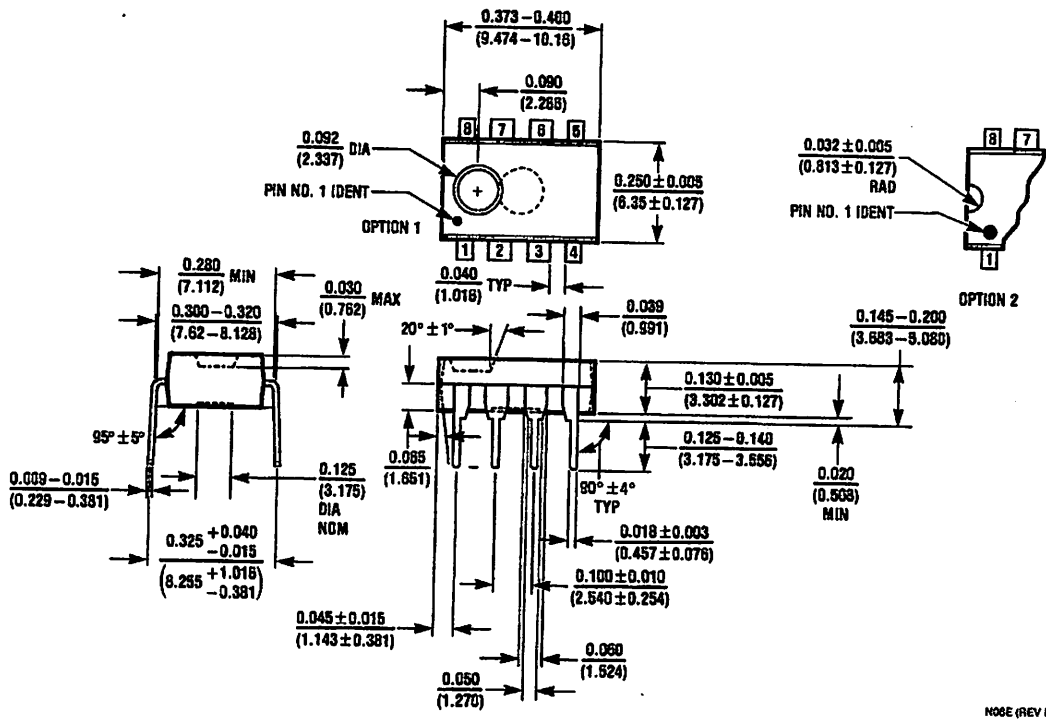


CONTROLLING DIMENSION IS INCH  
VALUES IN [ ] ARE MILLIMETERS

**8-Lead (0.118" Wide) Molded Mini Small Outline Package  
NS Package Number MUA08A**

MUA08A (Rev E)

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



**Molded Dual-In-Line Package (N)  
NS Package Number N08E**

N08E (REV F)

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.  
For the most current product information visit us at [www.national.com](http://www.national.com).

**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.

**BANNED SUBSTANCE COMPLIANCE**

National Semiconductor follows the provisions of the Product Stewardship Guide for Customers (CSP-9-111C2) and Banned Substances and Materials of Interest Specification (CSP-9-111S2) for regulatory environmental compliance. Details may be found at: [www.national.com/quality/green](http://www.national.com/quality/green).

Lead free products are RoHS compliant.

**National Semiconductor**  
Americas Customer Support Center  
Email: [new.feedback@nsc.com](mailto:new.feedback@nsc.com)  
Tel: 1-800-272-9959

**National Semiconductor**  
Europe Customer Support Center  
Fax: +49 (0) 180-530 85 86  
Email: [europe.support@nsc.com](mailto:europe.support@nsc.com)  
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208  
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

**National Semiconductor**  
Asia Pacific Customer Support Center  
Email: [ap.support@nsc.com](mailto:ap.support@nsc.com)

**National Semiconductor**  
Japan Customer Support Center  
Fax: 81-3-5639-7507  
Email: [jpn.feedback@nsc.com](mailto:jpn.feedback@nsc.com)  
Tel: 81-3-5639-7580

# **H2004A**

## **LCD MODULE MANUAL**

**Character 20X4**

### **Contents**

1. Precautions in use of LCD Modules
2. General Specification
3. Absolute Maximum Ratings
4. Electrical Characteristics
5. Optical Characteristics
6. Interface Pin Function
7. Contour Drawing & Block Diagram
8. Function Description
9. Character Generator ROM Pattern
10. Instruction Table
11. Timing Characteristics
12. Backlight Information
13. Initializing of LCM

## **1. Precautions in use of LCD Modules**

- (1) Avoid applying excessive shocks to the module or making any alterations or modifications to it.
- (2) Don't make extra holes on the printed circuit board, modify its shape or change the components of LCD module.
- (3) Don't disassemble the LCM.
- (4) Don't operate it above the absolute maximum rating.
- (5) Don't drop, bend or twist LCM.
- (6) Soldering: only to the I/O terminals.
- (7) Storage: please storage in anti-static electricity container and clean environment.

## **2. General Specification**

Item	Dimension	Unit
Number of Characters	20 characters x 4Lines	-
Module dimension	98.0 x 60.0 x 13.6(MAX)	mm
View area	77.0 x 25.2	mm
Active area	70.4 x 20.8	mm
Dot size	0.55 x 0.55	mm
Dot pitch	0.60 x 0.60	mm
Character size	2.95 x 4.75	mm
Character pitch	3.55 x 5.35	mm
LCD type	STN, Positive	
Duty	1/16	
View direction	6 o'clock	
Backlight Type	LED	

## **3. Absolute Maximum Ratings**

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Operating Temperature	$T_{OP}$	-20	-	+70	-
Storage Temperature	$T_{ST}$	-30	-	+80	-
Input Voltage	$V_I$	$V_{SS}$	-	$V_{DD}$	V
Supply Voltage For Logic	$V_{DD}-V_{SS}$	-0.3	-	7	V
Supply Voltage For LCD	$V_{DD}-V_0$	-0.3	-	13	V

## **1. Precautions in use of LCD Modules**

- (1) Avoid applying excessive shocks to the module or making any alterations or modifications to it.
- (2) Don't make extra holes on the printed circuit board, modify its shape or change the components of LCD module.
- (3) Don't disassemble the LCM.
- (4) Don't operate it above the absolute maximum rating.
- (5) Don't drop, bend or twist LCM.
- (6) Soldering: only to the I/O terminals.
- (7) Storage: please storage in anti-static electricity container and clean environment.

## **2. General Specification**

Item	Dimension	Unit
Number of Characters	20 characters x 4Lines	-
Module dimension	98.0 x 60.0 x 13.6(MAX)	mm
View area	77.0 x 25.2	mm
Active area	70.4 x 20.8	mm
Dot size	0.55 x 0.55	mm
Dot pitch	0.60 x 0.60	mm
Character size	2.95 x 4.75	mm
Character pitch	3.55 x 5.35	mm
LCD type	STN, Positive	
Duty	1/16	
View direction	6 o'clock	
Backlight Type	LED	

## **3. Absolute Maximum Ratings**

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Operating Temperature	$T_{OP}$	-20	-	+70	-
Storage Temperature	$T_{ST}$	-30	-	+80	-
Input Voltage	$V_I$	$V_{SS}$	-	$V_{DD}$	V
Supply Voltage For Logic	$V_{DD}-V_{SS}$	-0.3	-	7	V
Supply Voltage For LCD	$V_{DD}-V_0$	-0.3	-	13	V

## 4. Electrical Characteristics

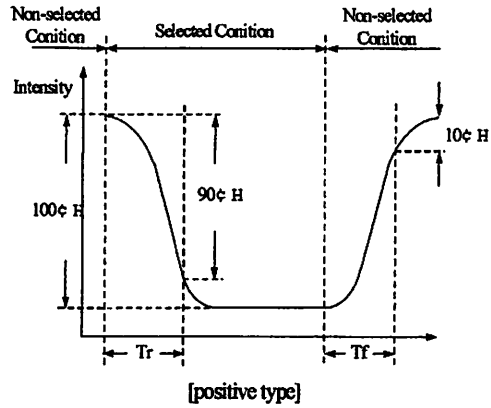
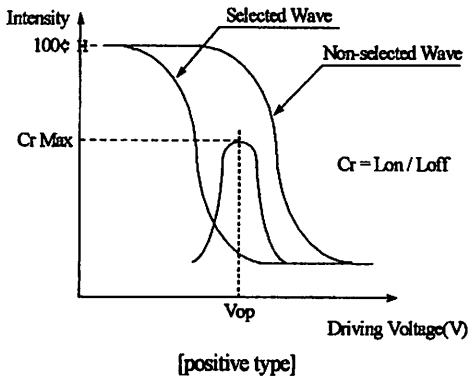
Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage For Logic	$V_{DD}-V_{SS}$	-	4.5	-	5.5	V
Supply Voltage For LCD	$V_{DD}-V_0$	Ta=-20°C	-	-	5.5	V
		Ta=25°C	-	4.5	-	V
		Ta=70°C	3.8	-	-	V
Input High Volt.	$V_{IH}$	-	2.2	-	$V_{DD}$	V
Input Low Volt.	$V_{IL}$	-	-	-	0.6	V
Output High Volt.	$V_{OH}$	-	2.4	-	-	V
Output Low Volt.	$V_{OL}$	-	-	-	0.4	V
Supply Current	$I_{DD}$	$V_{DD}=5V$	-	1.6	-	mA

## 5. Optical Characteristics

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
View Angle	(V) $\theta$	CR $\geq$ 2	10	-	105	deg
	(H) $\varphi$	CR $\geq$ 2	-30	-	30	deg
Contrast Ratio	CR	-	-	3	-	-
Response Time	T rise	-	-	150	200	ms
	T fall	-	-	150	200	ms

**Definition of Operation Voltage (Vop)**

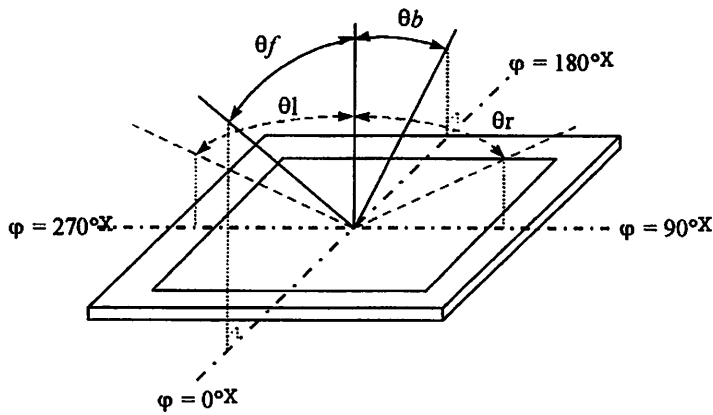
**Definition of Response Time (Tr, Tf)**



