

**ALAT PEMBERSIH RUANGAN KANTOR TERHADAP POLUSI ASAP  
ROKOK DAN TEMPERATUR DENGAN METODE FUZZY LOGIC  
BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89C51**

**SKRIPSI**

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

Disusun oleh :

**TANGGUH LELONO**

**Nim : 04.12.231**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2009**

THESE ARE THE GENERAL PRINCIPLES OF THE CONSTITUTION OF THE  
UNITED STATES OF AMERICA AS THEY APPEAR IN THE ORIGINAL  
MANUSCRIPT OF THE CONSTITUTION

## ARTICLE I

SECTION 1. All legislative Powers herein granted shall be vested  
in a Congress of the United States, which shall consist of a  
Senate and House of Representatives.

SECTION 2.

SECTION 3.

SECTION 4.

SECTION 5. The Senate shall have the sole Power to try all  
Impeachments, when the President is tried, and when the  
President is tried, the Chief Justice shall preside: And the  
Judgment shall not extend further than removal from Office,  
and disqualification to hold any Office under the United  
States: But the Party impeached shall nevertheless be liable  
to Punishment according to Law: And the Consent of the  
Senate shall be necessary to a Pardon.

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ALAT PEMBERSIH RUANGAN KANTOR TERHADAP POLUSI ASAP  
ROKOK DAN TEMPERATUR DENGAN METODE FUZZY LOGIC  
BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89C51**

**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh :**  
**TANGGUH LELONO**  
**NIM : 04.12.231**

**Diperiksa dan Disetujui**

Dosen Pembimbing I



**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**  
Nip. 1030100358

Dosen Pembimbing II



**I. Komang Somawirata, ST, MT**  
Nip. 1030100361

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



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

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2009**



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

---

**BERITA ACARA SKRIPSI**

NAMA : Tangguh Lelono  
NIM : 04.12.231  
JURUSAN : Teknik Elektro S-1  
KONSENTRASI : Teknik Elektronika  
JUDUL SKRIPSI : Alat Pembersih Ruangan Kantor Terhadap Polusi Asap  
Rokok Dan Temperatur Dengan Metode Fuzzy Logic  
Berbasis Mikrokontroler AT89C51

Dipertahankan dihadapan tim penguji jenjang strata satu pada:

Hari : Rabu  
Tanggal : 18 Maret 2009  
Dengan Nilai : 82.5(A) *Bef*

**Panitia Ujian Skripsi**

**Ketua Majelis Penguji**

**Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT**  
NIP. Y. 1028700167

**Sekretaris Majelis Penguji**

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

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

**Sotvohadi, ST, MSc**  
NIP.Y. 1039700309

**Penguji II**

**M. Ashar, ST, MT**  
NIP.Y. 1030500408

## **KATA PENGANTAR**

**Puji syukur kehadiran Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ALAT PEBERSIH RUANGAN KANTOR TERHADAP POLUSI ASAP ROKOK DAN TEMPERATUR DENGAN METODE FUZZY LOGIC BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89C51”.**

Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk mengikuti ujian akhir strata I program studi Teknik Elektronika S-1 di Institut Teknologi Nasional Malang.

Terselesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT selaku Dosen Wali.
5. Bapak M. Ibrahim. ST, MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingannya dalam menyusun skripsi ini.

6. Bapak I. Komang Somawirata, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingannya dalam menyusun skripsi ini.
7. Seluruh Staff dan Dosen pengajar di Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
8. Orang Tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan doa restu, kasih sayang, semangat dan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Teman-teman seperjuangan angkatan 2004 atas semangat, dukungan dan kerja samanya selama ini.
10. Semua pihak yang telah membantu penyusun skripsi ini.

Kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi kemajuan dan pengembangan Skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Malang, Maret 2009

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRAKSI</b> .....	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1. Pendahuluan fuzzy logic.....	5
2.2. Definisi dan Operasi Dasar Himpunan Fuzzy .....	6
2.2.1. fuzifikasi .....	10
2.2.2. Evaluasi rule.....	11
2.2.3. Defuzzyfikasi .....	14
2.3. Sensor Gas .....	15
2.4. Sensor Suhu .....	16

2.5. Penguat operasional .....	17
2.5.1. Karakter Dasar Penguat Operasional .....	17
2.5.2. Rangkaian Penyangga .....	18
2.5.3. Rangkaian Penguat Differential .....	18
2.6. Analog Digital Converter.....	19
2.7. Mikrokontroller AT89C51 .....	22
2.7.1. Perangkat Keras Mikrokontroller AT89C51 .....	23
2.7.2. Konfigurasi Pin Mikrokontroller AT89C51 .....	24
2.7.3. Organisasi Memory .....	28
2.7.4. SFR ( Special Function Register) .....	29
2.8. Motor Driver L293D.....	30
2.9. LCD (Liquid Crystal Display) .....	31
<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.....</b>	<b>35</b>
3.1. Blok Diagram Keseluruhan Sistem.....	35
3.2. Prinsip Kerja Alat .....	37
3.3. Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ).....	37
3.3.1. Perancangan Rangkaian Sensor Asap.....	37
3.3.2. Perancangan Rangkaian Sensor Suhu .....	38
3.4. Perancangan Rangkaian ADC.....	40
3.5. Perancangan Rangkaian Mikrokontroller AT89C51 .....	42
3.6.. Perancangan Rangkaian Reset .....	43
3.7.. Perancangan Rangkaian Clock .....	45



3.8. Perancangan LCD .....	45
3.9. Perancangan Rangkaian Driver.....	46
3.10. Perancangan Perangkat Lunak.....	47
3.10.1. Langkah Mendesain Sistem Berbasis Logika Fuzzy Pada PetraFus51 .....	47
3.10.2. Mendesain Crisp Input dan Membership Function.....	47
<b>BAB IV PENGUJIAN ALAT .....</b>	<b>51</b>
4.1. Tujuan .....	51
4.2. Pengujian Hardware.....	51
4.2.1. Pengujian Sensor.....	51
4.2.1.1. Pengujian sensor suhu.....	52
4.2.1.2. Pengujian Sensor Gas .....	54
4.2.1.3. Pengujian ADC ( Analog To Digital Converter) .....	56
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>59</b>
5.1. Kesimpulan .....	59
5.2. Saran .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>62</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Perbedaan Antara Sistem Konvensional Dengan Logika Fuzzy .....	6
Gambar 2.2. Konsep Dasar Logika Fuzzy .....	7
Gambar 2.3. Fungsi Dalam Himpunan Fuzzy .....	9
Gambar 2.4. Diagram Alir Fuzzyfikasi.....	10
Gambar 2.5. Perbedaan Aplikasi Antara Konvensional Dan Logika Fuzzy.....	11
Gambar 2.6. Diagram Alir Proses Evaluasi Rule.....	12
Gambar 2.7. Aturan Dalam Evaluation Rule .....	12
Gambar 2.8. Diagram Alir Proses Defuzzyfikasi .....	14
Gambar 2.9. Sensor Gas Tipe TGS 2442.....	15
Gambar 2.10. Karakteristik Sensitivitas Sensor .....	15
Gambar 2.11. Sensor LM35.....	16
Gambar 2.12. Simbol Penguat Operasional .....	17
Gambar 2.13. Rangkaian Penyangga .....	18
Gambar 2.14. Op-Amp Sebagai Rangkaian Penguat Differensial.....	18
Gambar 2.15. Diagram Blok ADC 0808 .....	20
Gambar 2.16. Diagram Blok Mikrokontroler AT89C51 .....	24
Gambar 2.17. Konfigurasi Pin AT89C51 .....	25
Gambar 2.18. Osilator eksternal AT89C51 .....	27
Gambar 2.19. Organisasi Program Memori .....	28
Gambar 2.20. Rangkaian Motor Driver L293D .....	31
Gambar 2.21. Rangkaian LCD dan Konfigurasi Pin .....	32

Gambar 3.1. Blok Diagram Keseluruhan Sistem .....	35
Gambar 3.2. Rangkaian Sensor Suhu .....	38
Gambar 3.3. Rangkaian Sensor Suhu .....	39
Gambar 3.4. Sensor Suhu Beserta Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	40
Gambar 3.5. Rangkaian ADC 0808 .....	41
Gambar 3.6. Rangkaian Mikrokontroler AT89C51 .....	42
Gambar 3.7. Perancangan Rangkaian Reset .....	44
Gambar 3.8. Perancangan Rangkaian clock .....	45
Gambar 3.9. Rangkaian LCD.....	46
Gambar 3.10. Fungsi Keanggotaan Suhu dan Asap .....	49
Gambar 4.1. Rangkaian Suhu .....	52
Gambar 4.2. Blok Diagram Pengujian Sensor Gas TGS 2442 .....	55
Gambar 4.3. Blok diagram pengujian ADC 0808.....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daerah Kerja dari Sensor TGS 2442 .....	16
Tabel 2.2. Fungsi Khusus Padad Paralel Port .....	26
Tabel 2.3. Alamat Register Pada Mikrokontroler AT89C51 .....	29
Tabel 2.4. Kebenaran Untuk Satu Karnal .....	31
Tabel 2.5. Fungsi Pin LCD .....	33
Tabel 3.1. Tabel Kebenaran IC-L293D .....	47
Tabel 3.2. Data Input Fuzzy .....	48
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Tegangan Sensor Suhu .....	53
Tabel 4.2. Hasil Perbandingan Pengukuran Dan Perhitungan Tegangan Sensor Suhu Beserta Penguatannya .....	53
Tabel 4.3. Hasil Perbandingan Antara Pengukuran Dengan Perhitungan Sensor Suhu LM35 .....	54
Tabel 4.4. Perbandingan Tegangan Output Antara TGS 2442 Dengan Alat Ukur Karbonmonoksida .....	56
Tabel 4.5. Hasil Pengukuran ADC .....	57

**ABSTRAKSI**  
**ALAT PEMBERSIH RUANGAN KANTOR TERHADAP POLUSI ASAP**  
**ROKOK DAN TEMPERATUR DENGAN METODE FUZZY LOGIC**  
**BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89C51**

**TANGGUH LELONO**

Nim : 04.12.231

Dosen Pembimbing : I. Komang Somawirata. MT, M. Ibrahim. ST, MT  
Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Elektronika  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Raya Karanglo KM 2 Malang Telp (0341)417634 Malang  
Website : [www.itn.ac.id](http://www.itn.ac.id) Email : [itn@itn.ac.id](mailto:itn@itn.ac.id)

**Kata Kunci : Mikrokontroler AT89C51, LM35, TGS 2442.Fuzzy logic**

**Skripsi ini membahas pembuatan alat pembersih ruangan kantor terhadap polusi asap rokok dan temperature dengan menggunakan sistem fuzzy logic. Alat ini memiliki dua buah sensor yaitu sensor asap dan sensor suhu, apabila salah satu sensor ini mendeteksi adanya asap atau suhu maka output dari sensor akan mengirimkan ke rangkaian pengkondisi sinyal guna dapat diterima oleh ADC yang masih berupa data analog yang kemudian akan di ubah menjadi data berupa digital dan nantinya dikirim ke mikrokontroller dan diproses. Alat ini dilengkapi LCD dan blower yang digunakan sebagai outputan.**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Analisis WHO (*World Health Organization*), badan organisasi kesehatan dunia menunjukkan bahwa efek buruk asap rokok lebih besar bagi perokok pasif dibandingkan perokok aktif. Ketika perokok membakar sebatang rokok dan menghisapnya, asap yang diisap oleh perokok disebut asap utama (*mainstream*), dan asap yang keluar dari ujung rokok (bagian yang terbakar) dinamakan *sidestream smoke* atau asap samping. Asap samping ini terbukti mengandung lebih banyak hasil pembakaran tembakau dibanding asap utama. Asap ini mengandung karbonmonoksida 5 kali lebih besar, tar dan nikotin 3 kali lipat, amonia 46 kali lipat, nikel 3 kali lipat, nitrosamina ialah zat penimbul kanker yang kadarnya mencapai 50 kali lebih besar pada asap sampingan dibanding dengan kadar pada asap utama.

Gas CO mempunyai kemampuan mengikat hemoglobin (Hb) yang terdapat dalam sel darah merah (eritrosit) lebih kuat dibanding oksigen, sehingga setiap ada asap rokok disamping kadar oksigen udara yang sudah berkurang, ditambah lagi sel darah merah akan semakin kekurangan oksigen, oleh karena yang diangkut adalah gas CO dan bukan O<sub>2</sub> (oksigen). Pengaruh beracun gas CO terhadap tubuh terutama disebabkan oleh reaksi antara gas CO dengan hemoglobin dalam darah. Hemoglobin dalam darah secara normal berfungsi dalam system transport untuk membawa oksigen dalam bentuk CO<sub>2</sub>Hb dari sel-sel tubuh ke paru-paru. Dengan adanya gas CO dalam darah, hemoglobin dapat

membentuk karboksihemoglobin. Jika demikian, maka kemampuan darah untuk mengangkut oksigen menjadi berkurang. Sel tubuh yang kekurangan oksigen akan berusaha meningkatkan yaitu melalui kompensasi pembuluh darah dengan jalan mengecil atau spasme. Bila proses spasme berlangsung lama dan terus menerus maka pembuluh darah akan mudah rusak dengan terjadinya proses *aterosclerosis* (penyempitan). Penyempitan pembuluh darah akan terjadi dimana-mana, di otak, jantung, paru-paru, ginjal, rahim, bahkan ari-ari pada wanita hamil.

Salah satu cara untuk mengurangi agar asap rokok tidak mengganggu orang lain yang tidak merokok, terutama di tempat-tempat umum yang tidak memiliki area khusus untuk merokok, dibuatlah suatu alat yang dapat membantu membersihkan udara dalam ruangan terhadap polusi udara terutama yang disebabkan oleh asap rokok. Alat ini dirancang dengan cara mengeluarkan asap rokok secara cepat pada suatu ruangan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasar pada uraian latar belakang masalah di atas, maka dapat disusun rumusan masalah. Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang rangkaian pengkondisi sinyal untuk kontruksi logika fuzzy.
2. Bagaimana mengolah data pada fuzzy logic menggunakan mikrokontroller.
3. Bagaimana merancang rangkaian *driver* dari blower yang mampu menerima sinyal keluaran logika fuzzy.

### **1.3 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini penulis memberi batasan masalah sebagai berikut:

1. Pembahasan ditekankan pada perangkat-keras dan perangkat-lunak yang dibuat.
2. Tidak membahas secara detail waktu yang dibutuhkan alat untuk mengeluarkan/membersihkan asap rokok dari ruangan.
3. Batas ukur dari sensor suhu yang digunakan adalah antara  $-55^{\circ}\text{C}$  –  $150^{\circ}\text{C}$ .

### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kenyamanan pada orang yang tidak merokok, sekalipun mereka berada satu ruangan dengan orang yang sedang merokok
2. Mengurangi kadar zat-zat/gas beracun akibat asap rokok yang mungkin dapat dihirup oleh orang yang tidak merokok
3. Membantu memperlancar sirkulasi udara pada ruangan terutama ruangan yang tidak memiliki fasilitas AC (*Air Conditioned*).
4. Membantu mengembalikan kesegaran udara pada ruangan yang telah terpolusi oleh asap rokok.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

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

**Bab I** : Menjelaskan tentang latar belakang permasalahan, rumusan dan pembatasan masalah, serta tujuan dan kegunaan kajian.



- Bab II** : Menjelaskan tentang teori dasar yang berisi tentang penjelasan asap rokok, gas karbonmonoksida, prinsip dasar sensor gas, sensor suhu, penguat operasional amplifier (op-amp), ADC, mikrokontroler, driver rangkaian dan display.
- Bab III** : Menjelaskan tentang perancangan dan pembuatan alat yang meliputi prinsip kerja, perancangan *hardware*, dan perancangan *software*.
- Bab IV** : Menjelaskan mengenai pengujian dan analisa secara keseluruhan
- Bab V** : Memberikan kesimpulan dan saran

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

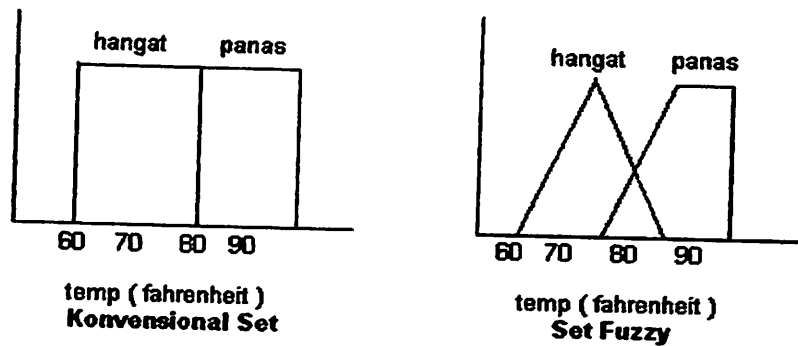
#### **2.1 Pendahuluan Fuzzy Logic**

Pada pertengahan tahun 1960, Prof. Lotfi Zadeh dari universitas California di Barkeley menemukan bahwa hukum benar atau salah dari logika Boolean tidak memperhitungkan beragam kondisi yang nyata. Untuk menghitung gradasi yang tak terbatas jumlahnya antara benar dan salah, Zadeh mengembangkan ide penggolongan set yang ia namakan fuzzy. Tidak seperti logika Boolean, logika fuzzy memiliki banyak nilai. Tidak seperti elemen yang dikategorikan 100% ini atau itu, atau sebuah dalil yang menyatakan semuanya benar atau seluruhnya salah, fuzzy membaginya dalam derajat keanggotaan dan derajat kebenaran, yaitu: sesuatu yang dapat menjadi sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama. Hal ini dibuktikan oleh Bosko bahwa logika boolean adalah kasus dari logika fuzzy.

Prof. Lotfi Zadeh mengatakan bahwa integrasi logika fuzzy kedalam system informasi dan rekayasa proses adalah menghasilkan aplikasi seperti sistem kontrol, alat-alat rumah tangga, dan sistem pengambil keputusan lebih fleksibel, mantap dan canggih dibandingkan dengan sistem konvensional. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa logika fuzzy memimpin dalam pengembangan kecerdasan mesin yang lebih tinggi (*Machine Intelegency Quotient / MIQ*):

Sebagai contoh, apakah  $80^{\circ}\text{F}$  tergolong hangat atau panas? Dalam logika fuzzy, dan dunia nyata, “kedua-duanya benar” mungkin merupakan jawabannya. Seperti yang terlihat pada gambar 2.1,  $80^{\circ}$  adalah sebagian hangat dan panas dalam gambaran set fuzzy. Sementara hal ini dapat dibenarkan bahwa tumpang

tindih antar set dapat terjadi dalam logika Boolean, transisi dari set ke set terjadi seketika itu juga (yaitu elemen yang dapat menjadi anggota set atau tidak). Dengan logika fuzzy, transisi dapat bertingkat-tingkat (yaitu elemen dapat memiliki sebagian keanggotaan dalam sejumlah set), seperti pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Perbedaan antara sistem konvensional dengan logika Fuzzy**

## 2.2 Definisi dan Operasi Dasar Himpunan Fuzzy

Penggunaan teknik kendali logika fuzzy telah cukup meluas pada berbagai aplikasi. Implementasi kendali fuzzy biasanya dilakukan oleh mikroprosesor, mikrokontroler maupun prosesor khusus berupa fuzzy logic prosesor. Tugas akhir berjudul “ *Alat Pembersih Ruangan Kantor Terhadap Polusi Asap Rokok Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler AT89C51* “ berisi tentang aplikasi sistem kendali logika fuzzy dengan sistem mikrokontroler AT89C51. sistem utama pendukung perancangan ini terdiri dari perangkat software petrafuz, FIS kernel yang include dengan DT51 Petrafuz dan interface dengan hardware berupa blower dan sensor.

Di dalam teori fuzzy terdapat operasi matematis yang digunakan untuk melakukan perhitungan pada himpunan fuzzy, yaitu:

- Operasi fuzzy AND

Gabungan: merupakan gabungan 2 buah fuzzy A dan B yang membentuk sebuah himpunan fuzzy dimana fungsi keanggotaan himpunan tersebut dinyatakan dengan notasi.

$$\mu_{A \cup B} = \max\{\mu_A(u); \mu_B(u)\} \text{ untuk semua } u \in U$$

Operasi ini ditunjukkan oleh operator "AND" dalam aturan fuzzy.

- Operasi Fuzzy OR

Irisan : 2 buah himpunan fuzzy A dan B membentuk sebuah himpunan fuzzy dimana fungsi keanggotaan himpunan tersebut dinyatakan dalam notasi.

$$\mu_{A \cap B} = \min\{\mu_A(u); \mu_B(u)\} \text{ untuk semua } u \in U$$

Operasi ini ditunjukkan oleh operator "OR" dalam aturan fuzzy.

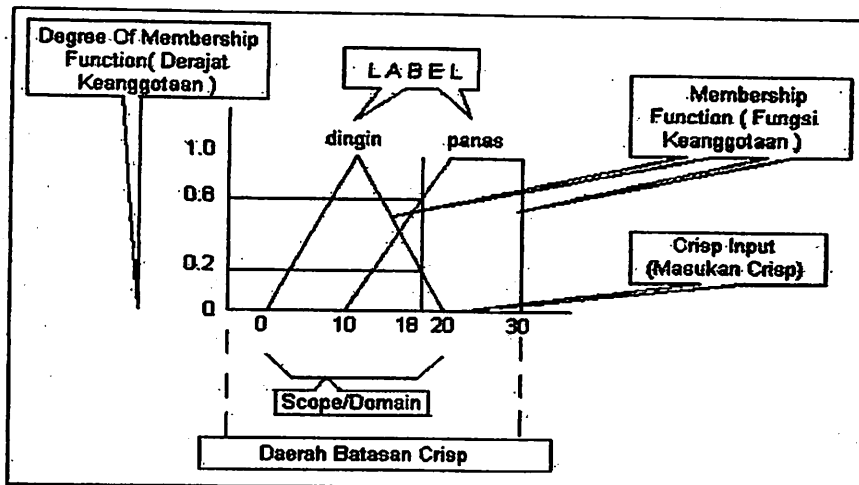
- Operasi Fuzzy NOT

Komplemen : dimana 2 himpunan fuzzy A dan B dikatakan sama jika keduanya didefinisikan pada suatu semesta yang sama dan *membership function* yang sama dinyatakan dengan notasi.

$$\mu_{\bar{A}}(u) = 1 - \mu_A(u) \text{ untuk semua } u \in U$$

Operasi ini ditunjukkan oleh operator "NOT" dalam aturan fuzzy.

Untuk dapat mengerti system fuzzy, terlebih dahulu kita harus mengenal konsep dasar yang berhubungan dengan logika fuzzy, seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Konsep dasar Logika Fuzzy

- **Derajat Keanggotaan**

Derajat dimana nilai crisp kompatibel dengan fungsi keanggotaan (dari 0 sampai 1), juga mengacu sebagai tingkat keanggotaan, nilai kebenaran, atau masukan fuzzy.

- **Label**

Nama deskriptif yang digunakan untuk mengidentifikasi sebuah fungsi keanggotaan.

- **Fungsi Keanggotaan**

Mendefinisikan fuzzy set dengan memetakan masukan crisp dari domainnya ke derajat keanggotaan. Dalam banyak hal fungsi keanggotaan fuzzy sangat membantu dan perlu untuk menyatakan fungsi keanggotaan fuzzy dalam bentuk standart. Untuk menyatakan suatu fungsi keanggotaan dalam pendefinisian himpunan fuzzy tergantung pada bentuk yang digunakan. Secara umum ada 2 metode, yaitu :

1. **Definisi secara Numerik**

Fungsi keanggotaan yang didefinisikan secara numerik menggunakan pendukung diskrit. Selain itu dapat juga menggunakan nilai keanggotaan dari bentuk fungsi yaitu dengan mengambil nilai, bentuk fungsi untuk tiap pendukung  $x$  yang berhingga jumlahnya. Contoh :

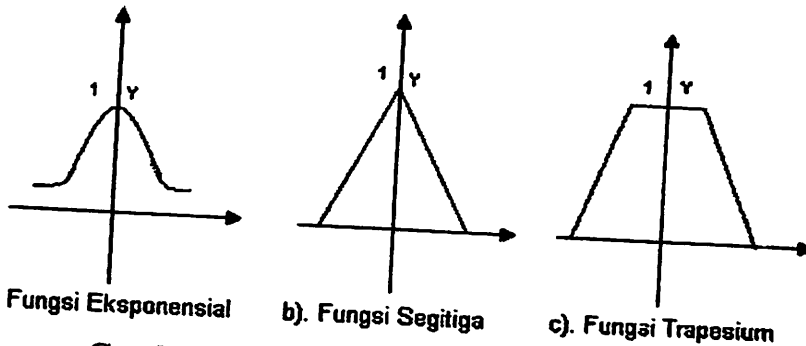
$X = \{8,9,10,11,12\}$   $\mu(x) = \{ 0,5; 0,8; 1,0; 0,8; 0,5\}$  maka himpunan fuzzy didefinisikan untuk himpunan elemen  $x$  di atas adalah :

$$F = \{0,5/8; 0,8/9; 1/10; 0,8/11; 0,5/12\}$$

## 2. Definisi Bentuk Fungsi

Fungsi keanggotaan yang didefinisikan dalam bentuk fungsi digunakan pada pendukung kontinyu, ada beberapa fungsi yang dapat digunakan dalam himpunan fuzzy seperti pada gambar 2.3, antara lain :

- a. Fungsi Eksponensial
- b. Fungsi segitiga
- c. Fungsi trapesium



Gambar 2.3 Fungsi dalam Himpunan Fuzzy

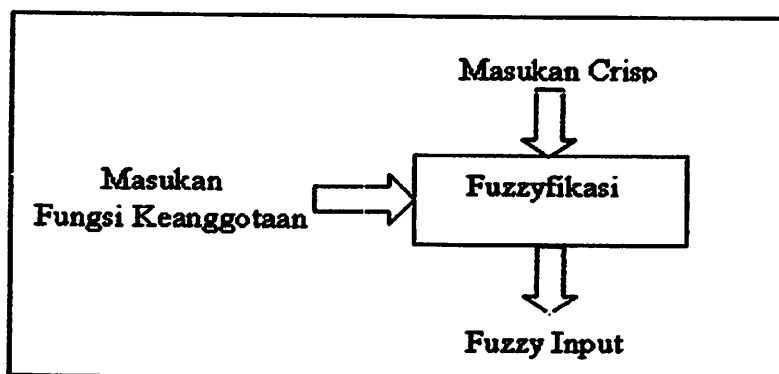
- **Masukan Crisp**  
Masukan yang tegas dan tertentu.
- **Lingkup / Domain**  
Lebar fungsi keanggotaan. Jangkauan konsep, biasanya bilangan, tempat dimana fungsi keanggotaan dipetakan. Disini domain dari fuzzy set (fungsi keanggotaan) adalah dari 0 sampai 20 derajat dan lingkupnya adalah 20 derajat.
- **Daerah Batasan Crisp**  
Jangkauan seluruh nilai yang mungkin dapat diaplikasikan pada variabel sistem.

Menggunakan logika fuzzy untuk mencapai penyelesaian crisp pada masalah khusus biasanya melibatkan tiga langkah : *fuzzyfikasi*, *evaluasi rule*, dan *defuzzyfikasi*.

### 2.2.1 Fuzifikasi

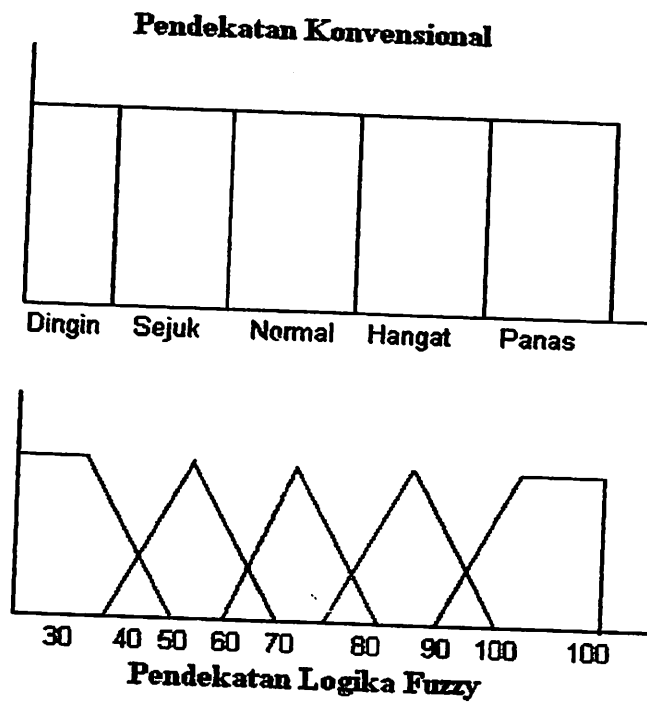
Langkah pertama dalam memproses logika fuzzy mengandung transformasi domain yang dinamakan fuzzyfikasi. Masukan crisp ditransformasikan ke dalam masukan fuzzy. Sebagai contoh, masukan crisp 78 derajat akan ditransformasikan sebagai hangat dalam bentuk fuzzy. 90mph akan ditransformasikan menjadi cepat, dan sebagainya. Untuk mengubah bentuk masukan crisp kedalam masukan fuzzy, fungsi keanggotaan pertama kali harus ditentukan untuk tiap masukan.

