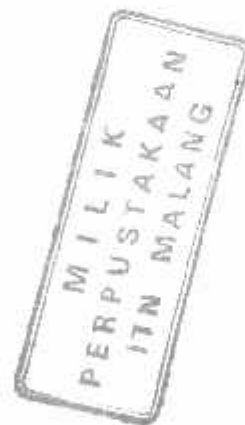


SKRIPSI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGUKUR KANDUNGAN ALKOHOL PADA SOLVENT BERBASIS AT89S51



Disusun Oleh :
TEGUH SANTOSO
NIM 04.12.209

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

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGUKUR KANDUNGAN

ALKOHOL PADA SOLVENT BERBASIS AT89S51

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

TEGUH SANTOSO

NIM : 04.12.209

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing



I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.Y. 103100361

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



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

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



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Teguh Santoso
Nim : 04.12.209
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR
KANDUNGAN ALKOHOL PADA SOLVENT BERBASIS
AT89S51**
Dipertahankan di hadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :
Hari : Selasa
Tanggal : 29 September 2009
Dengan Nilai : 82 (A) *By*



Ketua Majelis Penguji

Ir. Sidik Noertjahjono, MT
NIP .Y. 1028700163

Sekretaris Majelis Penguji

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

Penguji I
Ir. Eko Nurcahyo
NIP .Y. 1028700172

Penguji II
Sotyohadi, ST
NIP .Y. 1039700309

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

PERSEMBAHAN

Segala sesuatu Yang menjadi impian
Apapun yang pernah menjadi harapan
Akan selalu membayang
Terkadang melalaikan apa yang harus didahulukan
Cobaan pasti datang dengan wajah-wajah menyenangkan
Hambatan adalah tantangan yang tidak bisa duduamkan
Setapak demi setapak aku bergerak melaluinya
Selangkah demi selangkah aku berjalan menghadapinya
Mungkin hati ingin menggapai sesuatu yang lebih tinggi
Meraih dan terus meraih
Akan tetapi tangan dan kaki sudah tak sampai lagi
Dan mungkin harus sampai disini
Keberhasilan tidak semestinya harus dipandang dari apa yang didapat
Melainkan perjuangan dikala harus berusaha untuk hadapi tantangan
Manusia dengan segala daya dan kemampuannya hanya
sekedar merencanakan, berusaha dan berdoa
Dan Allah menentukan hasil dari apa yang telah diusahakan
Senang ataupun tak senang yang pasti ada hikmah yang
tersembunyikan
Lumpuhnya tangan dan kaki, tak akan bisa melumpuhkan keyakinan ini

Special thanks to :

Engkau yang mengandungku dalam rahimmu, Engkau yang
membanting tulang menafkahiiku demi kebahagiaanku, anakmu yang mungkin
tak bisa dan tak akan bisa membalas semua jasmu yang mungkin hanya bisa
mendoakan dan akan selalu mendoakan. Sujudku akan selalu memohonkan
ampun untukmu

Yang mengugah semangatku, yang bangkitkan jiwaku dan yang aku belum
tahu, yang belum tampak di mataku, ataukah dia yang akan mendampingiiku,
bumi yang selalu memanggil jasadku, masa depanku

Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengukur Kandungan Alkohol
Pada Solvent Berbasis AT89S51
Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Konsentrasi Teknik Elektronika S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

(Teguh Santoso 04.12.209)
(Dosen pembimbing I Komang Somawirata,ST,MT)

ABSTRAKSI

Solvent merupakan suatu cairan yang mengandung alkohol. Proses untuk indentifikasi kadar alkohol dalam suatu solvent menggunakan proses gas kromatografi. Proses ini umumnya dilakukan pada laboratorium dan terdiri dari beberapa tahapan. Sensor TGS 2620 merupakan sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi alkohol karena mempunyai sensitifitas terhadap zat yang mudah menguap seperti alkohol. Elemen sensor terdiri dari permukaan metal oxide semiconductor (S_nO_2) yang dibentuk pada substrat aluminium pada chip sensor bersama dengan terintegrasinya heater. Sinyal output dari sensor alkohol dikonversikan menjadi data digital oleh ADC 0804 dengan mode free running. Mikrokontroler AT89S51 berfungsi untuk mengolah data dari ADC dan kemudian mengirim data tersebut LCD untuk display. Berdasarkan hasil yang telah diuji dengan 3 jenis solvent beralkohol dengan kadar yang berbeda antara lain IPA (60%), NPAL (50%), NPAC(48%), sensor TGS 2620 dapat mendeteksi dengan baik kadar alkohol antara 0-90%. Tingkat kesalahan rata-rata pada alat sebesar 0.28%.

Kata kunci : *Sensor TGS 2620, ADC 0804, Mikrokontroler*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT. Akhirnya penyusun dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul :

**“Perancangan dan Pembuatan Alat Pengukur Kandungan Alkohol Pada solvent
Berbasis AT89S51”**

ini dengan baik. Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi di program strata 1 (satu) Teknik elektronika Institut Teknologi Nasional Malang.

Dengan terselesainya penyusunan skripsi ini, Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, petunjuk, saran, serta kesempatan pada semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penyusun tujukan kepada:

1. Bapak Dr. 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 I Komang Somawirata,ST,MT selaku Dosen Pembimbing.
5. Kedua Orang Tua penyusun yang telah banyak membantu dan memberikan dorongan serta doa restu pada penyusun dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

6. Semua teman – teman yang telah ikut membantu memberikan semangat dan pengetahuan sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penyusun tahu bahwa Skripsi ini masih ada kekurangan, sehingga penulis masih memerlukan kritik dan saran dari semua pihak. Akhir kata penyusun berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, 27-09- 2009

Penyusun

Teguh Santoso

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Metodologi	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. Dasar teori	6
2.1.1. Alkohol	6
2.2. Sensor TGS 2620	8
2.3. ADC 0804	10
2.3.1. Operasional ADC 0804	13
2.4. Mikrokontroler AT89S51	15
2.4.1. Konfigurasi Pin-pin Mikrokontroler AT89S51	17
2.4.2. Organisasi Memori	19

2.4.3	Mode Pengalamatan	25
2.4.4.	Konfigurasi I/O	27
2.4.5.	Timer/ Counter	28
2.5.	Liquit Crystal Display (LCD)	30
BAB III	PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT	36
3.1.	Perancangan Perangkat Keras	36
3.1.1.	Perancangan Sensor Gas	38
3.1.2.	Perancangan ADC 0804	40
3.1.3.	Mikrokontroller AT89S51	43
3.1.3.1.	Rangkaian Oscilator.....	45
3.1.4	Perancangan LCD	45
3.2.	Perancangan Perangkat Lunak	47
BAB IV	PENGUJIAN SISTEM	49
4.1.	Pengujian Sensor TGS2620	49
4.1.1	Tujuan.....	49
4.1.2.	Peralatan yang digunakan.....	50
4.1.3.	Prosedur Pengujian.....	50
4.1.4.	Hasil Pengujian sensor	52
4.1.5.	Analisa Hasil Pengujian sensor	53
4.2.	Pengujian ADC 0804	54
4.2.1.	Tujuan	54
4.2.2.	Peralatan yang digunakan.....	54
4.2.3.	Prosedur Pengujian.....	54
4.2.4.	Hasil Pengujian	54
4.2.5.	Analisa Hasil Pengujian	55
4.3.	Pengujian LCD.....	56
4.3.1.	Tujuan.....	56

4.3.2.	Peralatan yang digunakan.....	56
4.3.3.	Prosedur Pengujian.....	56
4.3.4.	Hasil Pengujian	57
4.4.	Pengujian Sistem Keseluruhan.....	58
4.4.1.	Tujuan	58
4.4.2.	Peralatan yang digunakan.....	58
4.4.3.	Prosedur Pengujian.....	58
4.4.4.	Hasil Pengujian	59
4.5.	Kesimpulan Pengujian Sistem Keseluruhan	62
BAB V	PENUTUP	63
5.1.	Kesimpulan	63
5.2.	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur senyawa alkohol.....	7
Gambar 2.2 Kontruksi Bentuk fisik sensor TGS 2620.....	9
Gambar 2.3 Karakteristik sensitivitas sensor.....	10
Gambar 2.4 Rangkaian dasar TGS 2620.....	10
Gambar 2.5 Konfigurasi pin ADC 0804	11
Gambar 2.6 Rangkaian Clock internal ADC 0804.....	14
Gambar 2.7 Konfigurasi Pin AT89S51.....	15
Gambar 2.8 Liquid Crystal Display.....	30
Gambar 2.9 Blok diagram Modul LCD.....	31
Gambar 3.1 Diagram blok sistem keseluruhan.....	36
Gambar 3.2 karakteristik sensor TGS 2620.....	38
Gambar 3.3 Rangkaian Dasar sensor TGS 2620.....	39
Gambar 3.4 Rangkaian RC untuk internal	41
Gambar 3.5 Rangkaian ADC 0804.....	42
Gambar 3.6 Rangkaian minimum sistem AT89S51.....	44
Gambar 3.7 Rangkaian Osilator.....	45
Gambar 3.8 Rangkaian LCD.....	46
Gambar 3.9 Diagram Alir Pemrograman Perangkat Lunak.....	48
Gambar 4.1 Diagram blok pengukuran ADC 0804.....	54
Gambar 4.2 Diagram blok pengukuran LCD.....	57
Gambar 4.3 Hasil Pengujian LCD.....	57

Gambar 4.3 Hasil Pengujian LCD.....	57
Gambar 4.4 Diagram Blok pengujian alat.....	58
Gambar 4.5 hasil pengujian terhadap solvent IPA.....	60
Gambar 4.6 hasil pengujian terhadap solvent NPAL.....	61
Gambar 4.7 hasil pengujian terhadap solvent NPAC.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Titik didih alkohol	8
Tabel 2.2 Pin fungsi ADC 0804.....	13
Tabel 2.3 Spceial Function Register.....	20
Tabel 2.4 register selection pada LCD.....	31
Tabel 2.5 Fungsi pin-pin pada LCD M1632.....	33
Tabel 2.6 Instruksi dari LCD.....	33
Tabel 3.1. keterangan dari pin-pin LCD.....	46
Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi sensor TGS 2620.....	51
Tabel 4.2 Hasil Pengujian sensor TGS 2620.....	52
Tabel 4.3 Hasil Pengujian sensor TGS 2620 terhadap gas lain non Alkohol.....	53
Tabel 4.4 Pengukuran ADC 0804.....	55
Tabel 4.5 Hasil Pengujian kadar alkohol jenis solvent IPA.....	59
Tabel 4.6 Hasil Pengujian kadar alkohol jenis solvent NPAL.....	60
Tabel 4.7 Hasil Pengujian kadar alkohol jenis solvent NPAC.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam bahasa Inggris, kata "alcohol" mempunyai dua arti. Yang pertama adalah minuman beralkohol atau minuman keras. Yang kedua, yakni suatu bahan kimia yang dapat berfungsi sebagai solvent (pelarut organik). Solvent mempunyai banyak jenis dan sifat. Di dalam industri solvent digunakan sebagai bahan pengencer atau pelarut. Dalam industri percetakan ada beberapa jenis solvent yang digunakan dan solvent ini mengandung zat adiktif yang berbahaya bagi kesehatan dan 80% solvent yang digunakan sebagai pelarut dalam industri percetakan mengandung alkohol (OH).

Untuk mengetahui suatu kadar alkohol dalam solvent digunakan suatu proses gas kromatografi yang tentunya hanya bisa dilakukan di laboratorium. Dan masih banyak industri besar yang tidak mempunyai laboratorium khusus untuk mengukur suatu kandungan alkohol dalam cairan solvent. Biasanya mereka hanya mempercayakan pada produsen pembuat solvent tersebut. Tentunya hal ini sangat tidak baik karena kandungan alkohol dalam solvent yang digunakan sangat berpengaruh pada hasil produksi mereka, salah satu contohnya pada perusahaan printing (percetakan), prosentase kandungan alkohol sangat berpengaruh besar karena solvent sebagai cairan utama untuk pelarut tinta. Dan produsen tinta pun mempunyai ukuran tertentu untuk pelarut yang digunakan, kita ambil contoh untuk produsen tinta cetak mematok kandungan alkohol dalam solvent (pelarut) yang digunakan sebagai pelarut untuk produksi mereka adalah 40 %, dan jika hal

ini tidak diperhatikan maka akan berpengaruh pada hasil cetak. Dan tentunya perusahaan akan mengalami banyak kerugian. Kerugian waktu, kerugian bahan dan tentunya hasil cetaknya menjadi waste. Atas dasar ini, maka kami berusaha membuat suatu alat ukur elektronik yang dapat digunakan untuk mengukur kandungan alkohol dalam solvent (pelarut) yang murah, efektif dan efisien .

Dengan penggunaan sensor ini diharapkan dapat mengetahui prosentase kandungan alkohol dalam suatu solvent dengan kepresisian yang tinggi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

Bagaimana cara membuat suatu alat yang mampu mengukur kandungan kadar alkohol dalam solvent (pelarut) yang efektif.

1.3. Batasan Masalah

Dalam pembuatan Skripsi ini ada banyak hal yang terlibat di dalamnya, sehingga untuk mempersempit pokok bahasan telah ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Sensor yang digunakan dapat mengukur gas dalam range 50 – 5000 ppm.
2. Solvent yang di uji merupakan jenis solvent yang mengandung kadar alkohol atau ethanol, Dan sample yang diukur berupa gas/ uap alkohol.

1.4. Tujuan

Tujuan dari perancangan dan pembuatan sistem ini adalah :

Membuat dan merancang suatu alat ukur elektronik yang dapat mengukur kandungan kadar alkohol dalam solvent (pelarut) menggunakan sensor alkohol.

1.5 Metodologi

Prosedur dan langkah-langkah dalam pengerjaan proyek akhir dapat diuraikan sebagai berikut :

1. *Tahap studi literatur*

Studi tentang rangkaian sensor IGS 2620, ADC, mikrokontroler, serta literatur-literatur yang lain yang dapat menunjang penyelesaian skripsi.

2. *Tahap perancangan dan pembuatan hardware*

Tahap perancangan meliputi pembuatan rancangan kotak sensor, desain tata letak sensor, pemilihan komponen dan mikrokontroler.

3. *Tahap pengujian dan simulasi*

Pengujian sensor dengan menggunakan sampel alkohol, rangkaian ADC dan mikrokontroler yang melakukan pengiriman data sensor untuk ditampilkan ke LCD.

4. *Tahap realisasi*

Pada tahap ini kita menghubungkan semua hardware mikrokontroler, dan rangkaian sensor serta meng-implementasikan software didalamnya berupa data yang diterima LCD untuk dapat menampilkan tingkat kadar alkohol pada sampel yang diuji.

5. Tahap penulisan laporan

Pada tahap ini adalah penulisan laporan secara lengkap dan detail sesuai dengan data yang diperoleh dari proyek akhir ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam penyelesaian proyek akhir ini, maka kami membuat urutan penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan

BAB II TEORI PENUNJANG

Dalam bab ini kami menjelaskan beberapa teori dasar tentang sensor gas, ADC, mikrokontroler, lcd.

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini menguraikan tentang desain posisi sensor serta proses pembuatan perangkat keras dari sistem yang dibuat, dimana mencakup perencanaan dan pembuatan sistem sensor gas, *A/D Converter* dan mikrokontroler yang mendukung proyek akhir ini.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini merupakan bagian pengujian alat, serta menganalisa akurasi dari sistem yang telah dibuat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup, berisi kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan data yang ada, juga berisi tentang saran serta petunjuk untuk pengembangan serta penyempurnaan alat.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang digunakan dalam menyelesaikan proyek akhir ini, diantaranya tentang alkohol, sensor gas, ADC, mikrokontroler, display LCD.

2.1 DASAR TEORI

2.2.1 ALKOHOL

Kata **alkohol** sering dipakai untuk menyebut etanol, yang juga disebut *grain alcohol*; dan kadang untuk minuman yang mengandung alkohol. Hal ini disebabkan karena memang etanol yang digunakan sebagai bahan dasar pada minuman tersebut, bukan metanol, atau grup alkohol lainnya. Begitu juga dengan alkohol yang digunakan dalam dunia farmasi. Alkohol yang dimaksudkan adalah etanol. Sebenarnya alkohol dalam ilmu kimia memiliki pengertian yang lebih luas lagi.

Dalam kimia, **alkohol** (atau **alkanol**) adalah istilah yang umum untuk senyawa organik apa pun yang memiliki gugus hidroksil ($-OH$) yang terikat pada atom karbon, yang ia sendiri terikat pada atom hidrogen dan/atau atom karbon lain.

- Struktur

Gugus fungsional alkohol adalah gugus hidroksil yang terikat pada karbon hibridisasi sp^3 . Ada tiga jenis utama alkohol **primer**, **sekunder**, dan **tersier**. Nama-nama ini merujuk pada jumlah karbon yang terikat pada karbon C-OH. Etanol dan metanol (gambar di bawah) adalah alkohol primer. Alkohol sekunder yang paling sederhana adalah propan-2-ol, dan alkohol tersier sederhana adalah 2-metilpropan-2-ol.

- Rumus kimia umum

Rumus kimia umum alkohol adalah $C_nH_{2n+1}OH$. Dua alkohol paling sederhana adalah metanol dan etanol (nama umumnya metil alkohol dan etil alkohol) yang strukturnya dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Struktur senyawa alkohol

Dalam peristilahan umum, "alkohol" biasanya adalah etanol atau *grain alcohol*. Etanol dapat dibuat dari fermentasi buah atau gandum dengan ragi. Dengan meminum alkohol cukup banyak, orang bisa mabuk. Semua alkohol bersifat toksik (beracun), tetapi etanol tidak terlalu beracun karena tubuh dapat menguraikannya dengan cepat.

- Sifat Fisis

1. Titik didih

Karena alkohol dapat membentuk ikatan hidrogen antara molekul-molekulnya, maka titik didih alkohol lebih tinggi daripada titik didih alkil halida atau eter, yang bobot molekulnya sebanding.

Tabel 2.1 membandingkan titik didih alkohol dan halida organik yang sama kerangka karbonnya.

Tabel 2.1 Titik didih alkohol

Alkohol	Titik didih	Kloro Alkana	Titik didih
CH ₃ OH	64.5 °C	CH ₃ Cl	-24 °C
CH ₃ CH ₂ OH	78.3 °C	CH ₃ CH ₂ Cl	13 °C
CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	97.2 °C	CH ₃ CH ₂ CH ₂ Cl	46 °C
HOCH ₂ CH ₂ OH	197 °C	ClCH ₂ CH ₂ Cl	83.5 °C

2. Kelarutan dalam air

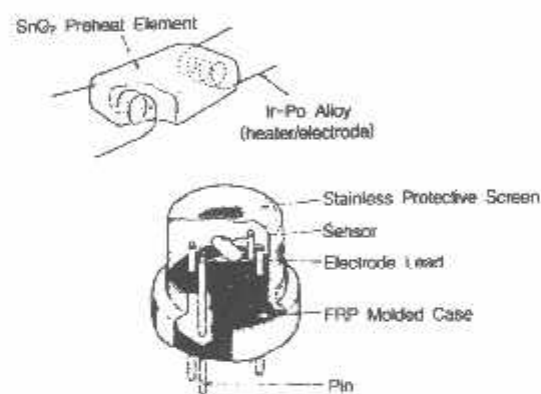
Alkohol berbobot molekul rendah larut dalam air, sedangkan alkil halida padanannya tidak larut. Kelarutan dalam air ini langsung disebabkan oleh ikatan hidrogen antara alkohol dan air.

Bagian hidrogen suatu alkohol bersifat hidrofob (*hydrophobic*) yakni menolak molekul-molekul air. Makin panjang bagian hidrokarbon ini akan makin rendah kelarutan alkohol dalam air. Bila rantai hidrokarbon cukup panjang, sifat hidrofob ini bisa mengalahkan sifat hidrofil (mengalahkan air).

2.2 SENSOR TGS 2620

SnO₂ yang merupakan dasar dari sensor gas semikonduktor banyak digunakan sebagai monitoring keselamatan dalam pendeteksian beberapa material bahan yang mudah terbakar dan polusi dari gas polutan. Akan tetapi kebanyakan dari sensor gas tidak cukup selektif dalam mendeteksi jenis gas dalam suatu campuran gas (terdiri dari beberapa campuran gas). Hal ini sangat diperlukan suatu jenis sensor yang yang

mempunyai kemampuan selektif mendeteksi beberapa jenis dari gas. Sensor TGS 2620 merupakan sensor gas yang dapat digunakan untuk mendeteksi suatu alkohol dalam udara. Sensor ini menggunakan daya yang relatif kecil dan mempunyai sensitifitas yang tinggi pada alkohol. Elemen sensor terdiri dari permukaan metal oxide semikonduktor yang dibentuk pada substrat aluminium pada chip sensor bersama dengan terintegrasinya heater. Pada proses pendeteksian gas, konduktivitas sensor ini meningkat tergantung konsentrasi gas pada udara. Rangkaian sederhana dari sensor dapat mengkonversi perubahan konduktivitas ke sinyal output yang sesuai dengan konsentrasi gas dalam udara. Gambar 2.2 merupakan bentuk fisik dari sensor TGS 2620.

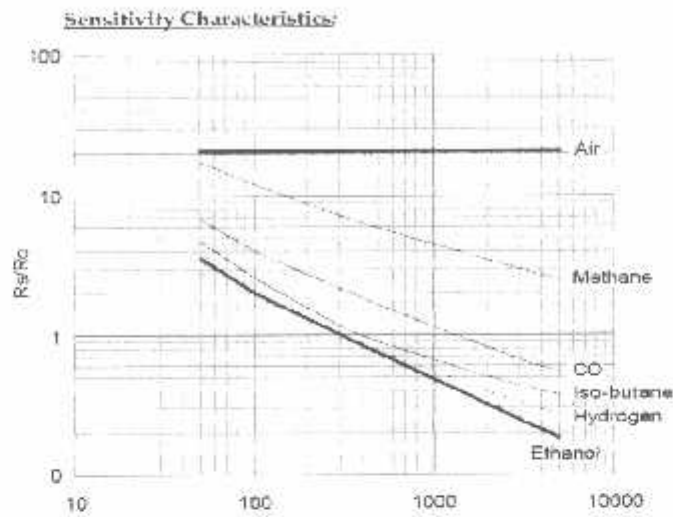


Gambar 2.2 kontruksi sensor TGS 2620

Sensor TGS 2620 mempunyai sensitifitas yang tinggi pada uap dari bahan pelarut organik seperti bahan yang mudah menguap. Sensor ini juga sensitif terhadap beberapa jenis dari bahan yang mudah terbakar seperti karbon monoksida, yang membuat sensor ini baik secara umum. Sensor ini memerlukan arus pada heater hanya sebesar 42mA. Pada gambar di bawah menyajikan tipikal karakteristik sensitivitas, semua data yang diperoleh diuji pada kondisi standar tes. Pada sumbu Y diindikasikan sebagai rasio sensor (R_s/R_o) yang mana didefinisikan sebagai berikut :

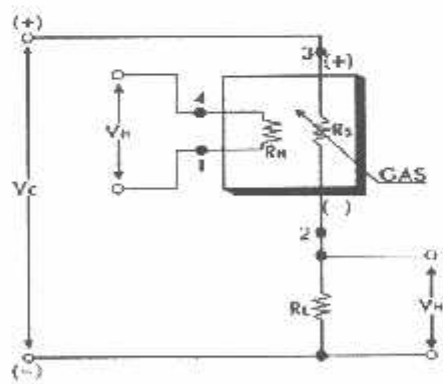
R_s : resistansi dari sensor pada berbagai konsentrasi.

R_o : resistansi sensor pada 300 ppm alkohol.



Gambar 2.3 Karakteristik sensitivitas sensor

Sensor memerlukan dua tegangan input yaitu untuk tegangan pada heater (V_H) dan tegangan pada rangkaian (V_C). V_H digunakan sebagai heater terintegrasi yang bertujuan untuk mempertahankan element sensor pada temperatur spesifik yang mana optimal untuk digunakan pendeteksian. Tegangan rangkaian (V_C) dipakai untuk memenuhi tegangan ukur yang melewati resistor (R_L) yang mana tersambung seri dengan sensor.