**Conditions :**

- Operating Voltage : Vop      Viewing Angle( $\theta$ ) :  $0^\circ$
- Frame Frequency : 64 HZ      Driving Waveform : 1/N duty , 1/a bias

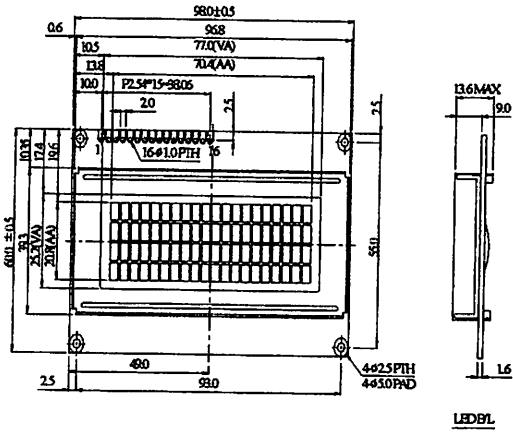
**Definition of viewing angle(CR $\geq$ 2)**



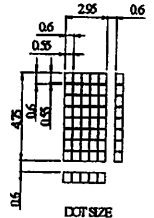
## **6. Interface Pin Function**

<b>Pin No.</b>	<b>Symbol</b>	<b>Level</b>	<b>Description</b>
1	V <sub>SS</sub>	0V	Ground
2	V <sub>DD</sub>	5.0V	Supply Voltage for logic
3	VO	(Variable)	Operating voltage for LCD
4	RS	H/L	H: DATA, L: Instruction code
5	R/W	H/L	H: Read(MPU→Module) L: Write(MPU→Module)
6	E	H,H→L	Chip enable signal
7	DB0	H/L	Data bit 0
8	DB1	H/L	Data bit 1
9	DB2	H/L	Data bit 2
10	DB3	H/L	Data bit 3
11	DB4	H/L	Data bit 4
12	DB5	H/L	Data bit 5
13	DB6	H/L	Data bit 6
14	DB7	H/L	Data bit 7
15	A	4.2V-4.6V	LED +
16	K	0V	LED -

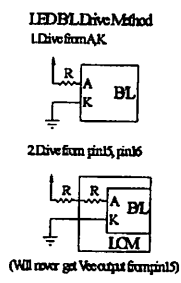
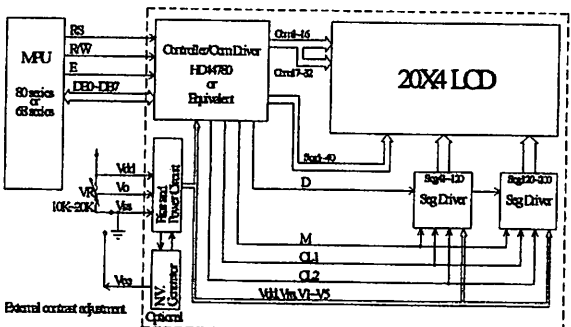
# 7. Contour Drawing & Block Diagram



FR.NO	SYMBOL
1	Vss
2	Vdd
3	V0
4	RS
5	R/W
6	E
7	DE0
8	DB1
9	DE2
10	DB3
11	DB4
12	DB5
13	DB6
14	DB7
15	A
16	K



The non-specified tolerance of dimension is ±0.3mm



Character located	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
DDRAM address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53
DDRAM address	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27
DDRAM address	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67

## 8. Function Description

The LCD display Module is built in a LSI controller, the controller has two 8-bit registers, an instruction register (IR) and a data register (DR).

The IR stores instruction codes, such as display clear and cursor shift, and address information for display data RAM (DDRAM) and character generator (CGRAM). The IR can only be written from the MPU. The DR temporarily stores data to be written or read from DDRAM or CGRAM. When address information is written into the IR, then data is stored into the DR from DDRAM or CGRAM. By the register selector (RS) signal, these two registers can be selected.

RS	R/W	Operation
0	0	IR write as an internal operation (display clear, etc.)
0	1	Read busy flag (DB7) and address counter (DB0 to DB7)
1	0	Write data to DDRAM or CGRAM (DR to DDRAM or CGRAM)
1	1	Read data from DDRAM or CGRAM (DDRAM or CGRAM to DR)

### Busy Flag (BF)

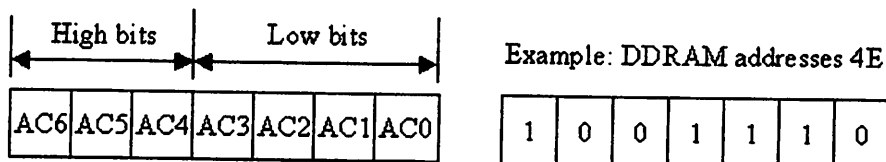
When the busy flag is 1, the controller LSI is in the internal operation mode, and the next instruction will not be accepted. When RS=0 and R/W=1, the busy flag is output to DB7. The next instruction must be written after ensuring that the busy flag is 0.

### Address Counter (AC)

The address counter (AC) assigns addresses to both DDRAM and CGRAM

### Display Data RAM (DDRAM)

This DDRAM is used to store the display data represented in 8-bit character codes. Its extended capacity is 80x8 bits or 80 characters. Below figure is the relationships between DDRAM addresses and positions on the liquid crystal display.



Display position DDRAM address

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

2-Line by 16-Character Display

**Character Generator ROM (CGROM)**

The CGROM generate 5x8 dot or 5x10 dot character patterns from 8-bit character codes. See Table 2.

**Character Generator RAM (CGRAM)**

In CGRAM, the user can rewrite character by program. For 5x8 dots, eight character patterns can be written, and for 5x10 dots, four character patterns can be written.

Write into DDRAM the character code at the addresses shown as the left column of table 1. To show the character patterns stored in CGRAM.

# Relationship between CGRAM Addresses, Character Codes (DDRAM) and Character patterns

**Table 1.**

For 5 \* 8 dot character patterns

Character Codes (DDRAM data)		CGRAM Address		Character Patterns (CGRAM data)		
7 6 5 4 3 2 1 0		5 4 3 2 1 0		7 6 5 4 3 2 1 0		
High	Low	High	Low	High	Low	
0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0	0 0 0	* * *	0 0 0	Character pattern(1)
			0 0 1	* * *	0 0 0	
			0 1 0	* * *	0 0 0	
			0 1 1	* * *	0	
			1 0 0	* * *	0 0 0	
			1 0 1	* * *	0 0 0	
			1 1 0	* * *	0 0 0	
			1 1 1	* * *	0 0 0 0 0	
			0 0 0	* * *	0 0 0 0	
			0 0 1	* * *	0 0 0 0	
0 0 0 0 * 0 0 1	0 0 0 0 * 0 0 1	0 0 1	0 1 1	* * *	0 0 0 0 0	Character pattern(2)
			1 0 0	* * *	0 0 0 0 0	
			1 0 1	* * *	0 0 0 0 0	
			1 1 0	* * *	0 0 0 0 0	
			1 1 1	* * *	0 0 0 0 0	
			0 0 0	* * *	0 0 0 0 0	
			0 0 1	* * *	0 0 0 0 0	
			0 1 0	* * *	0 0 0 0 0	
			0 1 1	* * *	0 0 0 0 0	
			1 0 0	* * *	0 0 0 0 0	
0 0 0 0 * 1 1 1	0 0 0 0 * 1 1 1	1 1 1	1 0 0	* * *		Cursor pattern
			1 0 1			
			1 1 0			
			1 1 1			

For 5 \* 10 dot character patterns

Character Codes (DDRAM data)		CGRAM Address		Character Patterns (CGRAM data)		
7 6 5 4 3 2 1 0		5 4 3 2 1 0		7 6 5 4 3 2 1 0		
High	Low	High	Low	High	Low	
0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 0 * 0 0 0	0 0	0 0 0 0	* * *	0 0 0 0 0	Character pattern
			0 0 0 1	* * *	0 0 0 0 0	
			0 0 1 0	* * *	0 0 0 0 0	
			0 0 1 1	* * *	0 0 0 0 0	
			0 1 0 0	* * *	0 0 0 0 0	
			0 1 0 1	* * *	0 0 0 0 0	
			0 1 1 0	* * *	0 0 0 0 0	
			0 1 1 1	* * *	0 0 0 0 0	
			1 0 0 0	* * *	0 0 0 0 0	
			1 0 0 1	* * *	0 0 0 0 0	
1 0 1 0	1 0 1 0	1 0 1 0	1 0 1 0	* * *	0 0 0 0 0	Cursor pattern
			1 1 1 1	* * *	* * * * *	

■ : " High "

# 9. Character Generator ROM Pattern

Table.2

Upper 4 bit Lower 4 bit	LLLL	LLLH	LLHL	LLHH	LHLL	LHLH	LHHL	LHHH	HLLL	HLLH	HLHL	HLHH	HHLL	HHLH	HHHL	HHHH
LLLL	CG RAM (1)			0	1	2	3	4				5	6	7	8	9
LLLH	(2)	.	;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
LLHL	(3)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
LLHH	(4)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
LHLL	(5)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
LHLH	(6)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
LHHL	(7)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
LHHH	(8)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
HLLL	(1)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
HLLH	(2)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
HLHL	(3)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
HLHH	(4)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
HHLL	(5)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
HHLH	(6)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
HHHL	(7)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;
HHHH	(8)		;	;	;	;	;	;			;	;	;	;	;	;