Sekali fungsi keanggotaan ditentukan, fuzzyfikasi mengambil nilai masukan secara realtime, seperti temperature, dan membandingkannya dengan informasi fungsi keanggotaan yang tersimpan untuk menghasilkan nilai masukan fuzzy. Berikut merupakan diagram alir dari proses fuzzyfikasi, seperti pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4 Diagram Alir Fuzzyfikasi**

Berikutnya, fungsi keanggotaan dinyatakan untuk memberi arti numerik pada tiap label. Setiap fungsi keanggotaan mengidentifikasi daerah nilai masukan yang berkorespondensi dengan label. Tidak seperti logika Boolean, fungsi keanggotaan label tidak mendefinisikan batas-batas dimana label diaplikasikan secara penuh pada satu sisi cutoff dan tidak pada semua sisi lain cut off. Walaupun ada daerah dimana nilai masukan berubah secara bertahap dari keadaan dapat diaplikasikan ke keadaan tak dapat diaplikasikan, seperti pada gambar 2.5.



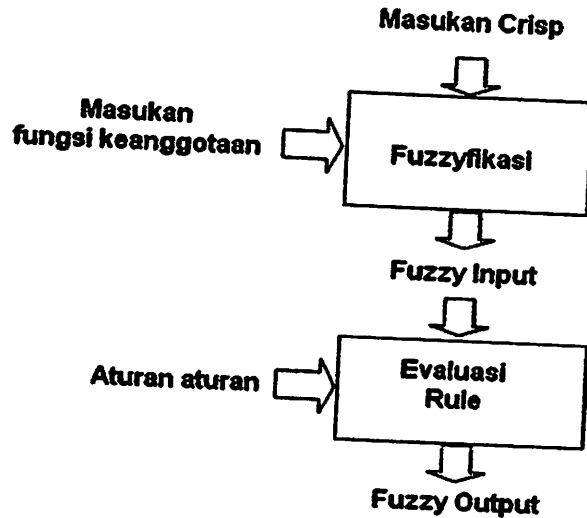
**Gambar 2.5 Perbedaan aplikasi antara konvensional dengan Logika Fuzzy**

### 2.2.2 Evaluasi Rule

Dalam langkah kedua pemroses logika fuzzy, dinamakan evaluasi rule, prosesor fuzzy menggunakan aturan untuk menentukan aksi kontrol apa yang harus dilakukan dalam merespon nilai masukan yang diberikan.

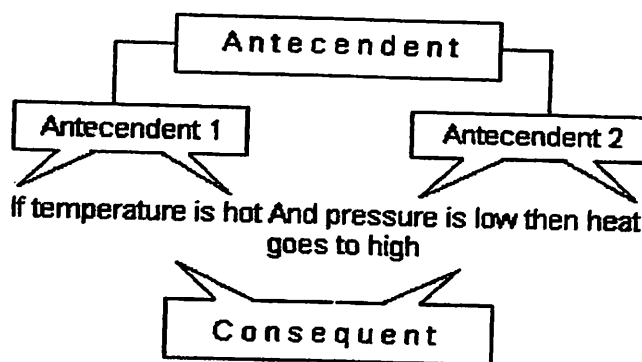


Evaluasi rule juga mengacu pada fuzzy inference, mengaplikasikan aturan pada masukan fuzzy yang dihasilkan dalam proses fuzzyfikasi, kemudian mengevaluasi tiap aturan dengan masukan yang dihasilkan dari fuzzyfikasi. Gambar 2.6 merupakan diagram alir dari evaluasi rule.



Gambar 2.6 Diagram alir proses Evaluasi Rule

Rule terdiri dari dua bagian, yaitu *antecedent* dan *consequent*, dalam proses rules evaluation, tiap *antecedent* dapat diganti dengan *fuzzy input* yang merupakan hasil dari fuzzyfikasi dan juga tiap *consequent* dapat diganti dengan *fuzzy output* yang nantinya merupakan input dari defuzzyfikasi, seperti yang terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Aturan dalam Evaluation Rule

Rule disimpan sebagai *knowledge base* dalam bentuk pointer atau *offset* dari alamat *fuzzy input* pada RAM dan pointer atau *offset* dari alamat *fuzzy output* pada RAM. Akhir dari rule ditandai dengan bilangan 0FFH. Berikut ini adalah contoh rule yang disimpan sebagai *knowledge base* bagi system fuzzy :

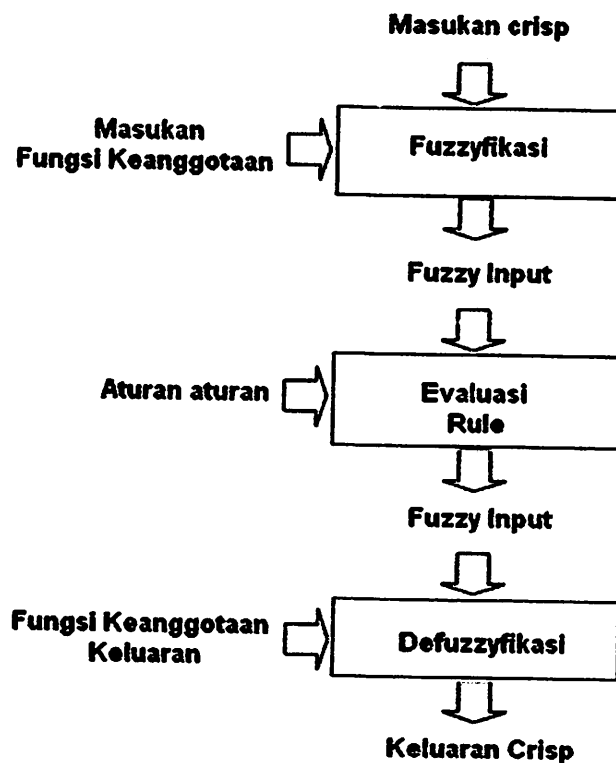
```
RULE_START DB 000H ; If temperature is cold
           DB 008H ; AND pressure is low
           DB 082H ; THEN heat goes to high
           DB 004H ; If temperature is hot
           DB 00CH ; AND pressure is high
           DB 080H ; THEN heat goes to low
```

Dari rule pertama, terlihat bahwa input pertama, yaitu temperatur dengan label "cold" yang merupakan label pertama, ditandai dengan *offset* 00H. input kedua, yaitu *pressure* dengan label yang pertama "low", ditandai dengan *offset* 08h sebab telah didefinisikan bahwa tiap input mempunyai maksimum delapan label atau *membership* outputnya yaitu *heat*, ditandai dengan *offset* 080h untuk label pertama "low". Bilangan 080h digunakan sebagai *consequent* karena pada bilangan tersebut, MSB = "1" sehingga memudahkan pengecekan apakah *rule* pada posisi *antecedent* atau *consequent*. Hasil dari *rule evaluation* merupakan tabel dari *fuzzy output* yang disimpan pada RAM. *Fuzzy output* ini perlu diproses lebih lanjut pada bagian defuzzyfication untuk mendapatkan satu komposisi output untuk setiap output system.

### 2.2.3 Defuzzyfikasi

2.3 Dalam defuzzyfikasi, seluruh keluaran fuzzy yang signifikan (seperti lamanya penyiraman pendek, sedang, tinggi), akan dikombinasikan ke dalam variabel keluaran yang spesifik, dan hasil yang komprehensif. Dalam proses ini seluruh nilai keluaran fuzzy secara efektif memodifikasi fungsi keanggotaan keluarannya.

Seperti yang telah diketahui dalam evaluasi rule, dengan menyimpan rule strength yang terbesar untuk tiap consequent, rule yang paling benar akan mendominasi. Gambar 2-8 merupakan diagram alir dari proses defuzzyfikasi.

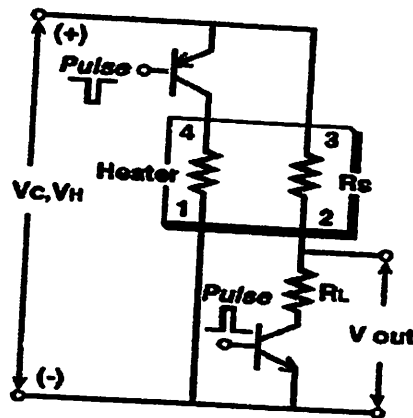


Gambar 2.8 Diagram alir proses Defuzzyfikasi

Pada bagian ini, bentuk membership function yang digunakan adalah bentuk singleton. Bentuk ini lebih menghemat memori karena satu output hanya mempunyai delapan data (untuk membership function maksimum delapan).

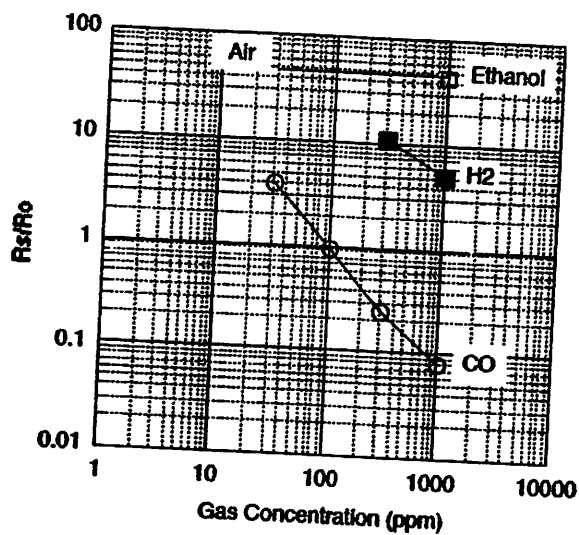
### 2.3 Sensor Gas

Untuk mengetahui keberadaan asap rokok pada suatu ruangan, maka diperlukan suatu piranti (sensor) dimana sensor tersebut dapat mendeteksi salah satu atau sebagian kandungan gas berbahaya yang terdapat dalam asap rokok. Sensor gas yang digunakan adalah tipe TGS 2442. Rangkaian dasar dari sensor gas karbonmonoksida dapat dilihat dalam gambar 2.9



Gambar 2.9. Sensor Gas Tipe TGS 2442  
Sumber: Datasheet

Kurva karakteristik sensor ditunjukkan dalam gambar 2.10. karakteristik sensitivitas dari sensor gas menunjukkan hubungan antara resistansi sensor dengan konsentrasi gas.



Gambar 2.10. karakteristik Sensitivitas Sensor

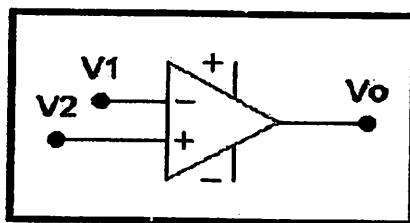


umum digunakan adalah 4 hingga 20 volt. Gambar 2.11 menunjukkan penggunaan LM35 untuk penggunaan dengan temperature  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $+150^{\circ}\text{C}$ .

## 2.5 Penguat Operasional

### 2.5.1 Karakteristik Dasar Penguat Operasional

Penguat operasional merupakan rangkaian penguatan tinggi yang sering disebut sebagai rangkaian terpadu linier dasar. Simbol penguat operasional ditunjukkan dalam gambar 2.12



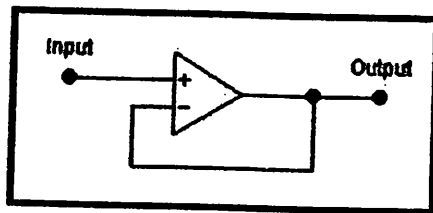
**Gambar 2.12 Simbol penguat Operasional**  
Sumber : Coughlin, 1982

Penguat operasional mempunyai karakteristik ideal seperti berikut :

1. resistansi masukan terminal tak terhingga besar. Akibatnya tidak ada arus masuk pada kedua terminal masukan.
2. resistansi keluaran  $\sim 0$  (nol).
3. penguatan tegangan terbuka tak terhingga.
4. penguat operasional menanggapi semua frekuensi sama (lebar pita tak terhingga).
5. jika tegangan masukan pada kedua terminal sama maka tegangan keluaran adalah nol.

### 2.5.2 Rangkaian Penyangga (*Buffer*)

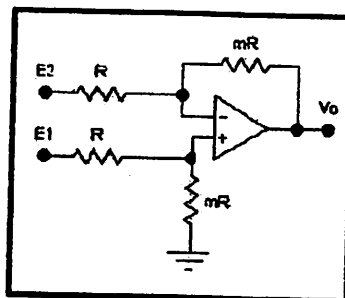
Rangkaian penyangga (*buffer*) atau yang sering dikenal sebagai rangkaian *Voltage Follower* adalah suatu rangkaian yang memiliki fungsi untuk menyangga agar menghasilkan tegangan keluaran yang sama besar dengan tegangan masukan serta mempunyai resistansi masukan tak terhingga, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.13.



**Gambar 2.13 Rangkaian Penyangga (*Buffer*)**  
Sumber : Coughlin, 1982:42

### 2.5.3 Rangkaian penguat Differensial

Beberapa sensor jika menggunakan rangkaian penguat inverting dan non inverting standar, maka sebagian besar tegangan DC tersebut akan ikut dikuatkan. Penguat diferensial bisa mengukur maupun memperkuat isyarat-isyarat kecil yang terbenam dalam isyarat-isyarat yang jauh lebih besar (Coughlin, Robert F, 1982:161). Masukan inverting diberi tegangan respon sensor saja. Gambar 2.14 Menunjukkan rangkaian sederhana dari penguat differensial.



**Gambar 2.14 Op-Amp sebagai rangkaian Penguat Differensial**  
Sumber : Coughlin, 1982 : 162

Keluaran dari rangkaian penguat diferensial dinyatakan sebagai:

$$\begin{aligned}V_o &= mE_1 - mE_2 \\ &= m(E_1 - E_2)\end{aligned}\tag{2-4}$$

Penguat diferensial dasar ini mempunyai dua kekurangan, yaitu resistansi masukannya kecil dan gainnya sulit untuk diubah. Untuk memperbaiki kekurangan yang terdapat pada penguat dasar diferensial, maka digunakan penguat instrumentasi.

## 2.6 Analog to Digital Converter (ADC)

Dalam sebuah pengukuran suatu variabel fisik yang pada umumnya bersifat analog dengan menggunakan piranti digital, diperlukan adanya perubahan variabel tersebut menjadi variabel digital yang nilainya proporsional dengan nilai variabel yang akan diukur. Waktu konversi ADC adalah waktu yang diperlukan oleh ADC untuk menghasilkan suatu kode biner yang tepat untuk tegangan masukan yang diberikan.

Resolusi ADC adalah perubahan terkecil yang terjadi pada keluaran analog sebagai suatu hasil perubahan pada masukan digital. Resolusi selalu sama dengan bobot dari LSB. Resolusi ADC memiliki perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Resolusi} = V_R \cdot (2^n - 1)$$

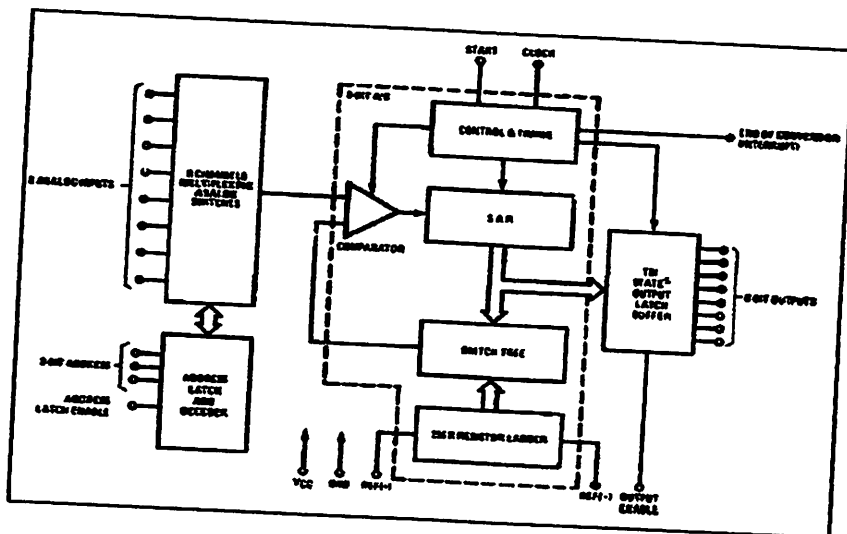
(n menyatakan jumlah bit keluaran biner IC ADC)

Ada banyak cara yang dapat digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi digital yang nilainya proporsional. Jenis ADC yang biasa digunakan dalam perancangan adalah jenis *successive approximation conversion* atau



pendekatan bertingkat yang memiliki waktu konversi lebih singkat dan tidak bergantung pada nilai masukan analognya atau sinyal yang akan di ubah.

ADC yang digunakan dalam alat ini adalah ADC 0808 yang mempunyai 8 input analog dan 8 bit digital output. Output data digital ADC dihubungkan ke mikrokontroler melalui port mikrokontroler. ADC 0808 didesain dengan *range* tegangan input analog dari 0 volt sampai 5 volt. Dalam gambar 2.15 memperlihatkan diagram blok ADC tersebut.



**Gambar 2.15 Diagram blok ADC**  
**Sumber : datasheet ADC 0808**

ADC 0808 dianggap dapat memenuhi kebutuhan dari rangkaian yang akan dibuat. IC jenis ini bekerja secara cermat dengan menambahkan sedikit komponen sesuai dengan spesifikasi yang harus diberikan dan dapat mengkonversikan secara cepat suatu masukan tegangan. Hal-hal yang juga perlu diperhatikan dalam penggunaan ADC ini adalah tegangan maksimum yang dapat dikonversikan oleh ADC dari rangkaian pengkondisi sinyal, resolusi, pewaktu eksternal ADC, tipe keluaran, ketepatan dan waktu konversinya.

Beberapa karakteristik penting ADC :

1. Waktu konversi
2. Resolusi
3. Ketidaklinieran
4. Akurasi

Secara singkat prinsip kerja dari konverter A/D adalah semua bit-bit diset kemudian diuji, dan bilamana perlu sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Dengan rangkaian yang paling cepat, konversi akan diselesaikan sesudah 8 clock, dan keluaran D/A merupakan nilai analog yang ekuivalen dengan nilai register SAR.

Apabila konversi telah dilaksanakan, rangkaian kembali mengirim sinyal selesai konversi yang berlogika rendah. Sisi turun sinyal ini akan menghasilkan data digital yang ekuivalen ke dalam register buffer. Dengan demikian, keluaran digital akan tetap tersimpan sekalipun akan di mulai siklus konversi yang baru.

ADC 0808 mempunyai 2 masukan analog,  $V_{in (+)}$  dan  $V_{in (-)}$ , sehingga dapat menerima masukan diferensial. Masukan analog sebenarnya ( $V_{in}$ ) sama dengan selisih antara tegangan-tegangan yang dihubungkan dengan kedua pin masukan yaitu  $V_{in} = V_{in (+)} - V_{in (-)}$ . Untuk operasi normal, ADC 0808 menggunakan  $V_{cc} = +5$  volt sebagai tegangan referensi. Dalam hal ini jangkauan masukan analog mulai dari 0 volt sampai 5 volt (skala penuh), karena IC ini adalah SAC 8-bit, resolusinya akan sama dengan :

$$\text{Resolusi} = \left( \frac{\text{tegangan skala penuh}}{2^n - 1} \right) = \frac{5 \text{ volt}}{255} = 19,6 \text{ m volt} \quad (2-5)$$

(n menyatakan jumlah bit keluaran biner IC *analog to digital converter*)

ADC 0808 memiliki generator *clock* internal yang harus diaktifkan dengan menghubungkan sebuah resistor eksternal (R) antara pin CLK OUT dan CLK IN serta sebuah kapasitor eksternal (C) antara CLK IN dan *ground* digital. Frekuensi clock yang diperoleh di pin CLK OUT sama dengan :

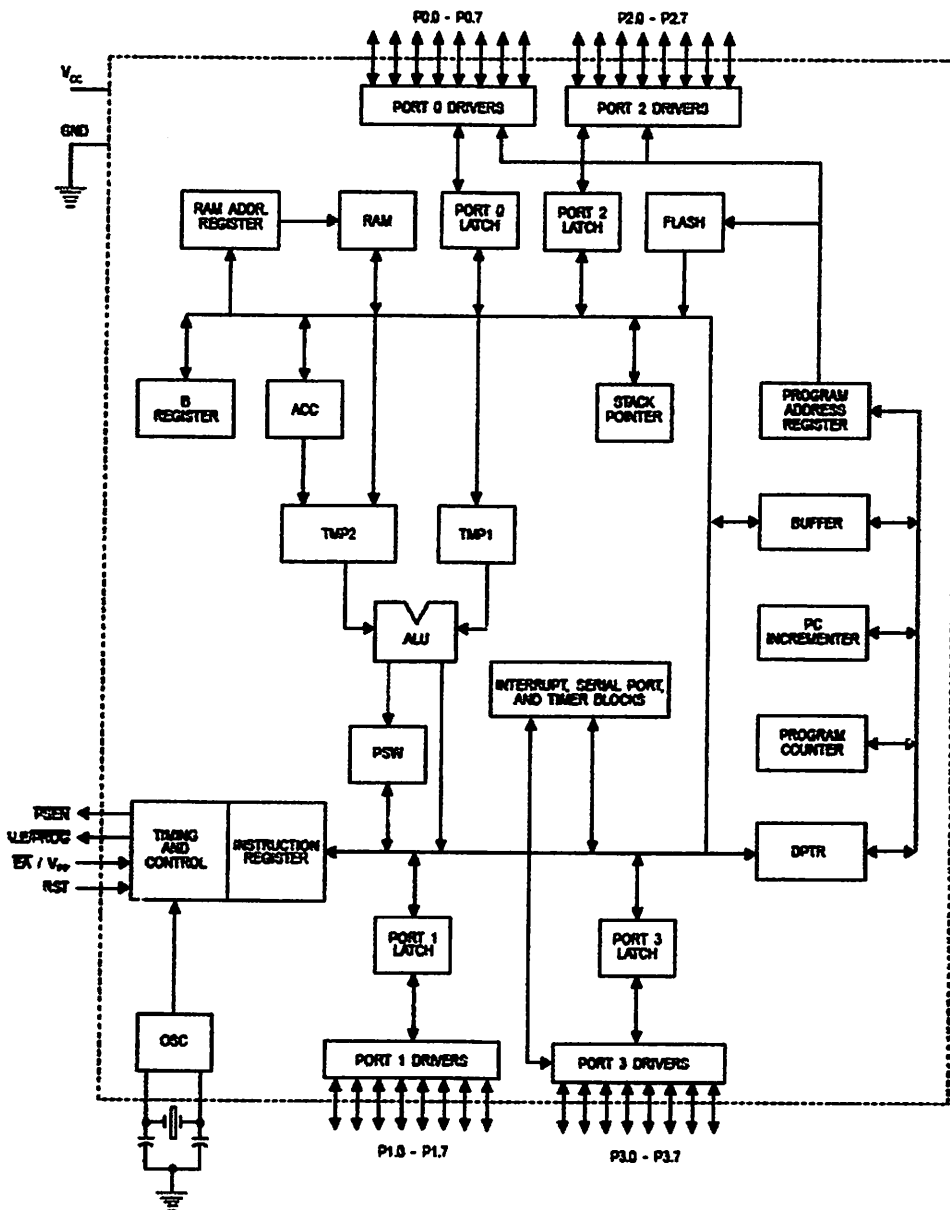
$$f = \frac{0,91}{RC} \quad (2-6)$$

Untuk sinyal clock ini dapat juga digunakan sinyal eksternal yang dihubungkan ke pin CLK IN. ADC 0808 memiliki 8 keluaran digital sehingga dapat langsung dihubungkan dengan saluran data mikrokomputer. Masukan (*chip select*, aktif rendah) digunakan untuk mengaktifkan ADC 0808. Jika berlogika tinggi, ADC 0808 tidak aktif (*disable*) dan semua keluaran berada pada keadaan impedansi tinggi.

Masukan (*write* atau *start conversion*) digunakan untuk memulai proses konversi. Untuk itu harus diberi pulsa logika 0. Sedangkan keluaran (*interrupt* atau *end of conversion*) menyatakan akhir konversi. Pada saat dimulai konversi, akan berubah ke logika 1. Di akhir konversi akan kembali ke logika 0.

## 2.7 Mikrokontroler AT89C51

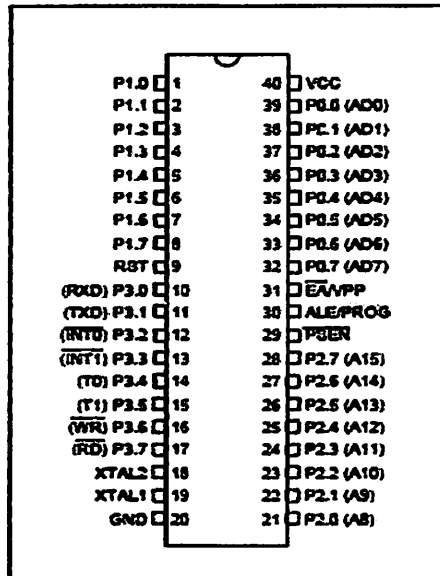
Mikrokontroler AT89C51 adalah mikrokontroler keluarga MCS – 51, membutuhkan daya rendah, memiliki performance yang tinggi dan merupakan mikrokomputer 8 bit yang dilengkapi 4Kbyte EEPROM (*Electrical Erasable and Programmable Read Only Memory*) dan 128 Byte RAM internal. Program memori dapat diprogram ulang dalam sistem atau menggunakan *programmer nonvolatile*



**Gambar 2.16. Diagram Blok Mikrokontroler AT89C51**

### 2.7.2 Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 memiliki 40 pin yang didefinisikan seperti pada gambar 2.17 Berikut ini:



Gambar 2.17. Konfigurasi pin AT89C51

1. Vcc : Catu daya ( supply tegangan).
2. Gnd : *Ground*
3. Port 0 : Port 0 merupakan port 8 bit yang bersifat open drain dua arah. Sebagai port keluaran, tiap pin dapat menerima 8 masukan TTL. Saat logika 1 dituliskan pada port, pin port dapat digunakan sebagai masukan dengan impedansi tinggi.
4. Port 1 : Port ini merupakan port I/O *bidirectional* dengan *internal pull-up*. Output Port ini dapat mendayai atau menerima 4 masukan TTL. Jika suatu logika 1 dituliskan pada port ini, maka port akan dibuat tinggi oleh *pull-up internal* dan dapat digunakan sebagai masukan. Pada saat sebagai *port* masukan, port ini akan di buat rendah dan port ini akan memberikan daya karena adanya *pull-up internal*.

5. Port 2 : Port ini merupakan port I/O bidirectional dengan internal pull-up. Penyangga pada port ini mampu menangani 4 masukan TTL. Jika logika 1 dituliskan pada port ini, maka port akan dibuat tinggi oleh pull-up internalnya.
6. Port 3 : Port ini merupakan port I/O bidirectional dengan internal pull-up. Output port ini dapat memberikan daya atau menerima 4 masukan TTL. Jika suatu logika 1 dituliskan pada port ini, maka port akan dibuat tinggi oleh pull-up. Selain sebagai port parallel port ini juga mempunyai fungsi khusus seperti terlihat pada table 2.2:

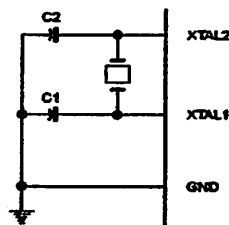
**Tabel 2.2. fungsi khusus pada parallel port**

Port Pin	Fungsi Khusus
P3.0	RXD (masukan port serial (UART))
P3.1	TXD (keluaran port serial (UART))
P3.2	INT0 (masukan interupsi luar 0)
P3.3	INT1 (masukan interupsi luar 1)
P3.4	TD (masukan luar Timer / Counter 0)
P3.5	T1 (masukan luar timer)
P3.6	WR (pulsa penulisan data memori luar)
P3.7	RD (pulsa pembacaan memori luar)

7. Reset : Masukan untuk reset. Suatu logika high selama dua siklus pada pin reset akan menyebabkan terjadinya proses reset.
8. ALE : Address Latch Enable merupakan suatu pulsa keluaran untuk mengaitkan ( latch ) byte bawah dari alamat selama mengakses memori luar.