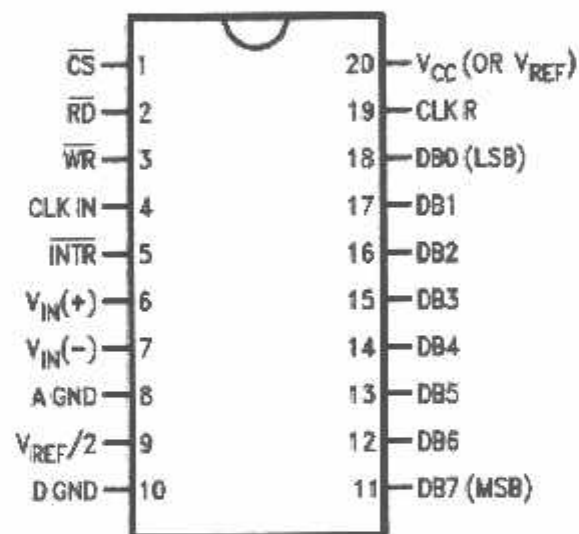


Gambar 2.4 Rangkaian dasar sensor TGS 2620

Rangkaian power supply biasa dapat digunakan pada V_C dan V_H untuk memenuhi kebutuhan dari sensor. Nilai tahanan pada resistor harus dipilih untuk mengoptimalkan nilai threshold yang mana sebagai alarm dengan menjaga daya (P_s) dari semikonduktor agar tidak melebihi dari 15 mW. Nilai daya P_s dapat meningkat tajam ketika nilai dari R_s sama dengan nilai R_L .

2.3 ADC 0804

ADC 0804 salah satu tipe ADC dengan jenis konversi *successive approximation* dengan model yang terintegrasi kedalam sebuah chip sehingga memudahkan perancangan dan lebih ringkas. Pada gambar 2.5 merupakan konfigurasi dasar dari ADC 0804.



Gambar 2.5 Konfigurasi pin ADC 0804

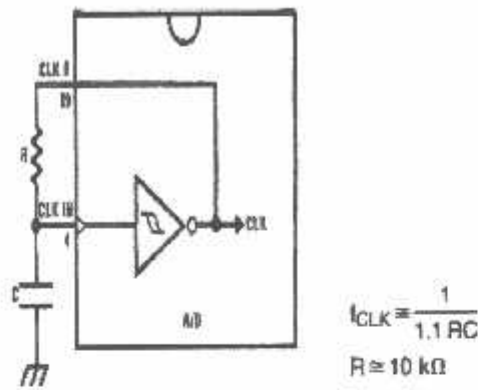
Dengan model yang terintegrasi kedalam sebuah chip maka akan memudahkan dalam perancangan dan lebih ringkas. ADC 0804 mempunyai dua input analog yaitu : Input positif (V_{in+}) dan input negatif (V_{in-}). Namun demikian ADC ini termasuk dalam ADC *unipolar* dimana hanya mampu menerima input tegangan analog dalam range positif saja. Input negatif (V_{in-}) dalam penggunaannya dihubungkan dengan ground (GND). Input bisa digunakan sebagai batas input terkecil apabila diinginkan input terkecil bukan nilai 0V. pada tabel 2.3 merupakan tabel fungsi pin pada ADC 0804.

Dalam penggunaannya apabila diinginkan nilai input terkecil adalah 0V maka tidak membutuhkan piranti tambahan berupa *zero adjustment*, dimana piranti ini berfungsi sebagai pengatur nilai nol agar saat $V_{in} = 0$ tegangan yang masuk benar-benar 0V tanpa adanya tegangan *offset*, tetapi cukup dengan menghubungkan pin input negatif (V_{in-}) dengan ground. Karena ADC 0804 ini memiliki dua input maka tegangan analog yang masuk adalah differensial dari (V_{in+}) dengan (V_{in-}) atau selisih antara keduanya.

Fasilitas lain dari ADC ini adalah tidak membutuhkan adanya perangkat *ekternal clock* seperti IC 555 atau IC *clock generator* yang lain. Akan tetapi external clock dapat dibangkitkan dari luar dengan meng-hubungkannya pada pin CLK-IN. Atau dapat pula dengan memanfaatkan fasilitas *internal clock* yang disediakan ADC ini. Untuk keperluan ini, ADC hanya perlu tambahan komponen yang ekonomis yaitu : resistor (R) dan kapasitor (C). Pada gambar 2.6 merupakan rangkaian dasar clock ADC.

Tabel 2.2 Fungsi pin ADC 0804

Pin	Simbol	Keterangan
1	CS	Aktif "0", mengaktifkan ADC (input)
2	RD	Aktif "0", baca hasil konversi dikendalikan oleh mikro (input)
3	WR	Aktif "0", perintah ke ADC untuk memulai konversi (input)
4	CLK-IN	Eksternal clock bagi ADC, terhubung paralel dengan C dan R (input)
5	INTR	Sinyal output dari ADC untuk menandai akhir konversi (output)
6	Vin(+)	Input sinyal analog positif
7	Vin(-)	Input sinyal analog negatif (ground)
8	A GND	Ground (analog)
9	Vref/2	Setting tegangan referensi sampling 1/2 dari Vcc
10	D GND	Ground (digital)
11	DB7	Output data digital hasil konversi (MSB)
12	DB6	Output data digital hasil konversi
13	DB5	Output data digital hasil konversi
14	DB4	Output data digital hasil konversi
15	DB3	Output data digital hasil konversi
16	DB2	Output data digital hasil konversi
17	DB1	Output data digital hasil konversi
18	DB0	Output data digital hasil konversi (LSB)
19	CLK-R	Eksternal clock terhubung ke resistor
20	VCC	Suplay Tegangan



Gambar 2.6 Rangkaian Clock ADC 0804

Dari hasil pemasangan tersebut didapatkan frekuensi clock pada pin CLK-R sebesar $1,1 RC$. Semakin cepat sinyal clock akan semakin cepat pula waktu konversi, akan tetapi sinyal clock tidak boleh lebih dari 1460 KHz dan pada umumnya cukup digunakan 640 KHz. ADC ini memiliki resolusi output 8 bit sehingga apabila digunakan tegangan referensi standar yaitu sama dengan $V_{cc} = +5V$ maka resolusi adalah $5V/256 = 19,6 \text{ mV}$. Artinya setiap perubahan tegangan input analog sebesar 19,6 mV ada perubahan output digital sebesar satu bit LSB. Resolusi tersebut dapat diperkecil dengan memberikan tegangan referensi tertentu pada pin $V_{ref}/2$, biasanya sebesar 2,5V.

2.3.1 OPERASIONAL ADC 0804

Untuk mengaktifkan chip ADC pin CS harus diberi input *low* (0). ADC akan memulai konversi apabila pin WR diberi input *low* (0). Saat proses konversi selesai ADC akan memberitahukan melalui pin INTR berupa output nilai *low* (0). Untuk membaca hasil konversi dari ADC maka terlebih dahulu pin RD diberi input nilai *low* (0) kemudian data diambil melalui port DB0 sampai DB7 sebanyak 8 bit secara bersamaan. Operasional dasar ADC 0804 adalah sebagai berikut :

1. Agar ADC aktif maka pin CS harus diberi logika low "0".
2. Untuk memulai suatu konversi, pin WR (write) harus diberi trigger pulsa low "0" dan sesaat kemudian mengembalikan kondisinya ke kondisi high "1". Konversi dimulai ketika WR berubah dari low ke high. Saat ini CS tetap dalam kondisi "0" dan pin RD dalam kondisi "1" dan pin INTR dalam kondisi logika high "1".
3. Ketika proses konversi selesai maka pin INTR akan berubah dari kondisi high "1" menjadi low "0".
4. Saat INTR berubah dari "1" menjadi "0" maka pin RD diberi trigger pulsa "0" dan pin WR diberi logika "1" maka hasil konversi akan dapat dibaca melalui pin DB0 – DB7 secara bersamaan.
5. Langkah terakhir adalah mengembalikan pin RD ke kondisi logika "1" maka proses ke-2 dapat diulang kembali untuk konversi data selanjutnya.

Selain operasional standar diatas ADC 0804 dapat dioperasikan dengan mode yang lain seperti: *free running connection*. Dalam mode *free running connection* instruksi write (WR) cukup diberikan satu kali di awal pengambilan data sample untuk kemudian secara otomatis ADC akan mengaktifkan pin WR saat konversi pertama selesai untuk melakukan pengambilan data dan melakukan konversi yang kedua, ketiga dan seterusnya.

2.4 MIKROKONTROLER 89S51

Mikrokontroller 89S51 yaitu mikrocontroller yang mempunyai sistem memori, timer, port serial dan 32 bit I/O didalamnya sehingga sangat memungkinkan untuk membentuk suatu sistem yang hanya terdiri dari *single chip* (keping tunggal) saja. Perintah dan pin out 89S51 kompatibel dengan standar industri MCS-51. 89S51 mempunyai spesifikasi standar sebagai berikut:

1. CPU 8 bit yang dioptimasi untuk aplikasi kontrol.
2. 4 Kbytes Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM).
3. 128 bytes Internal RAM.
4. 2 buah 16 bit Timer / Counter.
5. Serial Port, untuk komunikasi serial.
6. 6 sumber interupt dengan 2 level prioritas.
7. Operasi Clock dari 0 hingga 24 MHz.
8. 64K Program Memory.
9. 64K Data Memory.

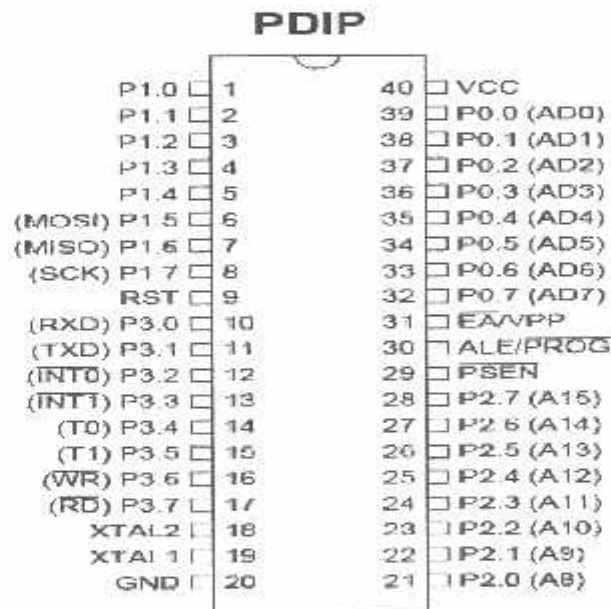
Mikrokontroller AT89S51 adalah salah satu keluarga MCS51 Mikrokontroller yang dibuat oleh Atmel. Mikrokontroller AT89S51 memiliki Flash ROM internal didalamnya sehingga mudah digunakan karena kita hanya perlu mengisikan program ke dalam ROM, jika terjadi kesalahan program maka dengan mudah program dihapus dan dapat di isi lagi. Keistimewaan yang dimiliki oleh Mikrokontroller AT89S51 adalah sebagai berikut :

1. Sebuah CPU (Central Processing Unit) 8 bit yang termasuk keluarga MCS51.
2. Osilator internal dan rangkaian pewaktu, RAM internal 128 byte (on chip).

3. Empat buah Programmable Port I/O, masing-masing terdiri atas 8 jalur I/O.
4. Dua buah Timer Counter 16 bit.
5. Lima buah jalur interupsi (2 buah interupsi external dan 3 buah interupsi internal).
6. Sebuah Port serial dengan kontrol serial full duplex UART.
7. Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian dan operasi Boolean (bit).
8. Kecepatan pelaksanaan instruksi per siklus 1 mikrodetik pada frekuensi clock 12 MHz.
9. Memiliki Flash ROM yang dapat diisi dan dihapus ± 1000 kali.

2.4.1 Konfigurasi Pin-pin Mikrokontroler AT 89S51

Mikrokontroler AT89S51 keluarga MCS 51 mempunyai 40 kaki / pin dan 32 diantaranya port paralel . dimana tiap port terdiri dari 8 kaki jadi 32 kaki terdapat 4 port paralel. Dan dikenal port 0, port 1, port 2, dan port 3.



Gambar 2.7 Konfigurasi Pin AT89S51

- Pin 1-8 (Port 1) merupakan port paralel 8 bit dua arah (bidirectional) yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (general purpose).
- Pin 9 (reset) adalah masukan reset (active high). Pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan mereset mikrokontroler AT 89S51. Pin ini dihubungkan dengan rangkaian power on reset.
- Pin 10-17 (Port3) adalah port paralel 8 bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti. Fungsi pengganti meliputi TxD (Transmit Data), RxD (Receive Data), Int 0 (Interrupt 0), Int 1 (Interrupt 1), T0 (Timer 0), T1 (Timer 1), WR (Write), dan RD (read). Bila fungsi pengganti tidak dipakai, pin-pin ini dapat digunakan sebagai port paralel 8 bit serbaguna.
- Pin 18 (XTAL 1) adalah pin masukan ke rangkaian osilator internal. Sebuah isolator kristal atau sumber osilator luar dapat digunakan.
- Pin 19 (XTAL 2) adalah pin keluaran ke rangkaian osilator internal. Pin ini dipakai bila menggunakan osilator kristal.
- Pin 20 (Ground) dihubungkan ke Vcc atau ground.
- Pin 21 sampai 28 (Port 2) adalah port paralel 2 (P2) selebar 8 bit dua arah (bidirectional). Port 2 ini mengirimkan byte alamat bila dilakukan pengaksesan memori external.
- Pin 29 adalah pin PSEN (Program Store Enable) yang merupakan signal pengontrol yang membolehkan program memori external masuk kedalam bus selama proses pemberian / pengambilan instruksi (fetching).
- Pin 30 adalah pin ALE (address latch Enable) yang digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.

- Pin 31 (EA). Bila pin ini diberi logika tinggi (H), mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari ROM/EPROM ketika isi program counter kurang dari 4096. Bila diberi logika low (L), mikrokontroler akan melaksanakan seluruh instruksi dari memori luar program.
- Pin 32-39 (Port 0) merupakan port parallel 8 bit open drain dua arah. Bila digunakan untuk mengakses memori luar, port ini akan memultiplek alamat memori dengan data.
- Pin 40 (Vcc) dihubungkan ke Vcc (+5 Volt).

2.4.2. Organisasi Memori

Organisasi yang dimiliki oleh AT89S51 yang terdiri atas :

1. RAM Internal

Memori sebesar 128 *byte* yang biasanya digunakan untuk menyimpan variabel atau data yang bersifat sementara. RAM *internal* terdiri atas :

➤ *Register Banks*

AT89S51 mempunyai delapan buah register yang terdiri atas R0 hingga R7. Kedelapan register ini selalu terletak pada alamat 00H hingga 07H pada setiap kali sistem direset. Namun posisi R0 hingga R7 dapat dipindah ke bank 1 (08 H hingga 0FH), bank 2 (10H hingga 17H) dan bank 3 (18H hingga 1FH), dengan mengatur bit RS0 dan RS1.

➤ *Bit Addressable* RAM

RAM pada alamat 20H hingga 2FH dapat diakses secara pengalamatan *bit* (*bit addressable*) sehingga hanya dengan sebuah instruksi saja setiap *bit* dalam area ini dapat *diset*, *clear*, *AND*, *OR*.

➤ RAM keperluan umum

RAM keperluan umum dimulai dari alamat 30H hingga 7FH dan dapat diakses dengan pengalamatan langsung maupun tak langsung. Pengalamatan langsung dilakukan ketika salah satu *operand* merupakan bilangan yang menunjukkan lokasi yang dialamati.

2. Special Function Register

Register fungsi khusus (*Special Function Register*) terletak pada 128 *byte* bagian atas memori data internal dan berisi *register-register* untuk pelayanan *latch port*, *timer*, *program status words*, *control peripheral* dan sebagainya. Alamat register fungsi khusus ditunjukkan pada Tabel 2-3.

Register-register ini hanya dapat diakses dengan pengalamatan langsung. Enam belas alamat pada register fungsi khusus dapat dialamati *perbit* maupun *per-byte* dan terletak pada alamat 80H-FFH. Secara perangkat keras, register fungsi khusus ini dibedakan dengan memori data internal.

Tabel 2-3 Special Function Register

Simbol	Nama Register	Nilai Pada Saat Reset	Alamat
ACC	Accumulator	00H	E0H
B	Register B	00H	F0H
PSW	Program Status Word	00H	D0H
SP	Stack Pointer	07H	81H
DPTR	Data Pointer 2 Byte		
DPL	Bit rendah	0000H	82H
DPH	Bit Tinggi	0000H	83H

P0	Port 0	0FF _H	80 _H
P1	Port 1	0FF _H	90 _H
P2	Port 2	0FF _H	A0 _H
P3	Port 3	0FF _H	B0 _H
IP	Interrupt Priority Control	XXX00000 _B	D8 _H
IE	Interrupt Enable Control	0XX00000 _B	A8 _H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	00 _H	89 _H
TCON	Timer/Counter Control	00 _H	88 _H
TH0	Timer/Counter 0 High Control	00 _H	8C _H
TL0	Timer/Counter 0 Low Control	00 _H	8A _H
TH1	Timer/Counter 1 High Control	00 _H	8D _H
TL1	Timer/Counter 1 Low Control	00 _H	8B _H
SCON	Serial Control	00 _H	98 _H
SBUF	Serial Data Buffer	Independen	99 _H
PCON	Power Control		87 _H

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

- *Accumulator (ACC)* merupakan register untuk penambahan dan pengurangan. Perintah *mnemonic* untuk mengakses akumulator disederhanakan sebagai A.
- Register B merupakan register khusus yang berfungsi melayani operasi perkalian dan pembagian.
- *Program Status Word (PSW)* yang terletak pada alamat D0H terdiri dari beberapa *bit* status yang menggambarkan kejadian di akumulator sebelumnya. Yaitu *carry bit*, *auxiliary carry*, dua *bit* pemilih bank, bendera *overflow*, *parity bit*, dan dua

bendera yang dapat didefinisikan sendiri oleh pemakai. Keteranganannya sebagai berikut :

- Flag Carry

Flag Carry (terletak pada alamat D7H) mempunyai fungsi sebagai pendeteksi terjadinya kelebihan pada operasi penjumlahan atau terjadi pinjam (*borrow*) pada operasi pengurangan. Misalnya jika data pada accumulator adalah FFH dan dijumlahkan dengan bilangan satu atau lebih, akan terjadi kelebihan dan membuat carry menjadi Set, sedangkan jika data pada accumulator adalah 00H dan dikurangkan dengan bilangan satu atau lebih, akan terjadi peminjaman dan membuat carry juga menjadi set.

- Flag Auxiliary Carry

Flag Auxiliary Carry akan selalu Set pada saat proses penjumlahan terjadi carry dari bit ketiga hingga bit keempat.

- Flag 0

Flag 0 digunakan untuk tujuan umum bergantung pada kebutuhan pemakai.

- Bit Pemilih Register Bank

Register Bank Select Bits (RS0 dan RS1) atau Bit Pemilih Register Bank digunakan untuk menentukan lokasi dari Register Bank (R0 hingga R7) pada memori. RS0 dan RS1 selalu bernilai nol setiap kali system direset sehingga lokasi dari R0 hingga R7 akan berada di alamat 00H hingga 07H.

- Flag Overflow

Flag Overflow akan diset jika pada operasi aritmatik menghasilkan bilangan yang lebih besar dari pada 128 atau lebih kecil dari - 128.

- Bit Pariti

Bit Pariti akan diset jika jumlah bit 1 dalam accumulator adalah ganjil dan akan clear jika jumlah bit 1 dalam accumulator genap. Jika data dalam accumulator adalah 10101110b atau AEH pariti akan diset. Data AEH mempunyai lima bit yang berkondisi 1 atau dapat disebut mempunyai bit 1 dalam jumlah yang ganjil. Bit pariti ini digunakan untuk proses yang berhubungan dengan serial port yaitu sebagai *Check sum*.

- *Stack Pointer* (SP) merupakan register 8 bit yang dapat diletakkan di alamat manapun pada RAM *internal*. Isi *register* ini ditambah sebelum data disimpan, selama instruksi PUSH dan CALL. Pada saat *reset*, *register* SP diinisialisasi pada alamat 07_H, sehingga *stack* akan dimulai pada lokasi 08_H.
- *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 pengalamatan alamat 16 bit.
- Port 0 sampai Port 3 merupakan register yang berfungsi untuk membaca dan mengeluarkan data pada port 0, 1, 2, 3. Masing-masing register ini dapat dialamati per-*byte* maupun per-*bit*.
- *Serial data buffer* (SBUF) merupakan dua *register* yang terpisah, *register buffer* pengirim dan sebuah *register buffer* penerima. Meletakkan data pada SBUF berarti meletakkan pada *buffer* pengirim yang akan mengirimkan data melalui transmisi serial. Membaca data SBUF berarti menerima data dari *buffer* penerima

- *Control Register* terdiri dari register yang mempunyai fungsi kontrol. Untuk mengontrol sistem interupsi, terdapat dua register khusus, yaitu *register IP (Interrupt Priority)* dan *register IE (Interrupt Enable)*. Untuk mengontrol pelayanan *timer/counter* terdapat *register* khusus, yaitu register TCON (*timer/counter control*) serta pelayanan port serial menggunakan register SCON (*Serial Port Control*).
- Register Timer

AT89S51 mempunyai dua buah 16 bit Timer/Counter, yaitu Timer 0 dan Timer 1. Timer 0 terletak pada alamat 8AH untuk TLO dan 8CH untuk TH0 dan Timer 1 terletak pada alamat 8BH untuk TL1 dan 8DH untuk TH1.
- Register Interupt

89S51 mempunyai lima buah interupsi dengan sua level prioritas interupsi. Interupsi akan selalu nonaktif setiap kali system di – reset. Register – register yang berhubungan dengan interrupt adalah *Interrupt Enable Register (IE)* atau Register Pengaktif Interupsi pada alamat A8H untuk mengatur keaktifan tiap – tiap interrupt dan *Interrupt Priority Register (IP)* atau Register Prioritas Interupsi pada alamat B8H.
- Register Port Serial

AT89S51 mempunyai sebuah *on chip serial port* (serial port dalam keping) yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan peralatan lain yang menggunakan serial port juga seperti modem, shift register dan lain – lain. Buffer (Penyangga) untuk proses pengiriman maupun pengambilan data terletak pada register SBUF, yaitu pada alamat 99H. Sedangkan untuk

mengatur mode serial dapat dilakukan dengan mengubah isi dari SCON yang terletak pada alamat 98H.

3. Flash PEROM

AT89S51 memiliki 4Kb *Flash PEROM (Programmable and Erassable Read Only Memori)*, yaitu ROM yang dapat ditulis ulang atau dihapus menggunakan sebuah perangkat programmer hingga 1000 kali. Program yang ada pada *Flash PEROM* akan dijalankan jika pada saat sistem di-*reset*, pin EA/VP berlogika satu sehingga mikrokontroler aktif berdasarkan program yang ada pada *flash PEROM*nya. Namun, jika EA/VP berlogika nol, mikrokontroller aktif berdasarkan program yang berada pada memori *external*.

2.4.3. Mode Pengalamatan.

Mode pengalamatan yang digunakan pada AT89S51 adalah sebagai berikut:

- a) Mode pengalamatan segera (*immediate addressing mode*).

Cara ini menggunakan konstanta, misalnya: **MOV A, #20H**. Data konstanta merupakan data yang menyatu dengan instruksi, contoh instruksi tersebut diatas mempunyai arti bahwa data konstantanya yaitu 20H, (sebagai data konstanta harus diawali dengan '#') disalin ke akumulator A.

- b) Mode pengalamatan langsung (*direct addressing mode*).

Cara ini dipakai untuk menunjuk data yang berada di suatu lokasi memori dengan cara menyebut lokasi (alamat) memori tempat data tersebut berada, misalnya: **MOV A, 30H**. Instruksi ini mempunyai arti bahwa data yang berada di dalam memori dengan lokasi 30h disalin ke akumulator. Bedanya dengan pengalamatan segera yaitu jika pada pengalamatan segera

menggunakan tanda '#' yang menandai 20H sebagai data konstan, sedangkan pada instruksi ini tidak menggunakan '#' sehingga 30H diartikan sebagai suatu lokasi memori.

c) Mode pengalamatan tidak langsung (*indirect addressing mode*).

Cara ini dipakai untuk mengakses data yang berada di dalam memori, tetapi lokasi memori tidak disebut secara langsung tapi di-'titip'-kan ke register lain, misalnya: **MOV A, @R0**. R0 adalah register serba guna yang dipakai untuk menyimpan lokasi memori, sehingga instruksi ini mempunyai arti memori yang alamat lokasinya tersimpan dalam R0 isinya disalin ke akumulator A. Tanda '@' dipakai untuk menandai lokasi memori yang tersimpan di dalam R0. Register serba guna R0 berfungsi sebagai register penyimpan alamat (*indirect address*), selain R0 register serba guna lainnya, R1 juga bisa dipakai sebagai register penampung alamat.

d) Mode pengalamatan register (*register addressing mode*).

Misalnya: **MOV A, R5**, instruksi ini mempunyai arti bahwa data dalam register serba guna R5 disalin ke akumulator A. Instruksi ini menjadikan register serba guna R0 sampai R7 sebagai tempat penyimpanan data yang praktis dan kerjanya sangat cepat.

e) Mode pengalamatan kode tidak langsung (*code indirect addressing mode*).