# 10. Instruction Table

Instruction	Instruction Code										Description	Execution time (fosc=270KHz)	
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0			
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Write "00H" to DDRAM and set DDRAM address to "00H" from AC	1.53ms	
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Set DDRAM address to "00H" from AC and return cursor to its original position if shifted. The contents of DDRAM are not changed.	1.53ms	
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	SH	Assign cursor moving direction and enable the shift of entire display.	39 μs
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Set display (D), cursor (C), and blinking of cursor (B) on/off control bit.	39 μs
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	-	-	-	Set cursor moving and display shift control bit, and the direction, without changing of DDRAM data.	39 μs
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	-	-	-	Set interface data length (DL:8-bit/4-bit), numbers of display line (N:2-line/1-line)and, display font type (F:5x11 dots/5x8 dots)	39 μs
Set CGRAM Address	0	0	0	1	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set CGRAM address in address counter.	39 μs	
Set DDRAM Address	0	0	1	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set DDRAM address in address counter.	39 μs	
Read Busy Flag and Address	0	1	BF	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Whether during internal operation or not can be known by reading BF. The contents of address counter can also be read.	0 μs	
Write Data to RAM	1	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Write data into internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43 μs	
Read Data from RAM	1	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Read data from internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43 μs	

I/D = 1 : Increment

C = 1 : Cursor ON

R/L = 1 : Right Shift

F = 0 : 5x7 Dots

I/D = 0 : Decrement

C = 0 : Cursor OFF

R/L = 0 : Left Shift

F = 1 : 5x10 Dots

S = 1 : Display shift

B = 1 : Blink ON

DL = 1 : 8 Bits

BF = 1 : Busy

S = 0 : No display shift

B = 0 : Blink OFF

DL = 0 : 4 Bits

BF = 0 : Can Accept Data

D = 1 : Display ON

S/C = 1 : Display Shift

N = 1 : 2 Lines

ACG : CG RAM Address

D = 0 : Display OFF

S/C = 0 : Cursor Move

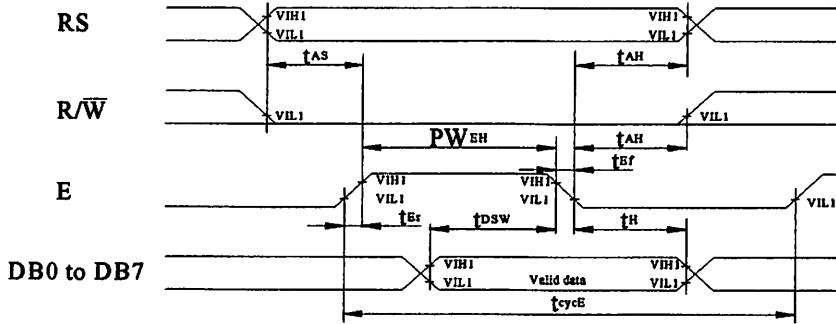
N = 0 : 1 Line

ADD : DD RAM Address

\* : don't care

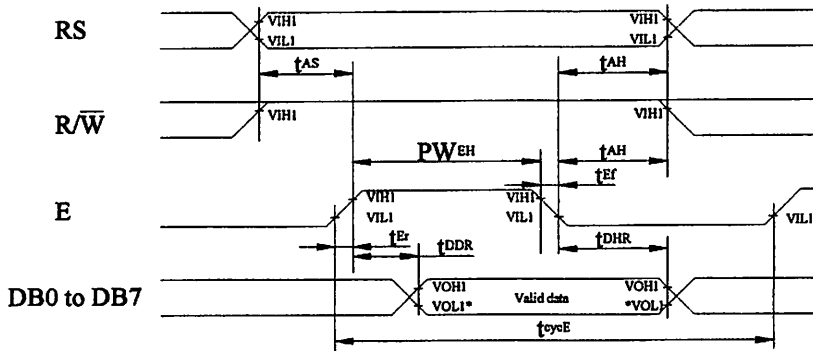
# 11. Timing Characteristics

## 11.1 Write Operation



$T_a=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD}=5.0\pm 0.5\text{V}$

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Enable cycle time	$t_{cyE}$	400	-	-	ns
Enable pulse width (high level)	$PW_{EH}$	150	-	-	ns
Enable rise/fall time	$t_{Er}, t_{Ef}$	-	-	25	ns
Address set-up time (RS, R/W to E)	$t_{AS}$	30	-	-	ns
Address hold time	$t_{AH}$	10	-	-	ns
Data set-up time	$t_{DSW}$	40	-	-	ns
Data hold time	$t_H$	10	-	-	ns



NOTE: \*VOL1 is assumed to be 0.8V at 2 MHz operation.

## 11.2 Read Operation

Ta=25°C, VDD=5.0± 0.5V

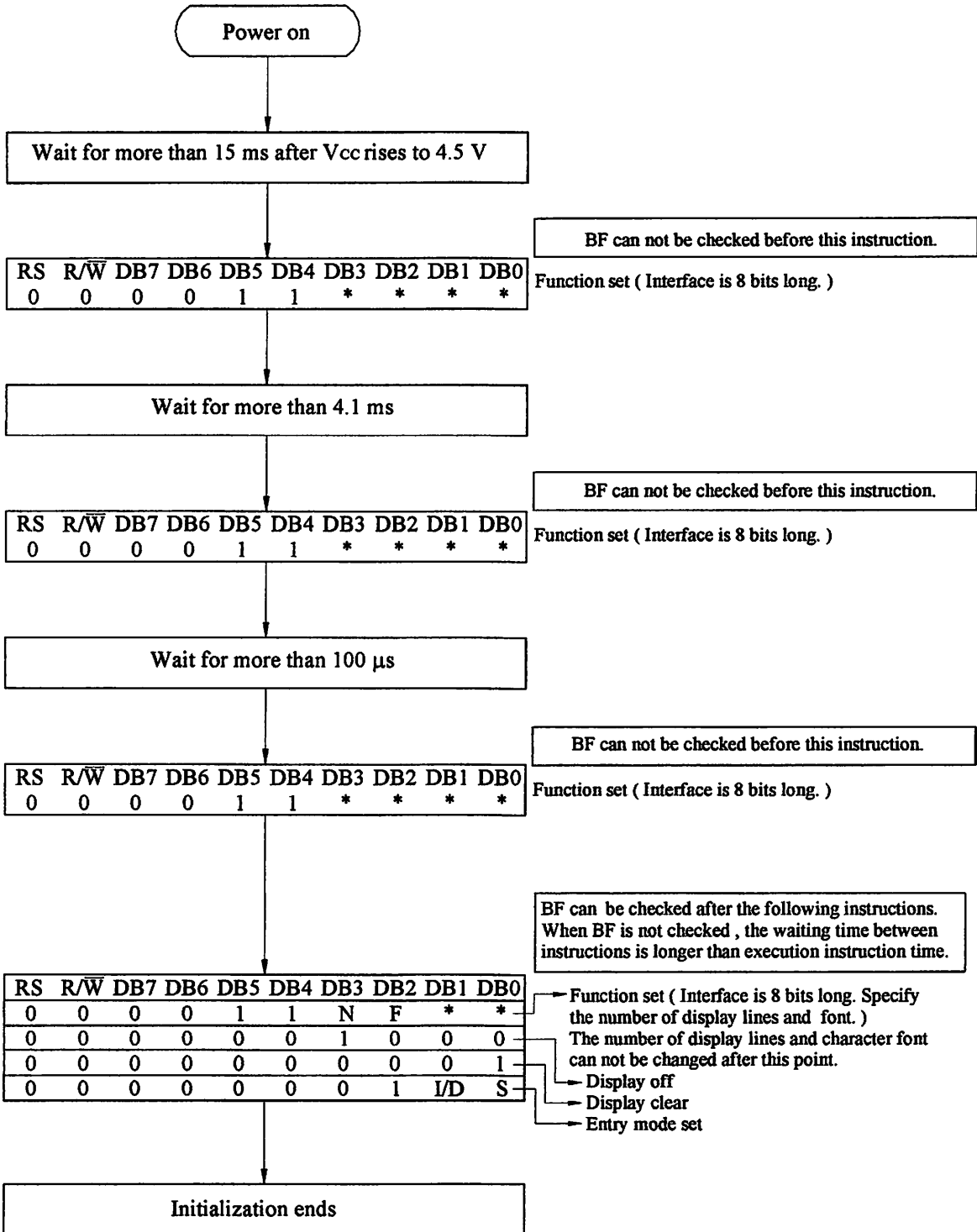
Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Enable cycle time	$t_{cycE}$	400	-	-	ns
Enable pulse width (high level)	$PW_{EH}$	150	-	-	ns
Enable rise/fall time	$t_{Er}, t_{Ef}$	-	-	25	ns
Address set-up time (RS, R/W to E)	$t_{AS}$	30	-	-	ns
Address hold time	$t_{AH}$	10	-	-	ns
Data delay time	$t_{DDR}$	-	-	100	ns
Data hold time	$t_{DHR}$	20	-	-	ns