9. **PSEN** : Program store enable adalah pulsa pengaktif untuk membaca program memori luar. Saat mikrokontroller melaksanakan instruksi dari program memori luar, PSEN akan diaktifkan dua kali siklus mesin, kecuali pada saat mengakses data memori luar.
10. **EA/VPP** : External access enable. EA harus duhubungkan dengan ground jika ingin mengakses program memori luardengan alamat 0000H sampai FFFFH. EA harus dihubungkan ke Vcc jika menggunakan program memori internal.
11. **X-TAL 1 dan X-TAL 2**

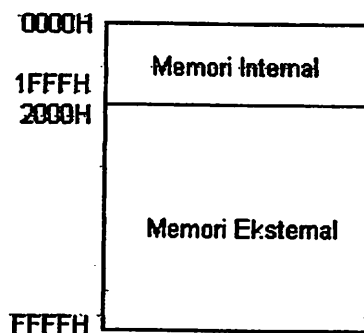
Pin ini dihubungkan dengan kristal bila menggunakan osilator internal. X-TAL 1 merupakan masukan ke rangkaian osilator internal sedangkan X-TAL 2 keluaran dari rangkaian osilator internal. Untuk keperluan ini diperlukan kapasitor penstabil sebesar 30pF. Dan nilai dari X-TAL tersebut antara 4 -24 Mhz. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar pemasangan X-TAL serta kapasitor yang digunakannya, seperti terlihat pada gambar 2.18



**Gambar 2.18. Osilator Eksternal AT89C51**

### 2.7.3 Organisasi Memory

Organisasi memory pada mikrokontroller AT89C51 dapat di bagi 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 mikrokontroller, sedangkan memori data digunakan sebagai tempat yang sedang diolah mikrokontroller. Organisasi memori AT89C51 dapat dilihat pada gambar 2.19



**Gambar 2.19. Organisasi Program Memori**

Mikrokontroller AT89C51 dilengkapi dengan ROM internal, sehingga untuk menyimpan program tidak digunakan ROM eksternal yang terpisah dari mikrokontroller. Agar tidak menggunakan memori program eksternal, penyemat/EA dihubungkan dengan Vcc ( logika 1 ).

Memori program mikrokontroller menggunakan alamat 16 bit mulai 0000<sub>H</sub> – 0FFF<sub>H</sub>, sehingga kapasitas penyimpanan program maksimal adalah 4Kb. Sinyal /PSEN ( Program Store Enable) tidak digunakan jika menggunakan memori program internal.

Selain program mikrokontroller AT89C51 juga memiliki data internal 128 byte dan mampu mengakses memori data eksternal sebesar 64Kb. Semua memori



data internal dialamati dengan data langsung atau tidak langsung. Ciri dari pengalamatan langsung adalah operand adalah alamat register yang berisi alamat data yang akan diolah. Sebagian memori tersebut dapat dialamati dengan pengalamatan register, dan sebagian lagi dapat dialamati dengan memori satu bit. Untuk membaca data digunakan sinyal /RD sedangkan untuk menulis digunakan sinyal /WR.

#### 2.7.4 SFR (Special Function Register)

Register fungsi khusus atau SFR terletak pada 128byte 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 Alamat register pada Mikrokonroller AT89C51**

Simbol	Nama Register	Alamat
ACC	Accumulator	E0 <sub>H</sub>
B	Register B	F0 <sub>H</sub>
PSW	Program Status Word	00 <sub>H</sub>
SP	Stack Pointer	81 <sub>H</sub>
DPTR	Data Pointer 2 Byte	
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	Interrupt Priority Control	D8 <sub>H</sub>
IE	Interrupt Enabel 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>

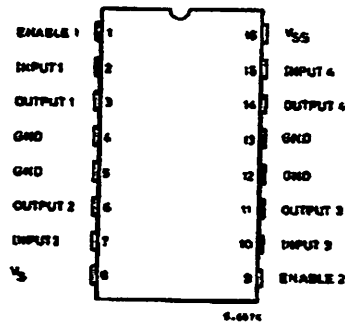
Beberapa macam register fungsi khusus yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

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

## **2.8 Motor Driver L293D**

Penguat motor yang digunakan adalah IC L293D yang praktis dan umum digunakan untuk motor berukuran kecil. Arus maksimal yang mampu dihasilkan

oleh L293D sebesar 600 mA. Penguat ini mampu melakukan fungsi pensaklaran kecepatan tinggi sampai dengan 5 KHz. IC L293D didesain dengan *range* tegangan input dari 5 volt sampai 12 volt. Gambar 2.20 merupakan motor driver L293D.



**Gambar 2.20. Rangkaian Motor driver L293D**

Kaki masukan 1 merupakan jalur sinyal PWM sebagai pensaklaran tegangan catu motor 12 V. Masukan 2 merupakan jalur 0 V. Masing-masing jalur menghasilkan tegangan keluaran yang akan diterapkan ke kutub kutub motor dc dengan berpedoman pada tabel kebenaran L293D sebagai berikut :

**Tabel 2-4. Kebenaran untuk satu kanal**

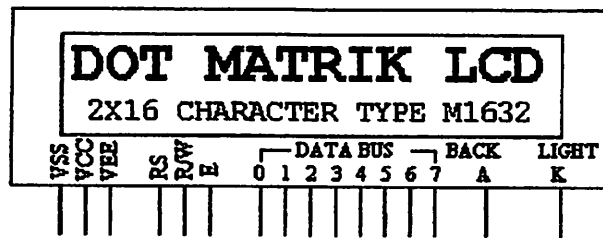
Input	Enable	Output
1	1	1
0	1	0
1	0	Z(High Output Impedance)
0	0	Z(High Output Impedance)

Z= Impedansi keluaran Tinggi

## 2.9 LCD ( Liquid Crystal Display )

Gambar rangkaian LCD dan konfigurasi pinnya dapat dilihat dalam Gambar 2.21. Bus data LCD terhubung dengan bus data mikrokontroler. Karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin  $\overline{R/W}$  dihubungkan ke *ground*. RS dihubungkan dengan pin A0 dari bus alamat mikrokontroler. Untuk mengatur

tingkat kecerahan LCD digunakan resistor variabel 1 k $\Omega$ . berikut merupakan gambar rangkaian dari LCD.



**Gambar 2.21 Rangkaian LCD dan Konfigurasi Pin**  
Sumber : *Data Sheets Eltech,1987:2*

Karakteristik LCD dot-matrik adalah sebagai berikut :

- 16 x 2 karakter dengan 5 x 7 dot-matrik dan *cursor*.
- Karakter generator ROM dengan 192 tipe karakter.
- Karakter generator RAM dengan 8 tipe karakter (untuk program *write*).
- 80 x 8 bit *display* data RAM.
- Dapat di-*interface*-kan dengan mikrokontroller 4 bit atau 8 bit.
- *Display* data RAM dan karakter generator RAM dapat dibaca dari mikrokontroler.
- Catu daya +5 Volt.
- *Power on reset*.
- Proses CMOS.
- Range temperatur operasi 0<sup>0</sup> sampai 50<sup>0</sup>C.
- Beberapa fungsi instruksi adalah *display clear*, *cursor home*, *display on/off*, *cursor on/off*, *display character blank*, *cursor shift* dan *display shift*.

Fungsi masing-masing pin LCD M1632 dapat dilihat dalam Tabel 2-5.

**Tabel 2-5** Fungsi Pin LCD

Nama Pin	Fungsi
D0-D7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan pada LCD.
<i>Enable</i> (E)	Sinyal operasi awal. Sinyal ini akan mengaktifkan data tulis atau baca.
$\overline{R/W}$	Sinyal seleksi tulis dan baca: 0 = tulis dan 1 = baca
RS	Sinyal pemilih register internal: 0 = instruksi register (tulis), 1 = data register (tulis dan baca).
$V_{EE}$	Untuk mengendalikan kecerahan LCD dengan mengubah-ubah nilai resistor variabel yang diumpankan.
$V_{CC}$	Tegangan sumber +5V
$V_{SS}$	Terminal <i>ground</i>

Sumber: *Data Sheets* Eltech, 1987:7

Instruksi operasi pada LCD merupakan kombinasi bilangan biner yang melalui pin saluran data 8 bit (D0 – D7), pin seleksi register (RS) dan pin seleksi instruksi (R/W).

Kontroler dari LCD mempunyai 2 buah register 8-bit yaitu register instruksi (IR) dan register data (DR). IR menyimpan kode instruksi seperti

*Display Clear, Cursor Shift dan Display Data (DD RAM) serta Character Generator (CG RAM). DR dapat menyimpan data sementara untuk ditulis ke DD RAM atau CG RAM ataupun membaca data dari DD RAM atau CG RAM. Ketika data ditulis ke DD RAM atau CG RAM maka data pada DR secara otomatis menulis data ke DD RAM atau CG RAM. Akan tetapi, ketika data pada CG RAM atau DD RAM akan dibaca, alamat data yang diperlukan adalah data yang ditulis pada IR. Data yang dihasilkan akan dimasukkan melalui DR dan mikrokontroler akan membaca data dari DR.*

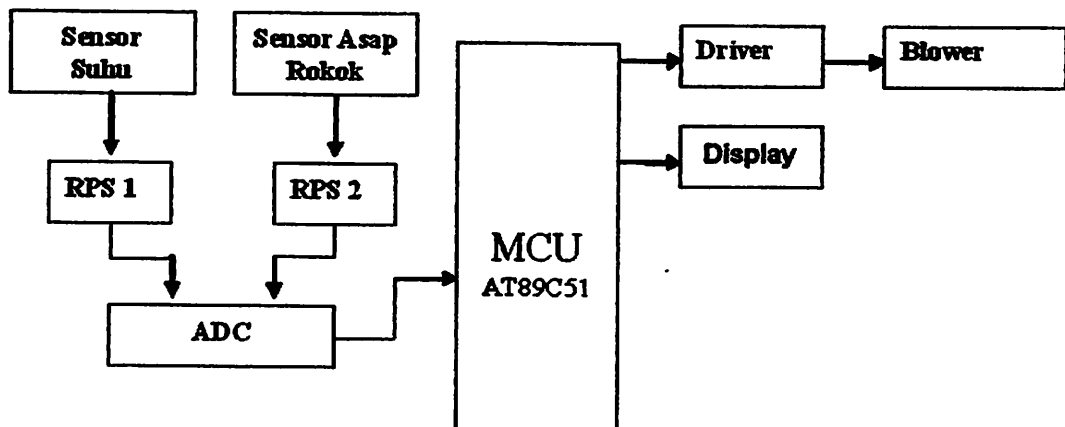
## BAB III

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan diuraikan perancangan alat pembersih udara terhadap polusi asap rokok dan temperature pada ruangan. Perancangan system ini mengacu pada rumusan masalah yang telah dibuat sebelumnya, pembahasan dilakukan pada setiap blok rangkaian yang terdiri atas: cara kerja masing-masing blok rangkaian serta fungsi masing-masing blok rangkaian.

#### 3.1 Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Perancangan dan pembuatan alat untuk skripsi ini ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Fungsi dari tiap-tiap bagian dalam blok diagram sistem adalah sebagai berikut:

#### □ Sensor Suhu

Sensor yang berfungsi untuk mengukur besarnya nilai suhu yang ada di suatu

## Ruangan

### **Sensor Asap Rokok**

Berfungsi untuk mengukur kadar gas CO (Carbonmonoksida) yang terdapat pada asap rokok pada suatu ruangan

### **Rangkaian Pengkondisi Sinyal 1 (RPS 1)**

Rangkaian yang berfungsi agar keluaran dari sensor suhu dapat dibaca oleh ADC

### **Rangkaian Pengkondisi Sinyal 2 (RPS 2)**

Berfungsi untuk mempermudah pembacaan keluaran tegangan yang berasal dari sensor gas agar mudah dibaca oleh ADC

### **Analog to Digital Converter (ADC)**

Mengkonversikan data masukan berupa sinyal analog menjadi data keluaran berupa sinyal digital

### **Mikrokontroler**

Berfungsi sebagai control utama yang menggerakkan keseluruhan system dibantu dengan bantuan software.

### **Driver 1**

Berfungsi untuk men-*driver blower*

### **Blower**

Berfungsi untuk mengeluarkan asap rokok dari ruangan serta mempercepat sirkulasi udara pada ruangan tersebut

### **Display**

*Display* yang berfungsi untuk kadar gas (CO) dan suhu pada ruangan tersebut.



### **3.2 Prinsip Kerja Alat**

Prinsip kerja alat secara umum adalah apabila sensor asap TGS 2442 mendeteksi besaran phisis yang berupa asap. Output dari sensor yang berupa tegangan akan di olah oleh rangkaian pengkondisi sinyal yang berfungsi untuk menguatkan sinyal agar dapat dibaca oleh ADC, ADC disini berfungsi sebagai converter dari sinyal analog menjadi sinyal digital. Sinyal yang berasal dari ADC akan diolah oleh mikrokontroller AT89C51 untuk menghasilkan output berupa blower. Prinsip kerja dari mikrokontroller ini menggunakan logika fuzzy. Apabila kondisi asap sangat pekat maka blower akan menghisap asap dengan berputar cepat, dan apabila kepekatan asap sedang maka blower akan berputar sedang. Kecepatan putaran blower sangat berpengaruh pada kepekatan dari kondisi asap yang dibaca oleh sensor.

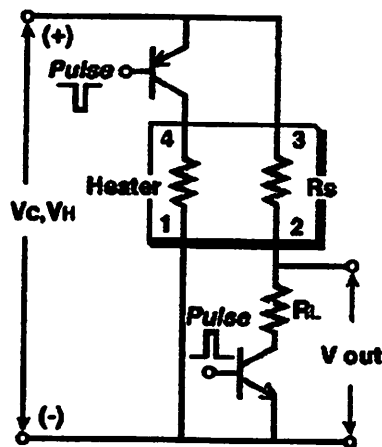
Apabila tidak ada asap yang terbaca oleh sensor TGS 2442, tetapi suhu dalam kondisi terbaca oleh sensor suhu LM35, prinsip kerja dari sensor suhu umumnya sama dengan sensor asap. Apabila suhu tinggi maka blower akan berputar cepat, dan bila suhu sedang blower akan berputar sedang sampai suhu berada dibawah set point dan blower akan mati.

### **3.5 Perancangan Perangkat Keras (*hardware*)**

#### **3.5.1 Perancangan Rangkaian Sensor Asap**

Pada perancangan sistem ini, sensor yang digunakan untuk mendeteksi asap rokok adalah sensor gas tipe TGS 2442, dimana sensor tersebut dapat mendeteksi gas karbonmonoksida (CO) yang terdapat dalam rokok. Sensor gas TGS 2442 mendeteksi

asap rokok berdasarkan kepekatan asap yang diterima. TGS 2442 memiliki resistor didalamnya dimana besar resistansinya bergantung pada kepekatan asap, makin pekat asap yang diterima, maka makin kecil nilai resistansi dalam TGS 2442. satuan dari kadar gas karbonmonoksida adalah ppm(part per million). Gambar 3.2 merupakan sensor TGS 2442.

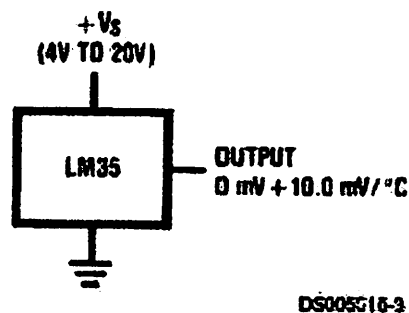


Gambar 3.2. Rangkaian Sensor gas

### 3.5.2 Perancangan Rangkaian Sensor Suhu

Sensor suhu tipe LM35 merupakan IC sensor temperatur yang akurat, yang tegangan keluarannya linear dan dalam satuan celcius. Jadi LM35 memiliki kelebihan dibandingkan sensor temperatur linear dalam satuan kelvin, karena tidak memerlukan pembagian dengan konstanta tegangan yang besar dari keluarannya untuk mendapatkan nilai dalam satuan celcius yang tepat. LM35 memiliki impedansi keluaran yang rendah, keluaran yang linear, dan sifat ketepatan dalam pengujian membuat proses interface untuk membaca atau mengontrol sirkuit lebih mudah. LM35 dapat digunakan dengan menggunakan catu daya tunggal, atau dengan catu

positif dan negatif. LM35 dapat mengindera suhu pada rentang dari  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $150^{\circ}\text{C}$ , dengan kenaikan tegangan sebesar  $10\text{ mV}$  setiap kenaikan  $1^{\circ}\text{C}$ . Pin V(+) dari LM35 dihubungkan ke catu daya, pin GND dihubungkan ke ground dan pin Vout (-) yang menghasilkan tegangan analog hasil penginderaan suhu sekitar – dihubungkan ke Vin(+) dari ADC 0808. Rangkaian sensor suhu ditunjukkan dalam gambar 3.3.



**Gambar 3.3. Rangkaian Sensor Suhu**  
**Sumber: Datasheet LM35**

Pada perancangan ini LM35 digunakan untuk mengukur suhu antara  $-55^{\circ}\text{C}$  –  $150^{\circ}\text{C}$ . Dikarenakan keluaran LM35 ini linier terhadap perubahan suhu (dalam  $0^{\circ}\text{C}$ ) dengan perubahan tegangan sebesar  $10\text{mV}/0^{\circ}\text{C}$ , maka didapatkan persamaan untuk tegangan keluaran dari LM35 ini adalah:

$$V_{out} = T \cdot 10\text{mV}$$

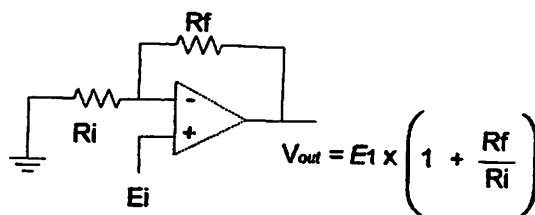
Ket: T = Besar suhu dalam  $0^{\circ}\text{C}$

Berdasarkan persamaan diatas, maka untuk merencanakan pengukuran suhu  $-55^{\circ}\text{C}$  –  $150^{\circ}\text{C}$  diperoleh tegangan keluaran dari LM35 antara  $-550\text{mV}$  –  $1500\text{mV}$ .

### 3.5.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal (Non Inverting Amplifier)

Sinyal input  $E_i$  disuapkan ke input non inverting (+) op-amp. Tahanan masukan dari penguat pembalik adalah  $R_i$ . Tegangan keluaran,  $V_o$  mempunyai polaritas yang sama seperti tegangan masukan  $E_i$ . Tegangan antara input (+) dan output (-) dari op-amp adalah 0V, Pada rangkaian non inverting  $E_i$  tampak melintasi  $R_i$  (gambar 3.4).  $E_i$  menyebabkan arus  $I$  mengalir, sehingga:

$$I = \frac{E_i}{R_i}$$



Gambar 3.4. Rangkaian Non Inverting

Arus  $I$  mengalir melalui  $R_f$  dan penurunan tegangan melintasi  $R_f$  dinyatakan oleh  $V_{rf}$  dan dinyatakan

$$V_{rf} = R_f I = \frac{R_f}{R_i} \times E_i$$

Tegangan keluaran  $V_o$  didapat dengan menambahkan  $E_i$  dengan tegangan yang melintasi  $V_{rf}$ , yaitu  $V_{rf}$

$$\begin{aligned}
 V_o &= E_i + \frac{R_f}{R_i} \times E_i \\
 &= \left( 1 + \frac{R_f}{R_i} \right) E_i
 \end{aligned}$$

Oleh karena itu, penguatan tegangan penguat non inverting akan lebih besar dari satu, tidak soal berapapun besarnya nilai  $R_f$  yang digunakan.

Perbedaan antara tegangan input dan output hanyalah fakta bahwa tegangan output akan  $1 + R_f/R_i$  kali lebih besar dari inputnya.

Untuk mendapatkan gain tegangannya didapatkan:

$$A = \frac{V_o}{E_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

Dari rumus diatas maka akan didapatkan penguatan tegangan dari sensor yang diinginkan yaitu sebesar  $A$  kali.

### 3.6 Perancangan Rangkaian ADC

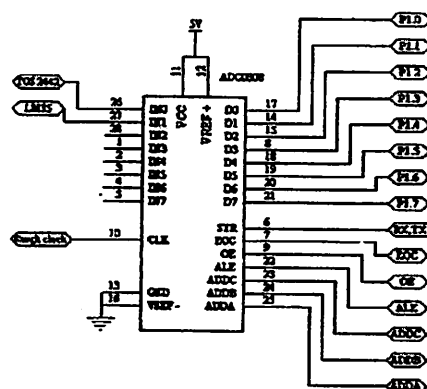
Agar dapat diproses oleh mikrokontroler maka sinyal yang masuk ke dalam mikrokontroler harus merupakan sinyal digital. Untuk itu tegangan output harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi sinyal digital dengan rangkaian ADC. Dalam perancangan ini digunakan ADC 0808. Pada ADC0808, terdapat penambahan komponen data yaitu *monolithic CMOS device* dengan 8 bit analog digital konverter dan 8 *channel multiplexer* serta mikroprosesor yang cocok dengan logika kontrol. Fungsi dari multiplexer yaitu mengontrol sistem inputan yang terdiri dari DA, DB, DC. Dimana untuk memilih selektor inputan ADC data DA, DB, DC, diatur dengan

rumus  $2^n$ , yaitu inputan kontrol ADC0808 terdapat 3 buah (DA, DB, DC) sehingga kontrol multiplexer yaitu  $2^3 = 8$  buah.

Dengan outputan sensor sebesar  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ , Maka dibutuhkan penguatan sebesar 2x untuk mendapatkan outputan  $20\text{mV}/\text{step}$ , sehingga diharapkan ADC merubah outputan sensor suhu / step untuk  $1^\circ\text{C}$  dimana ditetapkan  $R_f=10\text{K}\Omega$ . Berikut di bawah ini merupakan rumus ADC.

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk step ADC} &= \frac{2 \cdot V_{rf}}{\text{Data output ADC 8 bit}} \\
 &= \frac{2 \cdot 2,5}{255} \\
 &= \frac{5}{255} \\
 &= 0,196 \text{ mV} \\
 &= 20 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

Rangkaian ADC ini mempunyai 8 bit keluaran yang dihubungkan ke masukan mikrokontroler (P1.0-1.7). Sedangkan masukannya adalah tegangan output dari rangkaian sensor suhu dan sensor asap. Masukan yang diterima ADC ini dibatasi antara 0 sampai 5 volt (*datasheet*). Gambar 3.5 adalah rangkaian ADC 0808.



Gambar 3.5. Rangkaian ADC 0808

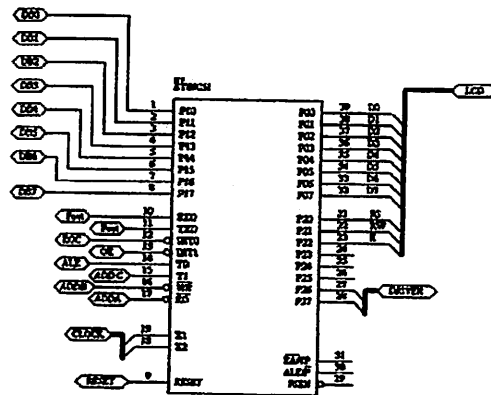
Pin-pin yang digunakan ADC 0808 adalah:

1. IN0 dan IN1 merupakan inputan untuk sensor asap dan sensor suhu.
2. Port D0 – D7 pada ADC terhubung pada port P1.0 –P1.7 mikrokontroler.
3. Port STR dihubungkan pada pin RXD(P3.0), TXD(P3.1) mikrokontroler.
4. Port EOC dihubungkan pada pin INT0(P3.2) mikrokontroler.
5. Port OE dihubungkan pada pin INT1(P3.3) mikrokontroler.
6. Port ALE dihubungkan pada pin T0(P3.4) mikrokontroler.
7. Port ADD C dihubungkan pada pin TI(P3.5) mikrokontroler.
8. Port ADD B dihubungkan pada pin RW(P3.6) mikrokontroler.
9. Port ADDA dihubungkan pada pin RD(P3.7) mikrokontroler.
10. Vref di-ground-kan agar memberi logika *low*.

### **3.7 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler AT89C51**

Pada rangkaian kontrol ini komponen utamanya menggunakan mikrokontroler AT89C51. Sebagai tempat pengolahan data dan pengontrolan alat, pin-pin AT89C51 dihubungkan pada rangkaian pendukung membentuk suatu minimum sistem seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.6.

AT89C51 membutuhkan daya sebesar 5 volt pada pin VCC dan pin GND dihubungkan ke ground. Agar mikrokontroler dapat bekerja, diperlukan rangkaian osilator yang dihubungkan ke pin XTAL1 dan XTAL2. rangkaian osilator terdiri dari kristal 11.059 MHz sebagai sumber pulsa dan dua buah kapasitor C1 dan C2 dengan kapasitansi 30 pF sebagai penstabil pulsa.



**Gambar 3.6 Rangkaian Mikrokontroler AT89C51**

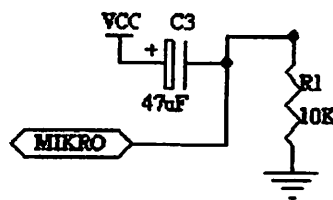
Pin reset membutuhkan logika '1' (aktif high) agar AT89C51 melakukan proses reset (pengeksekusian ulang program dari awal program). Pada rangkaian ini pin reset dihubungkan ke kapasitor C3 (47  $\mu$ F) dan resistor R1 (10 K $\Omega$ ). Proses reset ini akan berlangsung secara otomatis berdasarkan prinsip pengisian dan pengosongan muatan pada C3. Selama pengisian muatan pin reset berada dalam kondisi low, setelah muatannya penuh, C3 akan mulai melepaskan muatan dan akan menyulut pin reset sehingga terjadi proses reset.

AT89C51 memiliki 4 (empat) buah port I/O 8-bit dua arah, terdiri dari port 0, port 1, port 2, port3. Pada rangkaian ini port 0, port 2 digunakan sebagai keluaran, sedangkan port 1 dan port 3 digunakan sebagai masukan. Semua pin pada port 0 digunakan untuk mengirim data yang akan ditampilkan LCD (pin DB0–DB7). Pin-pin port 1 yang digunakan adalah pin P1.0 – P1.7. Pin P2.0 dihubungkan ke pin RS LCD, pin P2.2 dihubungkan ke pin E LCD, pin P2.1 dihubungkan ke pin RW LCD, pin P2.6 dihubungkan ke pin IN1 L293D, pin P2.7 dihubungkan ke pin EN L293D. Pin P1.0 – P1.7 menerima data digital hasil konversi suhu dari ADC 0808.



### 3.7.1 Perancangan Rangkaian Reset

Untuk mereset mikrokontroler AT89C51, maka pin RST diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal *reset* kapasitor dihubungkan dengan Vcc dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*. Rangkaian *reset* ditunjukkan dalam gambar 3.7.



Gambar 3.7. Perancangan Rangkaian *Reset*

Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 11,0592 MHz, maka satu periode membutuhkan waktu sebesar :

$$T = \frac{1}{f_{XTAL}} = \frac{1}{11,0592 \text{ MHz}} = 9,042 \times 10^{-8} \text{ s}$$

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

$$\begin{aligned} \text{reset}(\text{min}) &= T \times \text{periode yang dibutuhkan} \\ &= 9,042 \times 10^{-8} \times 24 = 2,17 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Jadi mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 2,17 µs untuk *mereset*. Waktu minimal inilah yang dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C. Dengan menentukan nilai R = 10 kΩ dan C = 47 µF, maka :

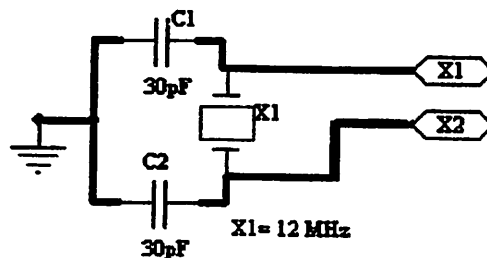
$$t = 0,357 R.C = 0,357 \times 10000\Omega \times 47.10^{-6} = 137,587 \text{ ms}$$

Jadi dengan nilai komponen  $R = 10 \text{ k}\Omega$  dan  $C = 47\mu\text{F}$  dapat memenuhi syarat minimal untuk waktu yang dibutuhkan oleh mikrokontroler.