MCS51 mempunyai cara penyebutan data dalam memori program yang dilakukan secara tak langsung, misalnya: **MOVC A, @A+DPTR**. Instruksi MOV diganti dengan MOVC, tambahan huruf C tersebut dimaksud untuk membedakan bahwa instruksi ini digunakan untuk memori program (MOV

tanpa huruf C artinya digunakan untuk memori data). Tanda '@' digunakan untuk menandai A+DPTR yang berfungsi untuk menyatakan lokasi memori yang isinya disalin ke Akumulator A, dalam hal ini nilai yang tersimpan dalam DPTR (*Data Pointer Register* – 2 byte) ditambah dengan nilai yang tersimpan dalam akumulator A (1 byte) sama dengan lokasi memori program yang diakses.

2.4.4 Konfigurasi I/O

Latch dan I/O buffer tiap bit dari Port 0 - Port 3. Port 1,2, dan 3 mempunyai pull-up internal. Sedangkan Port 0, konfigurasi outputnya adalah open drain. Setiap bit I/O ini berdiri sendiri, jadi dapat berfungsi sebagai input atau output tanpa tergantung satu sama lain. Port 0 dan 2 tidak dapat dipakai sebagai I/O bila digunakan sebagai jalur alamat / data. Bila port-port tersebut ingin difungsikan sebagai input, maka bit latch harus berisi '1', yang akan mematikan output driver FET. Sehingga pin-pin Port 1,2, dan 3 akan 'ditarik' ke high oleh pull-up internal, tetapi bila diinginkan dapat juga 'ditarik' ke low dengan sumber eksternal.

Port 0 sedikit berbeda, karena tidak menggunakan pull-up internal. FET pull-up pada output driver P0 hanya digunakan pada saat Port mengeluarkan '1' selama akses memori eksternal, selain keadaan ini FET pull-up tidak aktif. Akibatnya bila bit-bit P0 berfungsi sebagai output maka bersifat open drain. Penulisan logika '1' ke bit latch menyebabkan kedua FET tidak bekerja, sehingga pin dalam keadaan mengambang (floating). Pada kondisi ini pin dapat berfungsi sebagai high impedance input. Port 1, 2, dan 3 sering disebut dengan 'quasi-bidirectional' sebab mempunyai pull-up internal. Saat berfungsi sebagai input maka akan 'ditarik' ke high dan akan bersifat sebagai sumber arus

bila 'ditarik' ke low secara eksternal. Port 0 sering disebut sebagai 'true-bidirectional', karena bila dikonfigurasi sebagai input maka pin-pinnya mengambang. Pada saat reset semua port latch berlogika '1'.

2.4.5 Timer / Counter

89S51 mempunyai 2 buah register timer / counter 16 bit : Timer 0 dan Timer 1. Keduanya dapat beroperasi sebagai timer atau counter. Pada fungsi 'timer', isi register ditambah satu setiap siklus mesin. Jadi, seperti menghitung siklus mesin. Karena satu siklus mesin terdiri dari 12 periode osilator, maka kecepatannya $f = 1/12$ frekuensi osilator. Pada fungsi 'counter', isi register ditambah satu setiap terjadi transisi 1 ke 0 pada pin input eksternal yang bersesuaian T0 atau T1. Untuk mengenali transisi 1 ke 0 ini dibutuhkan 2 siklus mesin (24 periode osilator), maka input maksimum ialah $1/24$ frekuensi osilator. Tidak ada batasan untuk duty cycle sinyal input. Timer 0 dan Timer 1 mempunyai 4 mode operasi yang bisa dipilih.

Timer 0 dan Timer 1

Fungsi timer dan counter dipilih dengan bit kontrol C/T pada SFR TMOD (gambar 2.6). Kedua timer / counter ini mempunyai 4 mode operasi yang dipilih dengan sepasang bit M1 dan M0.

• Mode 0

Kedua timer pada mode ini berfungsi sebagai counter 8 bit dengan divided-by-32 prescaler. Ketika perhitungan berubah dari nilai maksimum (semua bit = 1) menjadi 0 maka flag interrupt timer TF1 aktif. Input akan dihitung oleh timer bila TR1=1 dan salah satu GATE=0 atau INT1=1. Bila GATE diset = 1 maka timer dikontrol oleh input eksternal INT1, dan dapat digunakan untuk mengukur lebar pulsa. TR1 adalah bit kontrol

pada SFR TCON, sedangkan GATE ada pada TMOD. Men-set TR1 Register 13 bit terdiri dari 8 bit TH1 dan 5 bit TL1. 3 bit TL1 bagian atas dapat diabaikan. Men-set TR1 tidak menghapus isi register. Mode 0 untuk Timer 0 sama seperti Timer 1. Substitusi TR1, TF1 dan INT1 pada gambar 2.7 dengan TR0, TF0, dan INT0. Ada 2 bit GATE yang berbeda yaitu TMOD.7 / TMOD bit ke 7 untuk Timer 1 dan TMOD.3 / TMOD bit ke 3 untuk Timer 0

• Mode 1

Mode 1 prinsip kerjanya sama dengan mode 0, kecuali register timer berjalan dengan 16 bit. Jadi semua bit pada TH1/TL1 (Timer 1) atau TH0/TL0 (Timer 0) berfungsi.

• Mode 2

Pada mode ini register timer berfungsi sebagai counter 8 bit (TL1) dengan isi ulang otomatis. Overflow dari TL1 tidak hanya menset TF1, tetapi juga TL1 dengan isi TH1, yang ditentukan dengan software. Proses isi ulang ini tidak mengakibatkan isi TH1 berubah. Mode 2 untuk Timer / Counter 0 sama seperti Timer / Counter 1. TL1 dengan isi TH1, ditentukan dengan software. Proses isi ulang ini tidak mengakibatkan isi TH1 berubah. Mode 2 untuk Timer / Counter 0 sama seperti Timer / Counter 1.

• Mode 3

Timer 1 pada Mode 3 tidak menghitung sama sekali, sama seperti men-set TR1 = 0. Timer 0 pada mode 3 menjadikan TL0 dan TH0 sebagai 2 counter yang terpisah. TL0 menggunakan bit kontrol Timer 0 : C/T, GATE, TR0, INT0, dan TF0. TH0 berfungsi sebagai timer yang menghitung siklus mesin dan mengambil alih kontrol TR1 dan TF1 dari Timer 1. Jadi TH0 sekarang mengontrol interrupt Timer 1. Mode 3 ini digunakan

untuk aplikasi yang membutuhkan sebuah timer atau counter 8 bit tambahan. Dengan timer 0 pada Mode 3, 89C51 seolah-olah mempunyai 3 buah timer / counter. Ketika Timer 0 bekerja pada Mode 3, Timer 1 dapat diaktifkan pada mode yang lain. Sebagai contoh Timer 1 dapat digunakan sebagai baud rate generator atau aplikasi apapun yang tidak memerlukan interrupt.

2.5 Liquid Crystal Display (LCD)

2.5.1 Display LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu jenis penampil yang digunakan untuk menampilkan angka, karakter atau bahkan angka dan karakter. LCD terdiri atas tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca dengan pinggiran yang tertutup rapat. Diantara dua lembar kaca tersebut diberi bahan Kristal cair (*liquid crystal*) yang tembus cahaya dimana akan beremulasi apabila diberi tegangan.

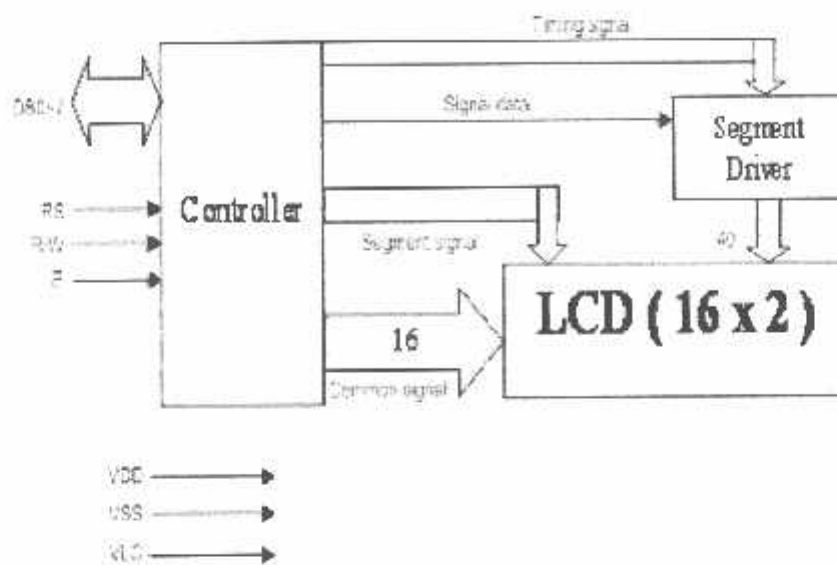
Tampilan berupa dot matrik 5 x 7 dengan jenis huruf yang ditampilkan akan lebih banyak dan lebih baik resolusinya jika dibandingkan dengan seven-segment. Adapun contoh modul LCD 16x2 ditunjukkan dalam Gambar 2.8;



Gambar 2.8 LCD 16x2

Selain sebagai suatu modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah, LCD juga memiliki keistimewaan dibandingkan tampilan yang lain seperti

sevent-segment yaitu kemampuan untuk menampilkan karakter dan berbagai macam symbol. Adapun blok diagram LCD ditunjukkan dalam Gambar 2.9;



Gambar 2.9 Blok diagram Modul LCD

Untuk dapat menggunakan LCD maka hal yang perlu diperhatikan adalah *signal control* dari LCD yaitu : RS, R/W dan EN. Instruksi operasi meliputi operasi dasar *register, busy flag, address counter, display data RAM, character generator ROM*.

1) Registrasi

Kontroller LCD mempunyai dua buah register 8 bit, yaitu *register* instruksi (IR) dan *register* data (DR). kedua register ini dipilih melalui *register select* (RS). Table *register* seleksi terlihat pada Tabel 2.4;

Tabel 2.4 register selection pada LCD

RS	R	Operasi
0	0	IR selection, IR write, Internal operation (Display clear, cursor)
0	1	Busy flag (DB7) dan Address counter
1	0	DR selection, DR write
1	1	DR selection, DR read

2) *Busy Flag*

Busy Flag menunjukkan bahwa modul LCD siap untuk menerima instruksi selanjutnya. Sebagaimana terlihat pada tabel 2.2 *register* seleksi, sinyal akan melalui DB7 jika RS = 0 dan R/W = 1.

3) *Address counter (AC)*

Address counter menunjukkan suatu lokasi memori dalam LCD dimana suatu data diletakkan dalam modul LCD. Pemilihan lokasi alamat diberikan melalui *register* instruksi (IR). Ketika data berada pada AC, maka secara otomatis AC akan menaikkan atau menurunkan alamat dari *entry mode set*.

4) *Display data RAM (DD RAM)*

Pada LCD masing-masing *line* (baris) mempunyai *range* alamat tersendiri. Alamat-alamat itu diekspresikan melalui bilangan hexadecimal. Banyaknya *line* yang tersedia ditentukan oleh tipe LCD yang digunakan. Untuk LCD tipe M1632 (16 x 2) hanya memiliki dua *line* dimana masing-masing *line* terdiri dari 16 *display digit*. Untuk *line* 1 menggunakan kisaran alamat 00H – 0FH, sedangkan pada *line* 2 menggunakan kisaran alamat 40H – 4FH. Adapun alamat diantara dua kisaran tersebut (10H – 3FH) tidak dipergunakan oleh LCD tipe M1632.

5) *Character Generator ROM (CG ROM)*

CG ROM membangkitkan 192 buah tipe 5 x 7 karakter dot matriks. Pada LCD telah tersedia ROM sebagai pembangkit karakter dalam kode ASCII. CG RAM digunakan apabila diinginkan untuk pembuatan karakter tersendiri melalui program, dengan maksimal 8 buah karakter.

LCD 16 x2 M1632 ini mempunyai 16 pin atau penyemat dengan fungsi-fungsi yang sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Fungsi pin-pin pada LCD M1632

NO.	Nama Pin	Fungsi
16	V - BL	Sebagai ground dari backlight
15	V + BL	Sebagai kutub positif dari backlight
7 - 14	DB0 - DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan.
6	E	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca
5	R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca. 0 = tulis
4	RS	Sinyal pemilih register 0 = register instruksi (tulis)
3	Vlc	Untuk mengendalikan kecerahan LCD dengan mengubah Vlc
2	Vcc	Tegangan Catu + 5 volt
1	Vss	Terminal ground

Sedangkan berikut ini merupakan table instruksi dari LCD ditunjukkan pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Instruksi dari LCD

No.	INSTRUKSI	R	R/	D	D	D	D	D	D	D	D0
		S	W	7	6	5	4	3	2	1	
1	<i>Display clear</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	<i>Cursor name</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	<i>Entry mode set</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4	<i>Display on/off</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	<i>Cursor/display</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	<i>Function set</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
7	<i>CG RAM</i>	0	0	0	1	Alamat karakter					
8	<i>DD RAM</i>	0	0	1	Tampilan data alamat						
9	<i>BF/address set</i>	0	1	0	Alamat arus						
10	<i>Data write to</i>	1	0	Byte karakter							
11	<i>Data read from</i>	1	1	Byte karakter							

Fungsi masing-masing instruksi adalah sebagai berikut :

1. *Display clear* : membersihkan tampilan yang ada pada LCD dan mengembalikan kursor kembali ke posisi semula
2. *Cursor home* : hanya membersihkan semua tampilan dan kursor kembali semula
3. *Entry mode set* : layar beraksi sebagai tampilan tulis
 - S = 1/0 : menggeser layar
 - I/O = 1 : kursor bergerak ke kanan dan layar bergerak ke kiri
 - I/O = 0 : kursor bergerak ke kiri dan layar bergerak ke kanan
4. *Display on/off control*
 - D = 1 : layar on
 - D = 0 : layar off
 - C = 1 : kursor on
 - C = 0 : kursor off
 - B = 1 : kursor berkedip-kedip
 - B = 0 : kursor tidak berkedip
5. *Cursor display shift*
 - S/C = 1 : LCD diidentifikasi sebagai layar
 - S/C = 0 : LCD diidentifikasi sebagai kursor
 - R/L = 1 : menggeser satu spasi ke kanan
 - R/L = 0 : menggeser satu spasi ke kiri
6. *Function set*
 - DL = 1 : panjang data LCD pada 8 bit (DB7 – DB0)
 - DL = 0 : panjang data LCD pada 4 bit (DB7 – DB0)

Bit *upper* ditransfer terlebih dahulu kemudian diikuti dengan 4 bit *lower*

N = 1/0: LCD menggunakan 2 atau 1 baris karakter

P = 1/0 : LCD menggunakan 5 x 10 atau 5 x 7 dot matrik

7. *CG RAM address set* : menulis alamat RAM ke karakter.
8. *DD RAM address set* : menulis alamat RAM ke tampilan.
9. *BF/address set* : BF = 1/0, LCD dalam keadaan sibuk atau tidak sibuk.
10. *Data write to CG RAM or DD RAM* : menulis byte ke alamat terakhir RAM yang dipilih.
11. *Data read from CG RAM or DD RAM* : membaca byte dari alamat terakhir RAM yang dipilih.

BAB III

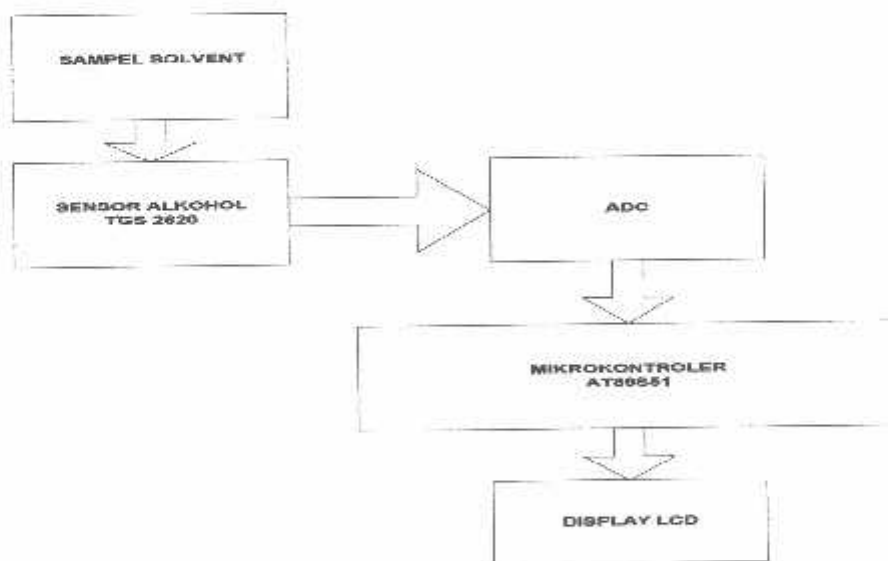
PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pembahasan materi pada bab ketiga ini diarahkan pada langkah-langkah dalam perencanaan dan pembuatan proyek akhir yang meliputi perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak.

3.1 PERANCANGAN PERANGKAT KERAS

Konfigurasi dari sistem pada skripsi ini secara umum yaitu terdiri dari sensor TGS 2620, ADC 0804, mikrokontroler AT89S51 dan LCD sebagai tampilannya. Diagram dari sistem ditunjukkan pada gambar 3.1.

Larutan uji akan dideteksi kadar alkoholnya oleh sensor TGS 2620 kemudian data berupa tegangan yang didapat merupakan input pada ADC 0804. Mikrokontroler mengatur kerja dari ADC sekaligus mengolah data untuk kemudian ditampilkan ke LCD.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem keseluruhan

Keterangan dari blok diagram diatas:

1. *Sample Solvent*

Sample solvent ini merupakan larutan yang akan diuji atau diukur, solvent sendiri adalah istilah dari suatu cairan pelarut. Solvent ini mengandung kadar alkohol yang dimana setiap solvent mempunyai kandungan Alkohol yang berbeda beda. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi setiap perubahan tekanan udara disekitar dimana akan menghasilkan sinyal-sinyal tegangan analog yang akan menjadi masukan bagi ADC.

2. *Sensor Alkohol (TGS 2620)*

Sensor TGS 2620 merupakan sensor gas yang dapat digunakan untuk mendeteksi suatu alkohol dalam udara. Sensor ini menggunakan daya yang relatif kecil dan mempunyai sensitifitas yang tinggi pada alcohol.

3. *ADC (Analog to Digital Converter)*

ADC di sini berfungsi sebagai pengkonversi (*converter*) tegangan analog menjadi data-data digital agar dapat diproses oleh mikrokontroller.

4. *MCU (mikrokontroller)*

MCU yang digunakan disini memiliki beberapa fungsi diantaranya; memberikan instruksi pada ADC untuk mengkonversikan sinyal analog menjadi data digital, mengkonversikan dan mengolah data output dari ADC menjadi satuan yang diinginkan, memberikan instruksi pada LCD untuk menampilkan hasil pengkonversian dalam satuan yang diinginkan.

5. *LCD (Liquid Crystal Display)*

LCD merupakan *display* yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran (Kadar Alkohol) dari alat ini dengan satuan prosentase.

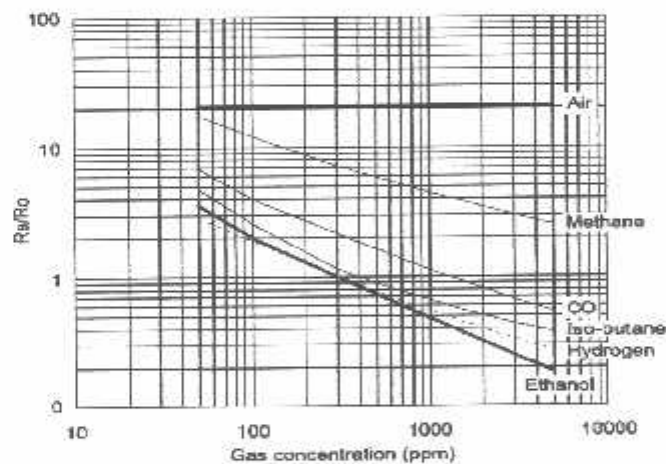
3.1.1 PERANCANGAN SENSOR GAS.

Pada proses pendeteksian alkohol (ethanol), konduktivitas sensor ini meningkat tergantung konsentrasi alkohol. Rangkaian sederhana dari sensor dapat mengkonversi perubahan dari konduktivitas ke sinyal output yang sesuai dengan konsentrasi alkohol.

Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas dan juga mempunyai sebuah pemanas (heater) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Sensor ini memerlukan arus pada heater hanya sebesar 42mA. Pada gambar di bawah menyajikan tipikal karakteristik sensitivitas, semua data yang diperoleh diuji pada kondisi standar tes. Pada sumbu Y diindikasikan sebagai rasio sensor (R_s/R_o) yang mana didefinisikan sebagai berikut :

R_s : resistansi dari sensor pada berbagai konsentrasi.

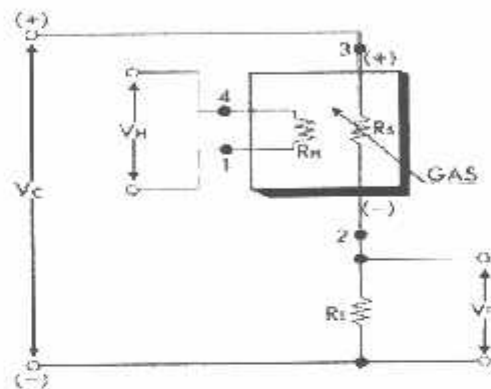
R_o : resistansi sensor pada 300 ppm alkohol.



Gambar 3.2 karakteristik sensor TGS 2620

Pada gambar 3.8 merupakan rangkaian dasar dari sensor TGS 2620, Sensor memerlukan dua tegangan input yaitu untuk tegangan pada heater (V_H) dan tegangan pada rangkaian (V_I). V_H digunakan sebagai heater terintegrasi yang bertujuan untuk

mempertahankan element sensor pada temperatur spesific yang mana optimal untuk digunakan pendcteksian. Tegangan rangkaian (V_C) dipakai untuk memenuhi tegangan ukur yang melewati resistor (R_L) yang mana tersambung seri dengan sensor. Besar tegangan yang digunakan sebesar 5 volt. V_{RL} merupakan output dari sensor dimana terhubung dengan Vin pada ADC 0804.



Gambar 3.3 Rangkaian Dasar sensor TGS 2620

Perhitungan daya yang dibutuhkan sensor TGS 2620 dengan persamaan berikut :

$$P_{Sensor} = V_{Sensor} \times I_{Sensor} ; I = \frac{V_{sensor}}{R_{sensor}}$$

$$P_{Sensor} = \frac{(V_{Sensor})^2}{R_{Sensor}}$$

$$P_{Sensor} = \frac{(V_C - V_{RL})^2}{R_{Sensor}}$$

Karena daya maksimal yang dihasilkan oleh sensor harus kurang dari 15 mW. Sehingga

Untuk mendapat kan nilai V_{RL} kita tentukan :

$$V_C = 5 \text{ V}$$

$$R_L = 2250 \ \Omega$$

$$R_S = 4781 \ \Omega$$

$$V_{RL} = \frac{R_L}{(R_L + R_S)} \times V_C$$

$$R_S = \frac{2250\Omega}{(2250 + 4781)} \times 5V$$

$$V_{RL} = 1.6V$$

Maka Daya yang dibutuhkan yaitu :

$$P_{Sensor} = \frac{(5V - 1.6V)^2}{4781\Omega}$$

$$P_{Sensor} = 4.42 mW$$

Perhitungan suhu pada sensor yang optimal dengan $I_{max} = 0,042 A$ dengan perbandingan $25^\circ C$ yaitu $R_H = 83 \Omega$.

$$V_{Heater} = I_{Heater} \times R_{Heater}$$

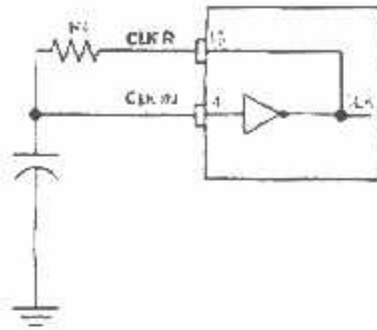
$$R_{Heater} = \frac{V_{Heater}}{I_{Heater}}$$

$$R_{Heater} = \frac{5V}{0.042A}$$

$$R_{Heater} = 119\Omega$$

3.1.2 ADC 0804

ADC yang digunakan dalam penyusunan Skripsi ini adalah ADC 0804 yang memiliki resolusi output 8 bit. ADC 0804 mempunyai dua input analog yaitu : Input positif (V_{in+}) dan input negatif (V_{in-}). Pada ADC tersedia fasilitas *internal clock* dimana kita hanya perlu menambahkan rangkaian R dan C saja. Pada umumnya frekuensi clock yang digunakan 640 KHz. rangkaian RC luar untuk ADC dapat dilihat dalam Gambar 3-4



Gambar 3.4 Rangkaian RC untuk internal

Dengan menggunakan nilai hambatan sebesar $10\text{k}\Omega$ dan frekuensi yang diinginkan sebesar 600 khz , maka dibutuhkan nilai C sebesar:

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

$$600 \cdot 10^3 = \frac{1}{1,1 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot C}$$

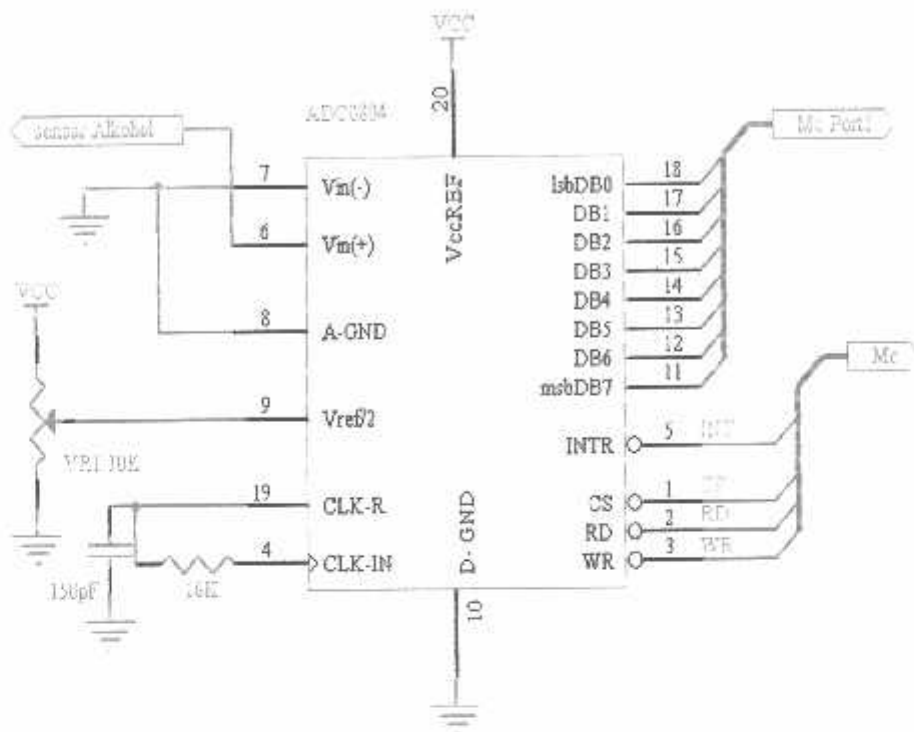
$$600 \cdot 10^3 = \frac{1}{1,1 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot C}$$

$$C = \frac{1}{1,1 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 600 \cdot 10^3}$$

$$C = 150 \cdot 10^{-12}$$

$$C = 150\text{pF}$$

Sehingga untuk mendapatkan frekuensi 600khz digunakan $R=10\text{ K}\Omega, C=150\text{pF}$.