## **12. Backlight Information**

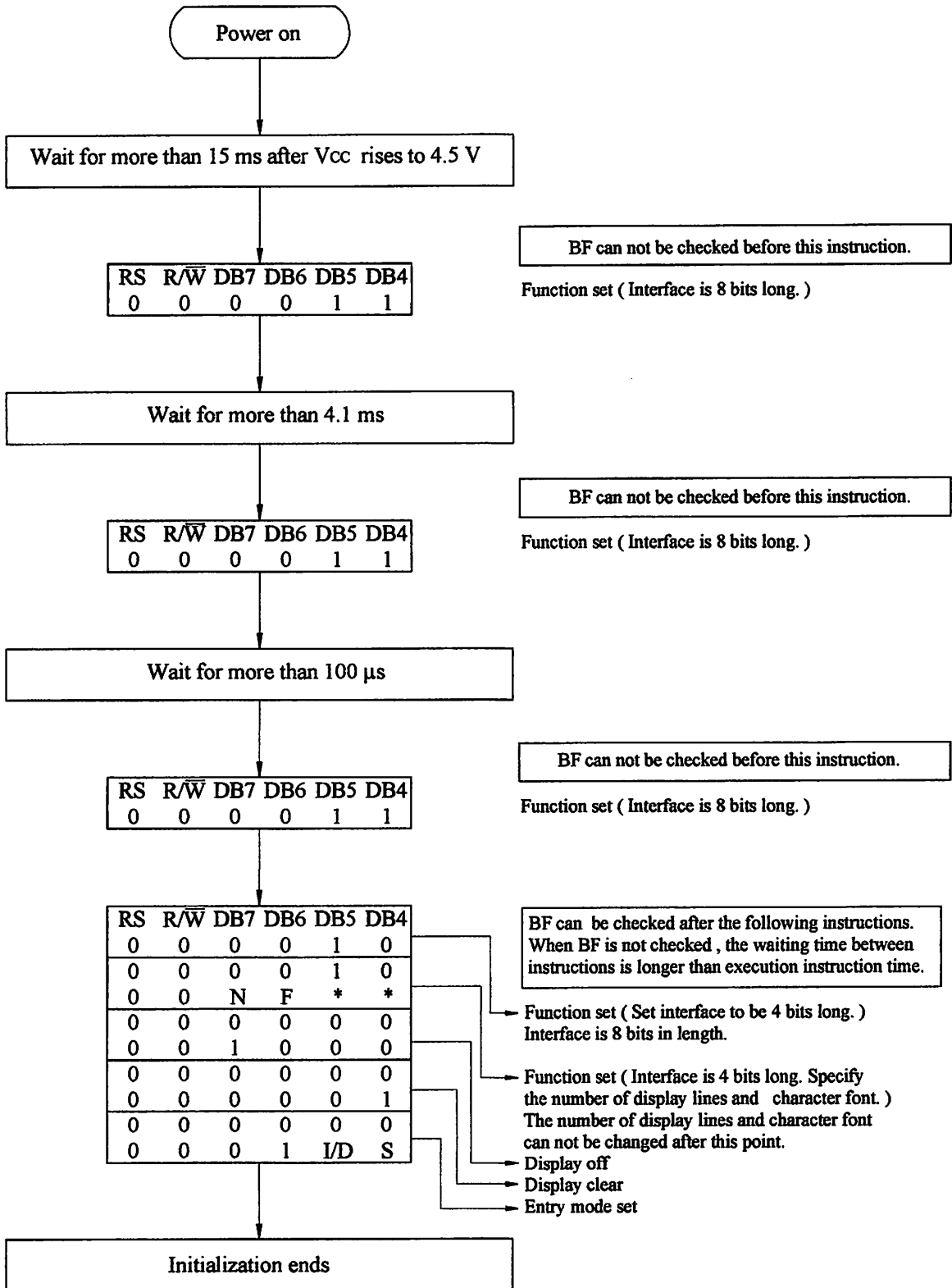
### **Specification**

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNIT	TEST CONDITION
Supply Current	I <sub>LED</sub>	—	280	560	mA	V=4.2V
Supply Voltage	V	-	4.2	4.6	V	-
Reverse Voltage	V <sub>R</sub>	-	-	10	V	-
Luminous Intensity	I <sub>V</sub>	-	180	-	CD/M <sup>2</sup>	I <sub>LED</sub> =280mA
Wave Length	λ <sub>p</sub>	—	570	-	nm	I <sub>LED</sub> =280mA
Life Time	-	-	100000	-	Hr.	V ≤ 4.6V

# 13. Initializing of LCM



8-Bit Ineterface



4-Bit Ineterface

## Features

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

## Description

The AT89S52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industrial 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program 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 single chip, the Atmel AT89S52 is a powerful microcontroller which provides a flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of internal RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and logic for parallel I/O. In addition, the AT89S52 is designed with static logic for operation at 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 system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM content, freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or reset.



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

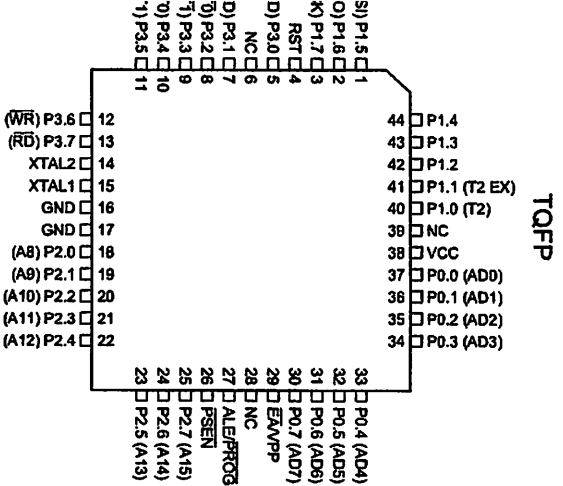
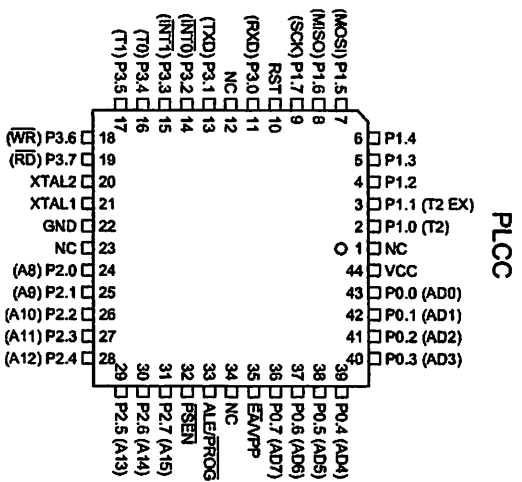
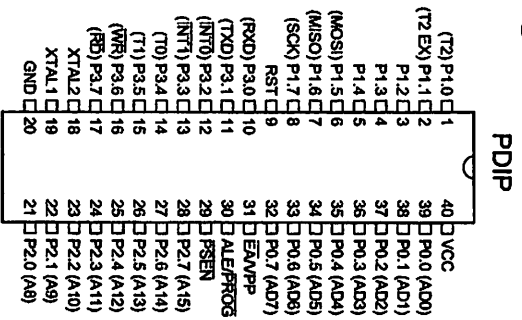
### AT89S52

Rev. 1919A-07/01



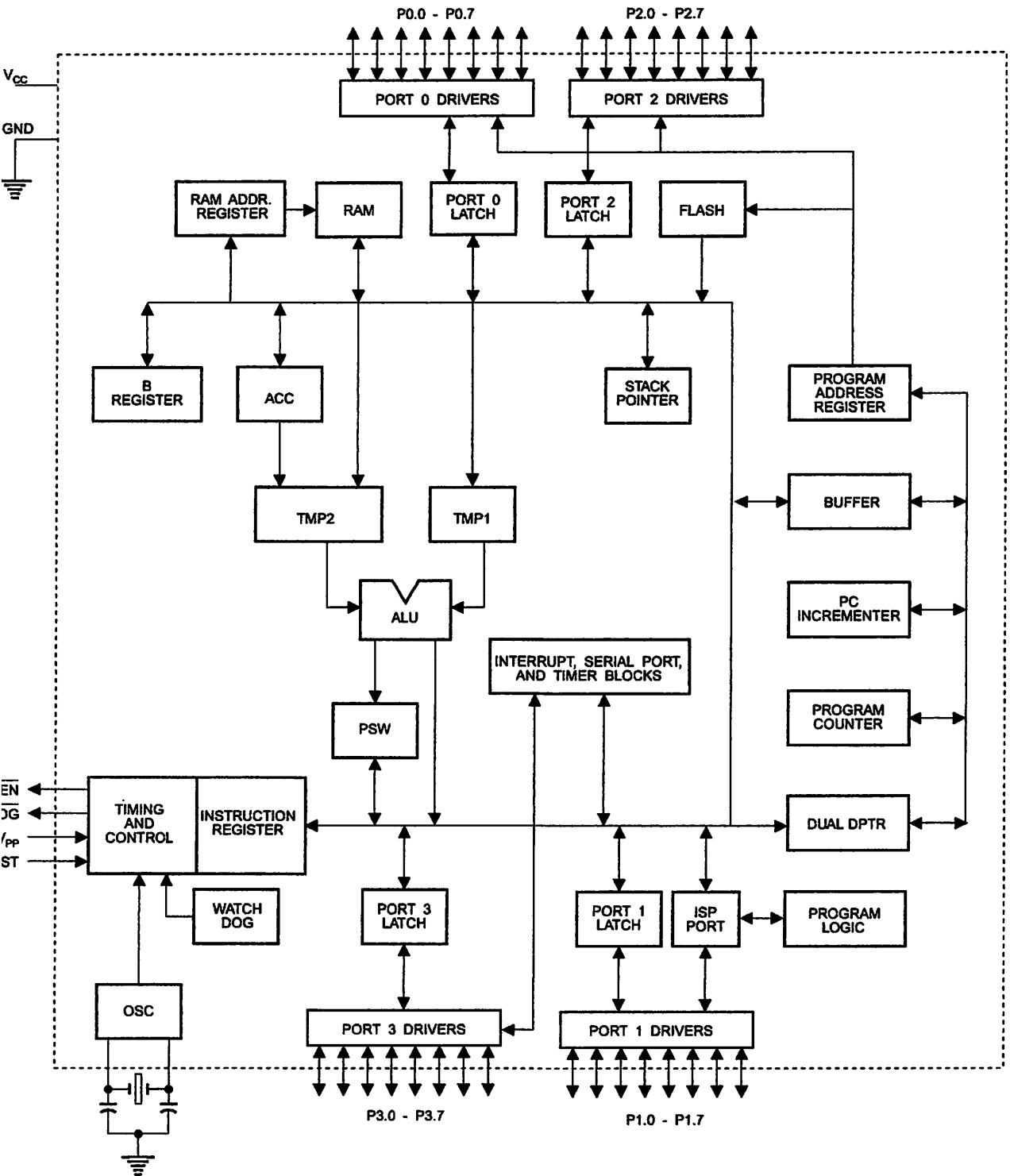


# Configurations



**AT89S52**

## Block Diagram





## Description

voltage.

d.

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

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

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

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

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

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

Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.2	MOSI (used for In-System Programming)
P1.3	MISO (used for In-System Programming)
P1.4	SCK (used for In-System Programming)

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

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to

external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

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

### Port 3

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

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

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

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

### RST

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

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

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

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

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

# AT89S52

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

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

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

**P** Parallel Access Enable.  $\overline{\text{EA}}$  must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH.

Note, however, that if lock bit 1 is programmed,  $\overline{\text{EA}}$  will be internally latched on reset.

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

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

## XTAL1

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

## XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

## 1. AT89S52 SFR Map and Reset Values

								0FFH
B 00000000								0F7H
								0EFH
ACC 00000000								0E7H
								0DFH
PSW 00000000								0D7H
T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
								0C7H
IP XX000000								0BFH
P3 11111111								0B7H
IE 0X000000								0AFH
P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0					WDTRST XXXXXXXXX	0A7H
SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXXX							9FH
P1 11111111								97H
TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XX00XX0		8FH
P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XXX0000	87H





## Special Function Registers

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

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 0 data, and write accesses will have an indeterminate effect.