### 3.7.2 Perancangan Rangkaian Clock

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem yang dirancang ini menggunakan osilator internal yang telah tersedia dalam *chip* AT89C51. Untuk menentukan frekuensi osilatornya cukup dengan menghubungkan kristal dalam pin 19 ( $X_1$ ) dan pin 18 ( $X_2$ ) serta dua buah kapasitor ke *ground*.

Besarnya kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi dalam *datasheet* AT89C51 yaitu 30 pF. Kristal yang digunakan adalah 11,0592 MHz. Gambar 3.8 memperlihatkan rangkaian *clock* yang dirancang.



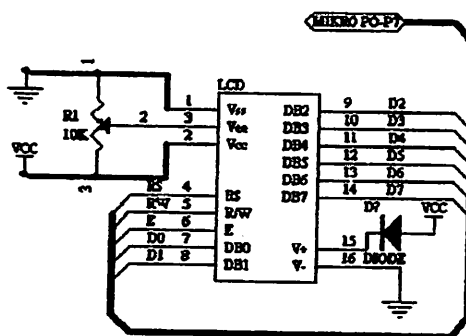
Gambar 3.8. Perancangan Rangkaian *Clock*

### 3.8 Perancangan Rangkaian LCD

Sebagai penampil data digunakan display LCD Dot matrik 2 x 16 karakter. Signal-signal yang digunakan oleh LCD adalah data bus, RS, R/W dan E. signal E dihubungkan ke port DO untuk mengaktifkan LCD. LCD akan aktif jika MK memberi instruksi tulis pada alamat LCD. Sedang port D1 diberikan untuk

memberikan signal RS yang membedakan data yang diberikan pada LCD. Signal RS diberikan pada LCD untuk membedakan signal antara instruksi program/instruksi penulisan data.

Untuk pin R/W akan berlogika low (0) bila dihubungkan dengan dengan ground maka LCD difungsikan hanya untuk menuliskan program / data ke display. Untuk mengambil data dari MK maka pin-pin data dihubungkan dengan B0 sampai B7 yang merupakan pin-pin data dari mikrokontroller.



**Gambar 3.9.** Rangkaian LCD

Rangkaian antarmuka modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 3.9 Dengan mengubah nilai  $V_{EE}$  menggunakan potensiometer P1 akan diperoleh tingkat kecerahan yang berbeda pada tampilan LCD.

### 3.8 Perancangan Rangkaian Driver

IC L293D digunakan untuk penyangga keluaran dari pin P2.6 dan P2.7 sebelum dihubungkan ke blower. Untuk mengaktifkan L293D, pin VS diberikan tegangan catu daya sebesar 12 volt dan pin GND dihubungkan dengan ground. L293D memiliki 4 (empat) buah pin masukan (IN1–IN4) dan 4 (empat) buah pin

keluaran (OUT1-OUT4). Untuk menggunakan I/O 1 dan 2 (IN1, IN2, OUT1, OUT2), pin EN1 harus diberikan tegangan catu sebesar 5 volt, sedangkan untuk menggunakan I/O 3 dan 4 (IN3, IN4, OUT3, OUT4), pin EN2 harus diberikan tegangan catu sebesar 5 volt. Keluaran dan masukan pada L293D dapat dilihat pada tabel 3-1.

**Tabel 3-1. Tabel Kebenara IC-L293D**

Input	Enable	Output
1	1	1
0	1	0
1	0	Z(High Output Impedance)
0	0	Z(High Output Impedance)

IC L293D ini juga dapat dihubungkan dengan heatsink (pada setiap pin GND) untuk melindungi rangkaian dari kelebihan beban temperatur (over temperature).

Blower dirancang dalam kondisi aktif low dengan cara menghubungkan pin positifnya dengan catu daya sebesar 12 volt, dan pin negatifnya dengan keluaran dari ST-L293D. Blower akan bekerja bila OUT 1 ST-L293D memberi logika '0' dan akan berhenti bekerja bila OUT 1 memberi logika '1'.

### **3.9 Perancangan Perangkat Lunak**

#### **3.9.1 Langkah Mendesain Sistem Berbasis Logika Fuzzy Pada Petrafuz51**

Ada beberapa langkah untuk membuat suatu system fuzzy dengan Petrafuz51, yaitu : mendesain *crisp input* dan *membership function* baik itu *input* maupun *output*, mendesain *rules*, mengevaluasi sistem, menghasilkan (*generate*) kode basis data (*data base*) fuzzy, membuat kode program dan men-*download* program ke DT-51.

### 3.9.2 Mendesain *Crisp Input* dan *Membership Function*

Pada fuzzy system terdapat tiga proses yaitu :

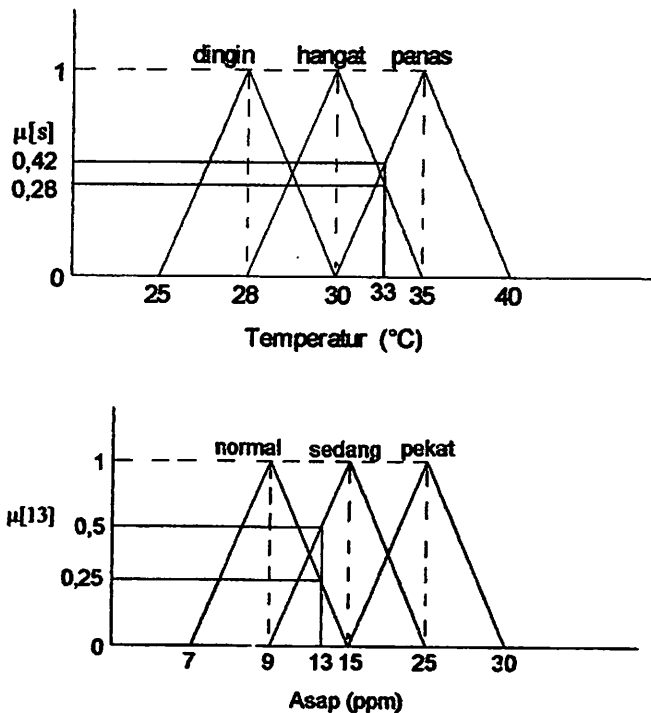
1. Fuzzification.
2. Rule evaluation.
3. Defuzification.

Fuzzyfication berfungsi untuk merubah suatu besaran analog menjadi fuzzy input. Prosesnya adalah sebagai berikut: suatu besaran analog dimasukkan sebagai input (*crisp input*), lalu input tersebut dimasukkan pada batas *scope / domain* sehingga input tersebut dapat dinyatakan dengan label (dingin, panas, cepat, dll) dari *membership function*. *Membership function* ini biasanya dinamakan *membership function input*. Dari *membership function* kita bisa mengetahui berapa *degree of membership function*-nya. Sebelum membuat fungsi keanggotaan, kita buat terlebih dahulu data input fuzzy, seperti tabel 3.2.

Tabel 3-2. Data Input Fuzzy

		Suhu		
		Panas	Hangat	Dingin
Asap	Pekat	cepat	cepat	cepat
	Sedang	cepat	sedang	sedang
	Normal	cepat	sedang	mati

Setelah membuat data input fuzzy, maka selanjutnya membuat fungsi keanggotaannya. Bentuk *membership function* yang digunakan dalam adalah bentuk segitiga. Gambar 3.10 merupakan fungsi keanggotaan dari suhu dan asap.



**Gambar 3.10. Fungsi keanggotaan Suhu dan Asap**

Dari gambar 3.10 didapat 2 fuzzy input yang masing-masing adalah: hangat (0,28) dan panas (0,42) untuk suhu dan normal (0,25),sedang(0,5) untuk asap. Nilai – nilai tersebut dapat dicari dengan rumus persamaan garis. Yang menentukan sistem sensitif atau tidak adalah membership function ini. Jika membership function-nya banyak maka sistem menjadi sensitif. Yang dimaksud dengan sensitif dalam hal ini adalah jika input-nya berubah sedikit saja maka sistem akan cepat merespon dan menghasilkan suatu output lain. Output dari proses fuzzification ini adalah sebuah nilai input fuzzy atau yang biasanya dinamakan fuzzy input.

Suatu nilai fuzzy input yang berasal dari proses fuzzification kemudian dimasukkan kedalam sebuah rule yang telah dibuat untuk dijadikan sebuah fuzzy

output. Ini merupakan bagian utama dari fuzzy, karena disinilah sistem akan menjadi pintar atau tidak. Jika tidak pintar dalam mengatur rule maka sistem yang akan dikontrol menjadi kacau. Format dari rule adalah sebagai berikut:

*If antecedent1 operator antecedent2 then consequent1 operator consequent2*

Dalam melakukan perancangan ini hanya menggunakan operator AND. Dari tabel 3-2 akan ditentukan nilai fuzzy output-nya, rule – rule yang ada adalah sebagai berikut:

Rule:

1. if suhu is panas AND asap pekat then blower is cepat.
2. if suhu is panas AND asap sedang then blower is cepat.
3. if suhu is panas AND asap normal then blower is cepat.
4. if suhu is hangat AND asap pekat then blower cepat
5. if suhu is hangat AND asap sedang then blower sedang
6. if suhu is hangat AND asap normal then blower sedang
7. if suhu is dingin AND asap pekat then blower cepat
8. if suhu is dingin AND asap sedang then blower sedang
9. if suhu is dingin AND asap normal then blower mati

Proses defuzzifikasi berfungsi untuk menentukan suatu nilai crisp output. Prosesnya adalah sebagai berikut: suatu nilai *fuzzy output* yang berasal dari *rule evaluation* diambil kemudian dimasukkan ke dalam suatu *membership function output*. Bentuk bangun yang digunakan dalam *membership function output* adalah bentuk segitiga yaitu garis lurus vertikal ke atas. Besar nilai fuzzy output dinyatakan sebagai *degree of membership function output*. Nilai-nilai tersebut dimasukkan ke

dalam suatu rumus yang dinamakan COG (Center Of Gravity) untuk mendapatkan hasil akhir yang disebut crisp output. Crisp output adalah suatu nilai analog yang akan kita butuhkan untuk mengolah data pada sistem yang telah dirancang.



## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT**

#### **4.1. Tujuan**

Pada bab ini akan dibahas tentang pengujian alat yang telah dirancang dengan tujuan agar antara perancangan dan pembuatan sesuai dengan hasil keperluan yang ada, dipandang dari segi perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak dapat sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Dengan diadakan pengujian alat, maka pada tugas akhir ini dapat membuktikan bahwa ada alat yang dirancang dapat berjalan sesuai dengan kondisi masukan yang ada, sehingga memberikan keluaran yang sesuai pula. Untuk mengetahui kemampuan dan sistem kerja alat sesuai dengan perancangan maka dilakukan pengujian pada alat dan sistem kerja alat, dimana prosedur pengujian meliputi pengujian perangkat keras.

#### **4.2. Pengujian *Hardware***

Pengujian perangkat keras ini mencakup pengujian rangkaian elektronika pada masing-masing blok maupun blok secara keseluruhan yang telah dirancang dengan menggunakan multimeter digital.

##### **4.2.1. Pengujian Sensor**

Untuk pengujian sensor suhu dilakukan beberapa kali untuk memperkecil kesalahan mengingat adanya kemungkinan penyimpangan data dengan teori karena suhu yang diamati cenderung berubah-ubah.

#### 4.2.1.1. Pengujian Sensor Suhu

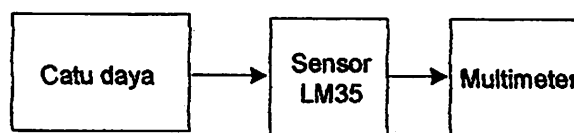
Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Multimeter Digital.
- b. Termometer.
- c. Sumber-catu daya 5 Volt DC.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- a. Menyusun rangkaian sesuai dengan Gambar 4.1.
- b. Mengamati dan mencatat nilai tegangan keluaran yang dihasilkan.

Sensor suhu yang digunakan adalah LM35 yang diberi tegangan supply 5 Volt DC. Penggunaan resistor dengan nilai  $R_i = 10\text{ K}\Omega$   $R_f = 50\text{ K}\Omega$  sebagai kalibrasi antara tegangan supply dengan tegangan output sensor, dimana hal ini mengindikasikan bahwa sensor digunakan pada range antara  $-55^\circ$  sampai  $+150^\circ\text{C}$ . Seperti terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Rangkaian Sensor Suhu

Pada pengujian yang dilakukan batas range awal pada suhu  $14^\circ\text{C}$  sampai  $38^\circ\text{C}$  didapatkan tegangan yang bervariasi mulai dari 0,142 Volt sampai 0,382 Volt.

Dimana besarnya kenaikan tegangan pada IC LM35 tanpa penguatan adalah  $\pm 10$  mV/°C. Sehingga :

$$V_{out} = \text{Suhu } (^\circ\text{C}) \times 10 \text{ mV}$$

Dari rumus diatas maka didapatkan perbandingan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan tegangan keluaran sensor suhu tanpa penguatan seperti terlihat pada tabel 4.1 :

**Tabel 4.1. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Tegangan Sensor Suhu**

NO	SUHU (°C)	HASIL PENGUKURAN ( Volt )	HASIL PERHITUNGAN ( Volt )
1	14	0,142	0,140
2	17	0,177	0,170
3	20	0,201	0,200
4	23	0,235	0,230
5	26	0,262	0,260
6	29	0,294	0,290
7	31	0,311	0,310
8	34	0,346	0,340
9	37	0,371	0,370
10	38	0,382	0,380

Sedangkan pada Tabel 4.2 merupakan tabel hasil pengukuran dan hasil perhitungan sensor suhu beserta hasil penguatan dari rangkaian supervisi, dimana

penguatan sebesar 2 kali. Karena ADC hanya bisa mengkonversi tegangan analog menjadi tegangan biner per bit sebesar 20 mV. Dengan output tegangan suhu sebesar 10 mV/°C, maka dibutuhkan penguatan 2 kali untuk mendapatkan tegangan 20 mV.

**TABEL 4.2. Hasil Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan Tegangan Sensor Suhu Beserta Penguatannya**

No	Suhu (C°)	Hasil Pengukuran (Volt)	Hasil Perhitungan (Volt)	Hasil Penguatan	
				Pengukuran	Perhitungan
1	14	0,142	0,14	0,284	0,28
2	17	0,177	0,17	0,354	0,35
3	20	0,201	0,2	0,402	0,4
4	23	0,235	0,23	0,470	0,46
5	26	0,262	0,26	0,524	0,52
6	29	0,294	0,29	0,588	0,58
7	31	0,311	0,31	0,622	0,62
8	34	0,346	0,34	0,692	0,68
9	37	0,371	0,37	0,742	0,74
10	38	0,382	0,38	0,764	0,76

Analisa kesalahan/error tegangan keluaran pada sensor suhu LM35 dari Tabel 4.2 diatas adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Perhitungan} - \text{Pengukuran}}{\text{Perhitungan}} \times 100\%$$

Dari rumus diatas maka didapatkan kesalahan/error antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan tegangan keluaran sensor suhu LM35 seperti pada tabel 4.3 berikut ini :

**Tabel 4.3. Hasil Perbandingan Antara Pengukuran Dengan Perhitungan Sensor Suhu LM35**

No	Suhu (C°)	Hasil Pengukuran (Volt)	Hasil Perhitungan (Volt)	Kesalahan/Error (%)
1	14	0,142	0,14	1,42
2	17	0,172	0,17	1,17
3	20	0,201	0,2	0,5
4	23	0,231	0,23	0,43
5	26	0,262	0,26	0,76
6	29	0,295	0,29	1,3
7	31	0,313	0,31	0,09
8	34	0,341	0,34	0,02
9	37	0,371	0,37	0,02
10	38	0,382	0,38	0,05

#### 4.2.1.2 Pengujian Sensor Gas

Pengujian rangkaian sensor gas bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai perbandingan antara sensor gas TGS 2442 yang digunakan dengan alat ukur Karbonmonoksida (CO). Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan masukan sebagai pengganti sensor gas yang akan digunakan. Tegangan yang diberikan sesuai dengan nilai tegangan yang telah diperoleh pada perancangan alat.

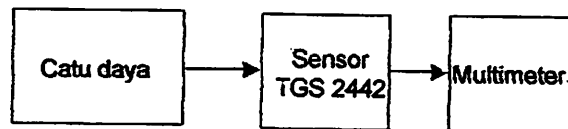
Alat-alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

1. Catu Daya +5V DC
2. Rangkaian sensor gas TGS 2442
3. Alat ukur Karbon monoksida

#### 4. Multimeter digital

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian seperti dalam Gambar 4.2
2. Memastikan rangkaian yang disusun sudah benar sebelum menghubungkannya ke sumber tegangan
3. Memberi asap rokok pada sensor TGS dan alat ukur CO tegangan.
4. Mencatat keluaran tegangan pada Sensor beserta alat ukur, kemudian bandingkan hasilnya.



Gambar 4.2. Blok diagram pengujian sensor gas TGS 2442

Tabel 4.5. Perbandingan Tegangan Output antara TGS 2442 dengan Alat Ukur Karbonmonoksida

No	Gas CO (ppm)	Tegangan Output (Vout)	
		TGS 2442	Alat Ukur
1	6	0,143	0,14
2	8	0,162	0,16
3	10	0,202	0,20
4	12	0,240	0,24
5	14	0,284	0,28
6	16	0,322	0,32
7	18	0,361	0,36
8	20	0,404	0,40
9	22	0,443	0,44
10	24	0,462	0,46

#### **4.2.1.3 Pengujian ADC (*Analog to Digital Conversion*)**

Pengujian ADC dilakukan untuk mengetahui hasil pengkonversian data oleh ADC 0808, serta besarnya tingkat kesalahan pada rangkaian ADC. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan masukan pada ADC sebagai pengganti tegangan dari pengkondisi sinyal. Sedangkan hasil keluaran pada ADC diukur dengan menggunakan multimeter digital dimana pengukurannya dilakukan tiap-tiap bit dari ADC, yang kemudian dikonversikan ke dalam nilai desimal. Gambar 4.3 menunjukkan blok diagram pengujian untuk rangkaian ADC. Hasil pengujian rangkaian ADC ditunjukkan dalam Tabel 4.4. Dalam pengujian ADC menggunakan led yang disusun pada PCB. Pengukuran ADC ditunjukkan pada tabel 4.4

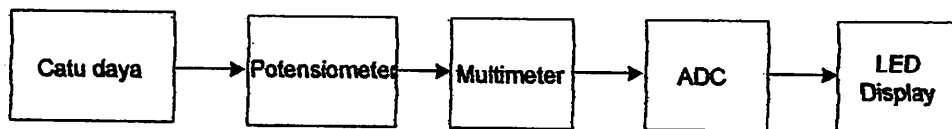
Alat-alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

1. Catu Daya +5V DC
2. Modul pembagi tegangan
3. Rangkaian ADC
4. Multimeter digital

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian seperti dalam Gambar 4.4
2. Mengatur tegangan referensi hingga sesuai dengan tegangan dalam perancangan (2,5V)
3. Memberi tegangan masukan untuk beberapa nilai tegangan pada rangkaian ADC.
4. Mengukur tiap-tiap bit keluaran pada ADC menggunakan multimeter dan catat hasilnya.

5. Data hasil yang telah diperoleh kemudian dikonversi ke dalam heksadesimal dan desimal
7. Membandingkan hasilnya dengan hasil perhitungan untuk mendapatkan persentase kesalahan gambar.



Gambar 4.4. Blok diagram pengujian ADC 0808

Tabel 4.4. Hasil Pengukuran ADC

No	Tegangan Input (volt)	Output ADC Perhitungan		Output ADC Pengukuran		% error
		Decimal	Biner	Decimal	Biner	
1	0.5	25	00011001	24	00011000	0.04
2	1	50	00110010	52	00110100	0.04
3	1.5	75	01001011	74	01001010	0.01
4	2	100	01100100	98	01100010	0.02
5	2.5	125	01111101	126	01111110	0.008

Dari tabel hasil pengujian rangkaian ADC di atas, maka akan diperoleh error / kesalahan secara keseluruhan dengan rumus seperti berikut:

$$\% \text{ error rata-rata} = \frac{\sum \% \text{ Kesalahan}}{n}$$

n = Banyaknya pengujian yang dilakukan

$$\% \text{ rata-rata} = (0,04+0,04+0,01+0,02+0,008)/5 = 0,023 \%$$



#### 4.2.1.4. Pengujian Logika Fuzzy Logic

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari kecepatan pada blower (rpm blower). Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur tachometer. Tabel 4.5 merupakan pengujian dari logika fuzzy.

TABEL 4-5. Pengujian logika fuzzy

NO	TGS	LM35	KONDISI	PUTARAN KIPAS (RPM)
1	1	0	NORMAL	0
2	2	14	NORMAL	0
3	3	26	SEDANG	457
4	6	27	SEDANG	526
5	7	29	TINGGI	782
6	9	14	TINGGI	835
7	10	26	TINGGI	875
8	5	30	TINGGI	900

Pada tabel di atas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai dari sensor TGS dan LM35 maka semakin cepat pula blower akan berputar.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dan analisa dari alat yang telah dibuat maka dapat disimpulkan:

- a. Pada perancangan yang telah dibuat didapat bahwa sensor suhu dengan tingkat perubahan suhu yang jatuh pada sensor berkisar antara 14°C sampai 38°C mempunyai keluaran sebesar 0,142 sampai 0,382 volt, karena tegangan output sensor sangat kecil maka diperlukan penguat agar sesuai dengan spesifikasi dari ADC 0808 yang dipakai, dengan keluaran 0,142 volt sampai 0,382 volt.
- b. Pada pengukuran sensor sensor gas TGS 2442 dilakukan perbandingan dengan alat ukur khusus mendeteksi adanya gas karbon monoksida guna mendapatkan nilai tegangan output yang setara pada alat ukur tersebut yaitu kadar gas CO dalam ppm.
- c. Dari hasil pengujian ADC 0808 didapatkan bahwa error rata – rata sebesar 0,023 %.
- d. pada pengujian logika fuzzy yang telah dilakukan, semakin tinggi kondisi pada ruangan (panas, pekat) maka semakin cepat pula blower akan berputar.

## **5.2 Saran - saran**

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan sistem dari alat tersebut antara lain :

- 1. Untuk aplikasi pada ruangan sebenarnya, hendaknya menggunakan beberapa sensor yang ditempatkan pada beberapa titik, sehingga sistem dapat bekerja lebih baik.**
- 2. Aplikasi sistem ini dapat dikembangkan dengan menambah sistem ionisasi udara, sehingga udara yang masuk dan keluar dapat disaring terlebih dahulu.**

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2000. *Data Sheet, TGS 2442 Carbon monoxide Sensor*. Figaro
- Anonim. 2000. *LM35, Precision Centigrade Temperature Sensors*. National Semiconductor.
- Anonim. 2001. *ADC 0808 /0809, 8-Bit  $\mu$ P Compatible A/D Converters*. National Semiconductor.
- [http://www.google.com/DT-51\\_application\\_note/fuzzy.pdf](http://www.google.com/DT-51_application_note/fuzzy.pdf)
- Anonim. 2000. *Data sheet, Microcontroller AT89C51*. Atmel.
- Anonim. 2000. *LMB162ABC LCD Module User Manual*. Shenzhen TOPWAY technology Co., Ltd..
- Anonim. 2005. *Data sheet hd74hc14*. Renesas.
- Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu.
- Anonim. 2001. *Data sheet L293D*. Rapid.
- Basha, Adnil. 2004. *Risalah Atas Rokok*. [Http://www.pjnhk.go.id/artikel\\_13.htm](http://www.pjnhk.go.id/artikel_13.htm).
- Mohsih, Yulianto. 2004. *Bahaya Asap Rokok*. [Http://www.chem-is-try.org/?sect=artikel&ext=58](http://www.chem-is-try.org/?sect=artikel&ext=58).











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

**LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI**

NAMA : Tangguh Lelono  
NIM : 04.12.231  
JURUSAN : Teknik Elektro S-1  
KONSENTRASI : Teknik Elektronika  
HARI/TANGGAL : Rabu 18 Maret 2009

No	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Pengkondisi Sinyal	
2.	Proses Kerja ADC	
3.	Multiplexer	
4.	Hasil Pengujian Fuzzy Logic	
5.	Kesimpulan	
6.	Output TGS	

**Telah Diperiksa dan Disetujui,**

**Penguji I**



**M. Ashar, ST. MT**  
NIP. 1030500408

**Mengetahui,**

**Dosen Pembimbing I**



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

**Dosen Pembimbing II**



**I. Komang Somawirata, ST, MT**  
NIP. 1030100361



### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

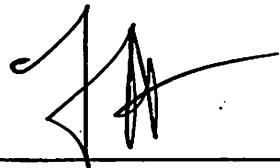
Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa .

NAMA : TANGGUH LELANO  
NIM : 0412231  
Perbaikan melalui :

- \* Pengondis sinyal
- \* ADC  $\Rightarrow$  proses kerja
- \* Multiplexer system.
- \* Hasil pengujian Fuzzy Logic ?  
scr detail
- \* Ekspansi
- \* Output  $\pm 6V$ .