Gambar 3.5 Rangkaian ADC 0804

Dari perhitungan dihasilkan frekuensi sebesar 600 KHz. Frekuensi clock mempengaruhi waktu konversi dari ADC. Semakin cepat sinyal clock akan semakin cepat pula waktu konversi. Pada A/D 0804 merupakan tegangan referensi yang digunakan untuk offset suatu keluaran digital maksimum. Dengan persamaan sebagai berikut :

Dalam hal ini tegangan referensi kami beri setengah dari V_{cc} , yaitu 2,5 volt (Data sheet Book 1,1992). Input ADC yang diperbolehkan antara 0-5V dan output ADC 8-bit biner $2^8 = 256$, maka perubahan tiap bitnya sebesar

$$V \text{ resolusi} = \frac{V_{ref}}{256 - 1}$$

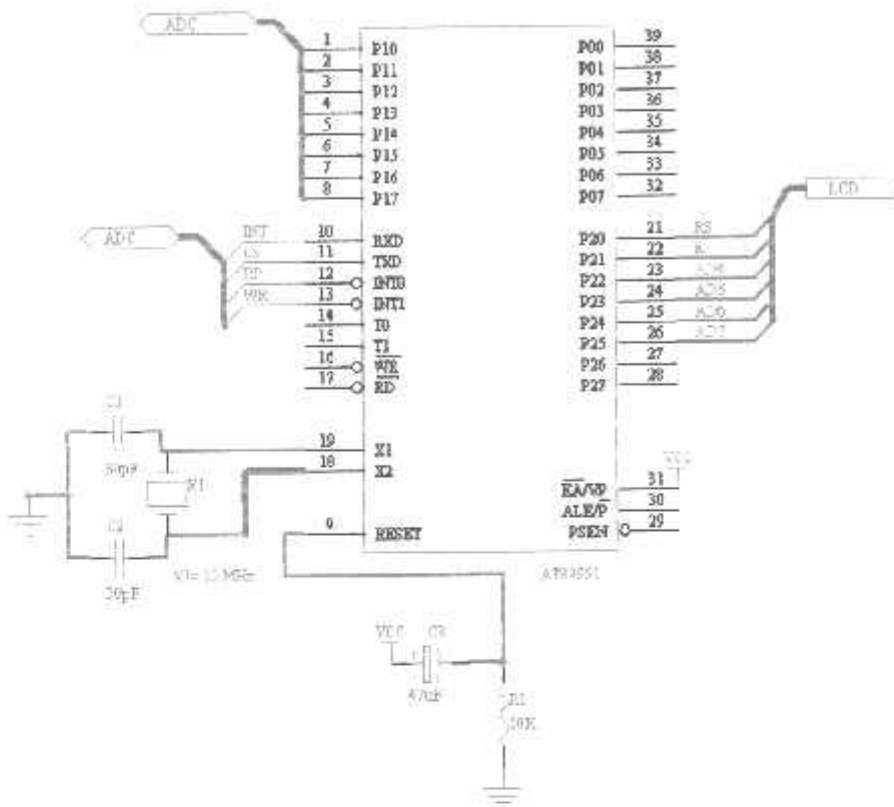
$$V \text{ resolusi} = \frac{5 \text{ v}}{255}$$

$$V \text{ resolusi} = 0,0195 \text{ V} = 0,02 \text{ V.}$$

ADC yang digunakan pada sistem mode connection standart. Dalam mode ini Untuk mengaktifkan chip ADC pin CS harus diberi input *low* (0). ADC akan memulai konversi apabila pin WR diberi input *low* (0). Saat proses konversi selesai ADC akan memberitahukan melalui pin INTR berupa output nilai *low* (0). Untuk membaca hasil konversi dari ADC maka terlebih dahulu pin RD diberi input nilai *low* (0) kemudian data diambil melalui port DB0 sampai DB7 sebanyak 8 bit secara bersamaan.

3.1.3 Mikrokontroler AT89S51

Minimum sistem AT89S51 terdiri dari rangkaian reset dan XTAL sebesar 12 MHz serta membutuhkan catu daya sebesar 5 volt. Minimum sistem ini berguna untuk mengatur kerja sistem secara keseluruhan antara lain untuk mengatur pengambilan data dari ADC serta mengirimkan data ke LCD. Pada AT89S51, PORT1 digunakan sebagai port data untuk menerima input dari ADC. Data yang diterima 8 bit. Sedangkan untuk mengatur kerja dari ADC menggunakan PORT3. Port ini yang akan mengaktifkan ADC untuk mengambil data dari sensor TGS 2620. Pengiriman data ke LCD menggunakan PORT2. Rangkaian minimum sistem dari mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 3.2

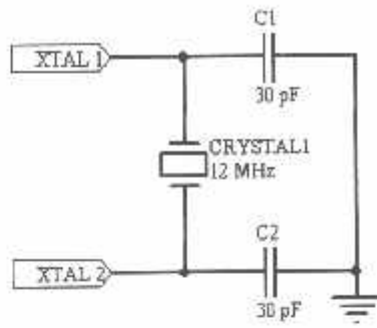


Gambar 3.6 Rangkaian minimum sistem AT89S51

3.1.3.1. Rangkaian Osilator

Rangkaian osilator digunakan sebagai sumber clock dengan menggunakan 2 buah kapasitor dan sebuah kristal dengan ketentuan sebagai berikut :

- C_1 dan $C_2 = 20 \text{ pF} - 40 \text{ pF}$ jika menggunakan kristal
- C_1 dan $C_2 = 30 \text{ pF} - 50 \text{ pF}$ jika menggunakan menggunakan resonator keramik.

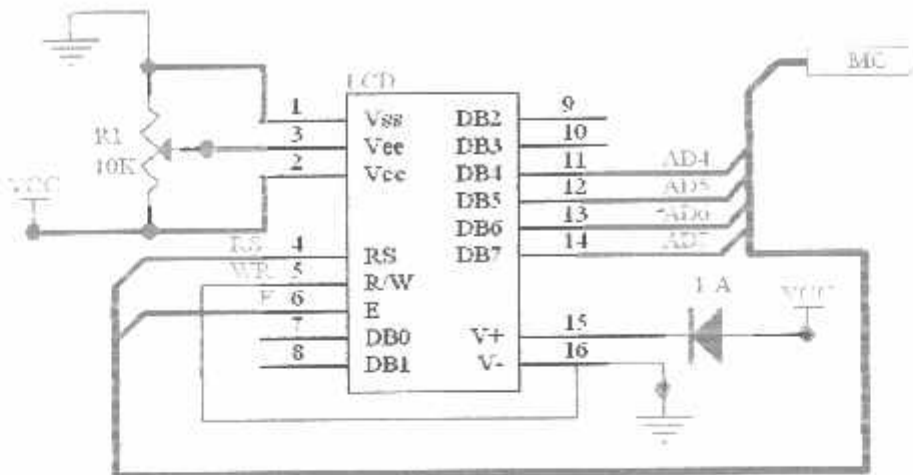


Gambar 3.7 Rangkaian Osilator

Dalam pembuatan alat ini menggunakan kristal sebagai sumber clock, dengan C1 dan C2 sebesar 33 pF. Kristal dihubungkan diantara kaki-kaki XTAL₁ dan XTAL₂ pada mikrokontroler dan kapasitornya dihubungkan ke ground. Kristal yang digunakan sebesar 12 MHz.

3.1.4 Perancangan Rangkaian Display LCD M1632

Display pada system ini berfungsi untuk menampilkan informasi kadar alkohol dari sample solvent yang diukur dalam satuan prosentase. Pada bagian *display* ini digunakan *display* berupa *Liquid Crystal Display* (LCD) dengan tipe M1632 (16 kolom x 2 baris). LCD M1632 adalah salah satu jenis piranti output yang menggunakan daya rendah dengan pengontrol kontras dan kecerahan. LCD inilah yang akan menampilkan informasi kadar alkohol dimana data-data yang ditampilkan dikontrol oleh mikrokontroler. Perancangan LCD selengkapnya ditunjukkan dalam Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Rangkaian LCD

Adapun keterangan pin-pin dari LCD dijelaskan dalam Tabel 3.1

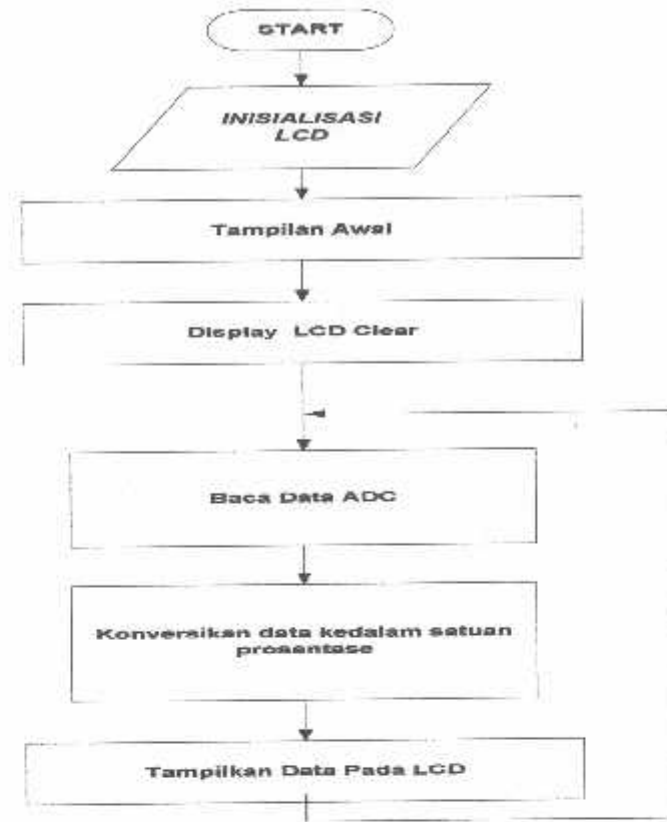
Tabel 3.1 keterangan dari pin-pin LCD

No.Pin	Nama	Keterangan	
1	VSS	<i>Ground</i>	
2	VCC	Tegangan power supply +5volt	
3	VLC	Tegangan pengatur intensitas LCD	
4	RS	Sinyal pemilih <i>register control</i>	
5	R/W	Sinyal seleksi baca dan tulis	
6	E	Sinyal pengaktif LCD	
7	DB0	Jalur bus data	
8	DB1	Jalur bus data	
9	DB2	Jalur bus data	
10	DB3	Jalur bus data	
11	DB4	Jalur bus data	
12	DB5	Jalur bus data	
13	DB6	Jalur bus data	
14	DB7	Jalur bus data	
15	V+BL	Supply <i>backlight</i>	4 - 4,2 Volt 50 – 200 mA
16	V-BL	Supply <i>backlight</i>	0 volt (GND)

Berdasarkan keterangan tabel 3.1 maka pin Vss dan Vcc diberikan *variable resistor* sebesar 10k Ω sebagai pembagi tegangan yang berfungsi untuk mengatur intensitas cahaya pada tampilan LCD. Pada pin R/W dihubungkan dengan *ground* berfungsi untuk mengaktifkan instruksi tulis saja. Pin E merupakan sinyal pengaktif LCD dikontrol oleh mikrokontroller melalui pin P2.1 sama halnya dengan pin RS yang berfungsi sebagai pengaktif *register control* juga dikendalikan oleh mikrokontroller melalui pin P2.0. Sedangkan saluran datanya dihubungkan dengan port P2.2 Untuk AD 4, P2.3 untuk AD 5, P2.4 untuk AD 6 dan P2.5 untuk AD 7 mikrokontroller untuk menuliskan bit-bit data yang diperlukan LCD.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dirancang dengan menggunakan bahasa assembler mikrokontroller MCS-51. Untuk memberikan gambaran umum jalannya program dan memudahkan pembuatan perangkat lunak, maka dibuat diagram alir yang menunjukkan jalannya program. Diagram alir utama perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 3.6.



Gambar 3.9 Diagram Alir Pemrograman Perangkat Lunak

Program dimulai dari rutin inisialisasi yang berisi instruksi untuk inisialisasi LCD. Kemudian LCD akan menampilkan Judul, Dan Nama (Tampilan Awal). Selanjutnya program mikrokontroler akan masuk ke rutin pemeriksaan penerimaan data.

Program akan menunggu sampai ada Data yang masuk dari ADC Setelah teridentifikasi mikrokontroler segera melakukan pembacaan data dari ADC yang merupakan data keluaran dari sensor TGS 2620 yang sudah diubah dalam bentuk digital dan mikrokontroler mengkonversi data tersebut ke dalam satuan prosentase dan mengirimkan data tersebut ke LCD, kemudian kembali ke rutin pemeriksaan penerimaan.



BAB IV PENGUJIAN SISTEM

Dalam bab ini dibahas tentang pengujian berdasarkan perencanaan dari sistem yang dibuat. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kerja dari sistem dan untuk mengetahui apakah perangkat sudah sesuai dengan perencanaan atau belum. Pengambilan data pengujian dilakukan secara terpisah pada masing-masing unit rangkaian meskipun seluruh sistem dijalankan secara bersama.

Dalam pelaksanaan pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu secara perangkat keras dan perangkat lunak. Secara perangkat keras dilakukan melalui pemeriksaan sambungan pengawatan dan pengukuran dengan alat ukur. Sedangkan pengujian perangkat lunak, pengujian dilakukan melalui pembuatan *software* dan hasilnya diamati dengan bantuan alat peraga atau melalui alat ukur. Pengujian ini dibagi menjadi:

- 1) Pengujian sensor TGS 2620
- 2) Pengujian ADC.
- 3) Pengujian *display* LCD.
- 4) Pengujian Sistem keseluruhan.

4.1 PENGUJIAN SENSOR TGS 2620

4.1.1 Tujuan

Untuk mengetahui kadar alkohol pada sample yang diuji dengan tegangan keluaran yang dihasilkan sensor dan mengetahui *Error* yang dihasilkan dari sensor tersebut.

4.1.2 Peralatan yang Digunakan

- 1) Rangkaian sensor TGS 2620.
- 2) Multimeter digital.
- 3) Sample cairan berkadar alkohol.
- 4) Catu daya +5 volt.

4.1.3 Prosedur Pengujian

1. Pengujian sensor TGS 2620 dilakukan dengan mendeteksi suatu larutan yang mengandung alkohol. Sebelum dilakukan pengujian perlu untuk kalibrasi terlebih dahulu. Pada pengkalibrasian dilakukan dengan cara mengukur suatu larutan ethanol yang mempunyai kadar dalam prosentase terukur. Nilai resistansi RL dipilih agar konsumsi daya dari sensor (P_s) di bawah batas 15 mW, Nilai P_s akan meningkat pada waktu nilai resistansi sensor R_s sama dengan resistansi RL. Pengujian untuk referensi atau pembanding sensor dilakukan pada larutan yang mempunyai kandungan alkohol antara 10 % –90 %. Sebelum dilakukan pengujian terhadap sensor diperlukan pemanasan sensor sekitar 3 menit agar diperoleh hasil yang optimal. Pengujian yang dilakukan pada beberapa jenis sampel mengandung alkohol dengan cara sample yang diuji di masukkan ke dalam gelas uji untuk kemudian diukur kadar alkoholnya.

2. Memberikan catu daya +5 volt pada rangkaian sensor.
3. Menghubungkan multimeter digital pada bagian keluaran dari rangkaian sensor

TGS 2620 untuk mengetahui tegangan keluaran yang dihasilkan sensor tersebut.

Pada tabel 4.1 merupakan hasil pengujian dari peng-kalibrasian pada sensor TGS 2620

Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi sensor TGS 2620

No	Alkohol yang terukur melalui proses kromatografi (ppm)	Konsentrasi kandungan Alkohol (%)	Data hasil pengukuran kalibrasi (Volt)
1	100.000	10%	0.34
2	150.000	15%	0.48
3	200.000	20%	0.81
4	300.000	30%	1.18
5	480.000	48%	1.57
6	50.000	50%	1.61
7	600.000	60%	1.98
8	700.000	70%	2.38
9	800.000	80%	2.82
10	900.000	90%	3.22

Berikut Perhitungan konversi kadar alkohol satuan

persen (%) menjadi part per milion (ppm) :

Contoh

10% = ppm

$$X = \frac{10}{100} \times 1.000.000$$

$$X = 100.000 \text{ ppm}$$

4.1.4. Hasil pengujian Sensor

Pada Tabel 4.2 merupakan pengujian sensor dengan beberapa jenis sampel mengandung alkohol dan hasilnya dibandingkan dengan data referensi berupa pengujian pada larutan *ethanol* hasil dari pengkalibrasian.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian sensor TGS 2620

Sample solvent berkadar alkohol	Data referensi (Volt)	Data Pengukuran (Volt)	Error (%)
Solvent IPA 60%	1.98	1.94	2.06
Solvent NPAL 50%	1.61	1.58	1.86
Solvent NPAC 48%	1.57	1.52	1.94
		jumlah	5.86

Dari table 4.2 persentase error dari sensor dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{prosentase error} = \frac{(\text{Data referensi} - \text{Data Pengukuran})}{\text{Data Pengukuran}} \times 100\%$$

$$\text{prosentase error} = \frac{(1.98 - 1.94)}{1.94} \times 100\%$$

$$\text{prosentase error} = 2.06 \%$$

rata- rata dari pengujian beberapa sampel solvent yang mengandung alkohol yaitu :

$$\text{Error rata-rata} = \frac{\Sigma \text{ error}}{N}$$

$$\text{Error rata-rata} = \frac{5.86}{3}$$

$$\text{Error rata-rata} = 1.95\%$$

Tabel 4.3 Hasil Pengujian sensor TGS 2620 terhadap gas lain non Alkohol.

Sampel terhadap zat lain non alkohol	Data Pengukuran (Volt)
Asap rokok	0
Minyak gas	0
Gas CO	0

Dari table 4.3 pengujian terhadap gas selain mengandung alkohol dari data yang didapat diatas berarti sensor ini mempunyai selektivitas terhadap gas tertentu, sensor ini hanya sensitive terhadap gas yang mengandung Alkohol.

4.1.5 Analisa Hasil Pengujian Sensor TGS 2620

Berdasarkan hasil pengujian di atas, terlihat bahwa sensor TGS mampu mengukur kadar alkohol pada beberapa jenis sampel. Dari tabel 4.2 menunjukkan bahwa perubahan tegangan keluaran yang dihasilkan sensor tersebut tergantung dari persentase kadar alkoholnya. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel tersebut, dimana solvent jenis IPA yang mempunyai kadar alkohol 60% menghasilkan tegangan keluaran sebesar 1.94 sedangkan solvent jenis NPAL yang mempunyai kadar alkohol sebesar 50 % sensor mampu menghasilkan tegangan keluaran sebesar 1.58 volt. Hasil ini berbeda dengan Solvent NPAL kadar 48%, dimana sensor hanya mampu menghasilkan tegangan keluaran

sebesar 1.52 volt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar alkoholnya, maka tegangan keluaran yang dihasilkan sensor semakin besar pula.

4.2 PENGUJIAN ADC

4.2.1 Tujuan

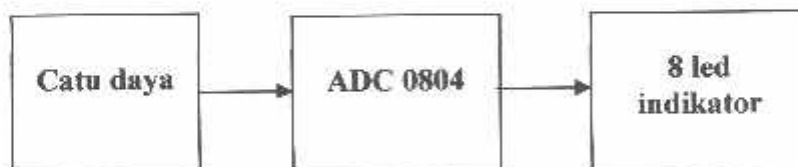
Adapun tujuan dari pengujian rangkaian ini untuk mengetahui Apakah ADC dapat bekerja dengan baik kondisi keluaran ADC yaitu perubahan dari besaran analog menjadi besaran digital.

4.2.2. Peralatan yang digunakan

- 8 led indikator
- Rangkaian ADC 0804
- Catu daya

4.2.3. Prosedur pengujian

1. Memasang urutan peralatan seperti pada digram blok dibawah ini :



Gambar 4.1. Diagram blok pengukuran ADC 0804

2. Memberikan masukan pada ADC berupa catu daya dari 0 volt sampai 5 volt.
3. Apabila keluaran biner led ini dikonversikan sesuai dengan nilai masukan analog maka rangkaian berfungsi.

4.2.4. Hasil pengujian

Dari hasil pengujian maka didapatkan data sebagai seperti yang terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.4. Pengukuran ADC 0804

Vin (V)	Out put ADC								Data
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Desimal
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0	0	0	1	1	0	0	1	25
1	0	0	1	1	0	0	1	0	50
1,5	0	1	0	0	1	0	1	1	75
2	0	1	1	0	0	1	0	0	100
2,5	0	1	1	1	1	1	0	1	125
3	1	0	0	1	0	1	1	0	150
3,5	1	0	1	0	1	1	1	1	175
4	1	1	0	0	1	0	0	0	200
4,5	1	1	1	0	0	0	0	1	225
5	1	1	1	1	1	0	1	0	250

4.2.5. Analisa

Dalam hal ini tegangan referensi kami beri setengah dari V_{cc} , yaitu 2.5 volt (Data sheet Book 1,1992). Input ADC yang diperbolehkan antara 0-5V dan output ADC 8-bit biner $2^8=256$, maka perubahan tiap bitnya sebesar

$$V \text{ resolusi} = \frac{V_{ref}}{256-1}$$

$$V \text{ resolusi} = \frac{5v}{255}$$

$$V \text{ resolusi} = 0,0195$$

$$V = 0,02V = 20 \text{ mV.}$$

Sehingga secara matematik dapat dihitung nilai desimalnya :

$$\text{Nilai desimal} = \frac{V_{in}}{V_{resolusi}}$$

$$\text{Nilai desimal} = \frac{500mV}{20mV}$$

$$\text{Nilai desimal} = 25.$$

Dari data yang diperoleh tersebut dapat diketahui bahwa keluaran ADC 0804 yang berupa data hiner 8 bit sesuai dengan data analog masukan berarti kesimpulannya ADC dapat bekerja dengan baik.