Software should not write 1s to these unlisted locations since they may be used in future products to invoke

new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

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

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

### 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H		Reset Value = 0000 0000B						
Bit Addressable								
Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T $\bar{2}$	CP/RL $\bar{2}$
	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit	Function							
7	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.							
6	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).							
5	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.							
4	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.							
3	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.							
2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.							
1	Timer or counter select for Timer 2. C/T $\bar{2}$ = 0 for timer function. C/T $\bar{2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).							
0	Capture/Reload select. CP/RL $\bar{2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL $\bar{2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.							

### 3a. AUXR: Auxiliary Register

Address = 8EH

Reset Value = XXX00XX0B

Not Bit Addressable

	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Reserved for future expansion

**DISALE** Disable/Enable ALE

**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

**Operating Mode**

0 Reset pin is driven High after WDT times out

1 Reset pin is input only

**WDIDLE** Disable/Enable WDT in IDLE mode

**Operating Mode**

0 WDT continues to count in IDLE mode

1 WDT halts counting in IDLE mode

**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 addresses 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. 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.

### 3b. AUXR1: Auxiliary Register 1

Address = A2H

Reset Value = XXXXXXX0B

Not Bit Addressable

	-	-	-	-	-	-	-	DPS
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Reserved for future expansion

**DPS** Data Pointer Register Select

**Operating Mode**

0 Selects DPTR Registers DP0L, DP0H

1 Selects DPTR Registers DP1L, DP1H





## Memory Organization

AT89S52 devices have a separate address space for Program and Data Memory. Up to 64K bytes each of external Program and Data Memory can be addressed.

### Program Memory

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

For AT89S52, if  $\overline{EA}$  is connected to  $V_{CC}$ , program fetches to addresses 0000H through 1FFFH are directed to on-chip memory and fetches to addresses 2000H through 7FFFH are directed to external memory.

### Data Memory

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

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

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

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

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

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

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

## Watchdog Timer (Time Enabled with Reset-out)

The WDT is intended as a recovery method in situations where the CPU may be subjected to software upsets. The WDT consists of a 13-bit counter and the Watchdog Timer (WDTRST) SFR. The WDT is defaulted to disable 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 oscillator frequency. There is no way to disable the WDT through reset (either hardware reset or WDT overflow reset). When WDT overflows, it will drive an output pin HIGH pulse at the RST pin.

## Using the WDT

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). Once the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 13-bit counter overflows when it reaches 8191 machine cycles, and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least every 8191 machine cycles. To reset the WDT, the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When WDT overflows, it will generate an active-low RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse width is  $96 \times T_{OSC}$ , where  $T_{OSC} = 1/F_{OSC}$ . To make the most use of the WDT, it should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the required time to prevent a WDT reset.

## WDT Operation During Power-down and Idle

When the device enters 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 an activated external interrupt which is enabled prior to entering Power-down mode. When Power-down is exited through hardware reset, servicing the WDT should occur as it normally does whenever the AT89S52 is reset. Exiting Power-down with an interrupt is significantly different. The RST pin 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, the interrupt pin is held low, the WDT is not started, and the interrupt is pulled high. It is suggested that the user reset during the interrupt service for the interrupt to exit Power-down mode.

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

Before going into the IDLE mode, the WDIDLE bit in SFR AUXR is used to determine whether the WDT continues to count if enabled. The WDT keeps counting during IDLE (WDIDLE bit = 0) as the default state. To prevent the WDT from resetting the AT89S52 while in IDLE mode, the user should always set up a timer that will periodically exit IDLE, service the WDT, and reenter IDLE mode.

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

## UART

The UART in the AT89S52 operates the same way as the UART in the AT89C51 and AT89C52. For further information on the UART operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

## Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51 and AT89C52. For further information on the timers' operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

## Timer 2

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

Table 3. Timer 2 Operating Modes

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



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

### Capture Mode

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

### 5. Timer in Capture Mode

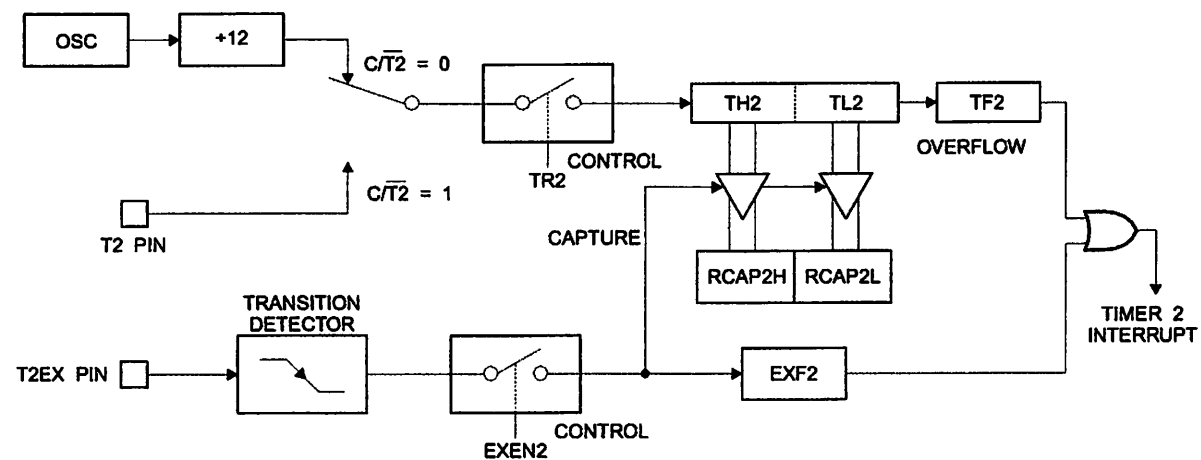


Figure 6 shows Timer 2 automatically counting up when EXEN2 = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0xFFFF and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H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

The DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, depending on the value of the T2EX pin controls

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

### Auto-reload (Up or Down Counter)

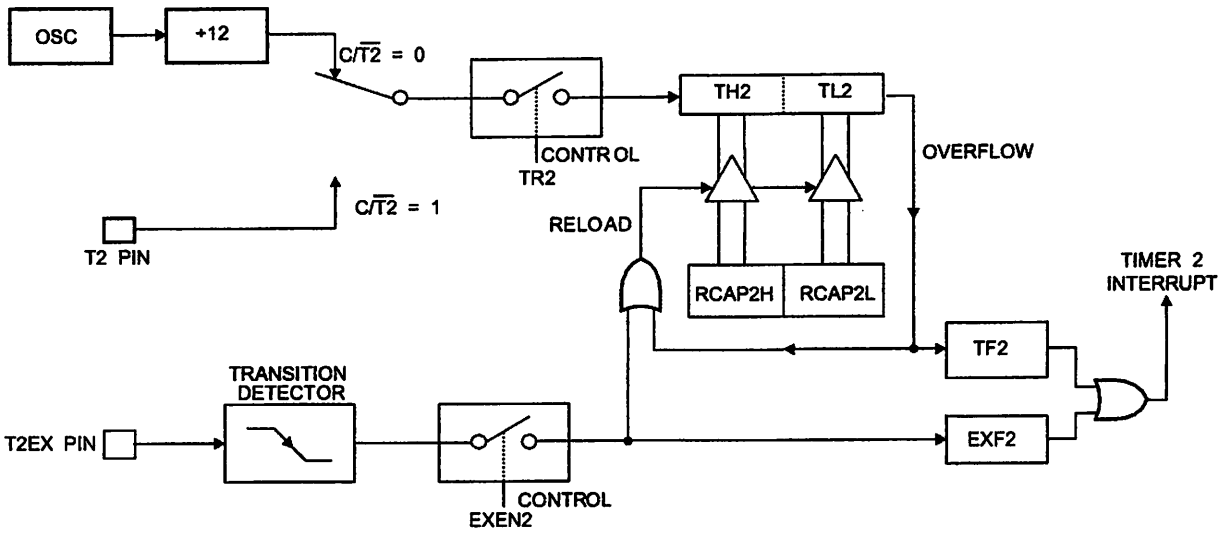
Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2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