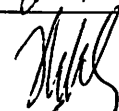
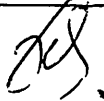



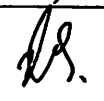
Malang,

200

(  )

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Tangguh Lelono  
Nim : 04.12.231  
Masa Bimbingan : 5-Desember-2008 s/d 5-Juni-2009  
Judul Skripsi : Alat Pembersih Ruangan Kantor Terhadap Polusi Asap Rokok Dan Temperatur Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler AT89C51

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	21 02/09	Revisi Bab I	
2	25 02/09	Revisi Bab II	
3	07 03/09	Revisi Bab III, 4 dan 5.	
4	14 03/09	acc Bab I dan Bab II.	
5	14 03/09	Revisi <del>bab</del> makalah seminar.	
6	17 03/09	acc bab 3, 4 dan 5.	
7	02 05/09	acc makalah seminar	
8			
9			
10			

Malang,

Dosen pembimbing II



M.Ibrahim Ashari, ST, MT

Nip. 1030100358





FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Tangguh Lelono  
Nim : 04.12.231  
Masa Bimbingan : 5-Desember-2008 s/d 5-Juni-2009  
Judul Skripsi : Alat Pembersih Ruangan Kantor Terhadap Polusi Asap Rokok Dan Temperatur Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler AT89C51

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	28/09/08	Konsultasi Bab I & Bab II di revisi !!	
2	5/10/08	Revisi Bab 1 (transistor) di tambah komi LED.	
3	10/10/08	Konsultasi Bab I sd Bab III di Revisi Bab III, hit Revisi KRL.	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,

Dosen pembimbing I

I.Komang Somawirata, ST, MT  
Nip. 1030100361

adc8bit1

Inisialisasi dulu ker

\$regfile = "89c51.dat"

\$baud = 9600

\$crystal = 11059200

'\$sim

\$large

Startt Alias P3.3

Eoc Alias P3.4

Oe Alias P3.5

Dda Alias P3.0

Ddb Alias P3.1

Ddc Alias P3.2

Deflcdchar 0 , 4 , 10 , 10 , 4 , 32 , 32 , 32 , 32

Dim Adc\_suhu As Integer

Dim Adc\_gas As Integer

Dim Adc\_gas1 As Word

Dim Adc\_suhu1 As Word

Dim I As Integer

Dim J As Integer

Dim K As Integer

Deflcdchar 0 , 4 , 10 , 10 , 4 , 32 , 32 , 32 , 32 ' replace ? with number (0-7)

Config Lcdpin = Pin , Db7 = P0.7 , Db6 = P0.6 , Db5 = P0.5 , Db4 = P0.4 , E = P2.1 , Rs = P2.0

P0.0 = 0

P0.1 = 0

P0.2 = 0

P0.3 = 0

P2.7 = 0

Cls

Lcd "APLIKASI SENSOR"

Lowerline

Lcd " GAS DAN SUHU"

Wait 2

Cls

Lcd "SENSOR SH:00 C"

Lowerline

Lcd "SENSOR GS:00 Ppm"

Wait 2

Mulai:

adc8bit1

Dda = 0  
Ddb = 0  
Ddc = 0  
Startt = 0  
Oe = 1

Waitms 0.255

Dda = 0  
Ddb = 0  
Ddc = 0  
Startt = 1  
Oe = 1

Waitms 0.255

Dda = 0  
Ddb = 0  
Ddc = 0  
Startt = 0  
Oe = 1

Do

Loop Until Eoc = 0

Waitms 0.255

Adc\_gas = P1

Startt = 0

Oe = 0

Waitms 0.255

Adc\_gas1 = Adc\_gas - 11.5

Dda = 1  
Ddb = 0  
Ddc = 0  
Startt = 0  
Oe = 1

Waitms 0.255

Dda = 1  
Ddb = 0  
Ddc = 0

adc8bit1

Startt = 1

Oe = 1

Waitms 0.255

Dda = 1

Ddb = 0

Ddc = 0

Startt = 0

Oe = 1

Do

Loop Until Eoc = 0

Waitms 0.255

Adc\_suhu = P1

Startt = 0

Oe = 0

Waitms 0.255

Adc\_suhu1 = Adc\_suhu - 10.5

Cls

Lcd "SUHU :"; Adc\_suhu1 ; " "; Chr(0); "C"

Lowerline

Lcd "GAS :"; Adc\_gas1 ; " "; "Ppm"

Waitms 0.255

If Adc\_gas1 < 7 Then

If Adc\_suhu1 < 25 Then

P2.7 = 0

Waitms 800

Goto Mulai

End If

If Adc\_suhu1 < 27 Then

P2.7 = 0

Waitms 1500

P2.7 = 1

Goto Mulai

End If

If Adc\_suhu1 < 28 Then

P2.7 = 0

Waitms 800

P2.7 = 1

Goto Mulai

adc8bit1

End If

If Adc\_suhu1 < 30 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 400  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If

If Adc\_suhu1 < 40 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 200  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If

If Adc\_suhu1 < 150 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 1  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If  
End If

If Adc\_gas1 < 9 Then  
If Adc\_suhu1 < 25 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 1500  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If

If Adc\_suhu1 < 28 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 800  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If

If Adc\_suhu1 < 30 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 400  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If

## adc8bit1

```
If Adc_suhu1 < 40 Then  
  P2.7 = 0  
  Waitms 200  
  P2.7 = 1  
  Goto Mulai  
End If
```

```
If Adc_suhu1 < 150 Then  
  P2.7 = 0  
  Waitms 1  
  P2.7 = 1  
  Goto Mulai  
End If  
End If
```

```
If Adc_gas1 < 15 Then  
If Adc_suhu1 < 28 Then  
  P2.7 = 0  
  Waitms 800  
  P2.7 = 1  
  Goto Mulai  
End If
```

```
If Adc_suhu1 < 30 Then  
  P2.7 = 0  
  Waitms 400  
  P2.7 = 1  
  Goto Mulai  
End If
```

```
If Adc_suhu1 < 40 Then  
  P2.7 = 0  
  Waitms 200  
  P2.7 = 1  
  Goto Mulai  
End If
```

```
If Adc_suhu1 < 150 Then  
  P2.7 = 0  
  Waitms 1  
  P2.7 = 1  
  Goto Mulai
```

adc8bit1

End If  
End If

If Adc\_gas1 < 30 Then  
If Adc\_suhu1 < 30 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 400  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If

If Adc\_suhu1 < 40 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 200  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If

If Adc\_suhu1 < 150 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 1  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If  
End If

If Adc\_gas1 < 150 Then  
If Adc\_suhu1 < 40 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 200  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If

If Adc\_suhu1 < 150 Then  
P2.7 = 0  
Waitms 1  
P2.7 = 1  
Goto Mulai  
End If  
End If



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN  
LABORATORIUM MOTOR BAKAR

Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.222  
Cel\_mesinUB@yahoo.co.id



## SURAT KETERANGAN

No : 011/III/Lab MB/2008

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa :

No.	Nama	NIM	Jurusan
1.	Tangguh Lelono	04.12.231	Teknik Elektro

dari Institut Teknologi Nasional Malang.

Telah melakukan pengujian *Kadar Carbon Monoxide* dalam rangka penyelesaian Skripsi dengan Judul **Alat Pembersih Ruang Kantor Terhadap Polusi Asap Rokok dan Temperatur dengan Metode Fuzzy Logic** pada tanggal 2 Maret 2009 di Laboraturium Motor Bakar Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Demikian surat keterangan yang kami buat supaya digunakan sebaik-baiknya.

Malang, 03 Maret 2009

Mengetahui,

Ka. Lab. Motor Bakar



Prof. Dr. N.G. Wardana, M. Eng, Ph. D.

NIP. 131 286 308





DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN  
**LABORATORIUM MOTOR BAKAR**

Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.222  
Cel\_mesinUB@yahoo.co.id

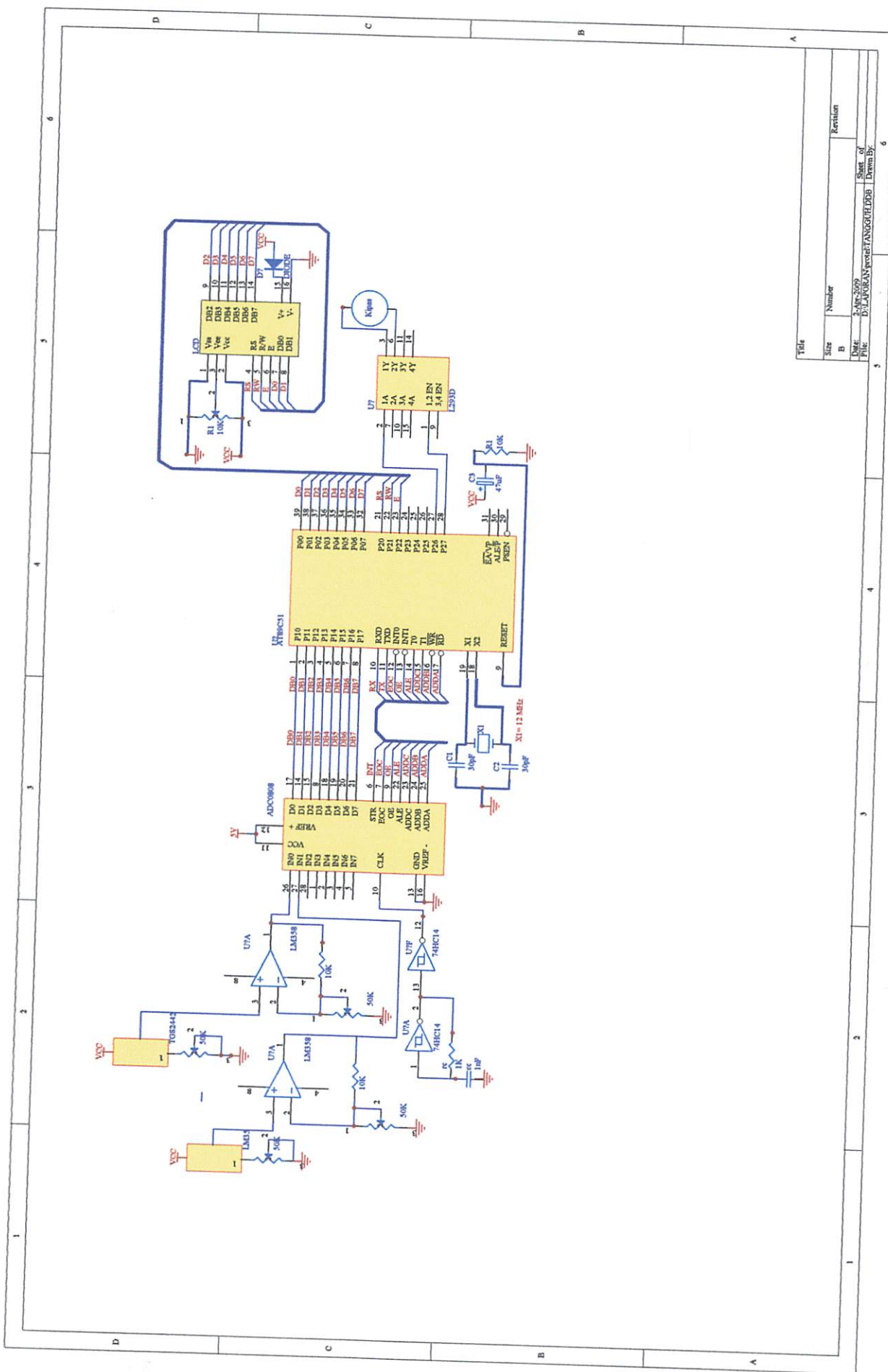


Lampiran :

Tabel Pengukuran Gas CO dengan Tegangan keluaran ( Vout ) Sensor TGS 2442

Karbon Monoksida ( ppm )	Tegangan Output ( Vout )
6	0.14
8	0.16
10	0.20
12	0.24
14	0.28
16	0.32
18	0.36
20	0.40
22	0.44
24	0.48





Title	
Size	Number
B	
Date	2-10-2009
File	D:\LABORAN\prode\ANGGRIH\JDB
Sheet of	6
Drawn By	

## 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 printed between a ruthenium oxide ( $RuO_2$ ) heater and an alumina substrate. A pair of Au electrodes for the heater are formed on a thermal insulator. The gas sensing layer, which is formed of tin dioxide ( $SnO_2$ ), 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 the 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 monitors. 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 one second circuit voltage cycle can convert the change in conductivity to an output signal which corresponds to gas concentration.

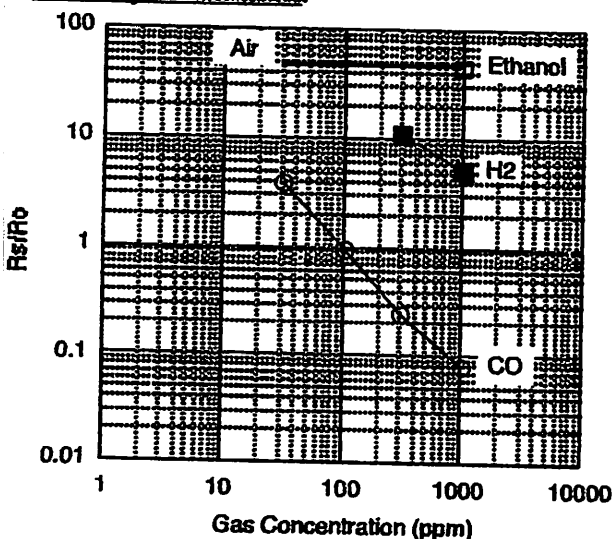
The figure below represents typical sensitivity characteristics, all data having been gathered at standard test conditions (see reverse side of this sheet). The Y-axis is indicated as sensor resistance ratio ( $R_s/R_o$ ) which is defined as follows:

- $R_s$  = Sensor resistance of displayed gases at various concentrations
- $R_o$  = Sensor resistance in 100ppm CO

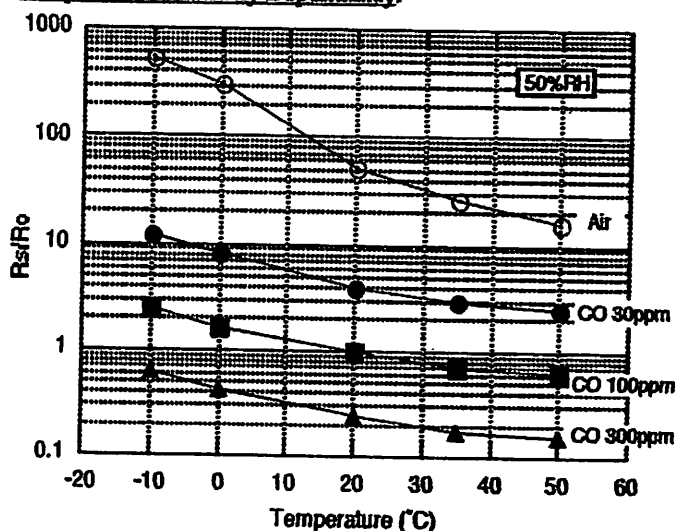
The figure below represents typical temperature and humidity dependency characteristics. Again, the Y-axis is indicated as sensor resistance ratio ( $R_s/R_o$ ), defined as follows:

- $R_s$  = Sensor resistance at 30ppm, 100ppm and 300ppm of CO at various temperatures and 50%R.H.
- $R_o$  = 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 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.

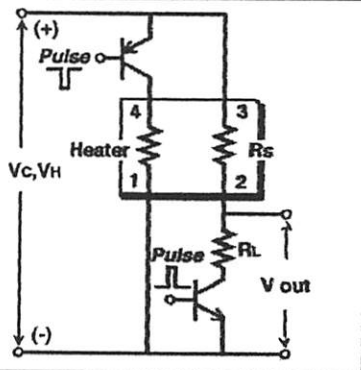
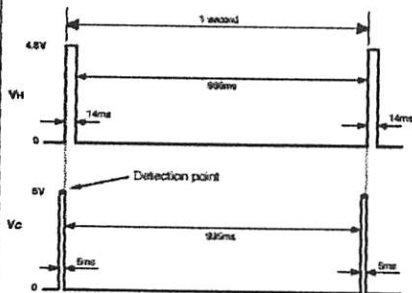
### Basic Measuring Circuit:

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.

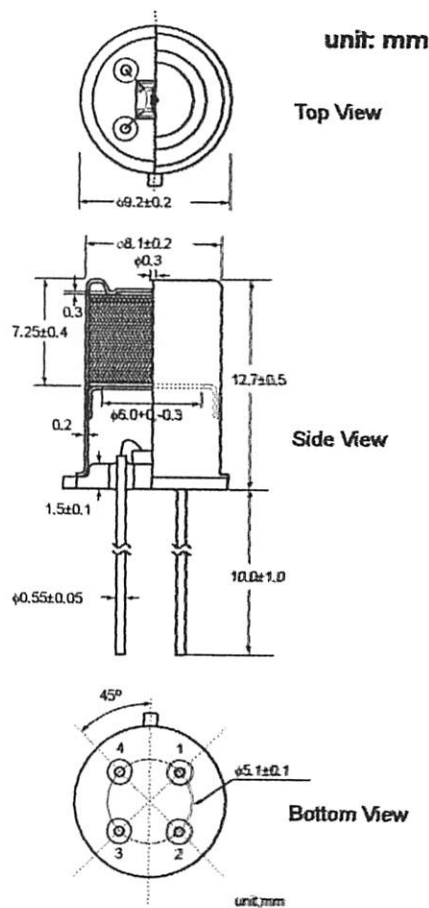
**Heating cycle**--The sensor requires application of a 1 second heating cycle which is used in connection with a circuit

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.



### Structure and Dimensions:



### 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	$R_S$	$13.3k\Omega$ ~ $133k\Omega$ 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 of  $V_{out}$  as follows:

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

The 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

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

**PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES**

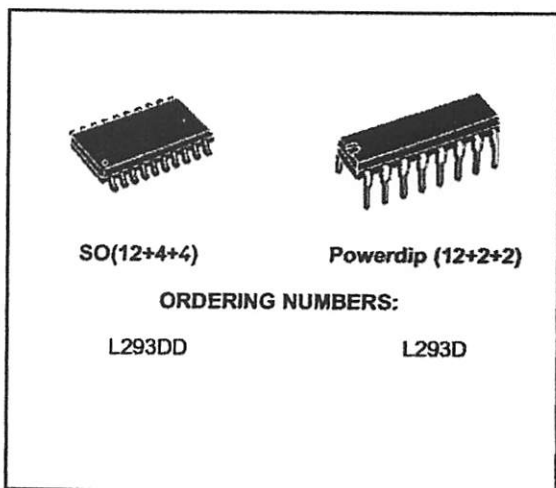
- 600mA OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (non repetitive) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES

**DESCRIPTION**

The Device is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoids, DC and stepping motors) and switching power transistors.

To simplify use as two bridges each pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a lower voltage and internal clamp diodes are included.

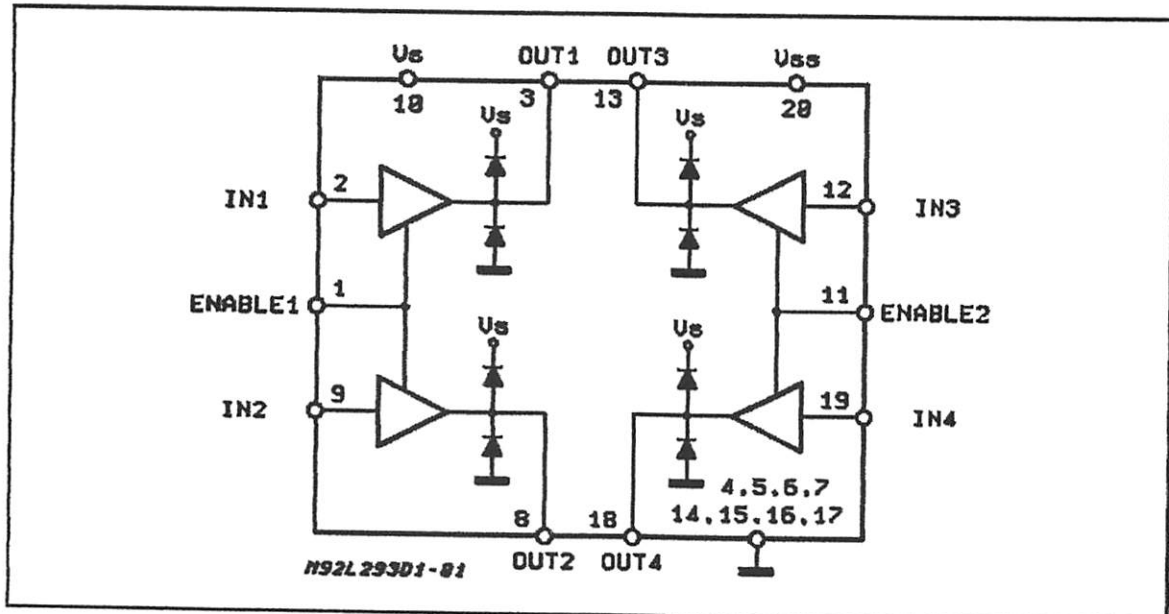
This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 kHz.



The L293D is assembled in a 16 lead plastic package which has 4 center pins connected together and used for heatsinking

The L293DD is assembled in a 20 lead surface mount which has 8 center pins connected together and used for heatsinking.

**BLOCK DIAGRAM**

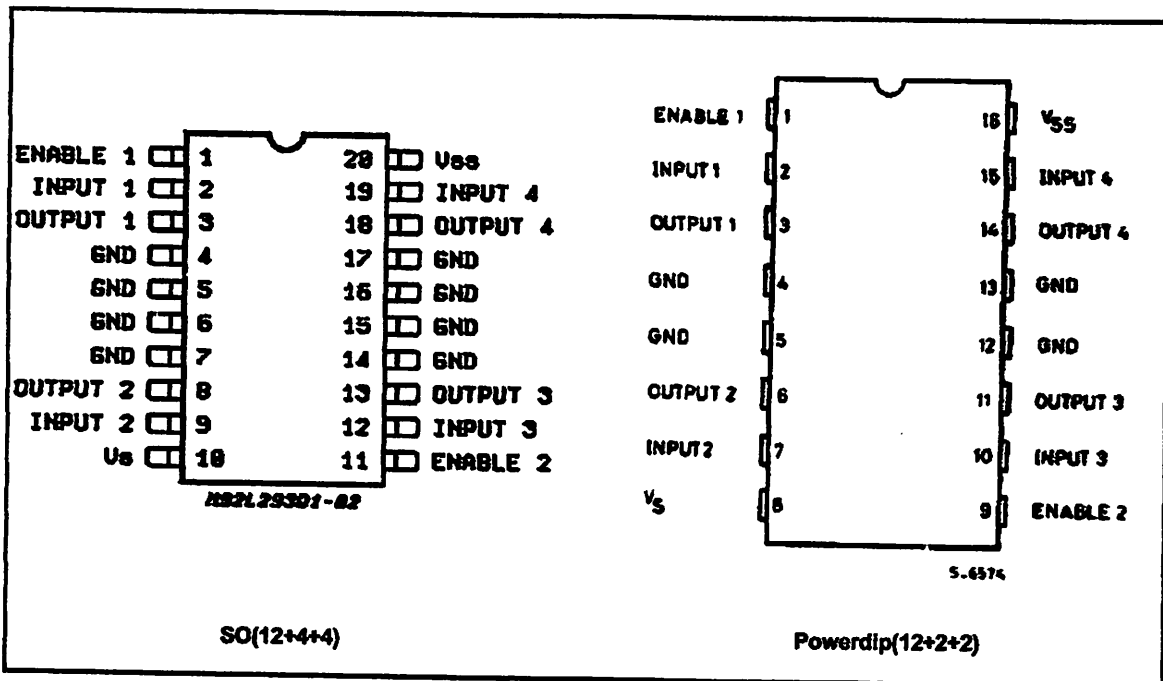


## L293D - L293DD

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_S$	Supply Voltage	36	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage	36	V
$V_I$	Input Voltage	7	V
$V_{en}$	Enable Voltage	7	V
$I_o$	Peak Output Current (100 $\mu$ s non repetitive)	1.2	A
$P_{tot}$	Total Power Dissipation at $T_{pin} = 90^\circ\text{C}$	4	W
$T_{stg}, T_j$	Storage and Junction Temperature	- 40 to 150	$^\circ\text{C}$

### PIN CONNECTIONS (Top view)



### THERMAL DATA

Symbol	Description	DIP	SO	Unit
$R_{th(j-pins)}$	Thermal Resistance Junction-pins	max.	14	$^\circ\text{C/W}$
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance junction-ambient	max.	50 (*)	$^\circ\text{C/W}$
$R_{th(j-case)}$	Thermal Resistance Junction-case	max.	-	

(\*) With 6sq. cm on board heatsink.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (for each channel,  $V_S = 24\text{ V}$ ,  $V_{SS} = 5\text{ V}$ ,  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_S$	Supply Voltage (pin 10)		$V_{SS}$		36	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage (pin 20)		4.5		36	V
$I_S$	Total Quiescent Supply Current (pin 10)	$V_I = L; I_O = 0; V_{en} = H$		2	6	mA
		$V_I = H; I_O = 0; V_{en} = H$		16	24	mA
		$V_{en} = L$			4	mA
$I_{SS}$	Total Quiescent Logic Supply Current (pin 20)	$V_I = L; I_O = 0; V_{en} = H$		44	60	mA
		$V_I = H; I_O = 0; V_{en} = H$		16	22	mA
		$V_{en} = L$		16	24	mA
$V_{IL}$	Input Low Voltage (pin 2, 9, 12, 19)		-0.3		1.5	V
$V_{IH}$	Input High Voltage (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		$V_{SS}$	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
$I_{IL}$	Low Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{IL} = 1.5\text{ V}$			-10	$\mu\text{A}$
$I_{IH}$	High Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$2.3\text{ V} \leq V_{IH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$		30	100	$\mu\text{A}$
$V_{enL}$	Enable Low Voltage (pin 1, 11)		-0.3		1.5	V
$V_{enH}$	Enable High Voltage (pin 1, 11)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		$V_{SS}$	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
$I_{enL}$	Low Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$V_{enL} = 1.5\text{ V}$		-30	-100	$\mu\text{A}$
$I_{enH}$	High Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$2.3\text{ V} \leq V_{enH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$			$\pm 10$	$\mu\text{A}$
$V_{CE(sat)H}$	Source Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_O = -0.6\text{ A}$		1.4	1.8	V
$V_{CE(sat)L}$	Sink Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_O = +0.6\text{ A}$		1.2	1.8	V
$V_F$	Clamp Diode Forward Voltage	$I_O = 600\text{ nA}$		1.3		V
$t_r$	Rise Time (*)	0.1 to 0.9 $V_O$		250		ns
$t_f$	Fall Time (*)	0.9 to 0.1 $V_O$		250		ns
$t_{on}$	Turn-on Delay (*)	0.5 $V_I$ to 0.5 $V_O$		750		ns
$t_{off}$	Turn-off Delay (*)	0.5 $V_I$ to 0.5 $V_O$		200		ns

(\*) See fig. 1.

# L293D - L293DD

## TRUTH TABLE (one channel)

Input	Enable (*)	Output
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance  
 (\*) Relative to the considered channel

Figure 1: Switching Times

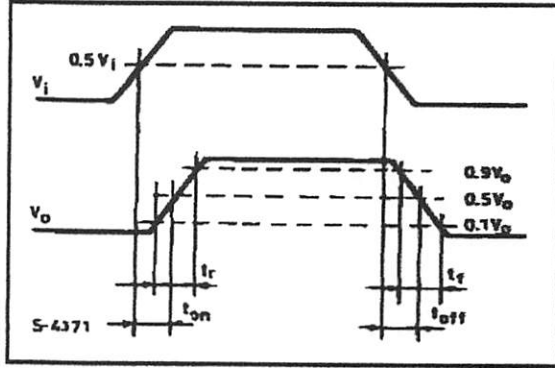
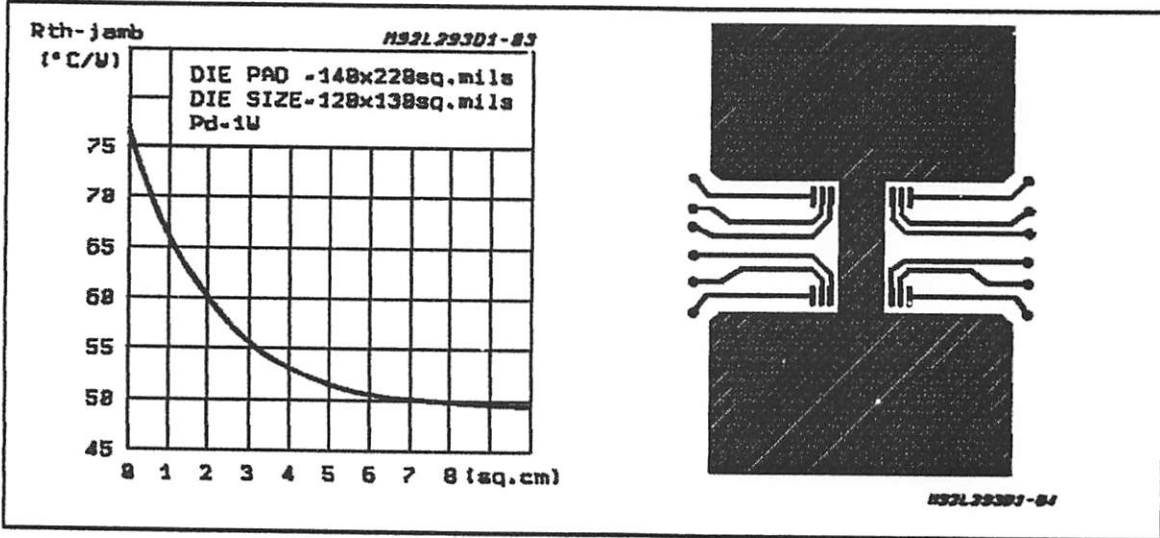


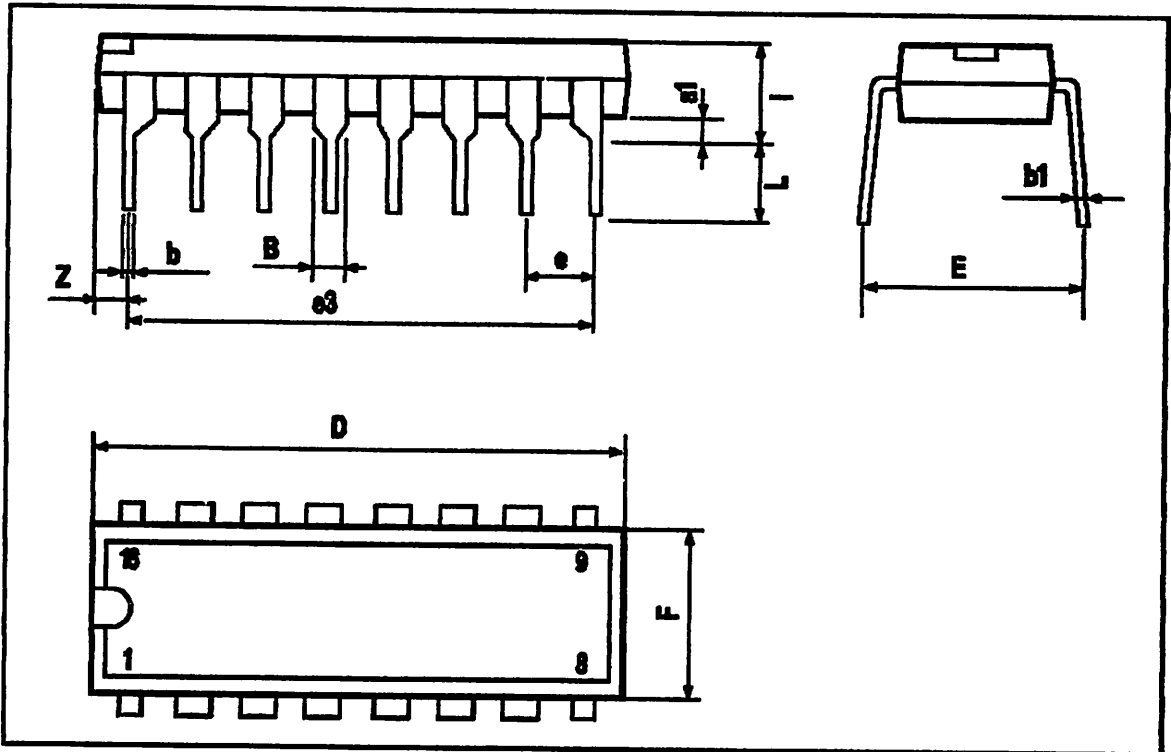
Figure 2: Junction to ambient thermal resistance vs. area on board heatsink (SO12+4+4 package)