4.3. Pengujian LCD

4.3.1. Tujuan

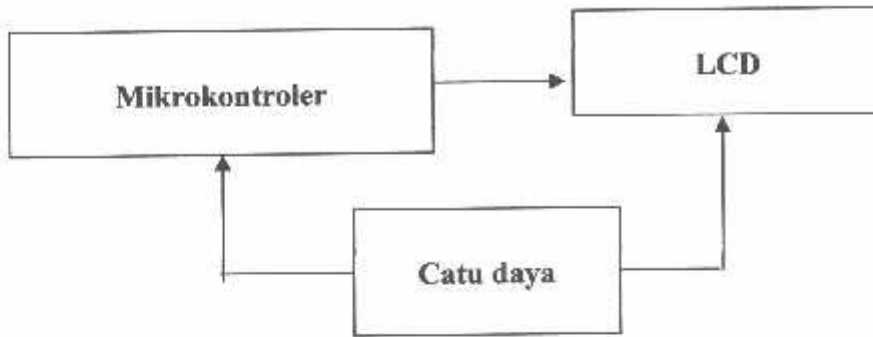
Adapun tujuan dari pengujian rangkaian ini untuk mengetahui kondisi keluaran LCD yaitu sebagai tampilan .

4.3.2. Alat-alat yang digunakan

- LCD
- Rangkaian mikrokontroler AT 89S51
- Catu daya

4.3.3. Prosedur pengujian

1. Memasang urutan peralatan seperti pada digram blok dibawah ini :



Gambar 4.2. Diagram blok pengukuran LCD

2. Memberikan masukan pada LCD berupa catu daya dari 0 volt sampai 5 volt.
3. Apabila lampu menyala dan terdapat karakter maka rangkaian berfungsi.

4.3.4. Hasil pengujian

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



Gambar 4.3. Hasil pengujian LCD

4.4. Pengujian Sistem keseluruhan

4.4.1 Tujuan

Pengujian sistem keseluruhan bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan, apakah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan di awal dan mengetahui persentase rata-rata kesalahan pengukuran dari alat tersebut secara keseluruhan.

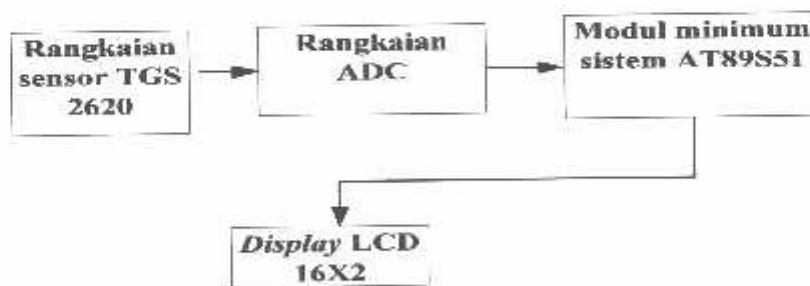
4.4.2 Peralatan yang Digunakan

- 1) Rangkaian sensor TGS 2620.
- 2) Rangkaian ADC.
- 3) Modul mikrokontroler AT89S51.
- 4) Rangkaian *display* LCD.
- 5) Catu daya +5 volt.

4.4.3 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai blok pengujian alat seperti dalam gambar 4.6



Gambar 4.4 Diagram Blok pengujian alat

- 2) Memberikan catu daya +5 volt pada blok pengujian alat.

- 3) Hasil pengujian terdapat pada *display* LCD.
- 4) Mencatat hasil pengukuran kadar Alkohol pada sample yang ada pada *display* LCD.
- 5) Membandingkan hasil pengukuran pada alat dengan data dari hasil Pengukuran Laboratorium kimia.

4.4.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian terhadap beberapa jenis sample solvent :

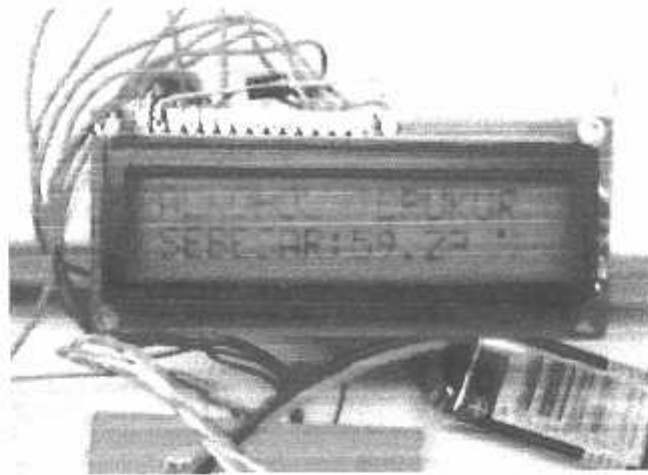
Tabel 4.5 Hasil Pengujian kadar alkohol jenis solvent IPA

Solvent jenis IPA 60 %		
pengujian	Kadar (%)	Error (%)
1	59.79	0.35
2	59.29	1.18
3	60	0
4	60.21	0.34
5	59.89	0.18
	jumlah	2.05

- Persentase rata-rata *error*:

$$\% \text{rata-rata}_{\text{error}} = \frac{\sum \text{error}}{N}$$

$$\% \text{rata-rata}_{\text{error}} = \frac{2.05}{5} = 0.41\%$$



Gambar 4.5 hasil pengujian terhadap solvent IPA

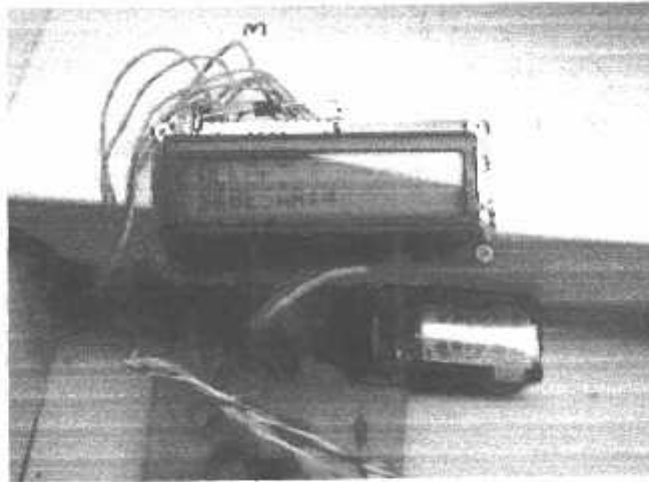
Tabel 4.6 Hasil Pengujian kadar alkohol jenis solvent NPAL

Solvent jenis NPAL 50 %		
pengujian	Kadar (%)	Error (%)
1	50.02	0.4
2	48.64	2.72
3	49.57	0.86
4	49.65	0.7
5	50.25	0.49
	jumlah	5.17

- Persentase rata-rata *error*:

$$\% \text{rata-rata_error} = \frac{\sum \text{error}}{N}$$

$$\% \text{rata-rata_error} = \frac{5.17}{5} = 1.034 \%$$



Gambar 4.6 hasil pengujian terhadap solvent NPAL

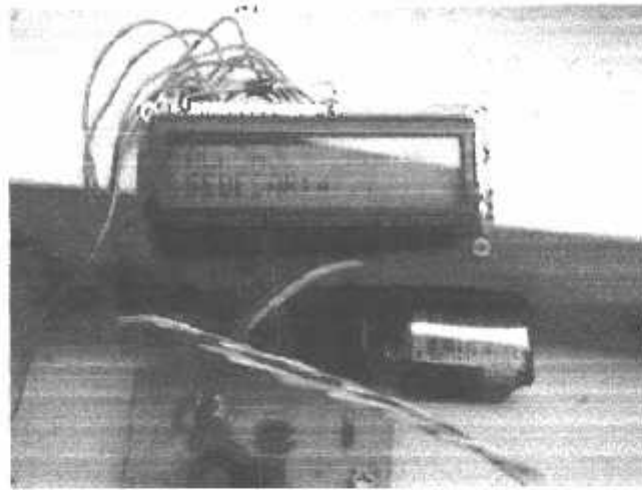
Tabel 4.7 Hasil Pengujian kadar alkohol jenis solvent NPAC

Solvent jenis NPAC 48%		
pengujian	Kadar (%)	Error (%)
1	47.66	0.7
2	48	0
3	47.54	1.04
4	47.87	0.35
5	47.56	1.04
	jumlah	3.13

- Persentase rata-rata *error*:

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

$$\% \text{rata-rata } error = \frac{3.13}{5} = 0.62 \%$$



Gambar 4.7 hasil pengujian terhadap solvent NPAC

4.5. Kesimpulan Hasil Pengujian Alat Keseluruhan

Dari hasil pengujian diatas alat ukur kadar alkohol dalam solvent digital ini mampu mengukur perubahan kadar alkohol dari beberapa jenis solvent yang berbeda. Pengujian alat ini dilakukan sebanyak 5 kali pengujian pada 3 jenis solvent yang berbeda. alat ukur kadar alkohol digital ini mengukur uap dari solvent dan kemudian mengidentifikasinya dalam satuan persen. Dikarenakan alat ini proses bekerjanya mengukur suatu uap gas tertentu sehingga suhu dan kondisi ruangan sangat berpengaruh besar. Alat ukur kadar alkohol digital yang dibuat ini memiliki tingkat kesalahan pembacaan rata-rata sebesar 1.728% dengan kesalahan pembacaan terbesar sebesar 2.72%. persentase rata-rata kesalahan pembacaan ini salah satunya disebabkan suhu dalam ruangan kurang stabil sehingga sangat mempengaruhi tingkat penguapan dari sample yang diuji.

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari perancangan dan pembuatan sistem alat pengukur kandungan alkohol pada solvent ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Untuk proses pendeteksian kadar alkohol (C_2H_5OH), sensor TGS 2620 memerlukan pemanasan pada heater sensor selama kurang lebih 3 menit pada udara bebas dan pada proses pengambilan data pada sample yang diuji diperlukan waktu selama 3 menit. Hal ini bertujuan untuk mempertahankan elemen sensor pada temperatur $35^{\circ}C$.
- Kemampuan dari sensor untuk mendeteksi kadar alkohol pada solvent yaitu pada range 0-100%.
- Dari hasil pengujian seluruh sistem dapat disimpulkan bahwa alat ini mempunyai tingkat kesalahan pembacaan sebesar 0.28 %.

5.2.1 SARAN

Dengan hasil yang telah dicapai dalam skripsi ini diharapkan pengembangan dengan memperbaiki range kemampuan sensor atau menggunakan sensor lain yang mempunyai range untuk yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat disempurnakan sehingga mempunyai nilai guna yang lebih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sudjadi Teori dan Aplikasi Mikrokontoller AT 89C51
- [2] <http://www.Atmel.com>, Atmel, 2000, AT89S51
- [3] [htt://www.national.com](http://www.national.com),national semikonductor ADC 0804
- [4]. Malvino, Hanafi Gunawan, "Prinsip-prinsip Elektronika", Erlangga, Jakarta1981.
- [5][http:// www.figarosensor.com/products/2620.pdf](http://www.figarosensor.com/products/2620.pdf), TGS 2620 - for the detection of Solvent Vapors, Januari 2007
- [6] <http://www.sciencelab.com/page/S/PVAR/SLP4417>
- [7] [http:// www.chemicaland21.com/industrialchem/solalc/n-PROPYL%20ACETATE.htm](http://www.chemicaland21.com/industrialchem/solalc/n-PROPYL%20ACETATE.htm)
- [8]. Seiko instruments Inc.(modul Lcd M1632)
- [9]www.siegwerk.indonesia.com (merupakan produsen tinta cetak)

LAMPIRAN

↓ DATA SHEET

↓ SKEMATIK RANGKAIAN

↓ SOURCE CODE

↓ DATA REFERENSI KANDUNGAN

SOLVENT

↓ LEMBAR SURAT BIMBINGAN

TGS 2620 - for the detection of Solvent Vapors

Features:

- * Low power consumption
- * High sensitivity to alcohol and organic solvent vapors
- * Long life and low cost
- * Uses simple electrical circuit

The sensing element is comprised of a metal oxide semiconductor layer formed on an alumina substrate of a sensing chip together with an integrated heater. In the presence of a detectable gas, the sensor's conductivity increases depending on the gas concentration in the air. A simple electrical circuit can convert the change in conductivity to an output signal which corresponds to the gas concentration.

The TGS 2620 has high sensitivity to the vapors of organic solvents as well as other volatile vapors. It also has sensitivity to a variety of combustible gases such as carbon monoxide, making it a good general purpose sensor.

Due to miniaturization of the sensing chip, TGS 2620 requires a heater current of only 42mA and the device is housed in a standard TO-5 package.

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 in displayed gases at various concentrations
- R_o = Sensor resistance in 300ppm of ethanol

Applications:

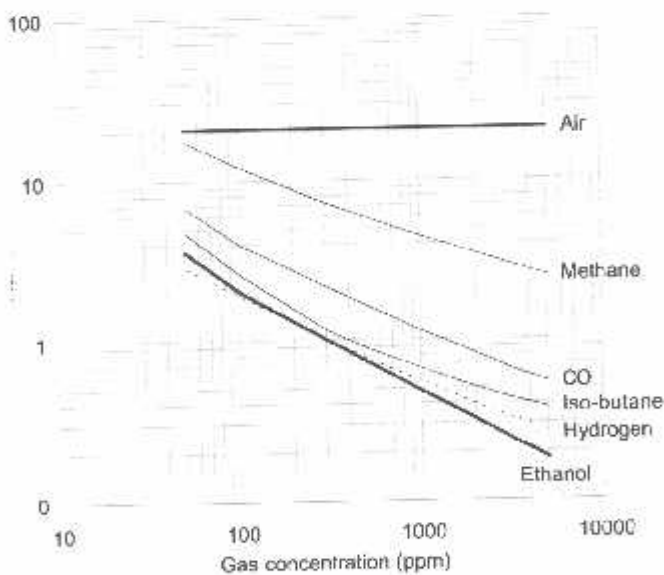
- * Alcohol testers
- * Organic vapor detectors/alarms
- * Solvent detectors for factories, dry cleaners, and semiconductor industries



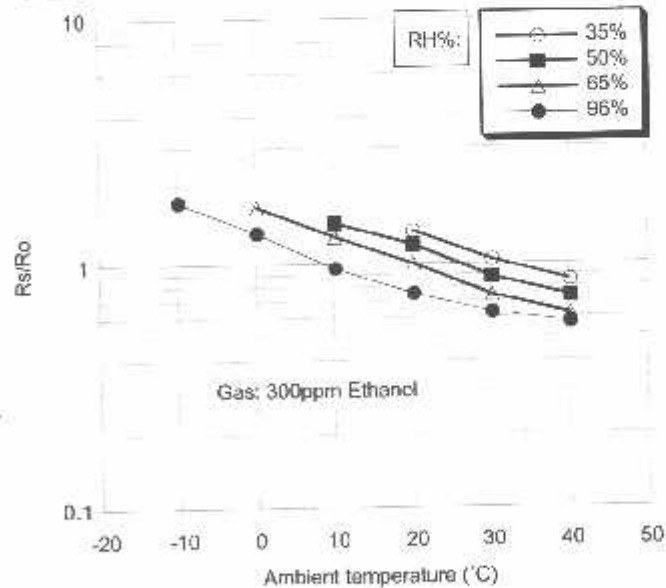
The figure below represents typical temperature and humidity dependency characteristics. Again, the Y-axis is indicated as *sensor resistance ratio* (R_s/R_o), defined as follows:

- R_s = Sensor resistance in 300ppm of ethanol at various temperatures/humidities
- R_o = Sensor resistance in 300ppm of ethanol at 20°C and 65% R.H.

Sensitivity Characteristics:



Temperature/Humidity Dependency:

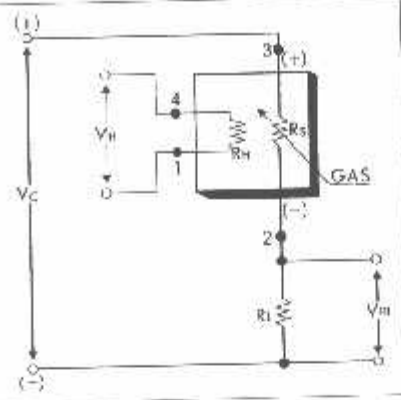


IMPORTANT NOTE: OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES ARE NOT LISTED HEREIN. 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:

The sensor requires two voltage inputs: heater voltage (V_H) and circuit voltage (V_C). The heater voltage (V_H) is applied to the integrated heater in order to maintain the sensing element at a specific temperature which is optimal for sensing. Circuit voltage (V_C) is applied to allow measurement of voltage (V_{RL}) across a load resistor (R_L) which is connected in series with the sensor.

A common power supply circuit can be used for both V_C and V_H to fulfill the sensor's electrical requirements. The value of the load resistor (R_L) should be chosen to optimize the alarm threshold value, keeping power consumption (P_S) of the semiconductor below a limit of 15mW. Power consumption (P_S) will be highest when the value of R_S is equal to R_L on exposure to gas.



Specifications:

Model number		TGS 2620	
Sensing element type		D1	
Standard package		TO-5 metal can	
Target gases		Alcohol, Solvent vapors	
Typical detection range		50 - 5,000 ppm	
Standard circuit conditions	Heater Voltage	V_H	5.0 ± 0.2V DC/AC
	Circuit voltage	V_C	5.0 ± 0.2V DC/AC $P_S \leq 15mW$
	Load resistance	R_L	Variable 0.45kΩ min.
Electrical characteristics under standard test conditions	Heater resistance	R_H	83Ω at room temp. (typical)
	Heater current	I_H	42 ± 4mA
	Heater power consumption	P_H	approx. 210mW
	Sensor resistance	R_S	1 - 5 kΩ in 300ppm ethanol
	Sensitivity (change ratio of R_S)		0.3 - 0.5 $\frac{R_S(300ppm)}{R_S(50ppm)}$
Standard test conditions	Test gas conditions	Ethanol vapor in air at 20 ± 2°C, 65 ± 5%RH	
	Circuit conditions	$V_C = 5.0 \pm 0.01V$ DC $V_H = 5.0 \pm 0.05V$ DC	
	Conditioning period before test	7 days	

The value of power dissipation (P_S) can be calculated by utilizing the following formula:

$$P_S = \frac{(V_C - V_{RL})^2}{R_S}$$

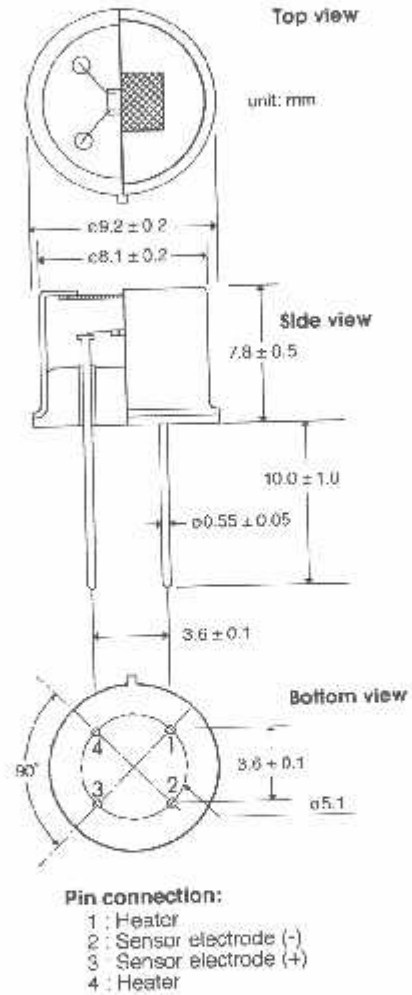
Sensor resistance (R_S) is calculated with a measured value of V_{RL} by using the following formula:

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

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

REV: 10/00

Structure and Dimensions:



FIGARO USA, INC.

3702 West Lake Ave. Suite 203
 Glenview, Illinois 60025
 Phone: (847) 832-1701
 Fax: (847) 832-1705
 email: figarousa@figarosensor.com

Features

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

Description

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

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



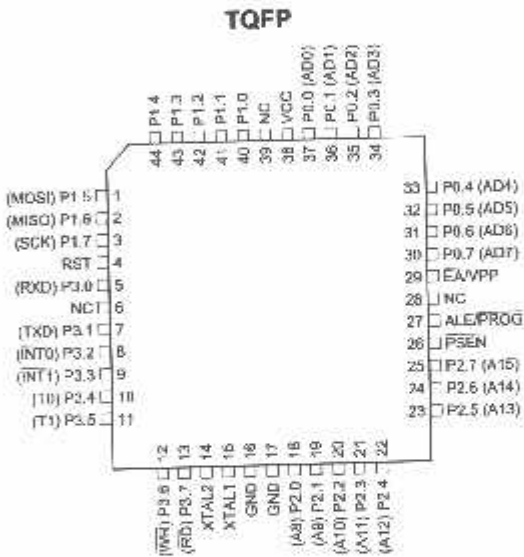
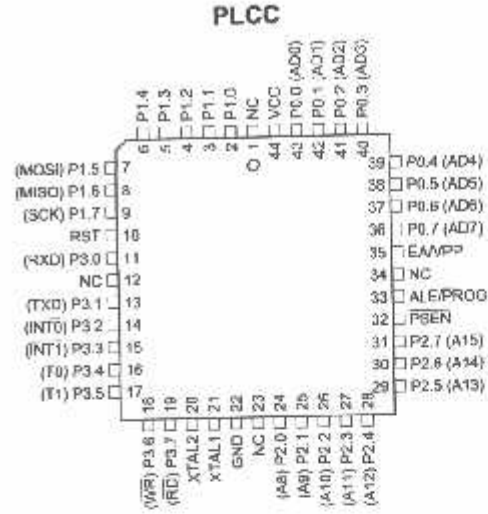
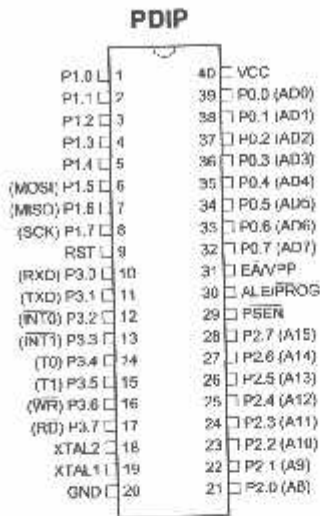
**8-bit
Microcontroller
with 4K Bytes
In-System
Programmable
Flash**

AT89S51

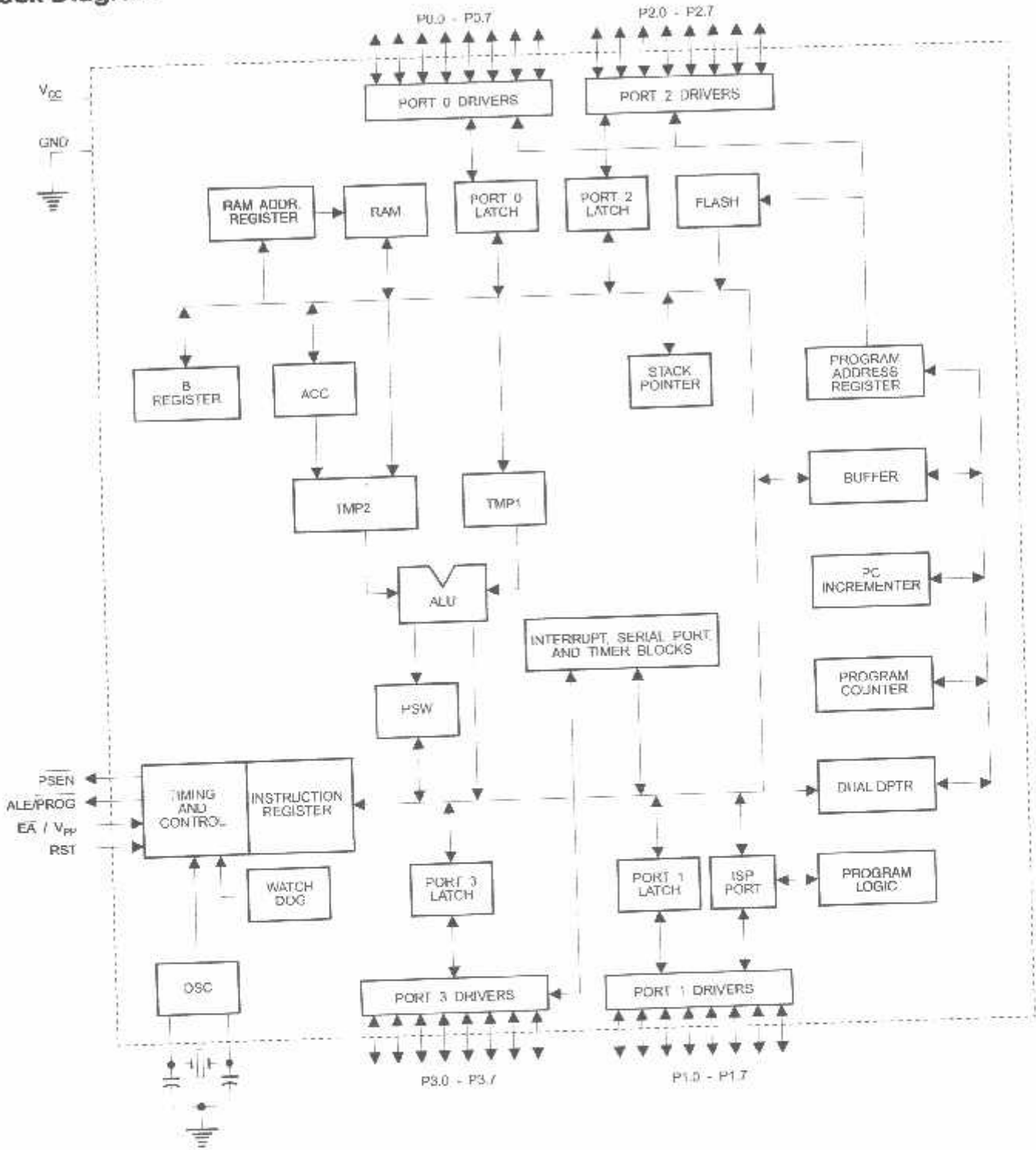
Rev. 2487A-10/01



Pin Configurations



Block Diagram



Pin Description

V_{CC} Supply voltage.