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

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

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

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

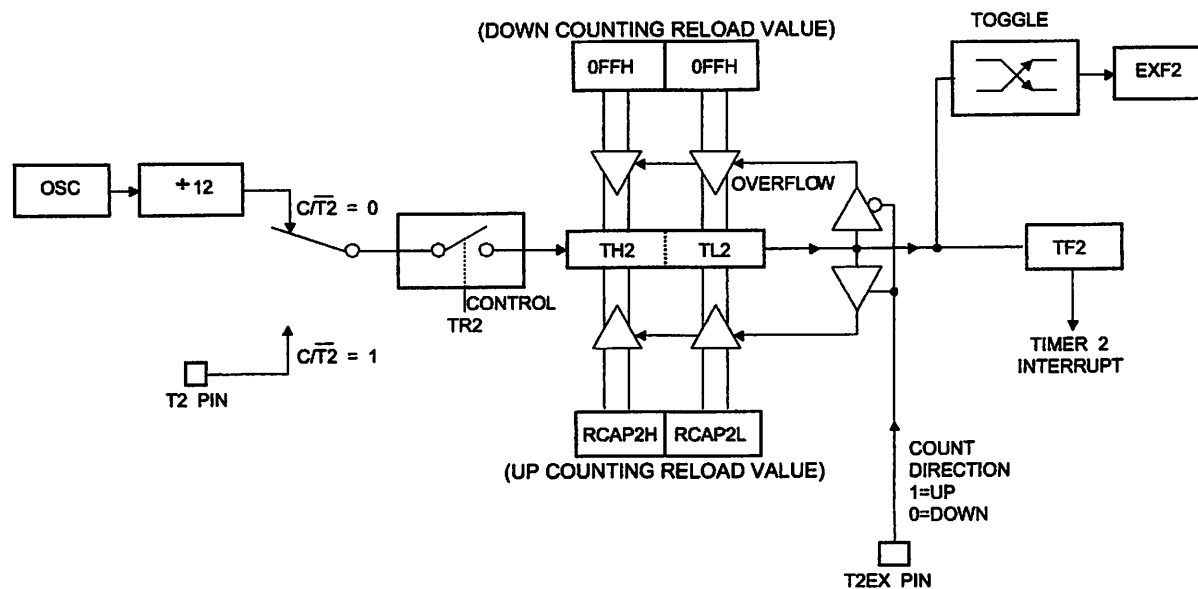


## 4. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

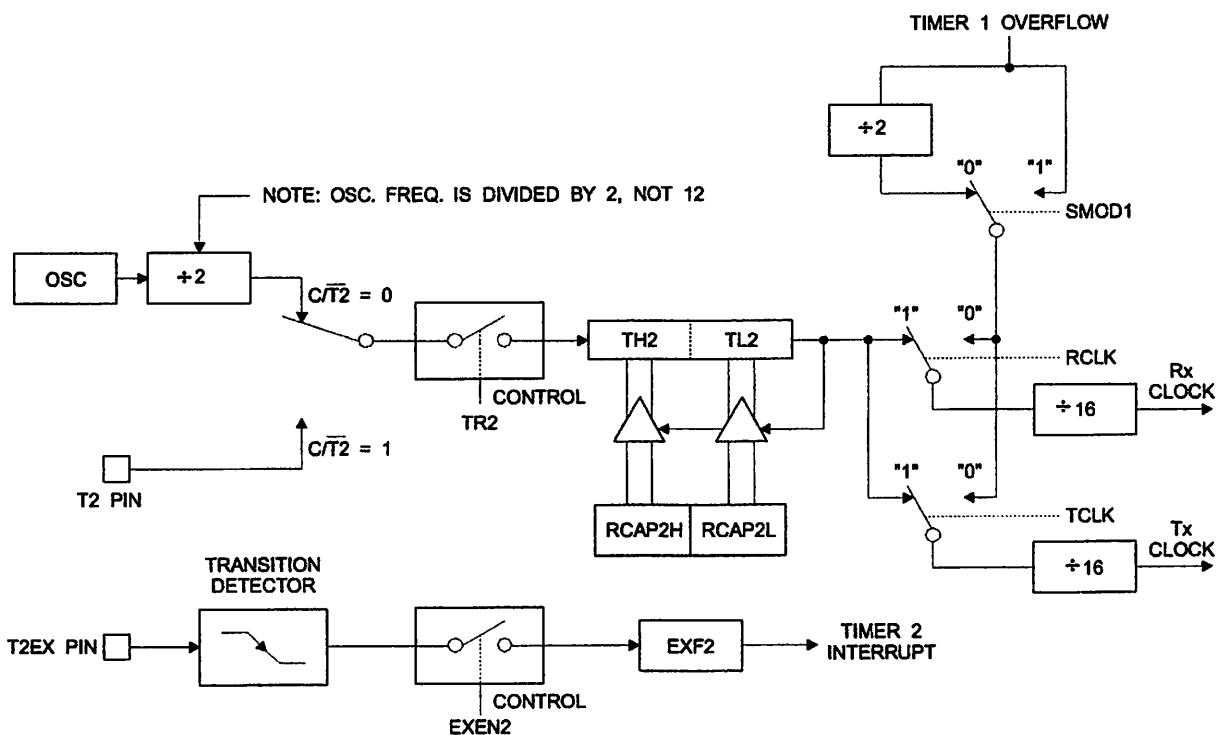
T2MOD Address = 0C9H							Reset Value = XXXX XX00B	
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN

Bit	Function
7	Not implemented, reserved for future
6	Timer 2 Output Enable bit
5	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter

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



### 8. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



## Baud Rate Generator

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

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

Baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2 overflow rate according to the following equation.

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

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

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

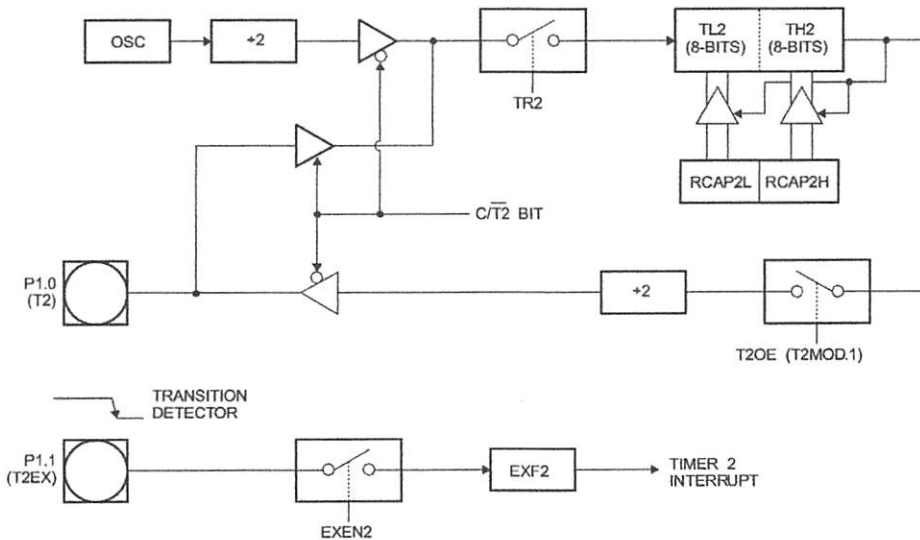
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - \text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]}$$

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

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

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

### 9. Timer 2 in Clock-Out Mode





## Programmable Clock Out

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

Configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit T2CON.1 must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer. The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

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

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

## Interrupts

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

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register 3 (SFR3). IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

As Table 5 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89S52, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

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

Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at the end of the cycle in which the timers overflow. The values are polled by the circuitry in the next cycle. However, the timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the next cycle in which the timer overflows.

Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

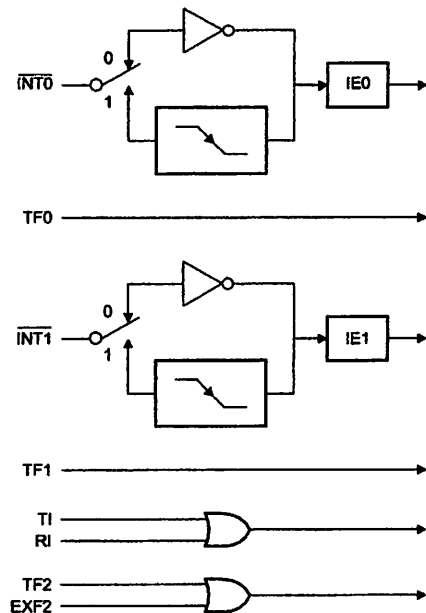
(MSB)								(LSB)
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
Enable Bit = 1 enables the interrupt.								
Enable Bit = 0 disables the interrupt.								

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
-	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.

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

Figure 10. Interrupt Sources



## Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 11. Either a quartz or ceramic resonator may be used. To drive the oscillator from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 12. There are no requirements on the duty cycle of the external signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

## Idle Mode

In Idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by the IDLE instruction. 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.

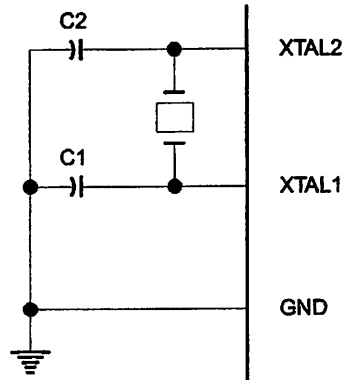
When Idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution where it left off, up to two machine cycles before the full reset algorithm takes control. On-chip hardware access to internal RAM in this event, but access to I/O pins is not inhibited. To eliminate the possibility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

## Power-down Mode

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

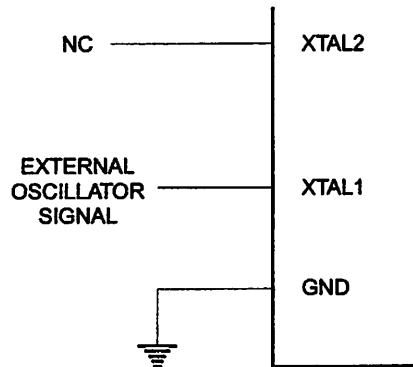
active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

**Figure 11. Oscillator Connections**



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

**Figure 12. External Clock Drive Configuration**



**Table 3. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes**

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



## Flash Memory Lock Bits

The AT89S52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the addresses listed in the following table.

### Lock Bit Protection Modes

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

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

## Programming the Flash – Parallel Mode

The AT89S52 is shipped with the on-chip Flash memory ready to be programmed. The programming interface consists of a high-voltage (12-volt) program enable signal and is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89S52 code memory array is programmed byte-by-byte.

**Programming Algorithm:** Before programming the AT89S52, the address, data, and control signals should be set according to the Flash programming mode table and pins 13 and 14. To program the AT89S52, take the following steps:

1. Set the desired memory location on the address lines.

2. Set the appropriate data byte on the data lines.

3. Activate the correct combination of control signals.

4. Raise EA/V<sub>PP</sub> to 12V.

5. Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 50 μs.

Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

**Data Polling:** The AT89S52 features Data Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

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

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

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

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel

(100H) = 52H indicates 89S52

(200H) = 06H

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

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

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

## Programming the Flash – Serial Mode

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

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

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

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

## Programming Algorithm

Program and verify the AT89S52 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

Power-up sequence:

Apply power between VCC and GND pins.

Set RST pin to "H".

If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.

Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.

The Code array is programmed one byte at a time by supplying the address and data together with the

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

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

Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to "L".

Turn  $V_{CC}$  power off.

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

## Serial Programming Instruction Set

The Instruction Set for Serial Programming follows a 4-byte protocol and is shown in Table 10.