**POWERDIP16 PACKAGE MECHANICAL DATA**

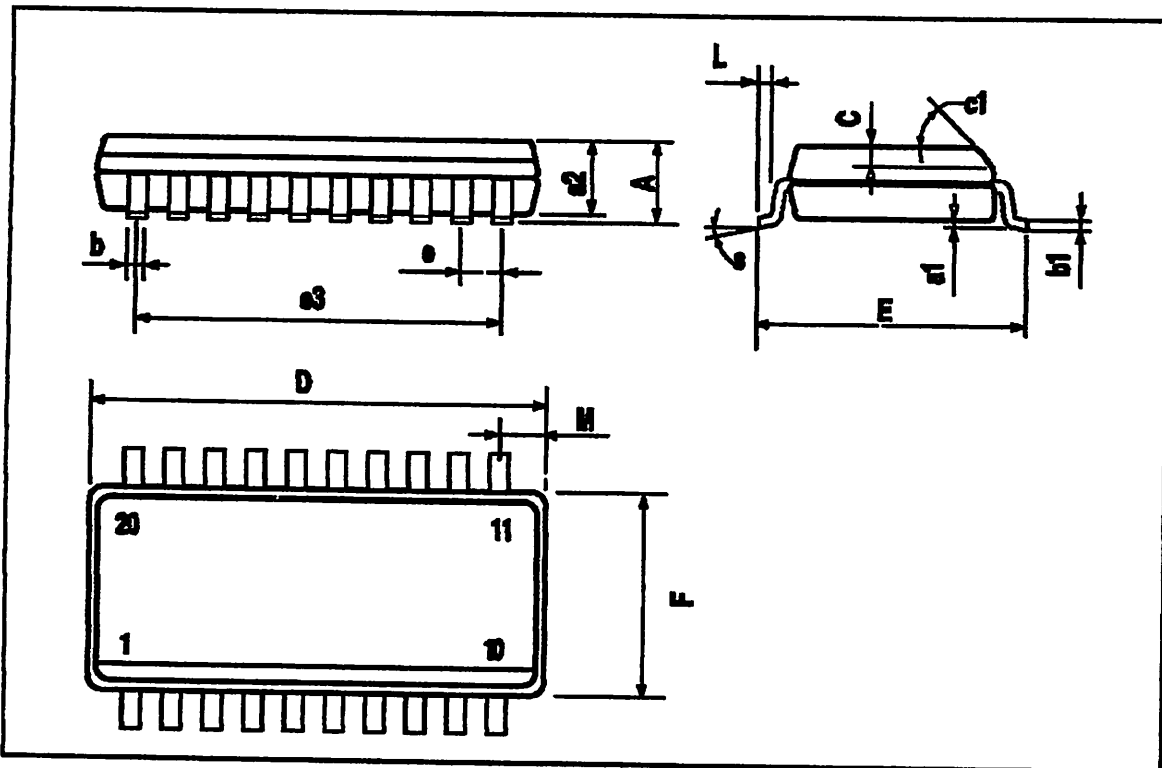
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050



**L293D - L293DD**

**SO20 PACKAGE MECHANICAL DATA**

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			2.65			0.104
a1	0.1		0.2	0.004		0.008
a2			2.45			0.096
b	0.35		0.49	0.014		0.019
b1	0.23		0.32	0.009		0.013
C		0.5			0.020	
c1		45			1.772	
D		1	12.6		0.039	0.496
E	10		10.65	0.394		0.419
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
F		1	7.4		0.039	0.291
G	8.8		9.15	0.346		0.360
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.75			0.030
S	8° (max.)					



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1986 SGS-THOMSON Microelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

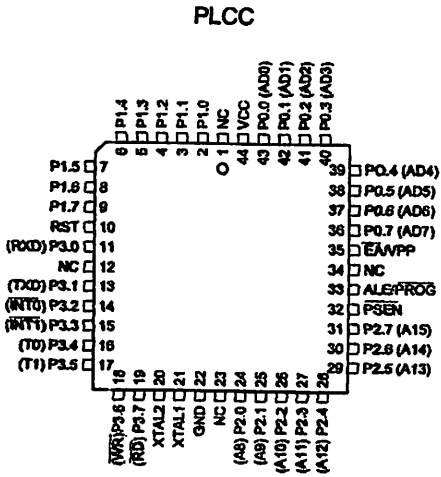
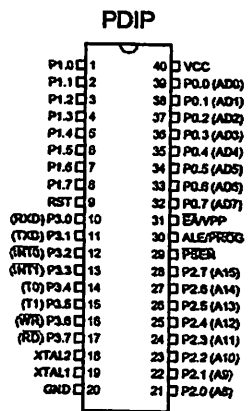
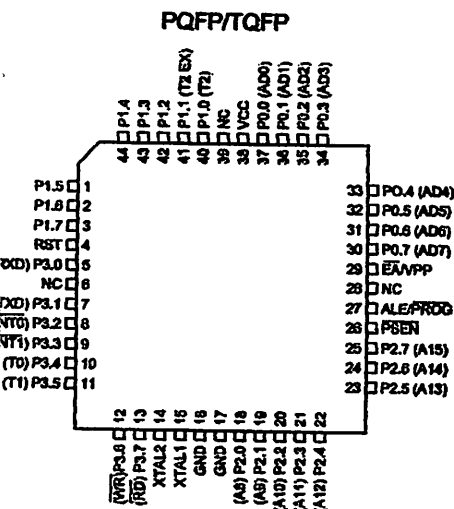
**Features**

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

**Description**

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K Bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

**Pin Configurations**



**8-bit  
Microcontroller  
with 4K Bytes  
Flash**

**AT89C51**

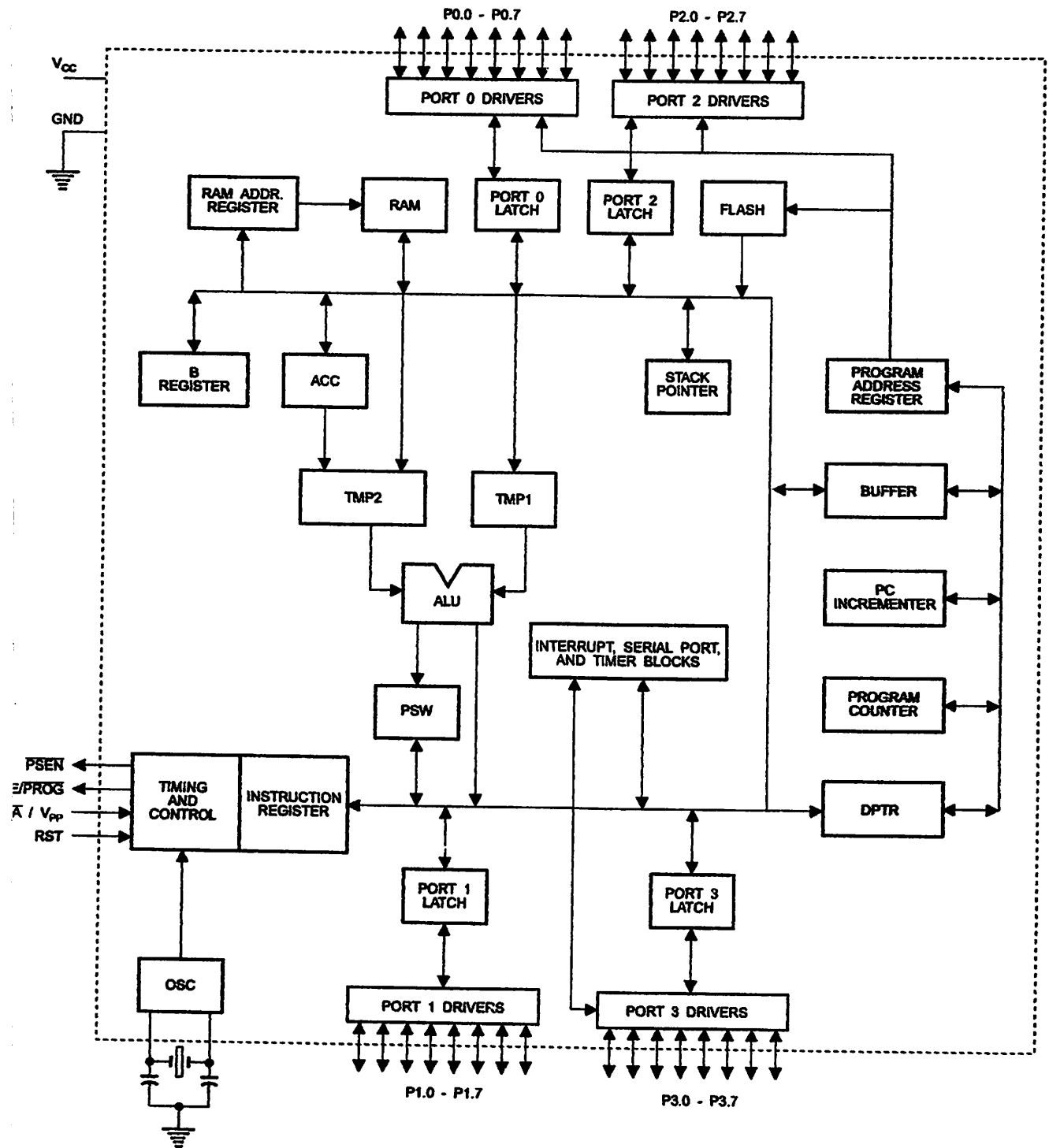
**Not Recommended  
for New Designs.  
Use AT89S51.**

Rev. 0265G-02/00





# Block Diagram



**AT89C51**

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power-down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

## Pin Description

### CC

Supply voltage.

### RD

Round.

### Port 0

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

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

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

### Port 1

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

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

### Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

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

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

### Port 3

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

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

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

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

### RST

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

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

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



use is skipped during each access to external Data memory.

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

### $\overline{PSEN}$

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

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

### $\overline{AVPP}$

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

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

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

### XTAL1

Output to the inverting oscillator amplifier and input to the external clock operating circuit.

### XTAL2

Input from the inverting oscillator amplifier.

## Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left

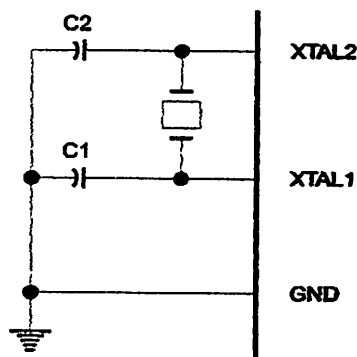
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

## Idle Mode

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

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

Figure 1. Oscillator Connections

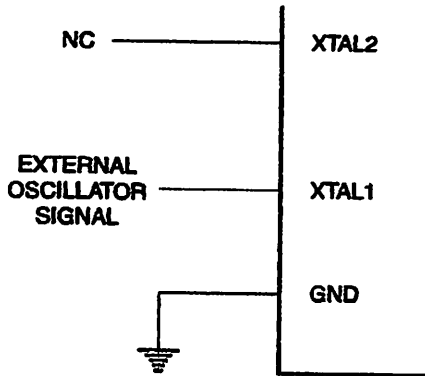


Note: C1, C2 = 30 pF  $\pm$  10 pF for Crystals  
= 40 pF  $\pm$  10 pF for Ceramic Resonators

## Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

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

Figure 2. External Clock Drive Configuration



ters retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before  $V_{CC}$  is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

## Program Memory Lock Bits

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

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

## Power-down Mode

In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Regis-

## Lock Bit Protection Modes

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





## Programming the Flash

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

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

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

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

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

Input the desired memory location on the address lines.

Input the appropriate data byte on the data lines.

Activate the correct combination of control signals.

Raise  $\overline{EAV}_{PP}$  to 12V for the high-voltage programming mode.

Pulse  $\overline{ALE/PROG}$  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 1.5 ms.

Repeat steps 1 through 5, changing the address

and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

**Data Polling:** The AT89C51 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. 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  $\overline{RDY/BSY}$  output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

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

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

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

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel

(031H) = 51H indicates 89C51

(032H) = FFH indicates 12V programming

(032H) = 05H indicates 5V programming

## Programming Interface

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

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

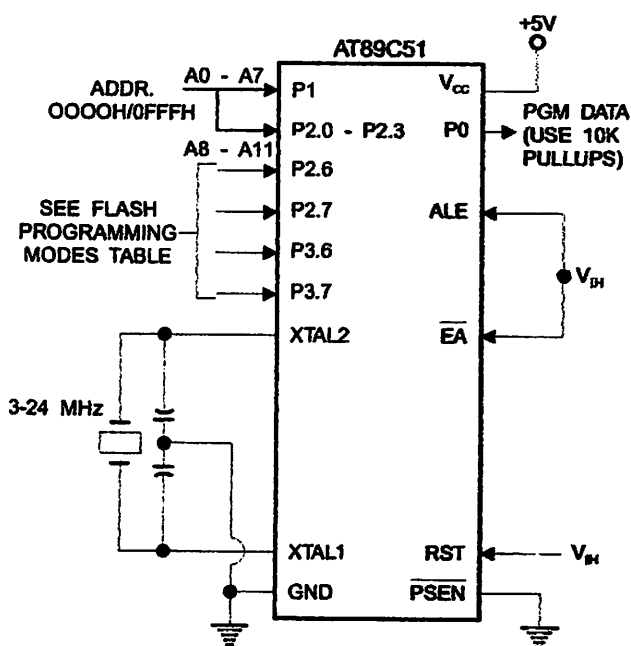
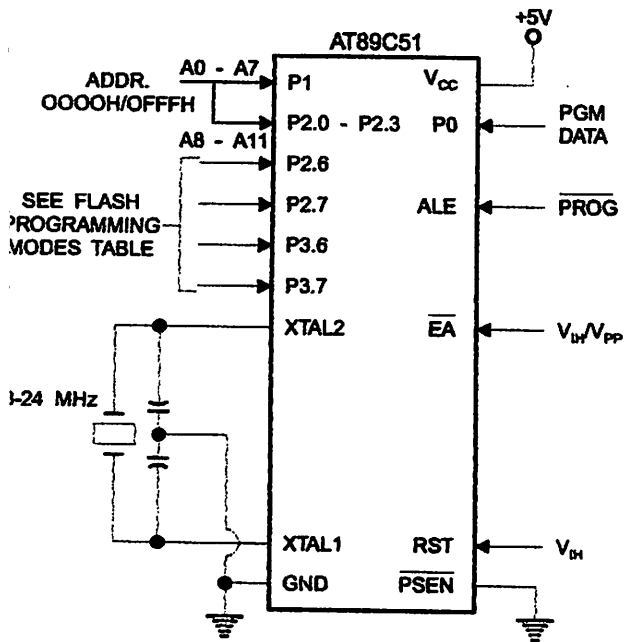
## Flash Programming Modes

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

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

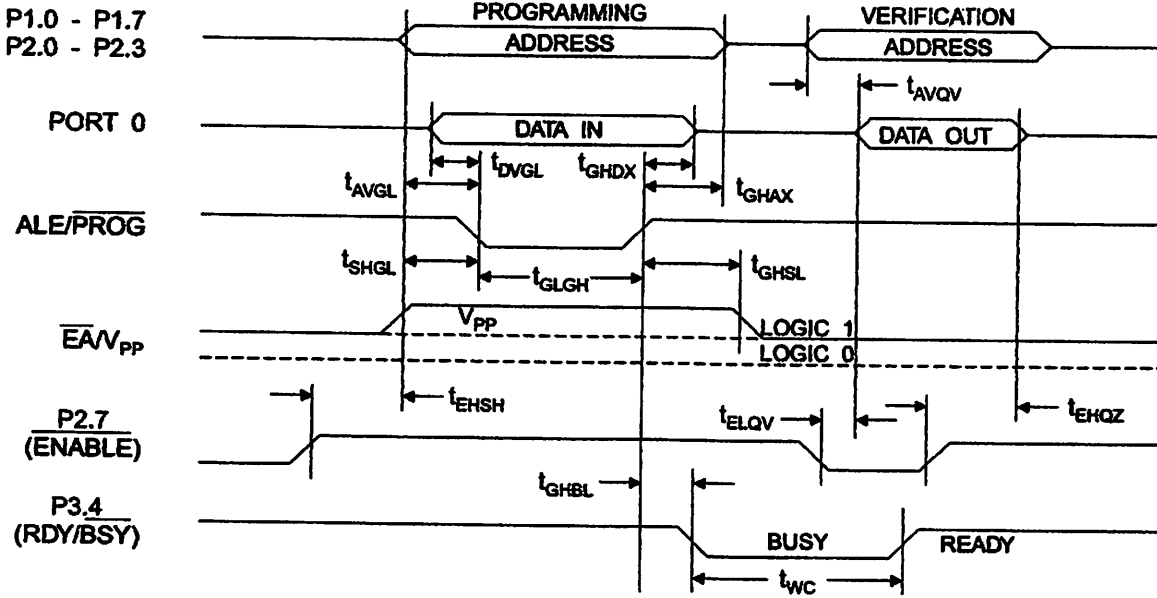
Figure 3. Programming the Flash

Figure 4. Verifying the Flash

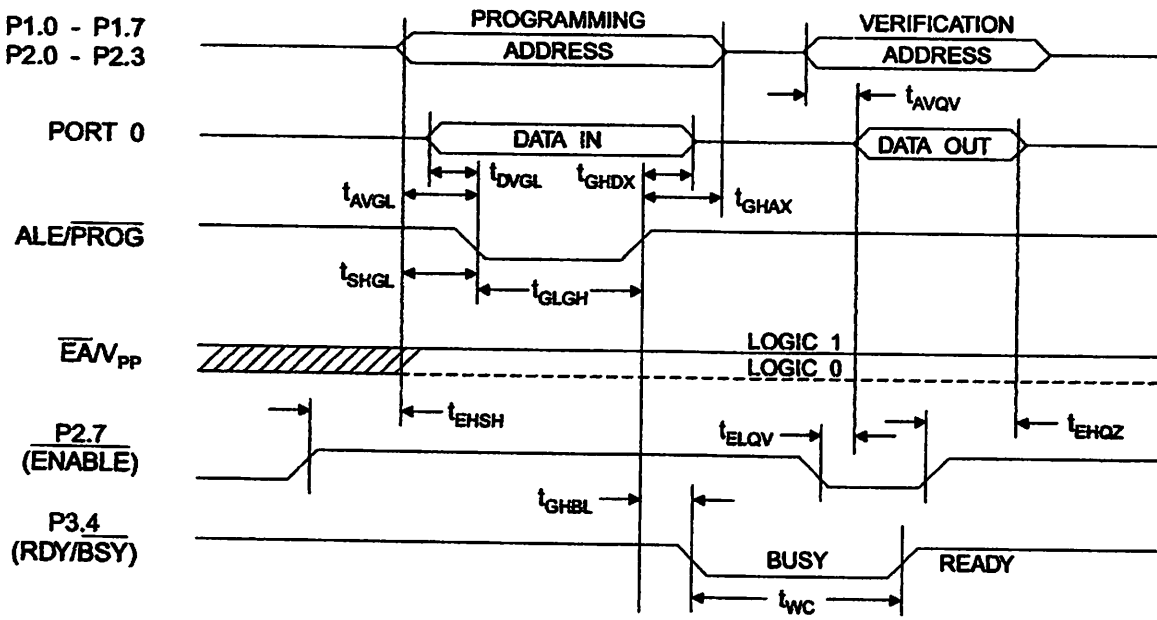




### Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode ( $V_{PP} = 12V$ )



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



## Flash Programming and Verification Characteristics

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

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

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



## Absolute Maximum Ratings\*

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

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

## DC Characteristics

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

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
$V_{IL}$	Input Low-voltage	(Except $\overline{EA}$ )	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
$V_{IL1}$	Input Low-voltage ( $\overline{EA}$ )		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
$V_{IH}$	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
$I_{OL}$	Output Low-voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
$I_{OL1}$	Output Low-voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$ )	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
$I_{OH}$	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
$I_{OH1}$	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
	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, $\overline{EA}$ )	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
RST	Reset Pull-down Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
$C_{IO}$	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$		10	pF
$I_{CS}$	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power-down Mode <sup>(2)</sup>	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	$\mu\text{A}$
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	$\mu\text{A}$

- Notes:
- 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.

# AT89C51

## C Characteristics

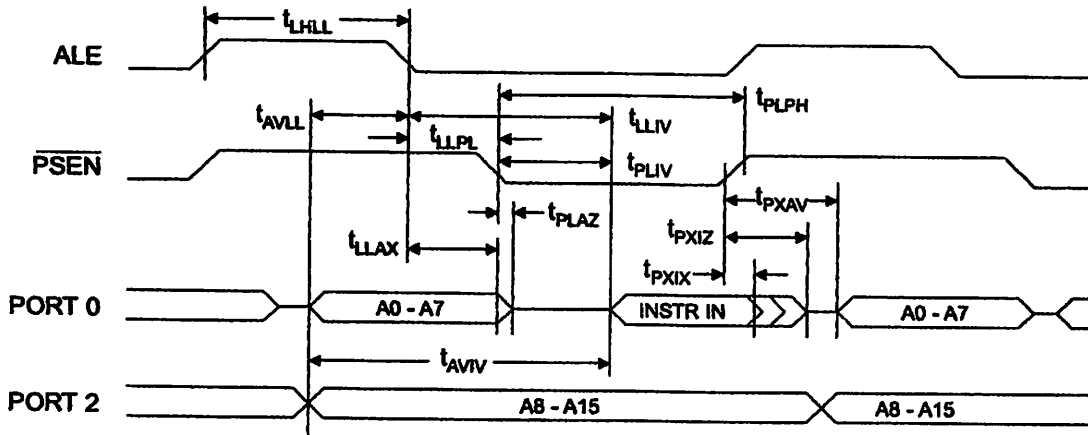
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ , and  $\overline{\text{PSEN}}$  = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

## External Program and Data Memory Characteristics

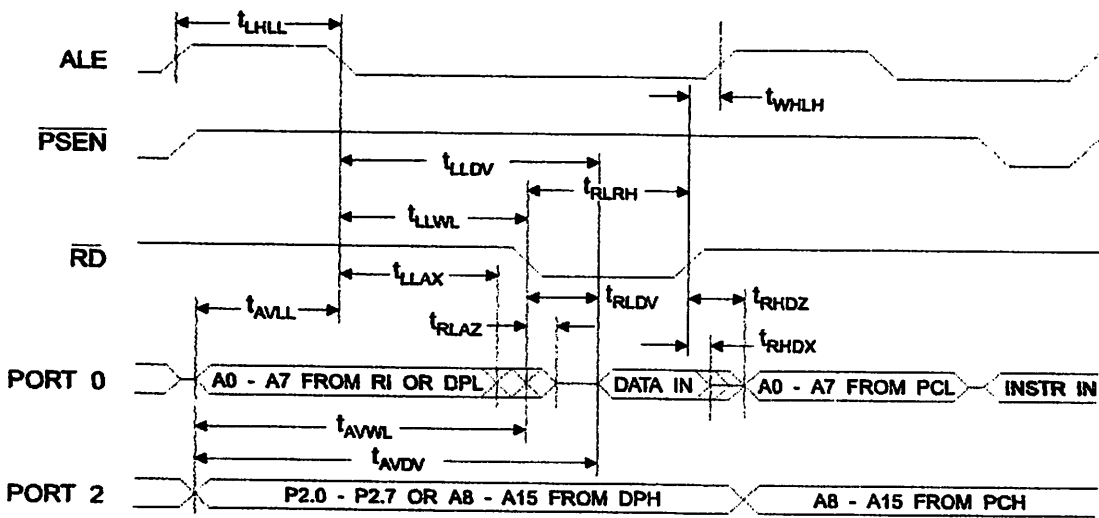
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
$t_{\text{HLL}}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
$t_{\text{AVLL}}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
$t_{\text{LLAX}}$	Address Hold after ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{LLIV}}$	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
$t_{\text{LLPL}}$	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
$t_{\text{PLPH}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{PLIV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-45$	ns
$t_{\text{PIX}}$	Input Instruction Hold after $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
$t_{\text{PIXZ}}$	Input Instruction Float after $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-10$	ns
$t_{\text{PXAV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
$t_{\text{VIV}}$	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-55$	ns
$t_{\text{LAZ}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
$t_{\text{LRH}}$	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{LWH}}$	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{LDV}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
$t_{\text{HDX}}$	Data Hold after $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
$t_{\text{HDZ}}$	Data Float after $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
$t_{\text{LDV}}$	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
$t_{\text{VDV}}$	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
$t_{\text{LWL}}$	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
$t_{\text{VWL}}$	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
$t_{\text{VWX}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{VWH}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-120$		ns
$t_{\text{HOX}}$	Data Hold after $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{LAZ}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
$t_{\text{HLH}}$	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-20$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns



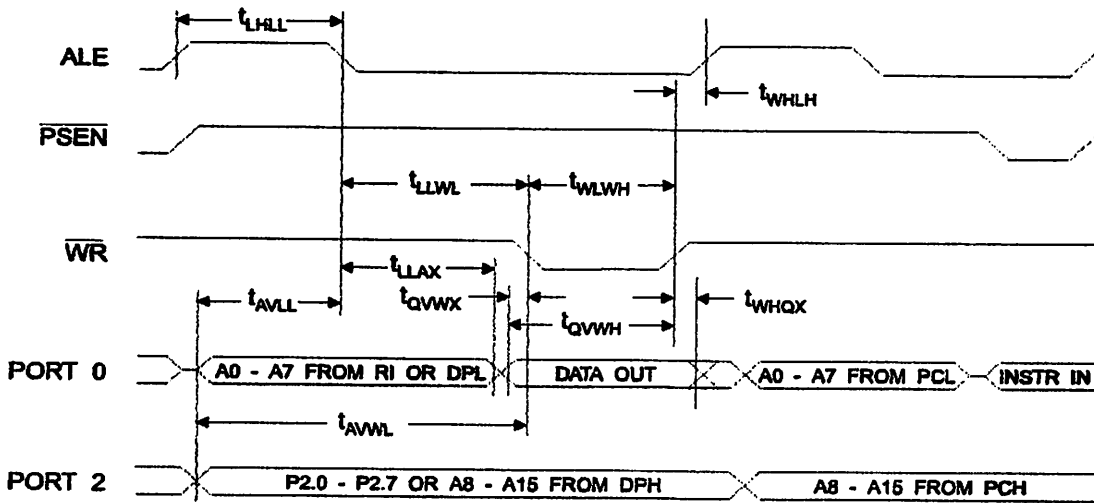
## External Program Memory Read Cycle



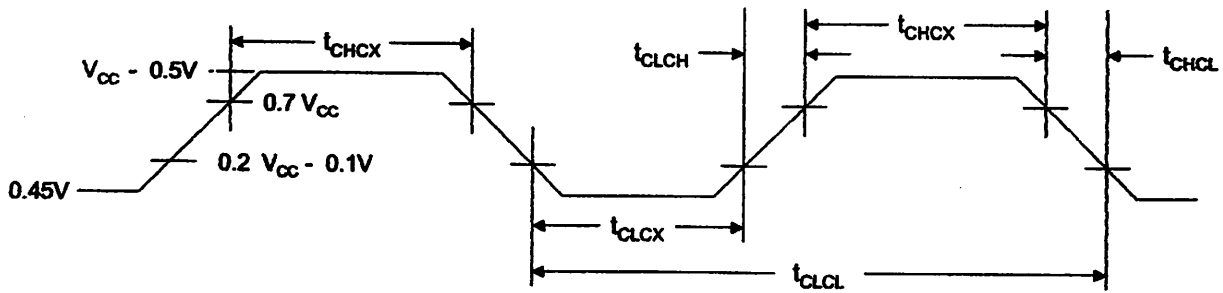
## External Data Memory Read Cycle



## External Data Memory Write Cycle



## External Clock Drive Waveforms



## External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$f_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
$T_{CLCL}$	Clock Period	41.6		ns
$T_{HCX}$	High Time	15		ns
$T_{LCX}$	Low Time	15		ns
$T_{LCH}$	Rise Time		20	ns
$T_{HCL}$	Fall Time		20	ns