GND Ground.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

RST

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

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

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

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

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

 $\overline{\text{PSEN}}$

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

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

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

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

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

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

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier



Special Function Registers

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

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

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H									0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000								0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXX0				WDTRST XXXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX00000		8FH
80H	PC 11111111	SP 00001111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XX00000	87H

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

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

Table 2. AUXR: Auxiliary Register

AUXR		Address = 8EH					Reset Value = XXX00XX0B	
Not Bit Addressable								
Bit	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
	7	6	5	4	3	2	1	0
-	Reserved for future expansion							
DISALE	Disable/Enable ALE							
	DISALE Operating Mode							
	0	ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency						
	1	ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction						
DISRTO	Disable/Enable Reset out							
	DISRTO							
	0	Reset pin is driven High after WDT times out						
	1	Reset pin is input only						
WDIDLE	Disable/Enable WDT in IDLE mode							
	WDIDLE							
	0	WDT continues to count in IDLE mode						
	1	WDT halts counting in IDLE mode						

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





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

Table 3. AUXR1: Auxiliary Register 1

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

Memory Organization

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

Program Memory

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

Data Memory

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

Watchdog Timer (One-time Enabled with Reset-out)

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

Using the WDT

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 14-bit counter overflows when it reaches 16383 (3FFFH), and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least every 16383 machine cycles. To reset the WDT the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When WDT overflows, it will generate an output RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse duration is $98 \times TOSC$, where $TOSC = 1/FOSC$. To make the best use of the WDT, it

should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the time required to prevent a WDT reset.

WDT During Power-down and Idle

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

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

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

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

UART

The UART in the AT89S51 operates the same way as the UART in the AT89C51. For further information on the UART operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S51 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51. For further information on the timers' operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

Interrupts

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

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

Note that Table 4 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89S51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

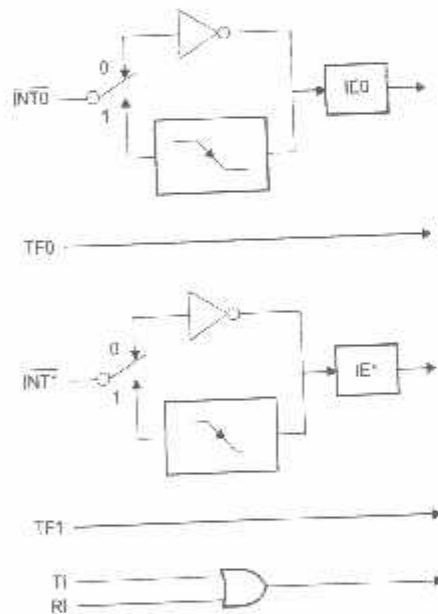
The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle.



Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)				(LSB)			
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
Enable Bit = 1 enables the interrupt.							
Enable Bit = 0 disables the interrupt.							
Symbol	Position	Function					
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.					
-	IE.6	Reserved					
-	IE.5	Reserved					
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit					
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit					
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit					
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit					
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit					
User software should never write 1s to reserved bits, because they may be used in future AT89 products.							

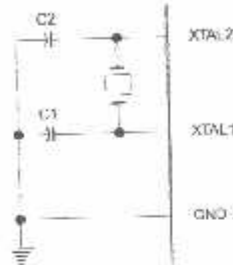
Figure 1. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

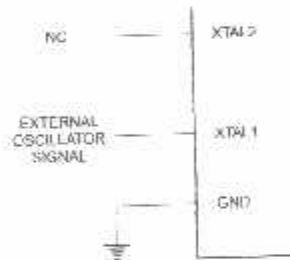
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 3. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Figure 2. Oscillator Connections



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

Figure 3. External Clock Drive Configuration



Idle Mode

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

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

Power-down Mode

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



Table 5. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	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

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

Table 6. Lock Bit Protection Modes

	Program Lock Bits			Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOV _C 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 memory is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled

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

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

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

Programming Algorithm: Before programming the AT89S51, the address, data, and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 13 and 14. To program the AT89S51, take the following steps:

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

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

Program Memory Lock Bits

Programming the Flash – Parallel Mode

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.0 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The status of the individual lock bits can be verified directly by reading them back.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 100H, and 200H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
 (100H) = 51H indicates 89S51
 (200H) = 06H

Chip Erase: In the parallel programming mode, a chip erase operation is initiated by using the proper combination of control signals and by pulsing ALE/PROG low for a duration of 200 ns - 500 ns.

In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 500 ms.

During chip erase, a serial read from any address location will return 00H at the data output.

Programming the Flash – Serial Mode

The Code memory array can be programmed using the serial ISP interface while RST is pulled to V_{CC} . The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before other operations can be executed. Before a reprogramming sequence can occur, a Chip Erase operation is required.

The Chip Erase operation turns the content of every memory location in the Code array into FFH.

Either an external system clock can be supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK) frequency should be less than 1/16 of the crystal frequency. With a 33 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 2 MHz.

To program and verify the AT89S51 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:
 Apply power between VCC and GND pins.
 Set RST pin to "H".
 If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.
3. The Code array is programmed one byte at a time in either the Byte or Page mode. The write cycle is self-timed and typically takes less than 0.5 ms at 5V.
4. Any memory location can be verified by using the Read instruction that returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.



Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to "L".

Turn V_{CC} power off.

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

The Instruction Set for Serial Programming follows a 4-byte protocol and is shown in Table 8 on page 18.

Serial Programming Instruction Set

Programming Interface – Parallel Mode

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

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

Table 7. Flash Programming Modes

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

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

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

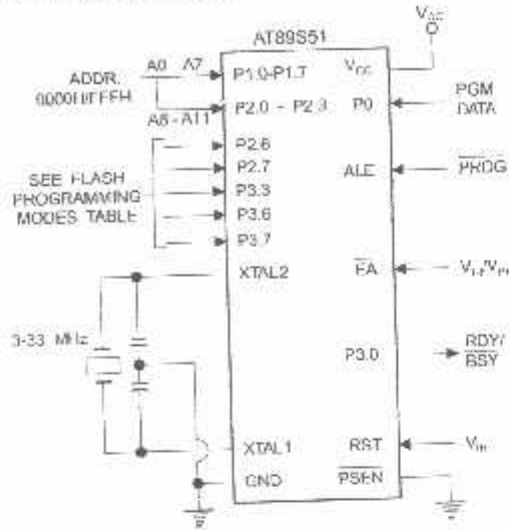
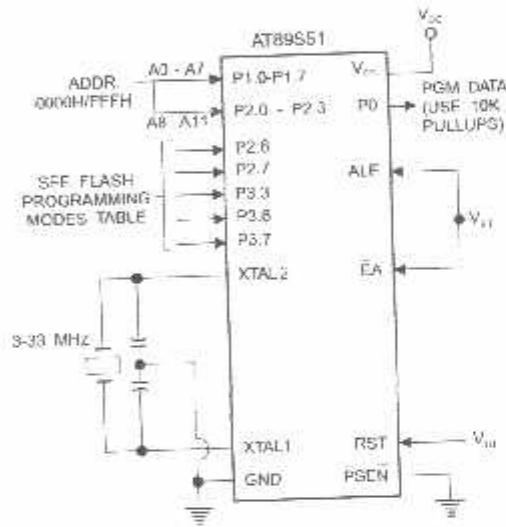


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)





Atmel Headquarters

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

Europe
Atmel SarL
Route des Arsenaux 41
Casa Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
TEL (41) 26-426-5555
FAX (41) 26-426-5500

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 Product Operations

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

Atmel Grenoble
Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex, France
TEL (33) 4-7658-3000
FAX (33) 4-7658-3480

Atmel Heilbronn
Theresienstrasse 2
POB 3535
D-74025 Heilbronn, Germany
TEL (49) 71 31 67 25 94
FAX (49) 71 31 67 24 23

Atmel Nantes
La Chantrerie
BP 70602
44306 Nantes Cedex 3, France
TEL (33) 0 2 40 18 18 18
FAX (33) 0 2 40 18 19 60

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

Atmel Smart Card ICs
Scottish Enterprise Technology Park
East Kilbride, Scotland G75 0QR
TEL (44) 1355-357-000
FAX (44) 1355-242-743

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
<http://www.atmel.com>

© Atmel Corporation 2001.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any 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 not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

ATMEL® is the registered trademark of Atmel.

ICS-51® is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

2487A-10/01/5M



ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 258R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

Features

- Compatible with 8080 μ P derivatives—no interfacing logic needed—access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

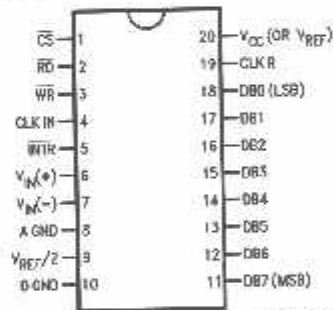
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} , 2.5 V_{DC} , or analog span adjusted voltage reference

Key Specifications

- Resolution 8 bits
- Total error $\pm 1/4$ LSB, $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- Conversion time 100 μ s

Connection Diagram

ADC080X
Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



DS005671-33

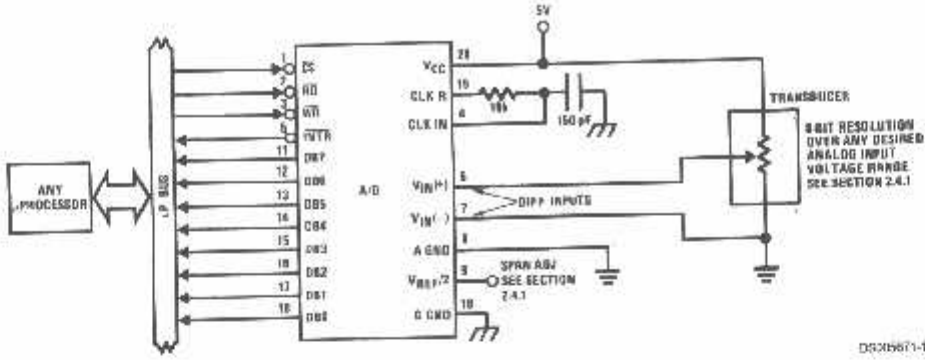
See Ordering Information

Ordering Information

TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	-40°C TO +85°C
ERROR	$\pm 1/4$ Bit Adjusted	ADC0802LCWM	ADC0804LCN	ADC0801LCN
	$\pm 1/2$ Bit Unadjusted			ADC0802LCN
	$\pm 1/2$ Bit Adjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCN	ADC0803LCN
	± 1 Bit Unadjusted			ADC0805LCN/ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	N20A—Molded DIP	

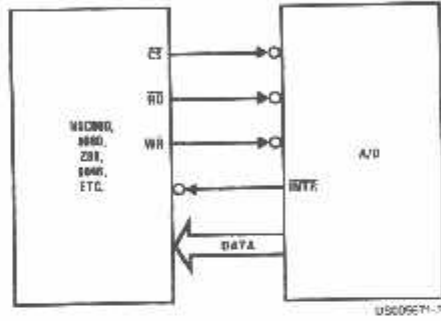
Z-80P is a registered trademark of Zilog Corp.

Typical Applications



DR00671-1

8080 Interface



US00971-11

Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)			
Part Number	Full-Scale Adjusted	$V_{REF/2}=2.500 V_{DC}$ (No Adjustments)	$V_{REF/2}$ =No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		± 1 LSB	
ADC0805			± 1 LSB

Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)

If 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	
Logic Control Inputs	-0.3V to +18V
At Other Input and Outputs	-0.3V to ($V_{CC}+0.3V$)
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C

Infrared (15 seconds)	220°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1, 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0804LCJ	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0804LCN	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
ADC0802/04LCWM	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
Range of V_{CC}	4.5 V_{DC} to 6.3 V_{DC}

Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_{CC}=5 V_{DC}$, $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ and $f_{CLK}=640$ kHz unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/4$	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2=2.500 V_{DC}$			$\pm 1/2$	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2=2.500 V_{DC}$			± 1	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2$ -No Connection			± 1	LSB
$V_{REF}/2$ Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05 ADC0804 (Note 9)	2.5 0.75	8.0 1.1		k Ω k Ω
Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	Gnd-0.05		$V_{CC}+0.05$	V_{DC}
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		$\pm 1/16$	$\pm 1/4$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_{CC}=5 V_{DC} \pm 10\%$ Over Allowed $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ Voltage Range (Note 4)		$\pm 1/16$	$\pm 1/4$	LSB

AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_{CC}=5 V_{DC}$ and $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T_C	Conversion Time	$f_{CLK}=640$ kHz (Note 6)	103		114	μs
T_C	Conversion Time	(Notes 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
f_{CLK}	Clock Frequency	$V_{CC}=5V$, (Note 5)	100	640	1460	kHz
	Clock Duty Cycle		40		60	%
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	INTR tied to WR with $\overline{CS}=0 V_{DC}$, $f_{CLK}=640$ kHz	8770		9708	conv/s
t_{WWRUL}	Width of WR Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS}=0 V_{DC}$ (Note 7)	100			ns
t_{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of \overline{RD} to Output Data Valid)	$C_L=100$ pF		135	200	ns
t_{IH}, t_{OH}	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of \overline{RD} to Hi-Z State)	$C_L=10$ pF, $R_L=10k$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
t_{WR}, t_{RI}	Delay from Falling Edge of \overline{WR} or \overline{RD} to Reset of INTR			300	450	ns
C_{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF

AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for $V_{CC}=5 V_{DC}$ and $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF
CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN}(1)$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC}=5.25 V_{DC}$	2.0		15	V_{DC}
$V_{IN}(0)$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.8	V_{DC}
$I_{IN}(1)$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN}=5 V_{DC}$		0.005	1	μA_{DC}
$I_{IN}(0)$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN}=0 V_{DC}$	-1	-0.005		μA_{DC}
CLOCK IN AND CLOCK R						
V_{T+}	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	V_{DC}
V_{T-}	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	V_{DC}
V_H	CLK IN (Pin 4) Hysteresis (V_{T+})-(V_{T-})		0.6	1.3	2.0	V_{DC}
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O=360 \mu A$ $V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.4	V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O=-360 \mu A$ $V_{CC}=4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
DATA OUTPUTS AND INTR						
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs INTR Output	$I_{OUT}=1.6 mA$, $V_{CC}=4.75 V_{DC}$ $I_{OUT}=1.0 mA$, $V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.4 0.4	V_{DC} V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-360 \mu A$, $V_{CC}=4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-10 \mu A$, $V_{CC}=4.75 V_{DC}$	4.5			V_{DC}
I_{OUT}	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT}=0 V_{DC}$ $V_{OUT}=5 V_{DC}$	-3		3	μA_{DC} μA_{DC}
I_{SOURCE}		V_{OUT} Short to Gnd, $T_A=25^\circ C$	4.5	6		mA_{DC}
I_{SINK}		V_{OUT} Short to V_{CC} , $T_A=25^\circ C$	9.0	16		mA_{DC}
POWER SUPPLY						
I_{CC}	Supply Current (Includes Ladder Current)	$f_{CLK}=640 kHz$, $V_{REF}/2=NC$, $T_A=25^\circ C$ and $\overline{CS}=5V$				
	ADC0801/02/03/04LCJ/05			1.1	1.8	mA
	ADC0804LCN/LCWM			1.9	2.5	mA

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

Note 2: All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

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

Note 4: For $V_{IN}(-) > V_{IN}(+)$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. Be careful, during testing at low V_{CC} levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Accuracy is guaranteed at $f_{CLK} = 640 kHz$. At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched; see Figure 4 and section 2.0.

AC Electrical Characteristics (Continued)

Note 7: The \overline{CS} input is assumed to bracket the \overline{WR} strobe input and therefore timing is dependent on the \overline{WR} pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the \overline{WR} pulse (see timing diagrams).

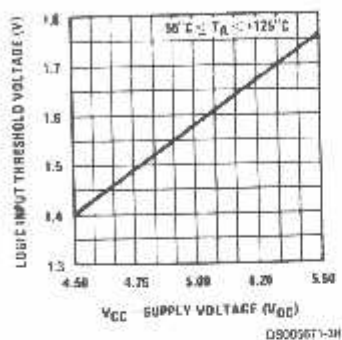
Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 7.

Note 9: The $V_{REF/2}$ pin is the center point of a two-resistor divider connected from V_{CC} to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 k Ω . In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 k Ω .

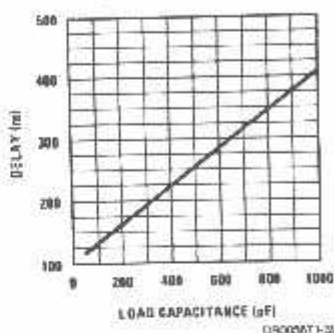
Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Typical Performance Characteristics

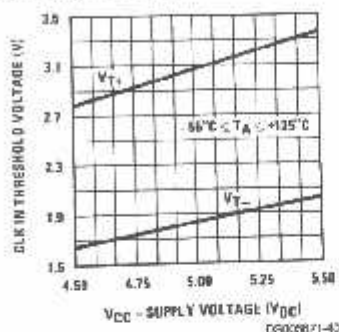
Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



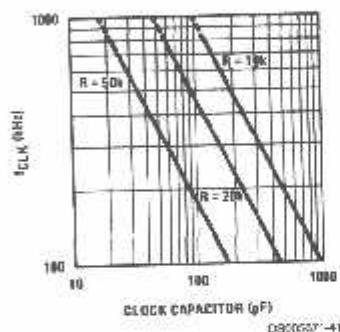
Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs. Load Capacitance



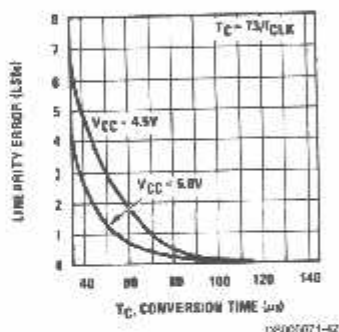
CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



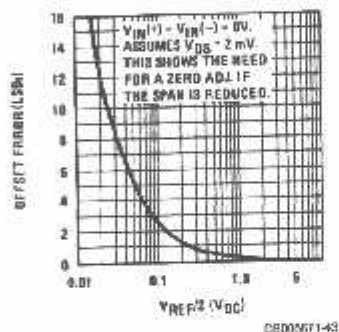
f_{CLK} vs. Clock Capacitor



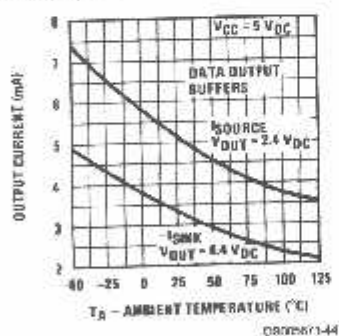
Full-Scale Error vs Conversion Time



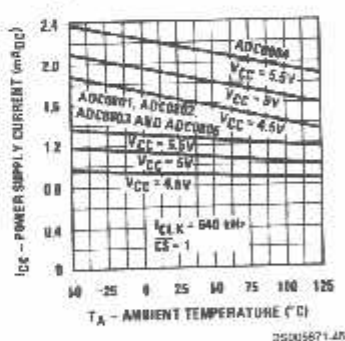
Effect of Unadjusted Offset Error vs. $V_{REF/2}$ Voltage



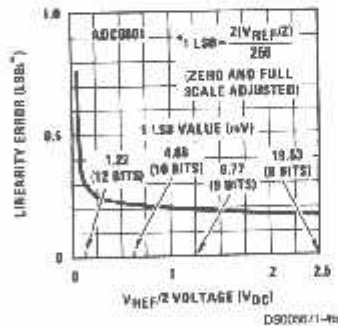
Output Current vs Temperature



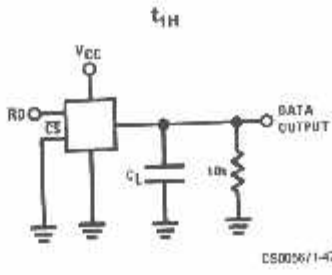
Power Supply Current vs Temperature (Note 9)



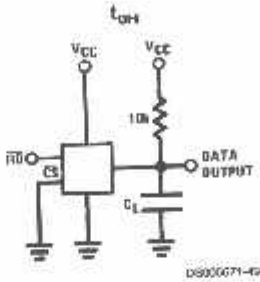
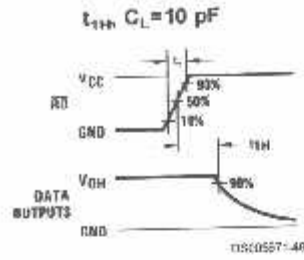
Linearity Error at Low $V_{REF/2}$ Voltages



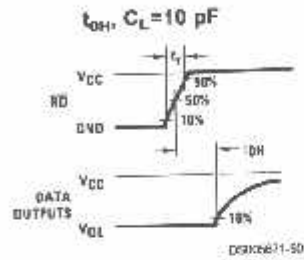
TRI-STATE Test Circuits and Waveforms



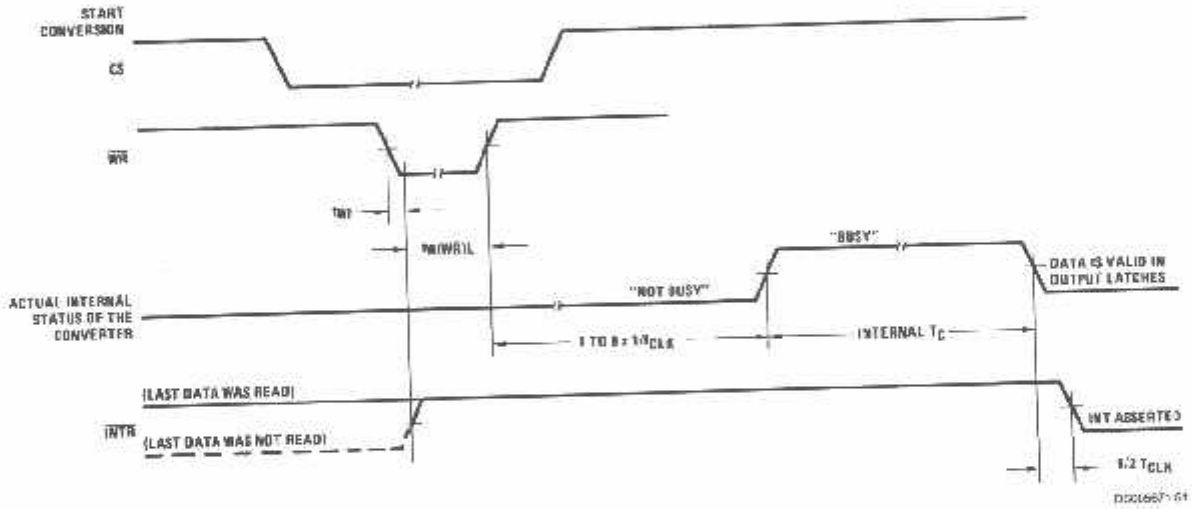
$t_1 = 20 \text{ ns}$



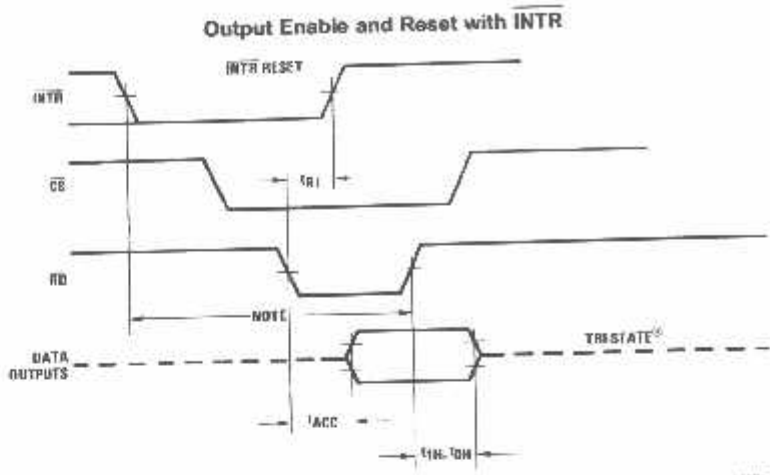
$t_2 = 20 \text{ ns}$



Timing Diagrams (All timing is measured from the 50% voltage points)



Timing Diagrams (All timing is measured from the 50% voltage points) (Continued)

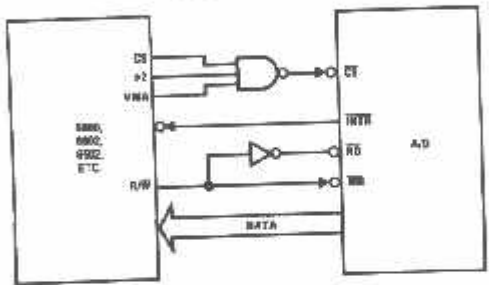


DS005871-02

Note: Read strobe must occur 8 clock periods ($8t_{CLK}$) after assertion of interrupt to guarantee reset of \overline{INTR} .