## Programming Interface – Parallel Mode

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

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

### Flash Programming Modes

	V <sub>CC</sub>	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V <sub>PP</sub>	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.4-0	P1.7-0
												Address	
Code Data	5V	H	L		12V	L	H	H	H	H	D <sub>IN</sub>	A12-8	A7-0
Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D <sub>OUT</sub>	A12-8	A7-0
Lock Bit 1	5V	H	L		12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Lock Bit 2	5V	H	L		12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Lock Bit 3	5V	H	L		12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Lock Bits	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Erase	5V	H	L		12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	X 0000	00H
Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	52H	X 0001	00H
Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	X 0010	00H

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

### 13. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

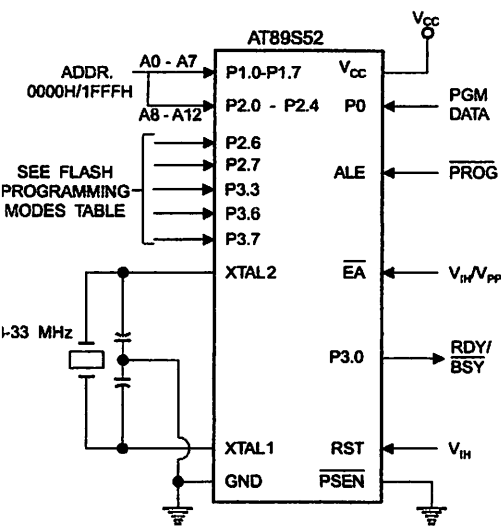
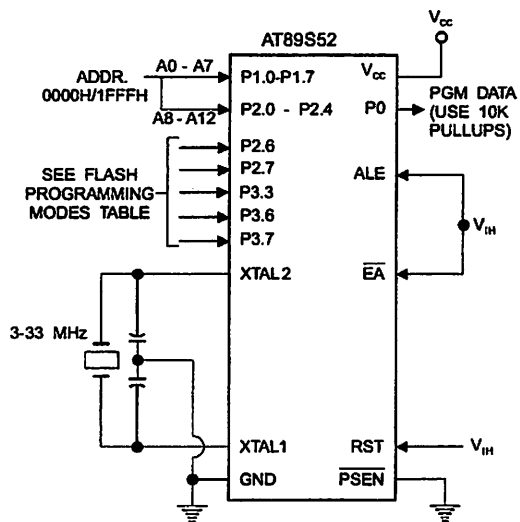


Figure 14. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



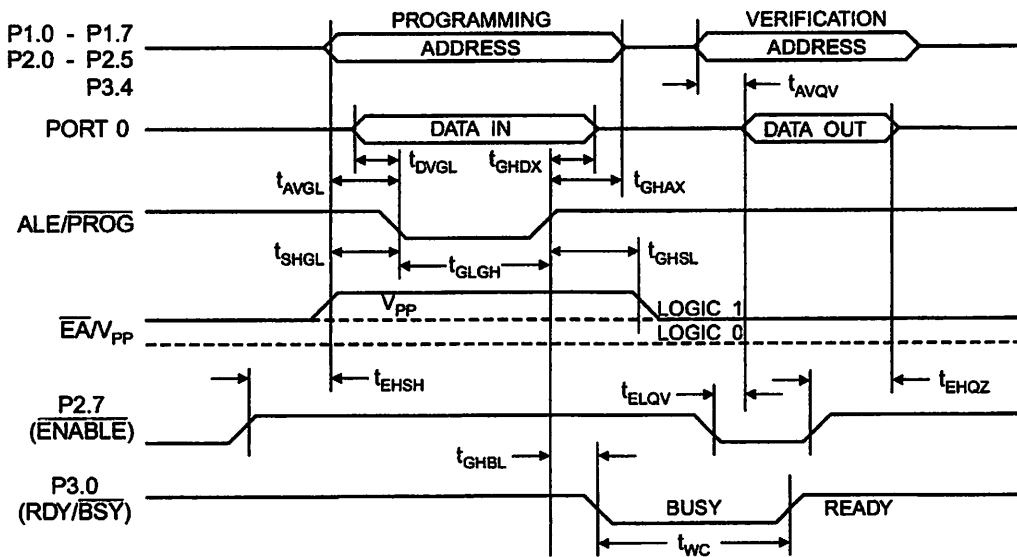
**AT89S52**

## Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

0°C to 30°C, V<sub>CC</sub> = 4.5 to 5.5V

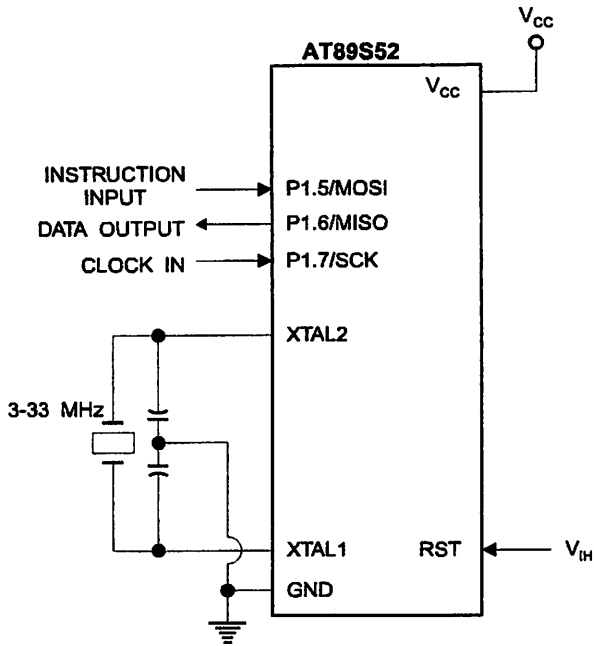
Parameter	Min	Max	Units
Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
Programming Supply Current		10	mA
V <sub>CC</sub> Supply Current		30	mA
Oscillator Frequency	3	33	MHz
Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{\text{CLCL}}$		
Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{\text{CLCL}}$		
Data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

### 15. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode



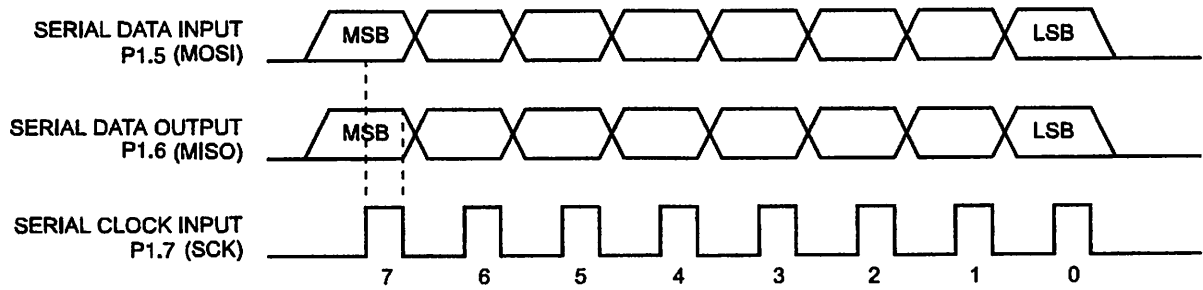


## 16. Flash Memory Serial Downloading



## 17. Serial Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

### 17. Serial Programming Waveforms



## 9. Serial Programming Instruction Set

Action	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Program Memory (Mode)	0010 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Read data from Program memory in the byte mode
Program Memory (Mode)	0100 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Write data to Program memory in the byte mode
Lock Bits <sup>(2)</sup>	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx LB3 LB2 LB1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a '1')
Signature Bytes <sup>(1)</sup>	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1 A0	xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Program Memory (Mode)	0011 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Program Memory (Mode)	0101 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

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

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

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

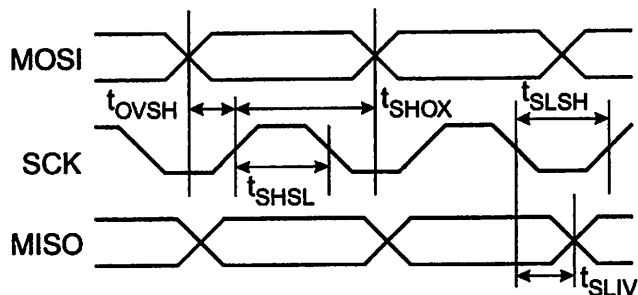
Reset signal is high, SCK should be low for at least 64 clocks before it goes high to clock in the enable bytes. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at

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



## Programming Characteristics

### 18. Serial Programming Timing



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

Parameter	Min	Typ	Max	Units
Oscillator Frequency	0		33	MHz
Oscillator Period	30			ns
SCK Pulse Width High	$2 t_{CLCL}$			ns
SCK Pulse Width Low	$2 t_{CLCL}$			ns
MOSI Setup to SCK High	$t_{CLCL}$			ns
MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	$\mu\text{s}$

## Absolute Maximum Ratings\*

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

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

## Characteristics

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

Parameter	Condition	Min	Max	Units
Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$ )	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
Input Low Voltage ( $\overline{EA}$ )		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$ )	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$ )	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
	$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
	$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
	$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
	$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	$\mu\text{A}$
Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	$\mu\text{A}$
Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$ )	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
Reset Pulldown Resistor		10	30	$\text{K}\Omega$
Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
	Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
Power-down Mode <sup>(1)</sup>	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	$\mu\text{A}$

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



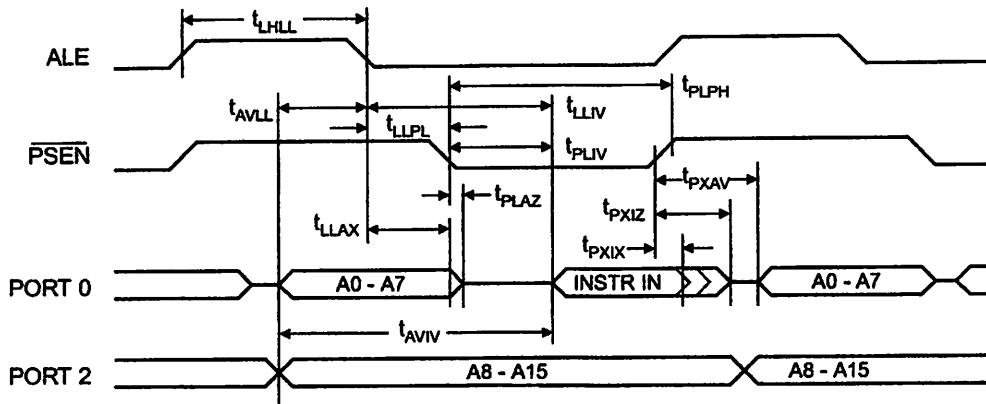
## Characteristics

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

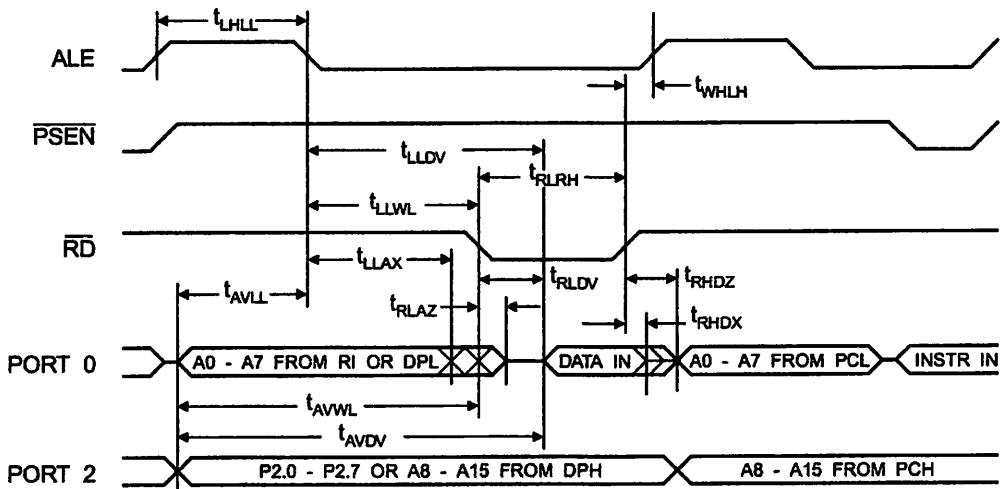
### Normal Program and Data Memory Characteristics