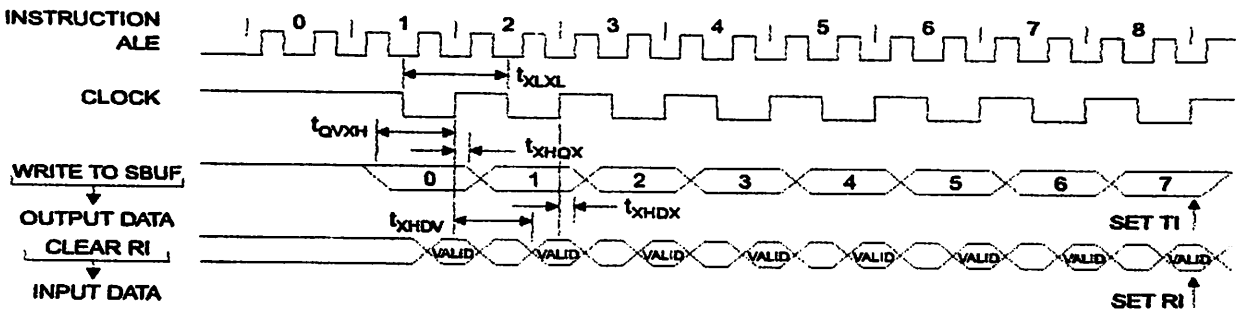


## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

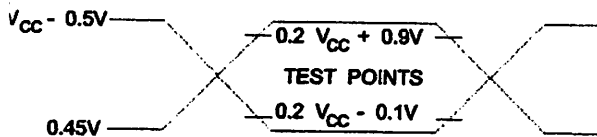
$V_{CC} = 5.0\text{ V} \pm 20\%$ ; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{CLXL}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu\text{s}$
$t_{OVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{OHQX}$	Output Data Hold after Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
$t_{HDX}$	Input Data Hold after Clock Rising Edge	0		0		ns
$t_{XHDV}$	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

## Shift Register Mode Timing Waveforms



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



- Note: 1. AC Inputs during testing are driven at  $V_{CC} - 0.5\text{V}$  for a logic 1 and  $0.45\text{V}$  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>



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

# AT89C51

## Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ±20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89C51-12JC	44J	
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89C51-12JI	44J	
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
16	5V ±20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89C51-16JC	44J	
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89C51-16JI	44J	
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
20	5V ±20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89C51-20JC	44J	
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89C51-20JI	44J	
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	
24	5V ±20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89C51-24JC	44J	
		AT89C51-24PC	40P6	
		AT89C51-24QC	44Q	
		AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89C51-24JI	44J	
		AT89C51-24PI	40P6	
		AT89C51-24QI	44Q	

### Package Type

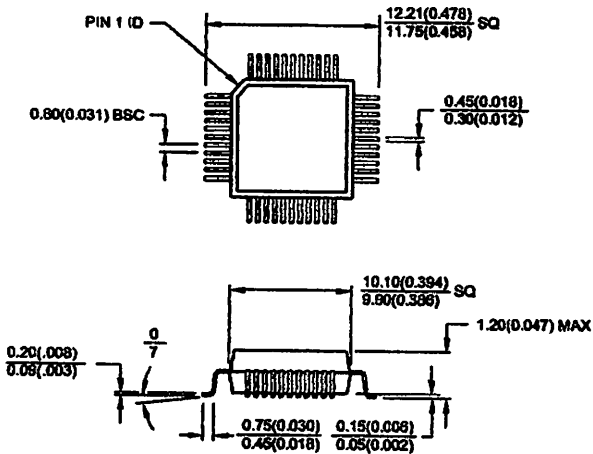
IA	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
IJ	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
IP6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
IQ	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)





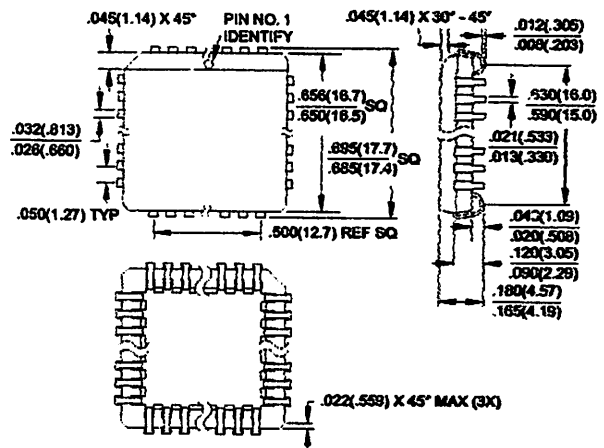
## ackaging Information

**44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)**  
 Dimensions in Millimeters and (Inches)\*  
 JEDEC STANDARD MS-026 ACB

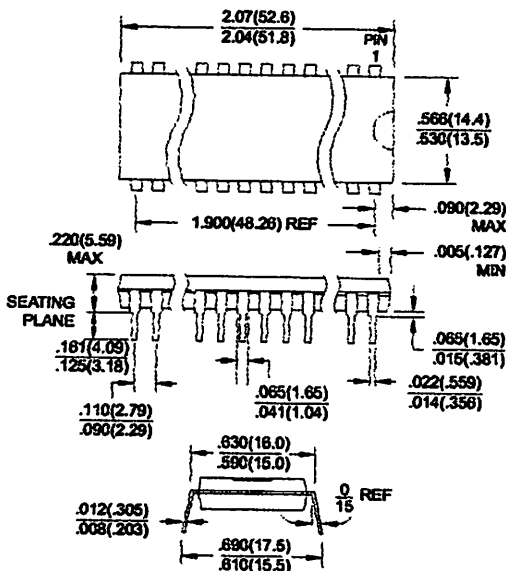


Controlling dimension: millimeters

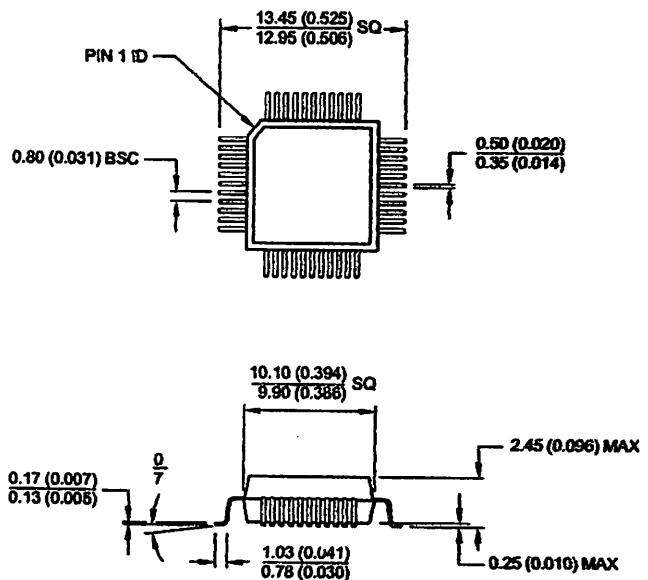
**44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)**  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)  
 JEDEC STANDARD MS-018 AC



**40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)**  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



**44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)**  
 Dimensions in Millimeters and (Inches)\*  
 JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters

**AT89C51**



## Atmel Headquarters

### Corporate Headquarters

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
TEL (408) 441-0311  
FAX (408) 487-2600

### Europe

Atmel U.K., Ltd.  
Coliseum Business Centre  
Riverside Way  
Camberley, Surrey GU15 3YL  
England  
TEL (44) 1276-686-677  
FAX (44) 1276-686-697

### Asia

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

### Japan

Atmel Japan K.K.  
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
TEL (81) 3-3523-3551  
FAX (81) 3-3523-7581

## Atmel Operations

### Atmel Colorado Springs

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

### Atmel Rousset

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

### 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 2000.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for errors which may 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 the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Words bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Other words and product names in this document may be trademarks of others.

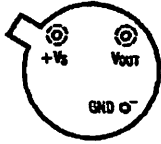


Printed on recycled paper.

0265G-02/00/xM

# Connection Diagrams

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



**BOTTOM VIEW**  
DS000516-1

\*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number **LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH**

See NS Package Number **H03H**

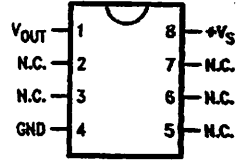
**TO-92**  
Plastic Package



**BOTTOM VIEW**  
DS000516-2

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

**SO-8**  
Small Outline Molded Package

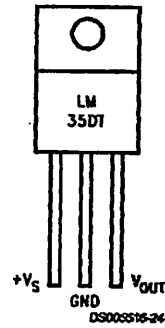


DS000516-27

N.C. = No Connection

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

**TO-220**  
Plastic Package\*



DS000516-26

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

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number **LM35DT**  
See NS Package Number **TA03F**

**Absolute Maximum Ratings** (Note 10)

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

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package,	
(Soldering, 10 seconds)	300°C

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

**Electrical Characteristics**

(Notes 1, 6)

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

## Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

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

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35CA; and  $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_S = +5\text{Vdc}$  and  $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$ , in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from  $+2^\circ\text{C}$  to  $T_{\text{MAX}}$  in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

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

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

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

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

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

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

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

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

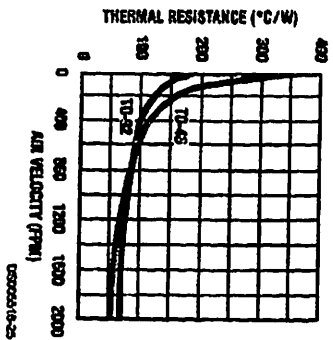
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

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

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

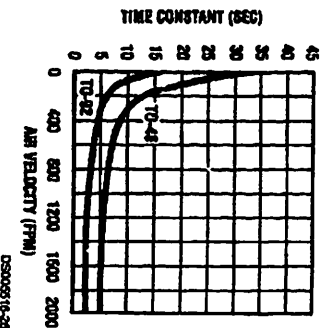
# Typical Performance Characteristics

**Thermal Resistance Junction to Air**



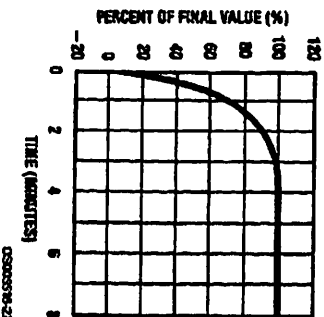
DS900516-25

**Thermal Time Constant**



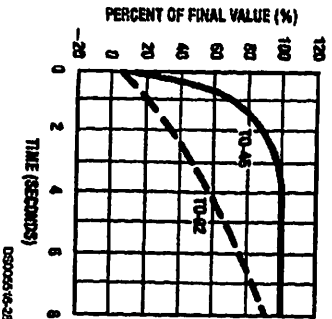
DS900516-26

**Thermal Response in Still Air**



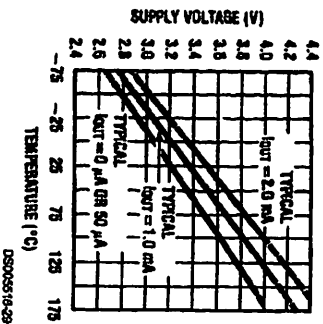
DS900516-27

**Thermal Response in Stirred Oil Bath**



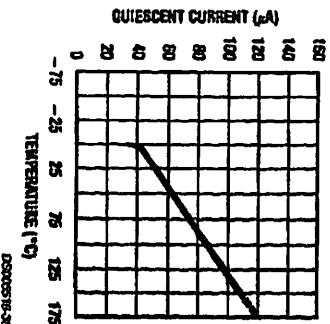
DS900516-28

**Minimum Supply Voltage vs. Temperature**



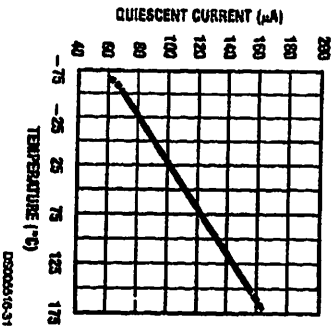
DS900516-29

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



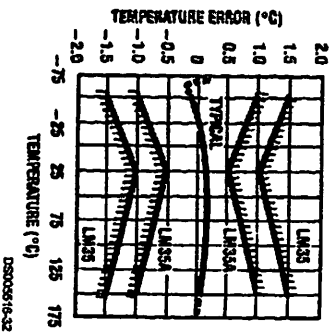
DS900516-30

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



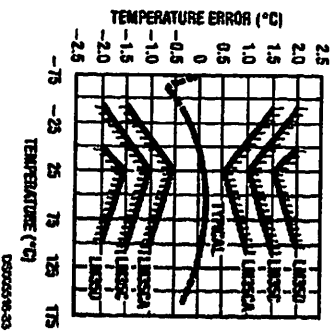
DS900516-31

**Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)**



DS900516-32

**Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)**

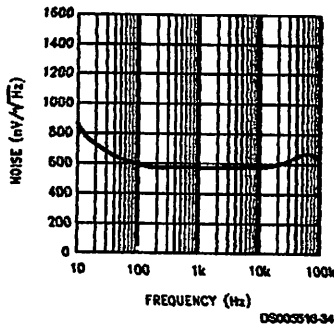


DS900516-33

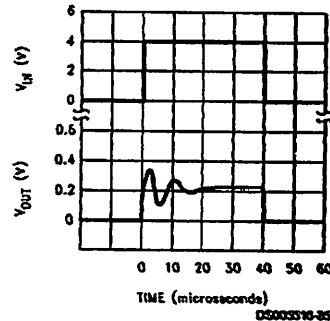


## Typical Performance Characteristics (Continued)

### Noise Voltage



### Start-Up Response



## Applications

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

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

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

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

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

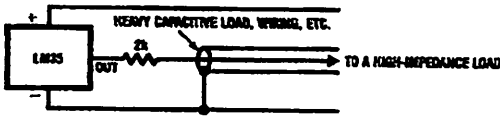
## Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance, $\theta_{JA}$ )

	TO-46, no heat sink	TO-46*, small heat fin	TO-92, no heat sink	TO-92**, small heat fin	SO-8 no heat sink	SO-8** small heat fin	TO-220 no heat sink
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	90°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	80°C/W	70°C/W	105°C/W	80°C/W	26°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W			
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W			
(Clamped to metal, infinite heat sink)		(24°C/W)			(55°C/W)		

\*Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

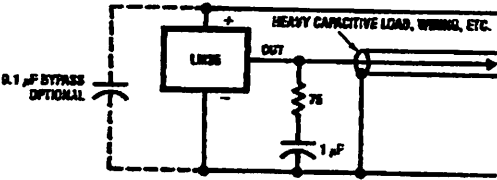
\*\*TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

# Typical Applications



DS000516-19

FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load



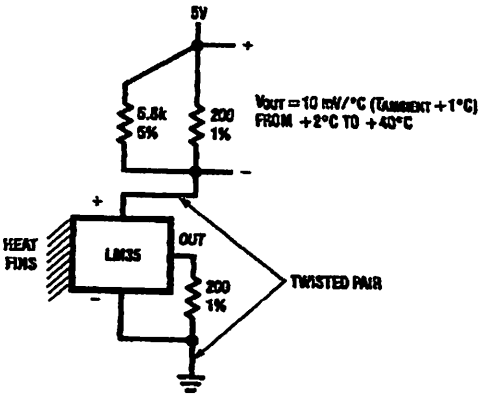
DS000516-20

FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

## CAPACITIVE LOADS

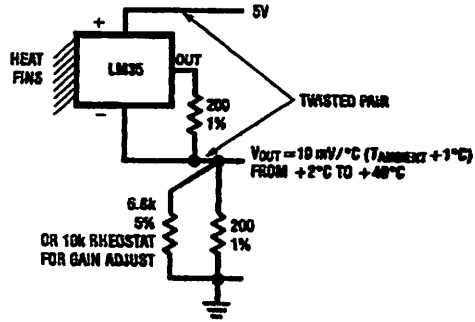
Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pF without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance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

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



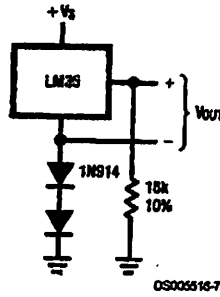
DS000516-5

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



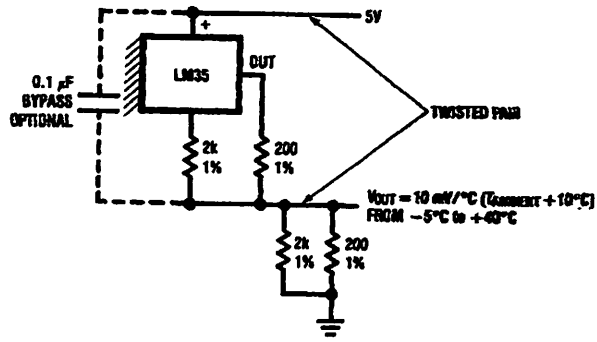
DS000516-6

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



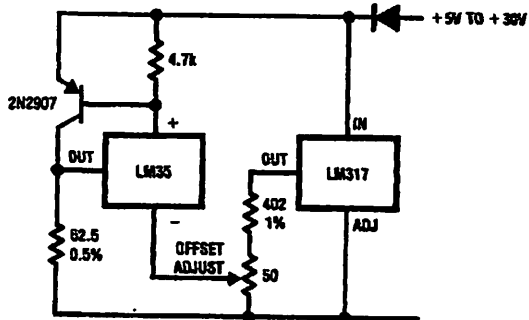
DS000516-7

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



DS000516-8

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



DS000516-9

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

Typical Applications (Continued)

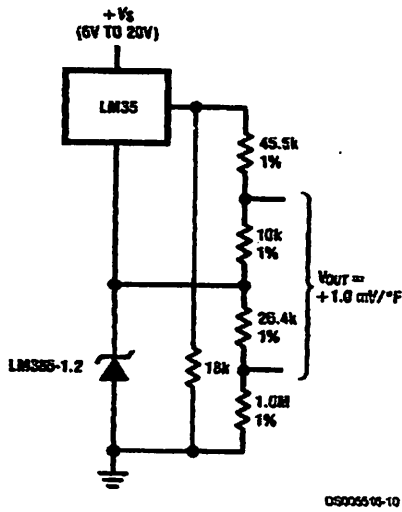


FIGURE 10. Fahrenheit Thermometer

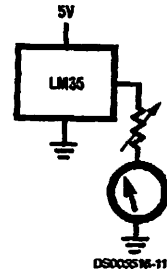


FIGURE 11. Centigrade Thermometer (Analog Meter)

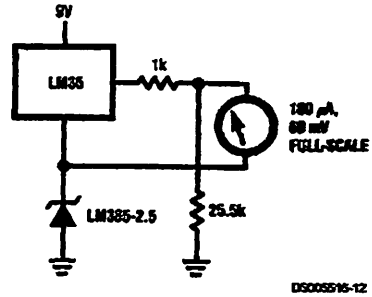


FIGURE 12. Fahrenheit Thermometer Expanded Scale Thermometer (50° to 80° Fahrenheit, for Example Shown)

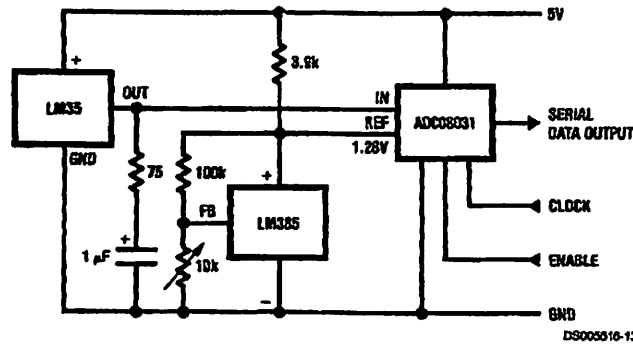


FIGURE 13. Temperature To Digital Converter (Serial Output) (+128°C Full Scale)

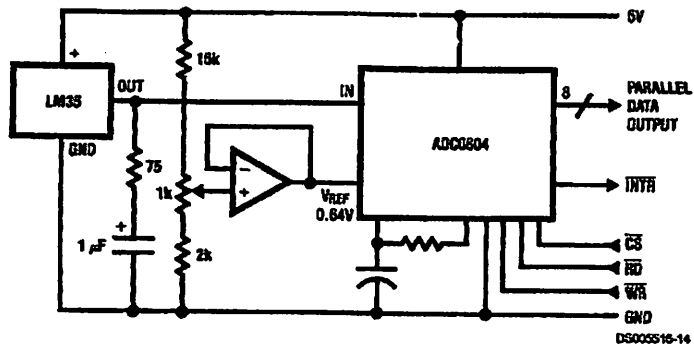
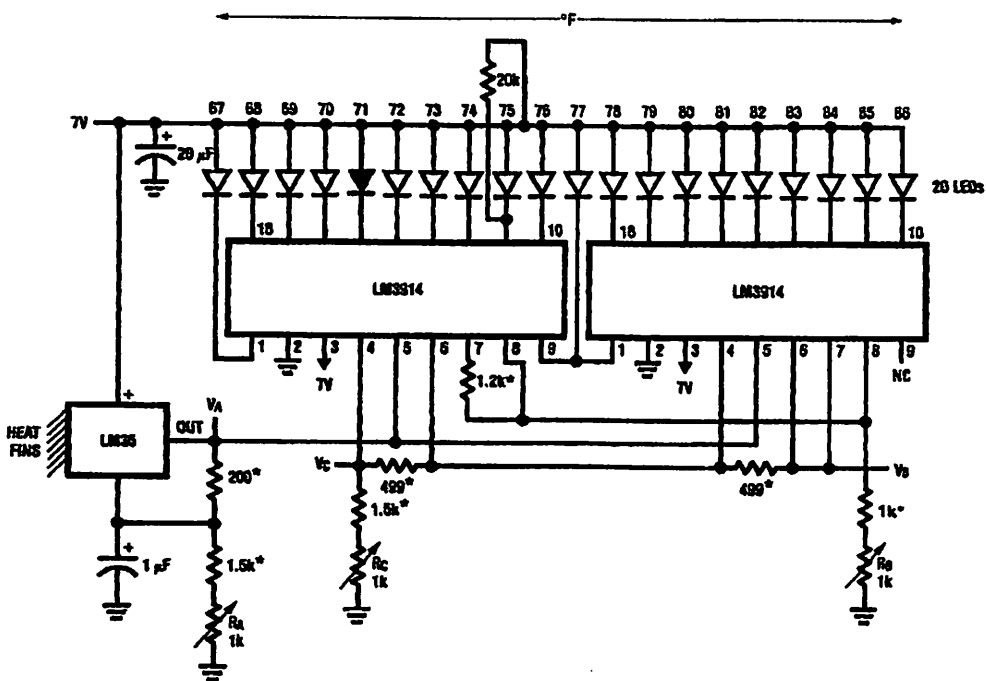


FIGURE 14. Temperature To Digital Converter (Parallel TRI-STATE™ Outputs for Standard Data Bus to μP Interface) (128°C Full Scale)

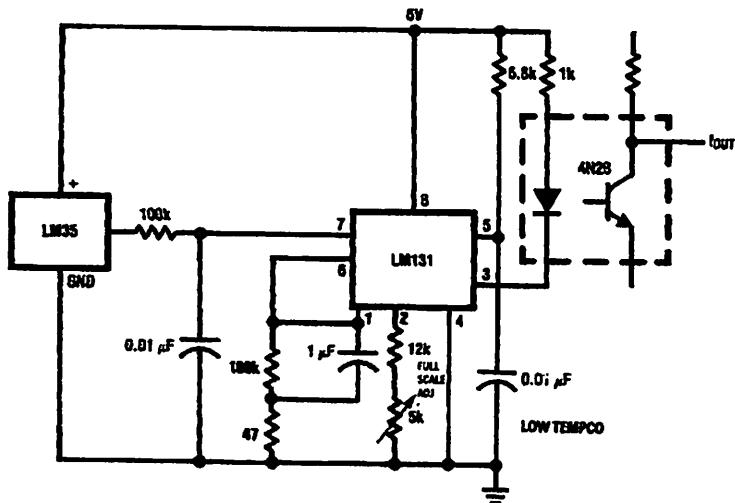
Typical Applications (Continued)



DS005596-16

\*=1% or 2% film resistor  
 Trim  $R_B$  for  $V_B=3.075V$   
 Trim  $R_C$  for  $V_C=1.955V$   
 Trim  $R_A$  for  $V_A=0.075V + 100mV/C \times T_{ambient}$   
 Example,  $V_A=2.275V$  at  $22^\circ C$

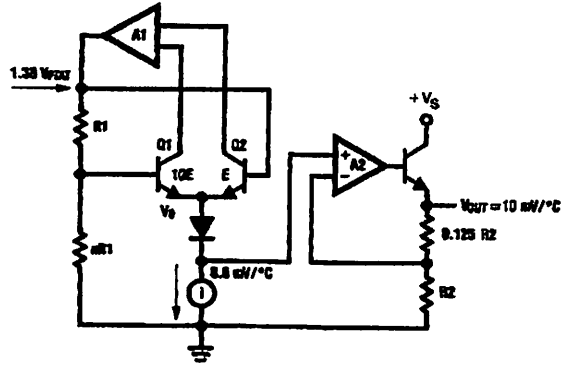
FIGURE 15. Bar-Graph Temperature Display (Dot Mode)



DS005510-15

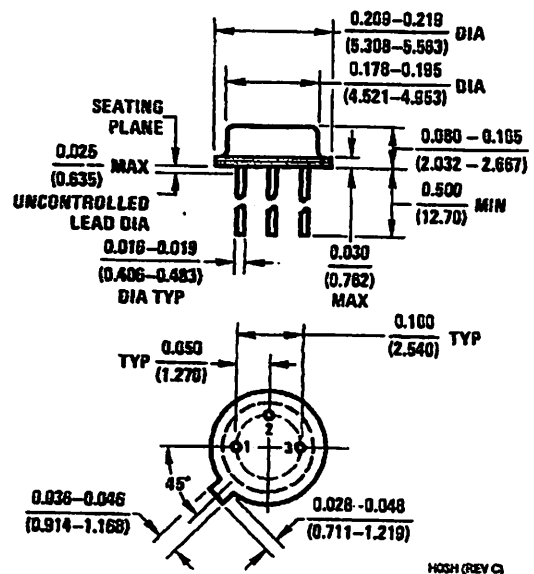
FIGURE 16. LM35 With Voltage-To-Frequency Converter And Isolated Output  
 ( $2^\circ C$  to  $+150^\circ C$ ; 20 Hz to 1500 Hz)

Block Diagram

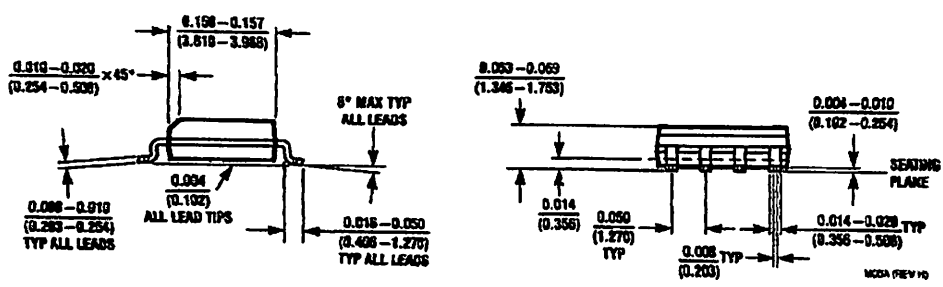
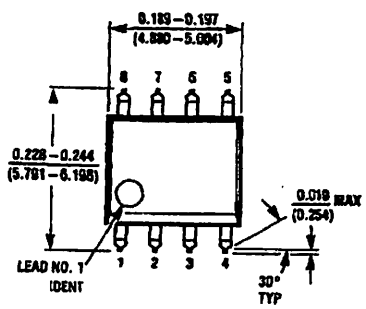