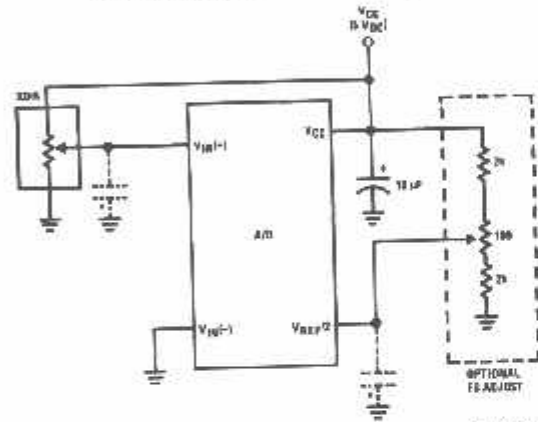
Typical Applications

6800 Interface



DS005871-03

Ratiometric with Full-Scale Adjust

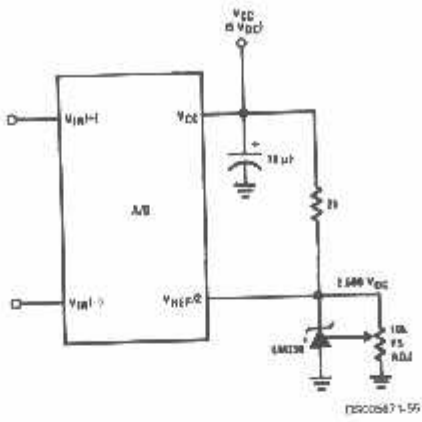


DS005871-04

Note: before using caps at V_{REF} or V_{REF+2} , see section 2.3.2 Input Bypass Capacitors.

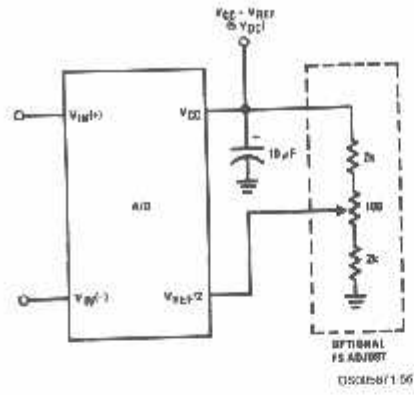
Typical Applications (Continued)

Absolute with a 2.500V Reference

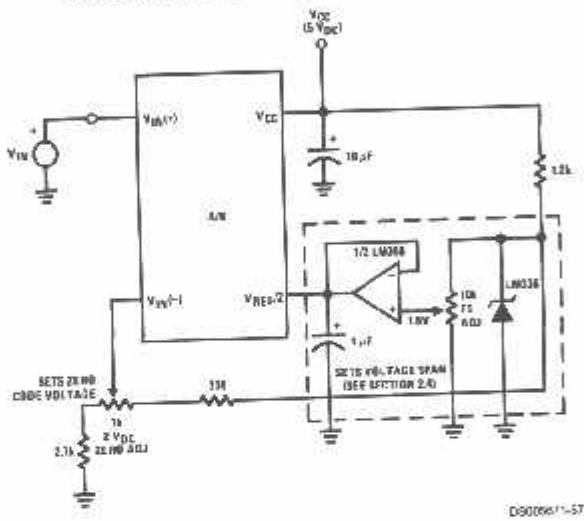


*For low power, see also LM385 2.5

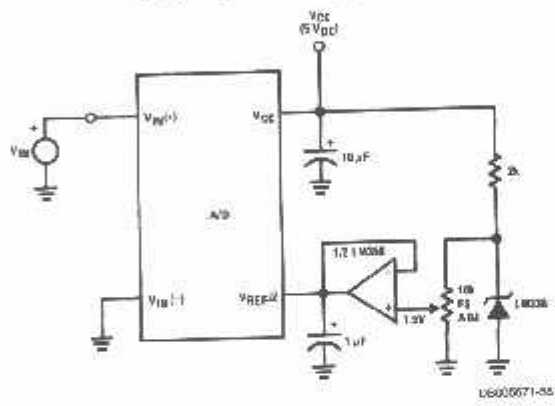
Absolute with a 5V Reference



Zero-Shift and Span Adjust: $2V \leq V_{IN} \leq 5V$

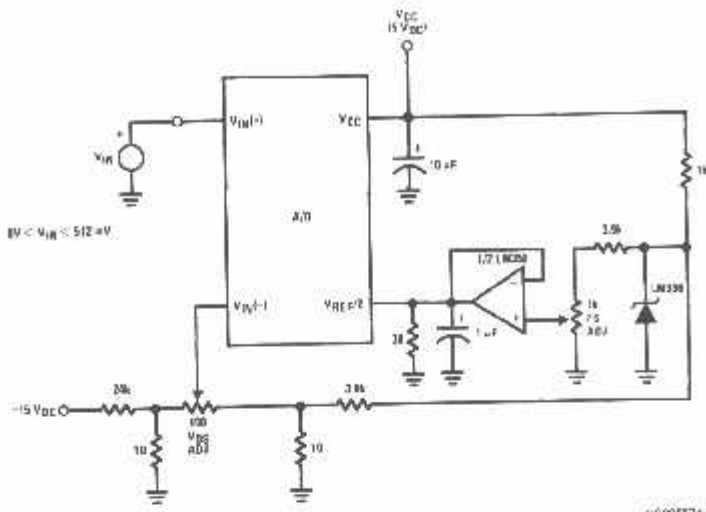


Span Adjust: $0V \leq V_{IN} \leq 3V$



Typical Applications (Continued)

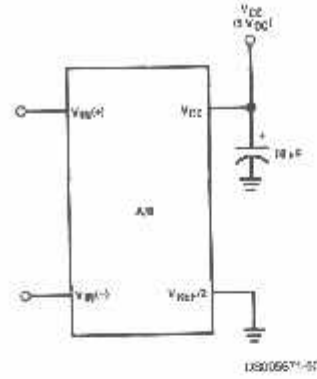
Directly Converting a Low-Level Signal



LS005671-00

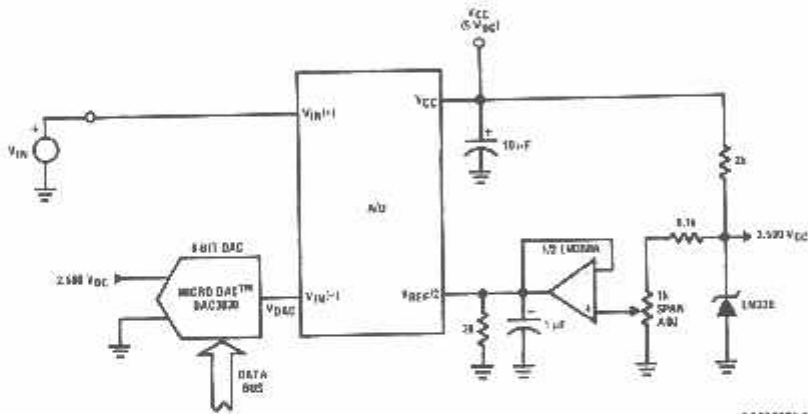
$V_{REF2} = 256mV$

A μP Interfaced Comparator



For:
 $V_{IN(+)} > V_{IN(-)}$
 Output = FF_{HEX}
 For:
 $V_{IN(+)} < V_{IN(-)}$
 Output = 00_{HEX}

1 mV Resolution with μP Controlled Range

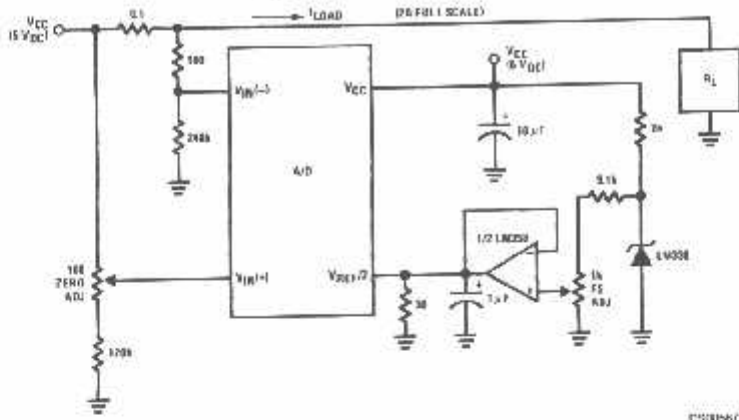


DS005671-01

$V_{REF2} = 128mV$
 $1LSB = 1mV$
 $V_{DAC} \leq V_{IN} < (V_{DAC} + 256mV)$
 $0 < V_{DAC} < 2.5V$

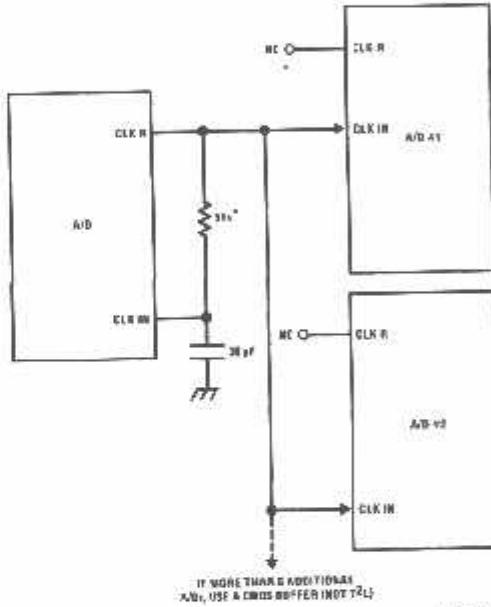
Typical Applications (Continued)

Digitizing a Current Flow



DS90C01-02

Self-Clocking Multiple A/Ds

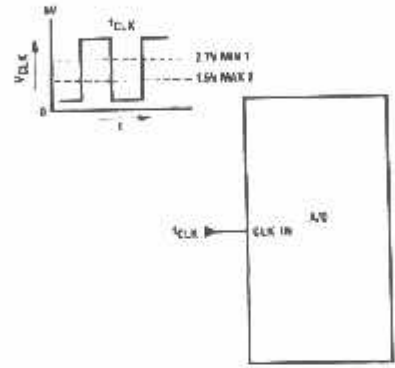


IF MORE THAN 6 ADDITIONAL A/Ds, USE A CMOS BUFFER (NOT 74LS)

DS90C01-02

* Use a large R value to reduce loading at CLK IN output.

External Clocking



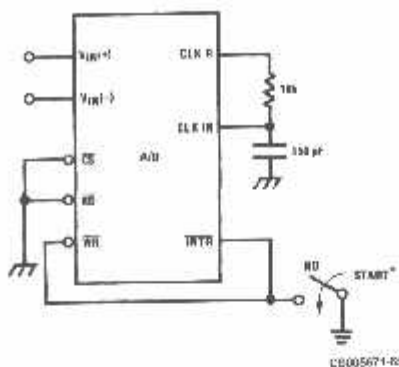
100 kHz ≤ f_{CLK} ≤ 1460 kHz

DS90C01-04

Typical Applications (Continued)

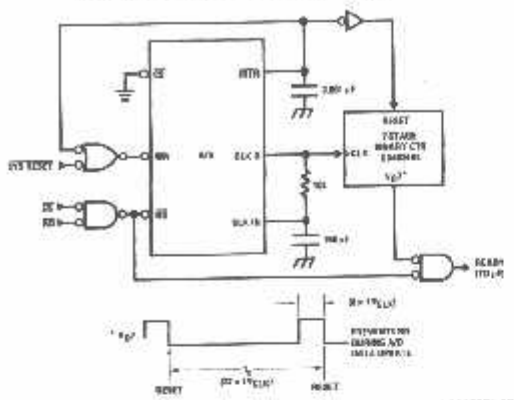
ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805

Self-Clocking In Free-Running Mode



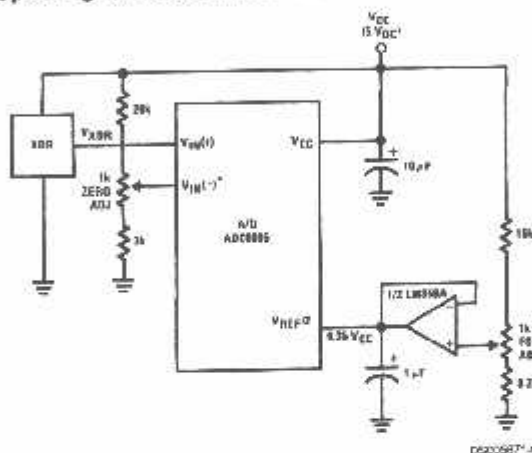
*After power-up, a momentary grounding of the \overline{WR} input is needed to guarantee operation.

μ P Interface for Free-Running A/D



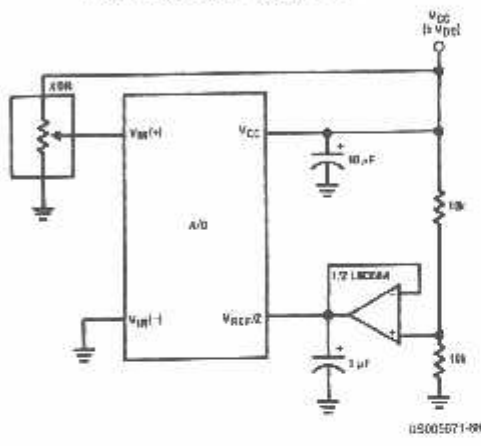
02005671-05

Operating with "Automotive" Ratio-metric Transducers



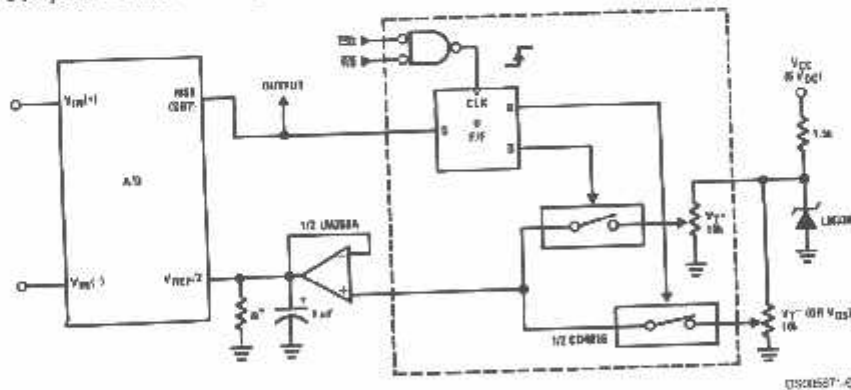
* $V_{IN(-)} = 0.15 V_{CC}$
 $15\% \text{ of } V_{CC} \leq V_{XDR} \leq 85\% \text{ of } V_{CC}$

Ratio-metric with $V_{REF}/2$ Forced



02005671-09

μ P Compatible Differential-Input Comparator with Pre-Set V_{OS} (with or without Hysteresis)

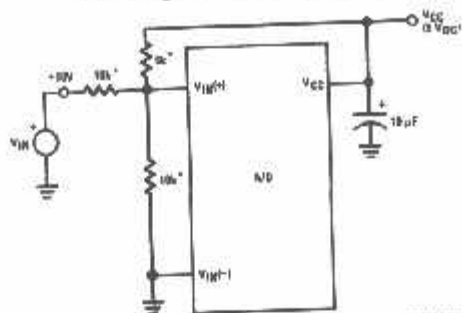


02005671-08

*See Figure 5 to select R value
 $DB7 = "1"$ for $V_{IN(+)} > V_{IN(-)} + (V_{REF}/2)$
 Omit circuitry within the dotted area if hysteresis is not needed

Typical Applications (Continued)

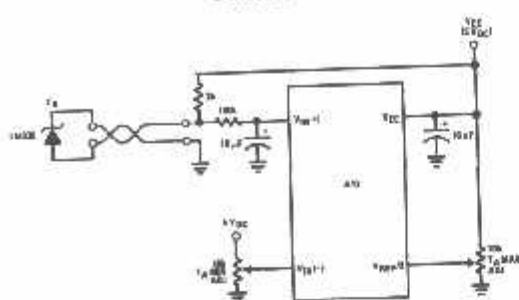
Handling $\pm 10V$ Analog Inputs



DS006671-70

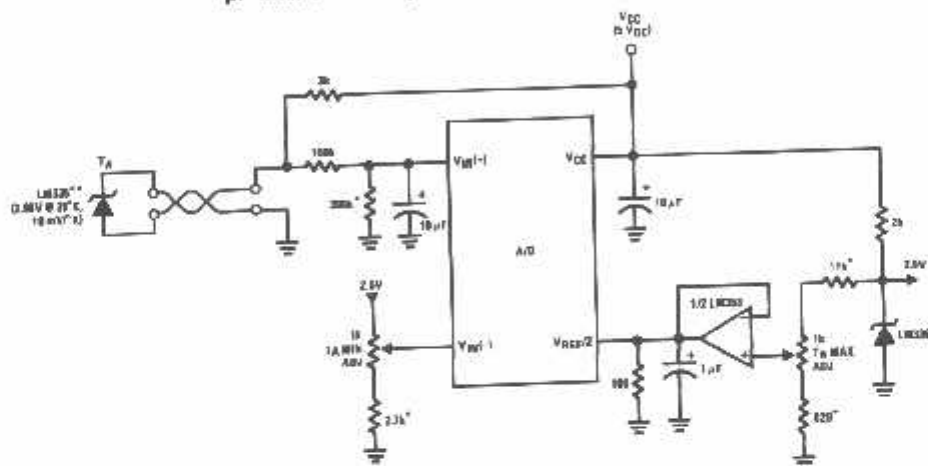
*Beckman Instruments #694-3-R10K resistor array

Low-Cost, μP Interfaced, Temperature-to-Digital Converter



DS0015071-71

μP Interfaced Temperature-to-Digital Converter



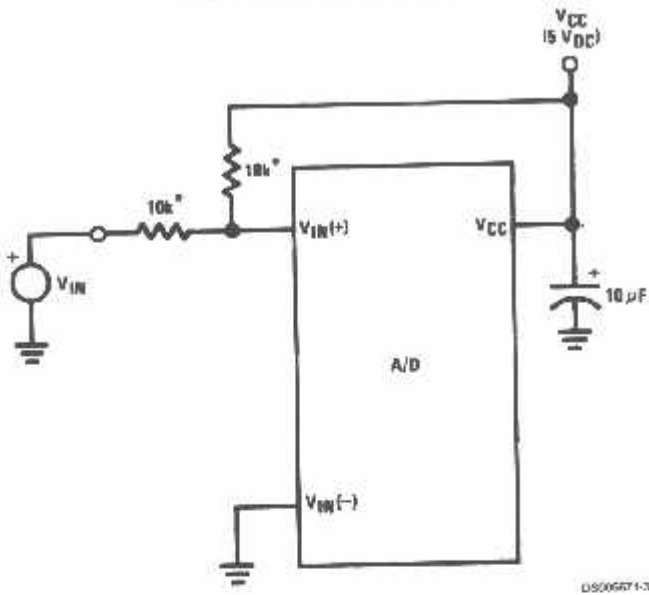
DS006671-72

*Circuit values shown are for $0^{\circ}C \leq T_A \leq 128^{\circ}C$

***Can calibrate each sensor to allow easy replacement, then A/D can be calibrated with a pre-set input voltage.

Typical Applications (Continued)

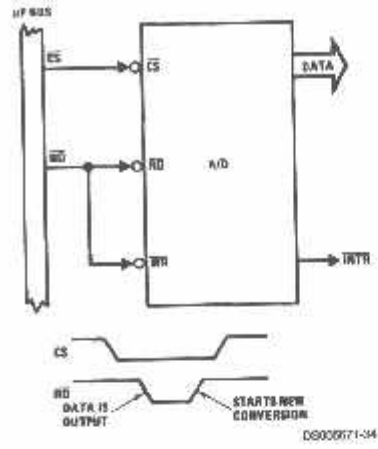
Handling $\pm 5V$ Analog Inputs



DS00671-31

*Beckman Instruments #694-3-R10K resistor array

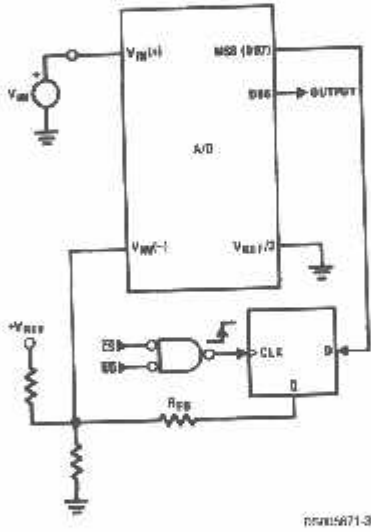
Read-Only Interface



DS00671-34

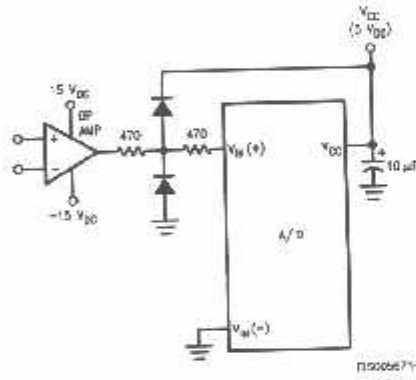
ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805

μP Interfaced Comparator with Hysteresis



DS00671-35

Protecting the Input

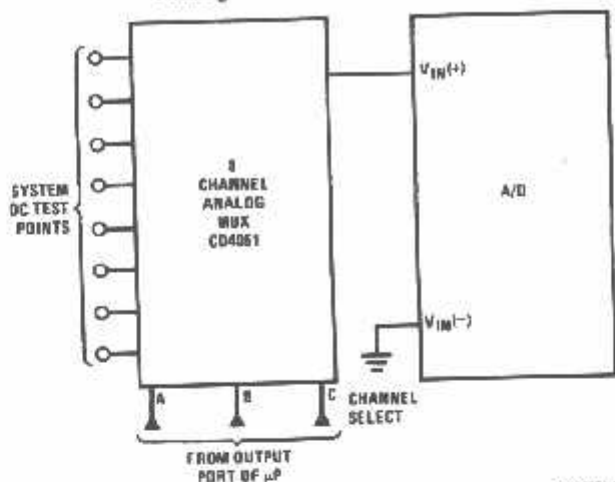


DS00671-6

Diodes are 1N914

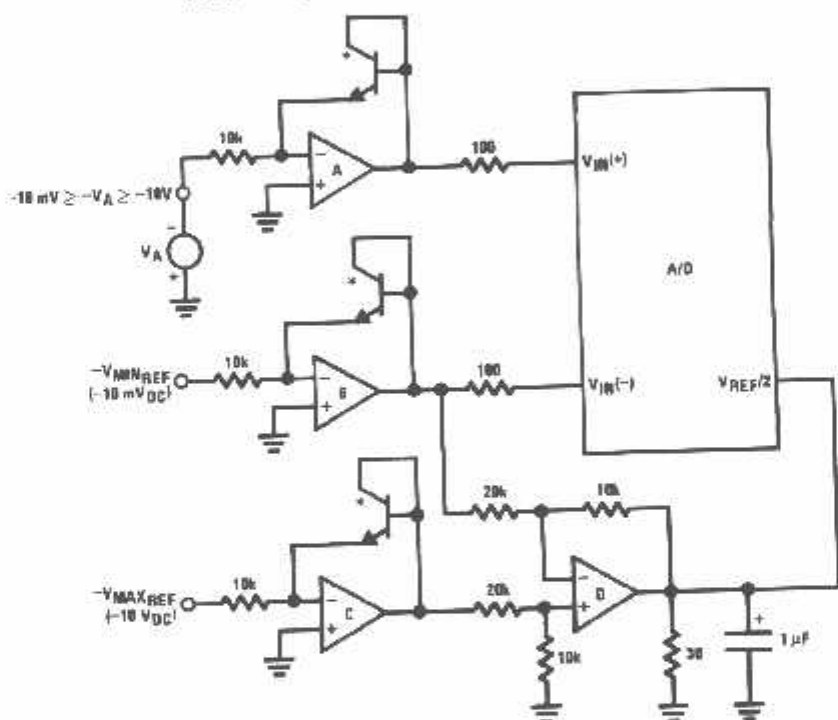
Typical Applications (Continued)