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

Internal Program Memory Read Cycle

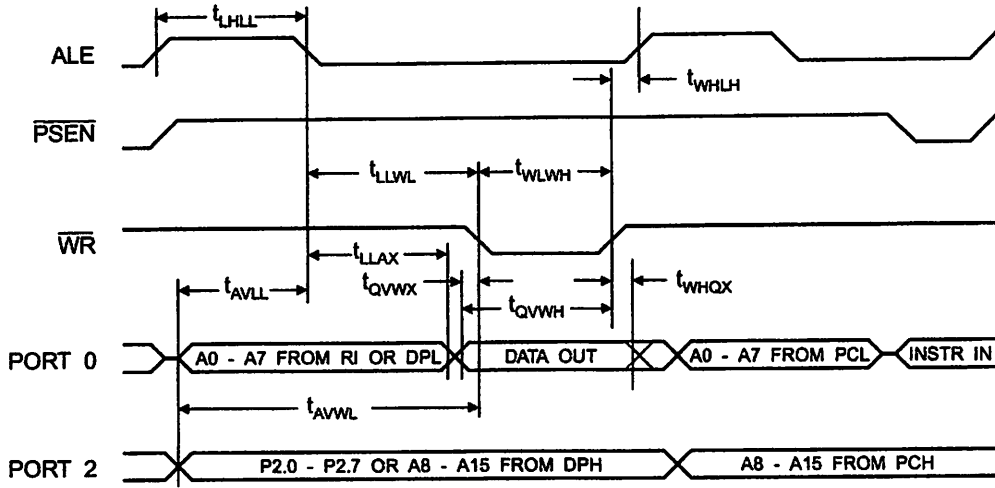


Internal Data Memory Read Cycle

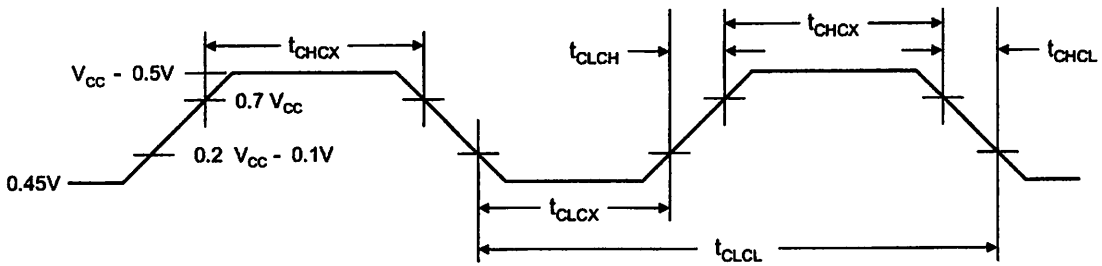




## External Data Memory Write Cycle



## External Clock Drive Waveforms



## External Clock Drive

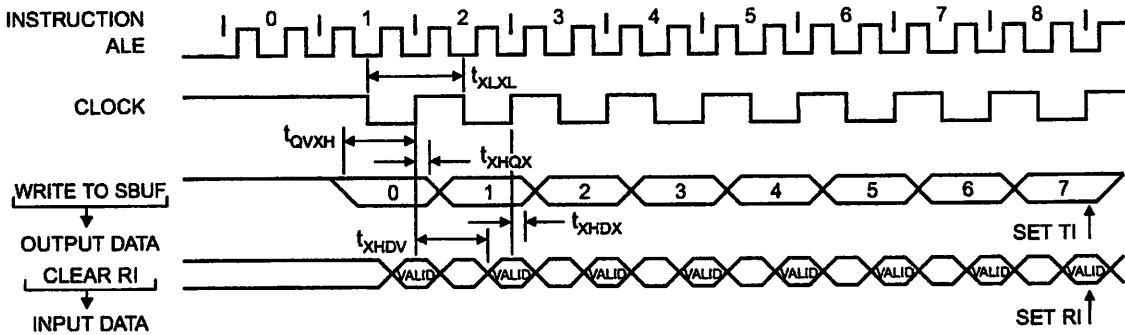
Parameter	Min	Max	Units
Oscillator Frequency	0	33	MHz
Clock Period	30		ns
High Time	12		ns
Low Time	12		ns
Rise Time		5	ns
Fall Time		5	ns

## Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

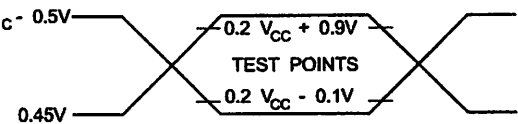
Values in this table are valid for  $V_{CC} = 4.0V$  to  $5.5V$  and Load Capacitance =  $80\text{ pF}$ .

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

## Register Mode Timing Waveforms

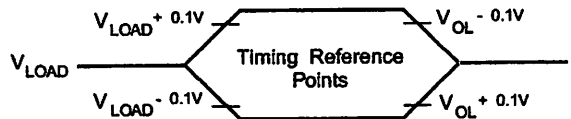


## Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup>



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

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



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



## Operating Information

Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
4.0V to 5.5V	AT89S52-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
	AT89S52-24JC	44J	
	AT89S52-24PC	40P6	
	AT89S52-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
	AT89S52-24JI	44J	
	AT89S52-24PI	40P6	
4.5V to 5.5V	AT89S52-33AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
	AT89S52-33JC	44J	
	AT89S52-33PC	40P6	

= Preliminary Availability

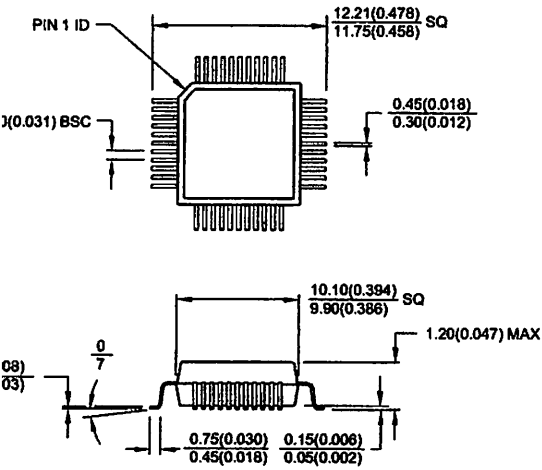
Package Type
44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

# AT89S52



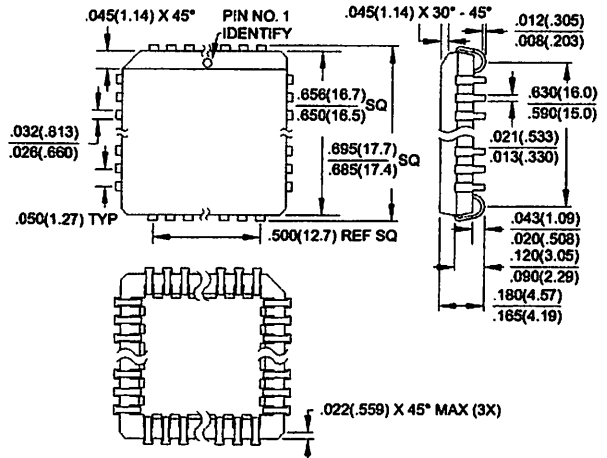
## Mounting Information

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

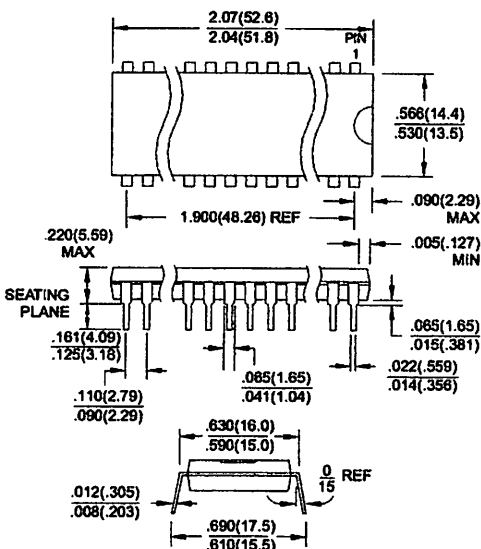


Controlling dimension: millimeters

44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



44P, 40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)  
 JEDEC STANDARD MS-011 AC





## Headquarters

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

**Atmel SarL**  
Rue des Arsenaux 41  
Case Postale 80  
1705 Fribourg  
Switzerland  
TEL (41) 26-426-5555  
FAX (41) 26-426-5500

**Atmel Asia, Ltd.**  
Tel: 1219  
1000000000 Golden Plaza  
1000000000 Road Tsimhatsui  
Kowloon  
Hong Kong  
TEL (852) 2721-9778  
FAX (852) 2722-1369

**Atmel Japan K.K.**  
1000000000 Shinkawa Bldg.  
1000000000 Shinkawa  
1000000000-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
TEL (81) 3-3523-3551  
FAX (81) 3-3523-7581

## Atmel Product Operations

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

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

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

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

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

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

**Fax-on-Demand**  
North America:  
1-(800) 292-8635  
International:  
1-(408) 441-0732

**e-mail**  
[literature@atmel.com](mailto:literature@atmel.com)

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

**BBS**  
1-(408) 436-4309

## Atmel Corporation 2001.

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

Atmel is the registered trademark of Atmel.

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



Printed on recycled paper.

Rev. 1919A-07/01/xM



Puji! Syukur rupanyatran kehadrat-mu Ya Allah, atas apa yang telah Engkau

berikan padaku, atas segala kemurahanmu hingga Aku disini masih bisa bernafas dan

tersenyum bersama orang - orang yang kusayangi. Dan juga atas rebahgilaan yang

Engkau berikan padaku

.....

apakah, terima kasih atas dukungan baik moral maupun materinya, **IBU**, terima

kasih, doa, dukungan materi, dan perhatian yang engkau berikan padaku dan juga

senang yang ngak putus. Terima kasih untuk semua yang telah kalian

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....