DS005510-23

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

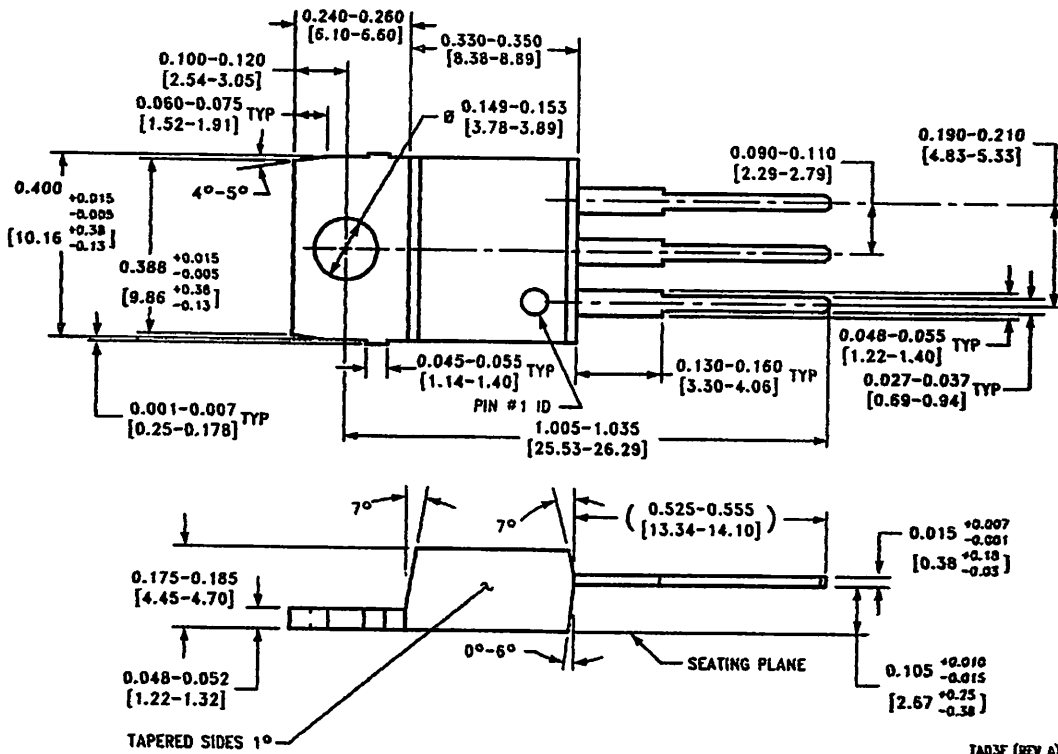


**TO-46 Metal Can Package (H)**  
 Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,  
 LM35CAH, or LM35DH  
 NS Package Number H03H



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

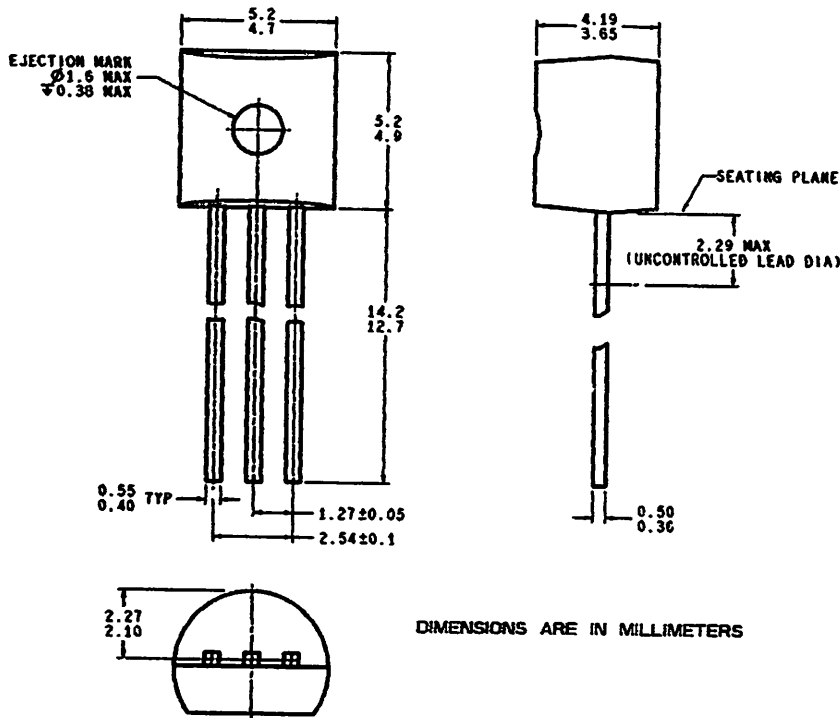
# Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



TA03F (REV A)

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

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



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

Z03A (Rev. 6)

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

**LIFE SUPPORT POLICY**

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

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

**National Semiconductor Corporation**  
 Americas  
 Tel: 1-800-272-8959  
 Fax: 1-800-737-7018  
 Email: support@nsc.com  
 www.national.com

**National Semiconductor Europe**  
 Fax: +49 (0) 180-530 65 68  
 Email: 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 Response Group**  
 Tel: 65-2544468  
 Fax: 65-2504468  
 Email: ap.support@nsc.com

**National Semiconductor Japan Ltd.**  
 Tel: 81-3-6639-7560  
 Fax: 81-3-6639-7507



# 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.)

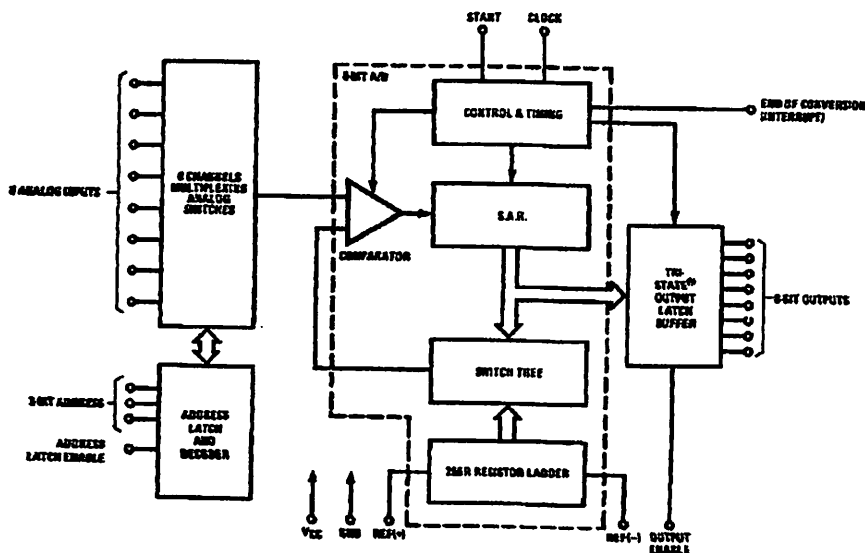
### Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DC</sub> or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to V<sub>CC</sub> 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	$\pm \frac{1}{2}$ LSB and $\pm 1$ LSB
■ Single Supply	5 V <sub>DC</sub>
■ Low Power	15 mW
■ Conversion Time	100 $\mu$ s

### Block Diagram



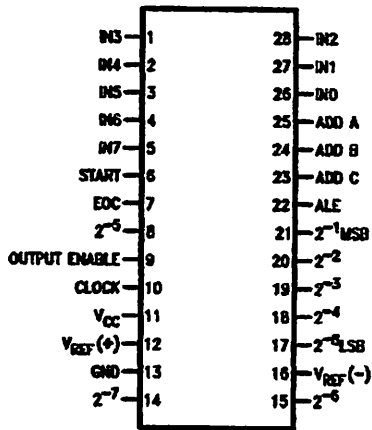
See Ordering Information

597201

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

# Connection Diagrams

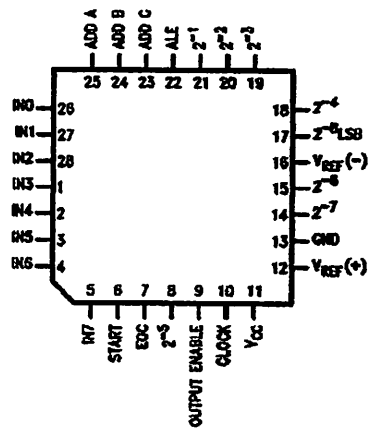
Dual-In-Line Package



537211

Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN  
See NS Package J28A or N28A

Molded Chip Carrier Package



537212

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV  
See NS Package V28A

## Ordering Information

Temperature Range		-40°C to +85°C		
Package Outline		N28A 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 2, 1)

Military/Aerospace specified devices are required, please 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)
Except 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
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 8)	400V

## Operating Conditions

(Notes 1, 2)

Temperature Range

$$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$$

$$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$$

Range of  $V_{CC}$

$$4.5 V_{DC} \text{ to } 6.0 V_{DC}$$

## 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  $f_{CLK}=640 \text{ kHz}$  unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error	25°C			$\pm\frac{1}{2}$	LSB
	(Note 5)	$T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm\frac{1}{2}$	LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error	0°C to 70°C			$\pm 1$	LSB
	(Note 5)	$T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1\frac{1}{4}$	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
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		$(V_{CC}/2) - 0.1$	$V_{CC}/2$	$(V_{CC}/2) + 0.1$	V
(-)	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
	Comparator Input Current	$f_c=640 \text{ kHz}$ , (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,  $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25\text{V}$ ,  $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

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

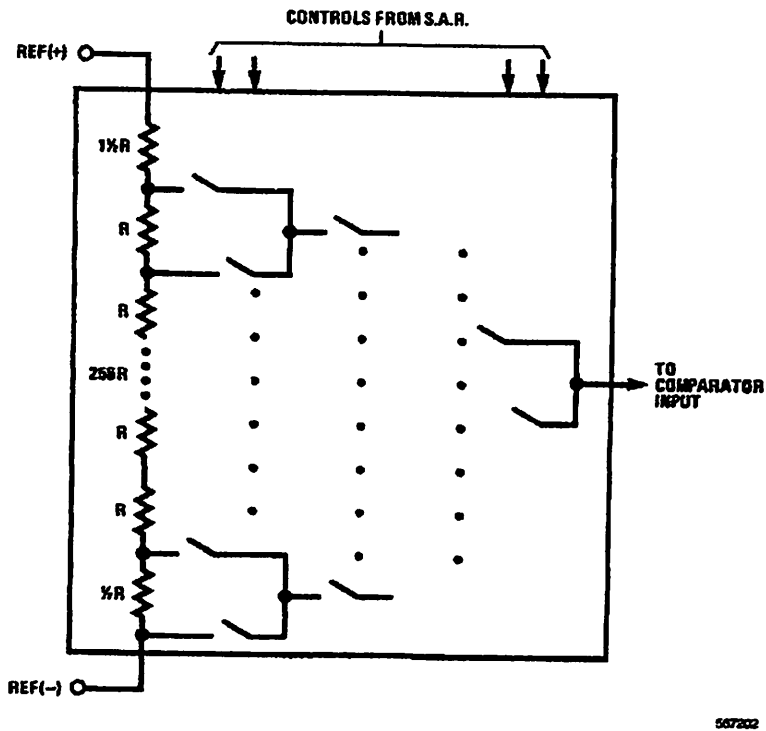


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

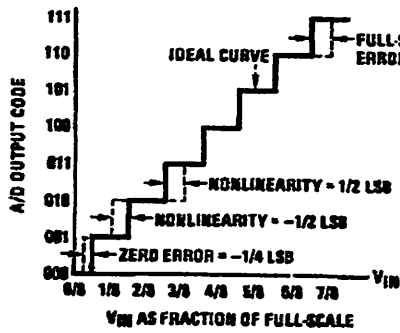


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

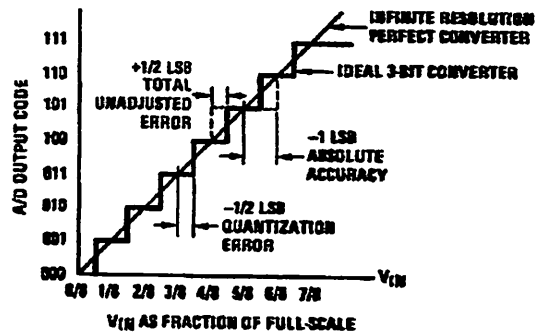


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

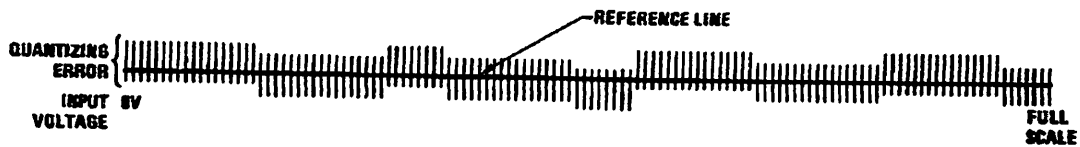
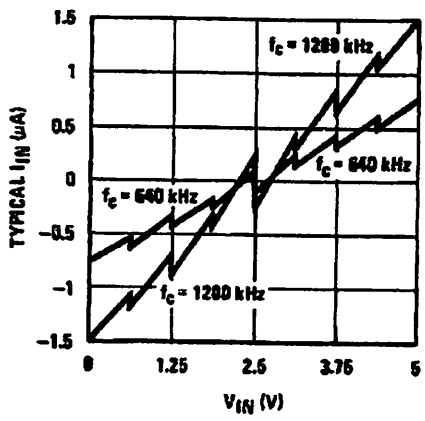


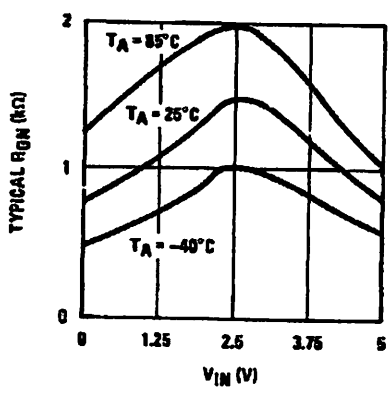
FIGURE 4. Typical Error Curve

### Typical Performance Characteristics



557216

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



557217

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

**TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams**

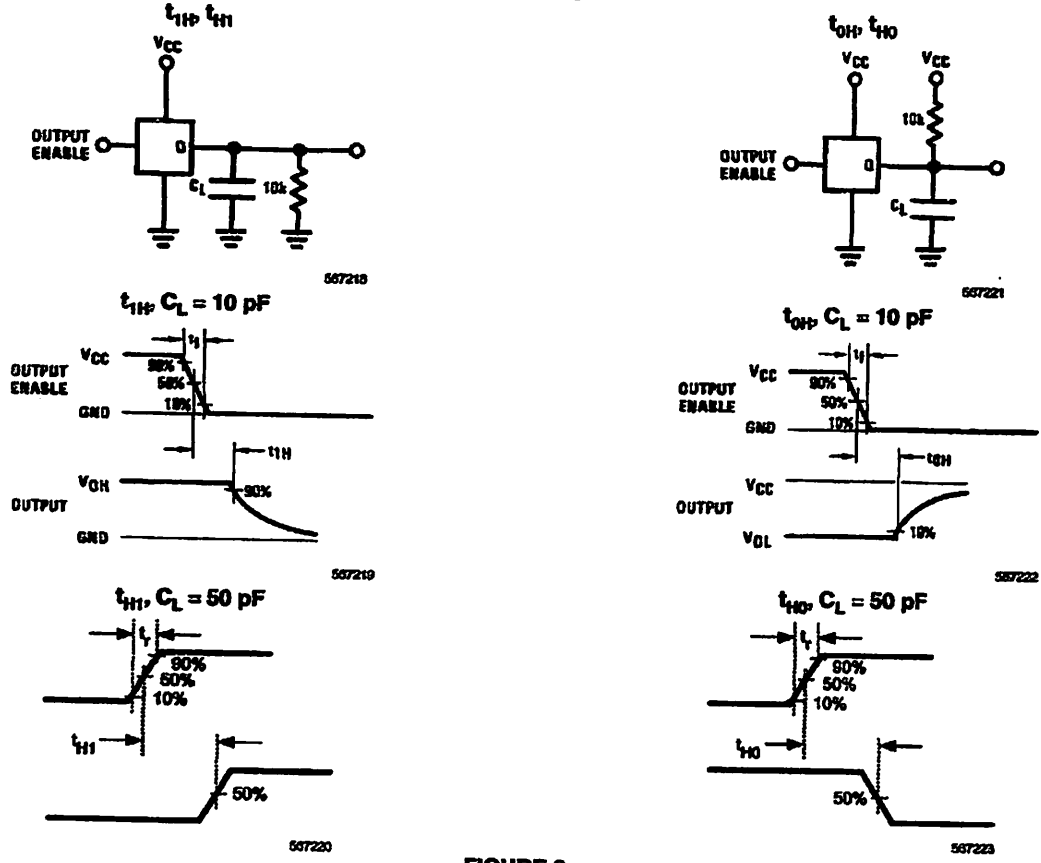


FIGURE 8.

**Applications Information**

**OPERATION**

**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

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

- $V_{IN}$  = Input voltage into the ADC0808
- $V_{FS}$  = Full-scale voltage
- $V_Z$  = Zero voltage
- $D_X$  = Data point being measured
- $D_{MAX}$  = Maximum data limit
- $D_{MIN}$  = Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as 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 portion 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

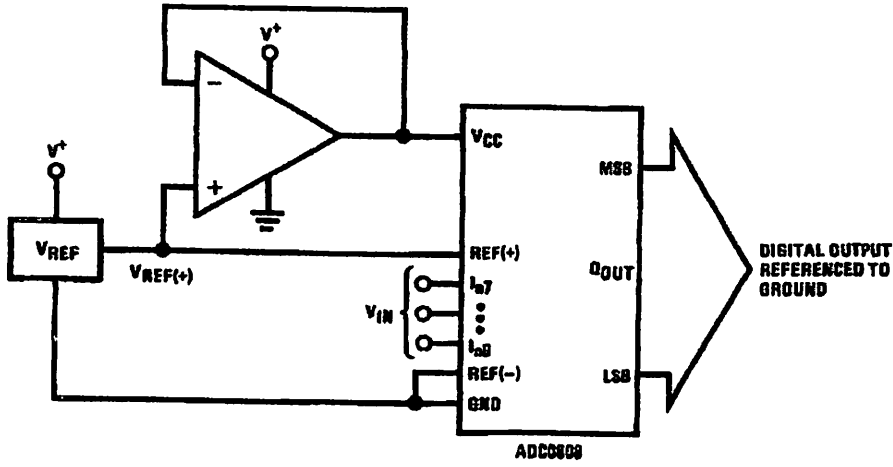
the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 9).

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 voltage 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.

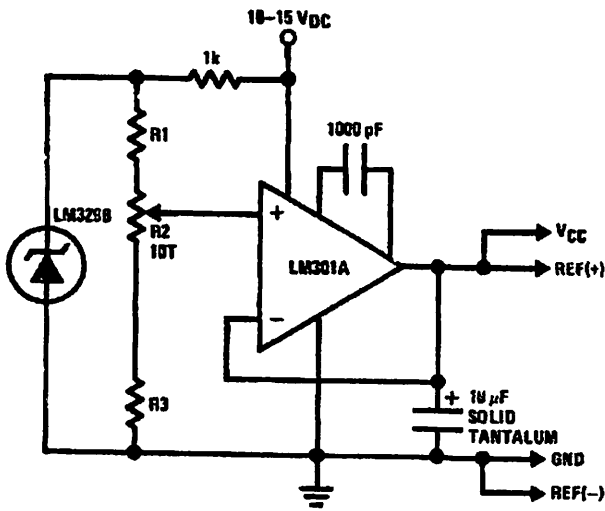


567226

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

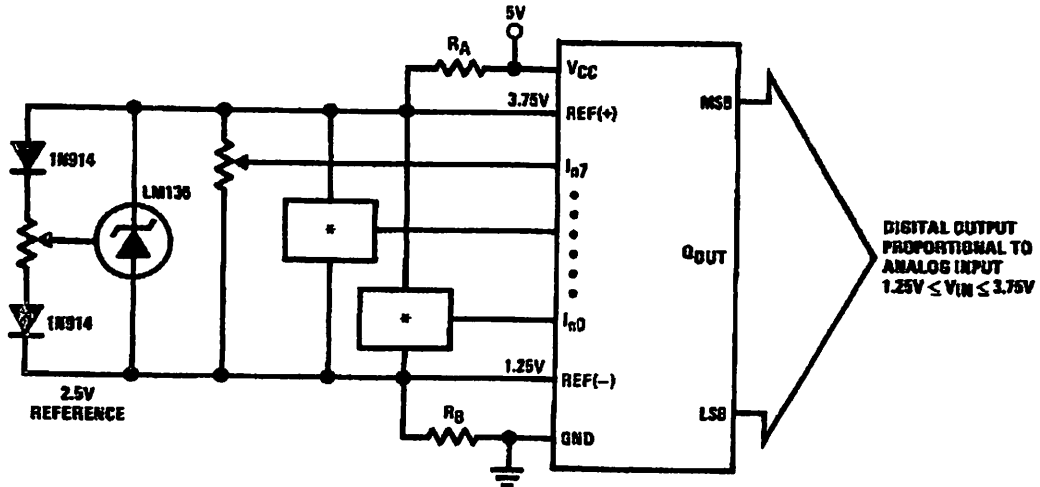
$$4.75V \leq V_{CC} = V_{REF} \leq 5.25V$$

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



567226

FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit



557227

$R_A = R_B$   
 \*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.



2

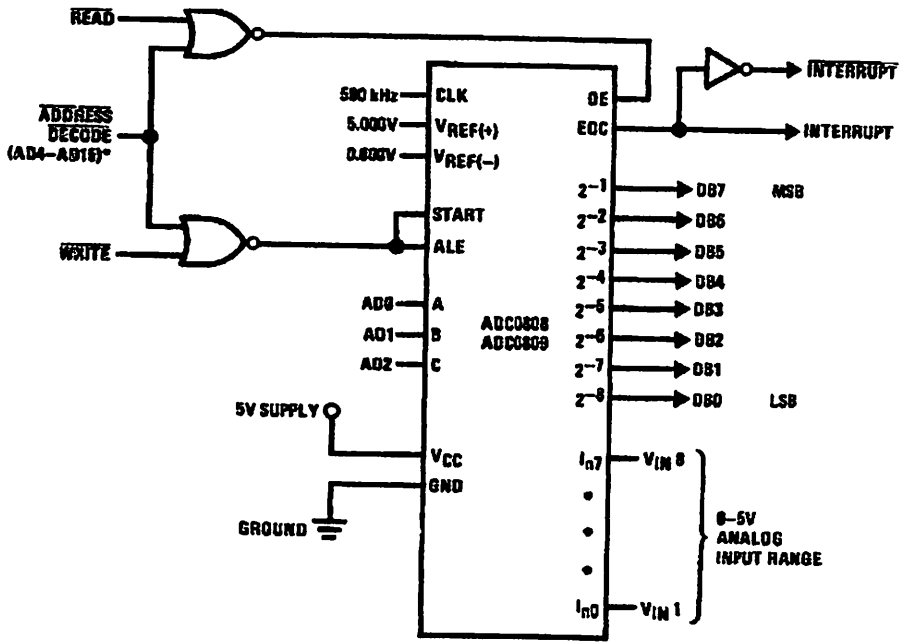
1980  
1981  
1982

1983

1984

1985	1986
1987	1988
1989	1990
1991	1992
1993	1994
1995	1996
1997	1998
1999	2000
2001	2002
2003	2004
2005	2006
2007	2008
2009	2010
2011	2012
2013	2014
2015	2016
2017	2018
2019	2020
2021	2022
2023	2024
2025	2026
2027	2028
2029	2030

Typical Application



667210

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

TABLE 2. Microprocessor Interface Table

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

✓

17-10-18 10:00 AM  
17-10-18 10:00 AM  
17-10-18 10:00 AM  
17-10-18 10:00 AM  
17-10-18 10:00 AM  
17-10-18 10:00 AM  
17-10-18 10:00 AM  
17-10-18 10:00 AM

17-10-18 10:00 AM

17-10-18 10:00 AM

17-10-18

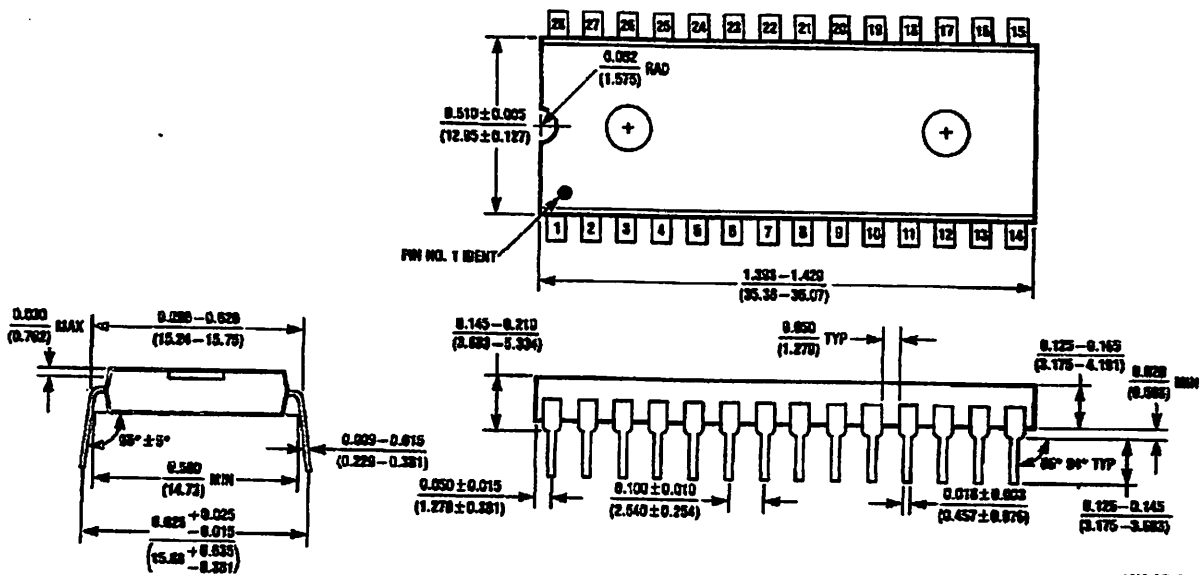
17-10-18

17-10-18

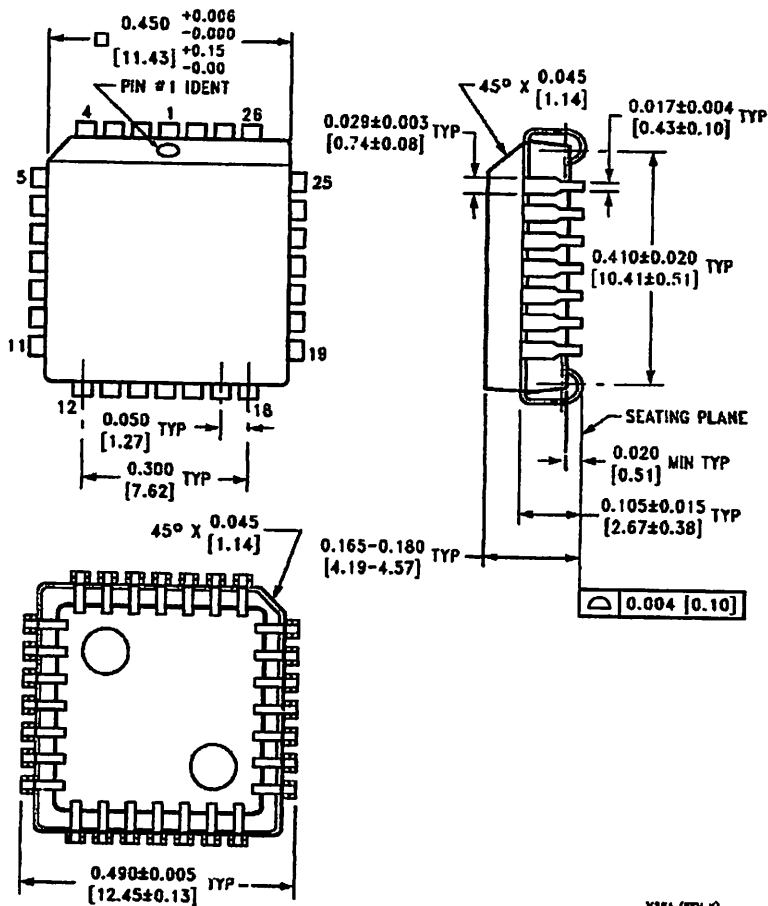
17-10-18

17-10-18

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



**Molded Dual-In-Line Package (N)**  
 Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN  
 NS Package Number N28B



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

V28A (REV X)