Analog Self-Test for a System



02005671-16

A Low-Cost, 3-Decade Logarithmic Converter

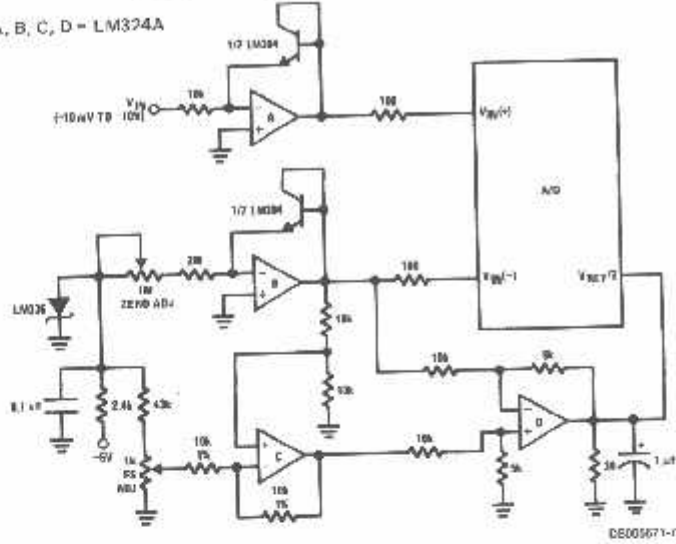


02005671-17

*LM389 transistors
A, B, C, D = LM324A quad op amp

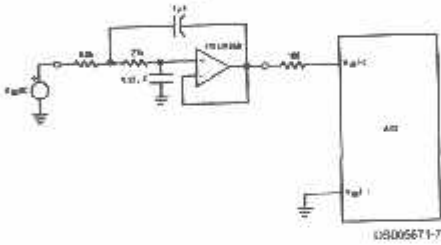
3-Decade Logarithmic A/D Converter

A, B, C, D = LM324A



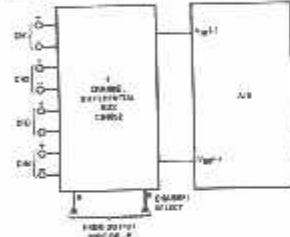
DS005671-13

Noise Filtering the Analog Input



DS005671-74

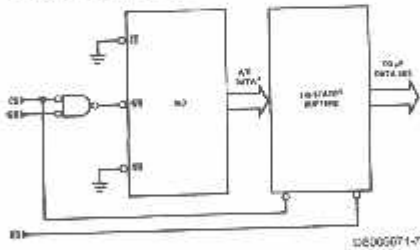
Multiplexing Differential Inputs



DS005671-75

$f_c = 20$ Hz
 Uses Chebyshev implementation for steeper roll-off unity-gain, 2nd order, low-pass filter
 Adding a separate filter for each channel increases system response time if an analog multiplexer is used

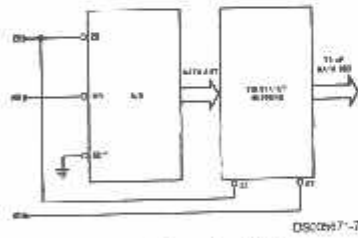
Output Buffers with A/D Data Enabled



DS005671-76

*A/D output data is updated 1 CLK period prior to assertion of INTR

Increasing Bus Drive and/or Reducing Time on Bus

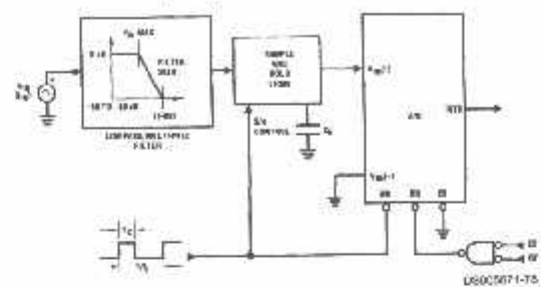


DS005671-77

*Allows output data to set-up at falling edge of CS

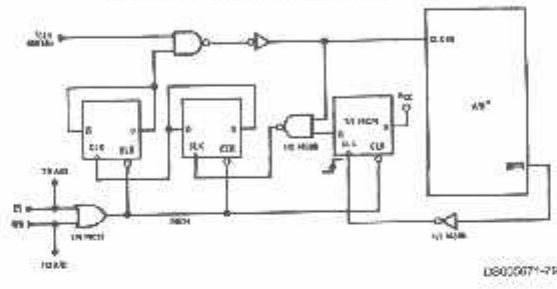
Typical Applications (Continued)

Sampling an AC Input Signal



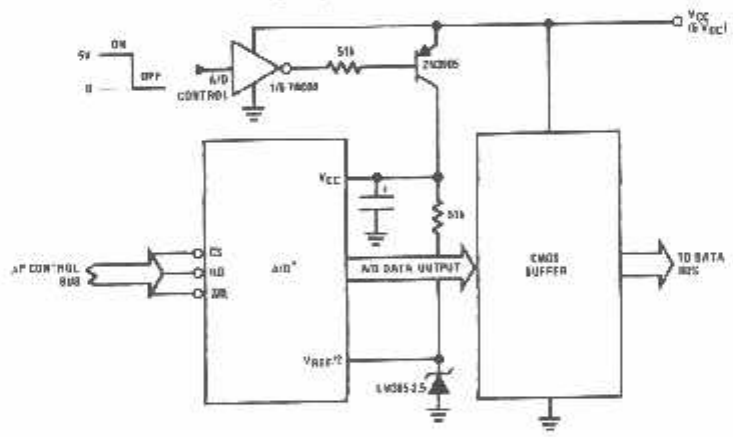
Note 11: Oversample whenever possible [keep $f_s > 2f(-80)$] to eliminate input frequency folding (aliasing) and to allow for the skirt response of the filter.
 Note 12: Consider the amplitude errors which are introduced within the passband of the filter.

70% Power Savings by Clock Gating



(Complete shutdown takes ~ 30 seconds.)

Power Savings by A/D and VREF Shutdown



*Use ADC0801, 02, 03 or 05 for lowest power consumption.
 Note: Logic inputs can be driven to V_{CC} with A/D supply at zero volts.
 Buffer prevents data bus from overdriving output of A/D when in shutdown mode.

Functional Description

1.0 UNDERSTANDING A/D ERROR SPECS
 A perfect A/D transfer characteristic (staircase waveform) is shown in Figure 1. The horizontal scale is analog input voltage and the particular points labeled are in steps of 1 LSB (19.53 mV with 2.5V tied to the $V_{REF}/2$ pin). The digital output codes that correspond to these inputs are shown as

$D-1$, D , and $D+1$. For the perfect A/D, not only will center-value ($A-1$, A , $A+1$, ...) analog inputs produce the correct output digital codes, but also each riser (the transitions between adjacent output codes) will be located $\pm 1/2$ LSB away from each center-value. As shown, the risers are ideal and have no width. Correct digital output codes will be provided for a range of analog input voltages that extend

Functional Description (Continued)

$\pm 1/2$ LSB from the ideal center-values. Each tread (the range of analog input voltage that provides the same digital output code) is therefore 1 LSB wide.

Figure 2 shows a worst case error plot for the ADC0801. All center-valued inputs are guaranteed to produce the correct output codes and the adjacent risers are guaranteed to be no closer to the center-value points than $\pm 1/4$ LSB. In other words, if we apply an analog input equal to the center-value $\pm 1/4$ LSB, we guarantee that the A/D will produce the correct digital code. The maximum range of the position of the code transition is indicated by the horizontal arrow and it is guaranteed to be no more than $1/2$ LSB.

The error curve of Figure 3 shows a worst case error plot for the ADC0802. Here we guarantee that if we apply an analog input equal to the LSB analog voltage center-value the A/D will produce the correct digital code.

Next to each transfer function is shown the corresponding error plot. Many people may be more familiar with error plots than transfer functions. The analog input voltage to the A/D is provided by either a linear ramp or by the discrete output steps of a high resolution DAC. Notice that the error is continuously displayed and includes the quantization uncertainty of the A/D. For example the error at point 1 of Figure 1 is $+1/2$ LSB because the digital code appeared $1/2$ LSB in advance of the center-value of the tread. The error plots always have a constant negative slope and the abrupt upside steps are always 1 LSB in magnitude.

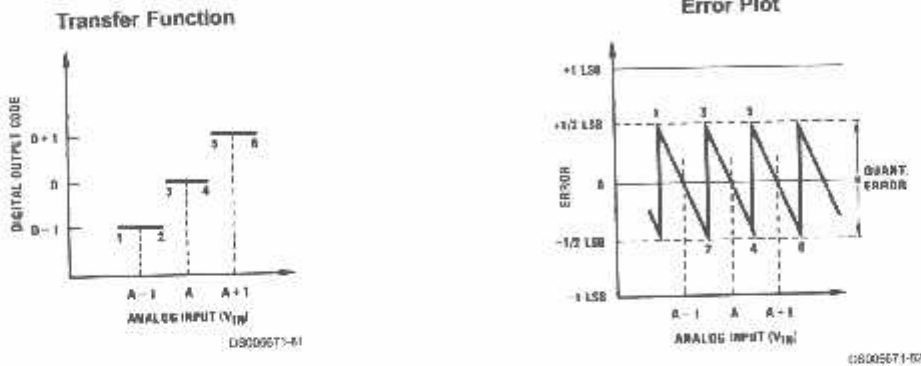


FIGURE 1. Clarifying the Error Specs of an A/D Converter
Accuracy = ± 0 LSB: A Perfect A/D

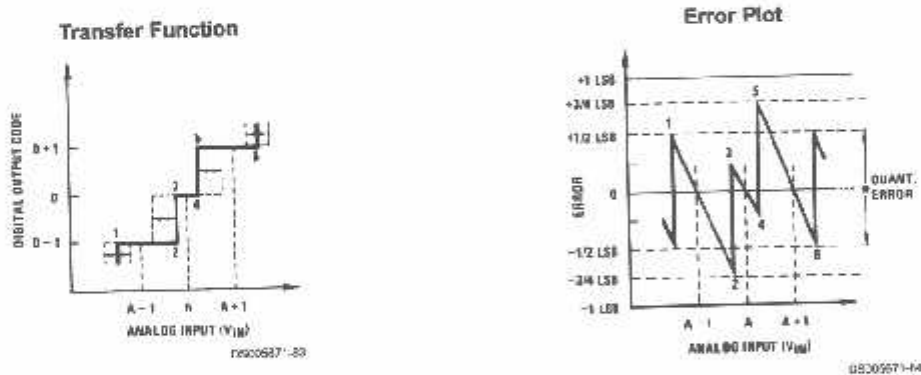


FIGURE 2. Clarifying the Error Specs of an A/D Converter
Accuracy = $\pm 1/4$ LSB

Functional Description (Continued)

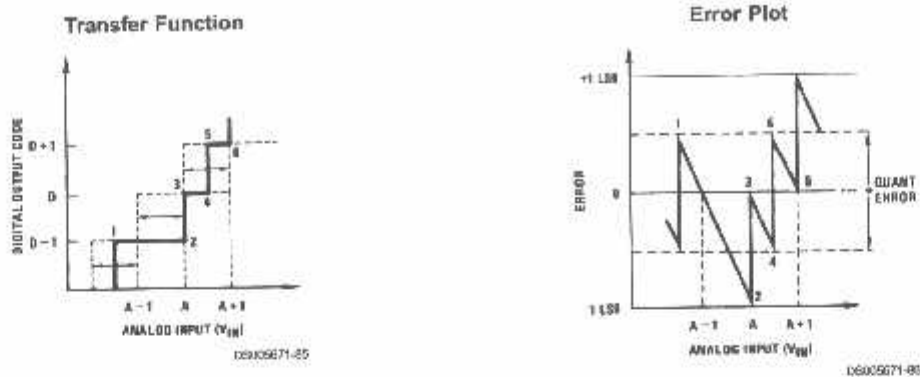


FIGURE 3. Clarifying the Error Specs of an A/D Converter
Accuracy = $\pm 1/2$ LSB

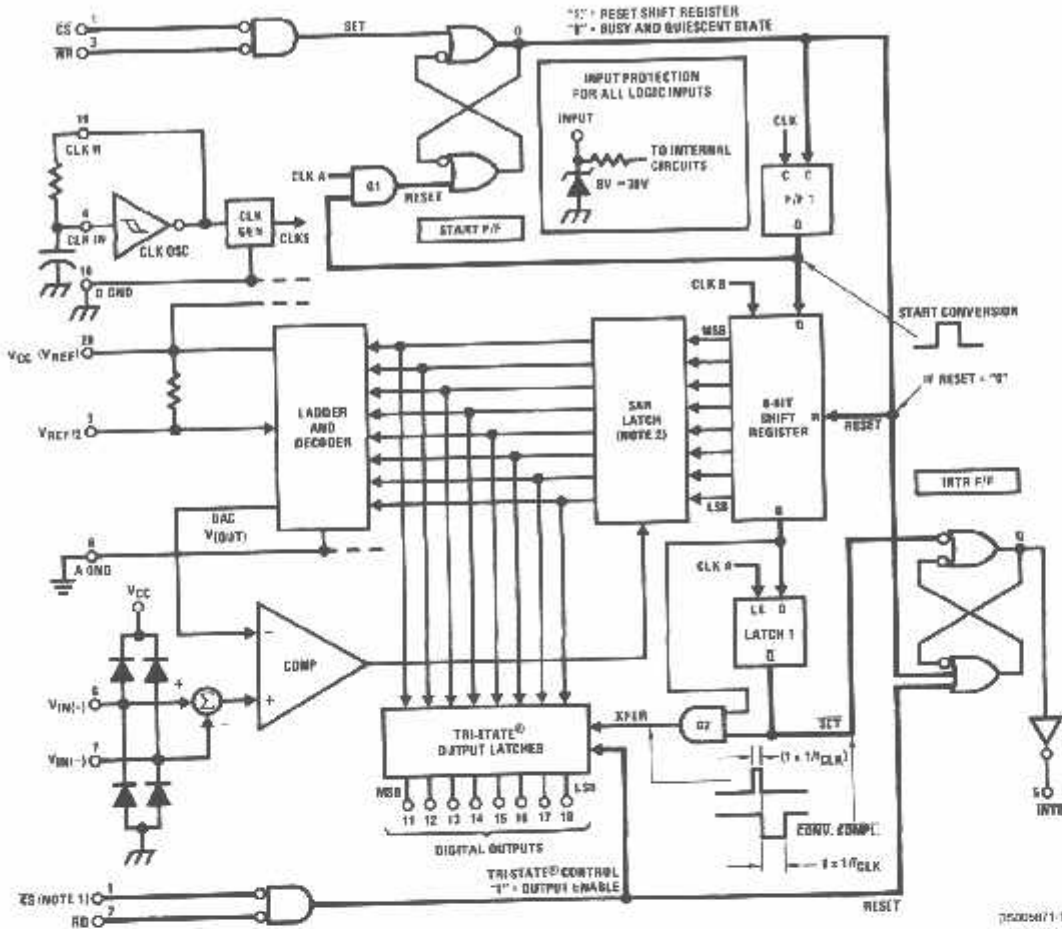
2.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The ADC0801 series contains a circuit equivalent of the 256R network. Analog switches are sequenced by successive approximation logic to match the analog difference input voltage [$V_{IN}(+) - V_{IN}(-)$] to a corresponding tap on the R network. The most significant bit is tested first and after 8 comparisons (64 clock cycles) a digital 8-bit binary code (1111 1111 = full-scale) is transferred to an output latch and then an interrupt is asserted (\overline{INTR} makes a high-to-low transition). A conversion in process can be interrupted by issuing a second start command. The device may be operated in the free-running mode by connecting \overline{INTR} to the \overline{WR} input with $\overline{CS} = 0$. To ensure start-up under all possible conditions, an external \overline{WR} pulse is required during the first power-up cycle.

On the high-to-low transition of the \overline{WR} input the internal SAR latches and the shift register stages are reset. As long as the \overline{CS} input and \overline{WR} input remain low, the A/D will remain in a reset state. Conversion will start from 1 to 8 clock periods after at least one of these inputs makes a low-to-high transition.

A functional diagram of the A/D converter is shown in Figure 4. All of the package pinouts are shown and the major logic control paths are drawn in heavier weight lines.

The converter is started by having \overline{CS} and \overline{WR} simultaneously low. This sets the start flip-flop (F/F) and the resulting "1" level resets the 8-bit shift register, resets the interrupt (\overline{INTR}) F/F and inputs a "1" to the D flop, F/F1, which is at the input end of the 8-bit shift register. Internal clock signals then transfer this "1" to the Q output of F/F1. The AND gate, G1, combines this "1" output with a clock signal to provide a reset signal to the start F/F. If the set signal is no longer present (either \overline{WR} or \overline{CS} is a "1") the start F/F is reset and the 8-bit shift register then can have the "1" clocked in, which starts the conversion process. If the set signal were to still be present, this reset pulse would have no effect (both outputs of the start F/F would momentarily be at a "1" level) and the 8-bit shift register would continue to be held in the reset mode. This logic therefore allows for wide \overline{CS} and \overline{WR} signals and the converter will start after at least one of these signals returns high and the internal clocks again provide a reset signal for the start F/F.



Note 13: \overline{CS} shown twice for clarity.
 Note 14: SAR = Successive Approximation Register.

FIGURE 4. Block Diagram

After the "1" is clocked through the 8-bit shift register (which completes the SAR search) it appears as the input to the D-type latch, LATCH 1. As soon as this "1" is output from the shift register, the AND gate, G2, causes the new digital word to transfer to the TRI-STATE output latches. When LATCH 1 is subsequently enabled, the Q output makes a high-to-low transition which causes the INTR F/F to set. An inverting buffer then supplies the \overline{INTR} input signal.

Note that this \overline{SET} control of the INTR F/F remains low for 8 of the external clock periods (as the internal clocks run at $1/8$ of the frequency of the external clock). If the data output is continuously enabled (\overline{CS} and \overline{RD} both held low), the \overline{INTR} output will still signal the end of conversion (by a high-to-low transition), because the \overline{SET} input can control the Q output of the INTR F/F even though the RESET input is constantly at a "1" level in this operating mode. This \overline{INTR} output will therefore stay low for the duration of the SET signal, which is 8 periods of the external clock frequency (assuming the A/D is not started during this interval).

When operating in the free-running or continuous conversion mode (INTR pin tied to \overline{WR} and \overline{CS} wired low—see also section 2.8), the START F/F is SET by the high-to-low transition of the INTR signal. This resets the SHIFT REGISTER

which causes the input to the D-type latch, LATCH 1, to go low. As the latch enable input is still present, the \overline{Q} output will go high, which then allows the INTR F/F to be RESET. This reduces the width of the resulting \overline{INTR} output pulse to only a few propagation delays (approximately 300 ns).

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

2.1 Digital Control Inputs

The digital control inputs (\overline{CS} , \overline{RD} , and \overline{WR}) meet standard T²L logic voltage levels. These signals have been renamed when compared to the standard A/D Start and Output Enable labels. In addition, these inputs are active low to allow an easy interface to microprocessor control busses. For non-microprocessor based applications, the \overline{CS} input (pin 1) can be grounded and the standard A/D Start function is obtained by an active low pulse applied at the \overline{WR} input (pin 3) and the Output Enable function is caused by an active low pulse at the \overline{RD} input (pin 2).

Functional Description (Continued)

2.2 Analog Differential Voltage Inputs and Common-Mode Rejection

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

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

$$\Delta V_e(\text{MAX}) = (V_P) (2\pi f_{CM}) \left(\frac{4.5}{f_{CLK}} \right)$$

where:

- ΔV_e is the error voltage due to sampling delay
- V_P is the peak value of the common-mode voltage
- f_{CM} is the common-mode frequency

As an example, to keep this error to $\frac{1}{4}$ LSB (-5 mV) when operating with a 60 Hz common-mode frequency, f_{CM} , and using a 640 kHz A/D clock, f_{CLK} , would allow a peak value of the common-mode voltage, V_P , which is given by:

$$V_P = \frac{[\Delta V_e(\text{MAX})] (f_{CLK})}{(2\pi f_{CM}) (4.5)}$$

or

$$V_P = \frac{(5 \times 10^{-3}) (640 \times 10^3)}{(6.28) (60) (4.5)}$$

which gives

$$V_P \approx 1.9V.$$

The allowed range of analog input voltages usually places more severe restrictions on input common-mode noise levels.

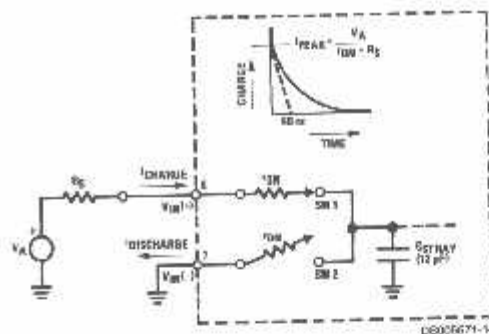
An analog input voltage with a reduced span and a relatively large zero offset can be handled easily by making use of the differential input (see section 2.4 Reference Voltage).

2.3 Analog Inputs

2.3.1 Input Current

Normal Mode

Due to the internal switching action, displacement currents will flow at the analog inputs. This is due to on-chip stray capacitance to ground as shown in Figure 5.



$$R_{ON} \text{ of SW 1 and SW 2} = 5 \text{ k}\Omega$$

$$t = f_{CLK} C_{STRAY} = 5 \text{ k}\Omega \times 12 \text{ pF} = 60 \text{ ns}$$

FIGURE 5. Analog Input Impedance

The voltage on this capacitance is switched and will result in currents entering the $V_{IN(+)}$ input pin and leaving the $V_{IN(-)}$ input which will depend on the analog differential input voltage levels. These current transients occur at the leading edge of the internal clocks. They rapidly decay and *do not* cause errors as the on-chip comparator is strobed at the end of the clock period.

Fault Mode

If the voltage source applied to the $V_{IN(+)}$ or $V_{IN(-)}$ pin exceeds the allowed operating range of $V_{CC}+50$ mV, large input currents can flow through a parasitic diode to the V_{CC} pin. If these currents can exceed the 1 mA max allowed spec, an external diode (1N914) should be added to bypass this current to the V_{CC} pin (with the current bypassed with this diode, the voltage at the $V_{IN(+)}$ pin can exceed the V_{CC} voltage by the forward voltage of this diode).

2.3.2 Input Bypass Capacitors

Bypass capacitors at the inputs will average these charges and cause a DC current to flow through the output resistances of the analog signal sources. This charge pumping action is worse for continuous conversions with the $V_{IN(+)}$ input voltage at full-scale. For continuous conversions with a 640 kHz clock frequency with the $V_{IN(+)}$ input at 5V, this DC current is at a maximum of approximately 5 μ A. Therefore, *bypass capacitors should not be used at the analog inputs or the $V_{REF}/2$ pin for high resistance sources ($> 1 \text{ k}\Omega$)*. If input bypass capacitors are necessary for noise filtering and high source resistance is desirable to minimize capacitor size, the detrimental effects of the voltage drop across this input resistance, which is due to the average value of the input current, can be eliminated with a full-scale adjustment while the given source resistor and input bypass capacitor are both in place. This is possible because the average value of the input current is a precise linear function of the differential input voltage.

2.3.3 Input Source Resistance

Large values of source resistance where an input bypass capacitor is not used, *will not cause errors* as the input currents settle out prior to the comparison time. If a low pass filter is required in the system, use a low valued series resistor ($\leq 1 \text{ k}\Omega$) for a passive RC section or add an op amp RC active low pass filter. For low source resistance applications, ($\leq 1 \text{ k}\Omega$), a 0.1 μ F bypass capacitor at the inputs will prevent noise pickup due to series lead inductance of a long

Functional Description (Continued)

wire. A 100 Ω series resistor can be used to isolate this capacitor—both the R and C are placed outside the feedback loop—from the output of an op amp, if used.

2.3.4 Noise

The leads to the analog inputs (pins 6 and 7) should be kept as short as possible to minimize input noise coupling. Both noise and undesired digital clock coupling to these inputs can cause system errors. The source resistance for these inputs should, in general, be kept below 5 k Ω . Larger values of source resistance can cause undesired system noise pickup. Input bypass capacitors, placed from the analog inputs to ground, will eliminate system noise pickup but can create analog scale errors as these capacitors will average the transient input switching currents of the A/D (see section 2.3.1). This scale error depends on both a large source resistance and the use of an input bypass capacitor. This error can be eliminated by doing a full-scale adjustment of the A/D (adjust $V_{REF}/2$ for a proper full-scale reading—see section 2.5.2 on Full-Scale Adjustment) with the source resistance and input bypass capacitor in place.

2.4 Reference Voltage

2.4.1 Span Adjust

For maximum applications flexibility, these A/Ds have been designed to accommodate a $5 V_{DC}$, $2.5 V_{DC}$ or an adjusted voltage reference. This has been achieved in the design of the IC as shown in Figure 6.

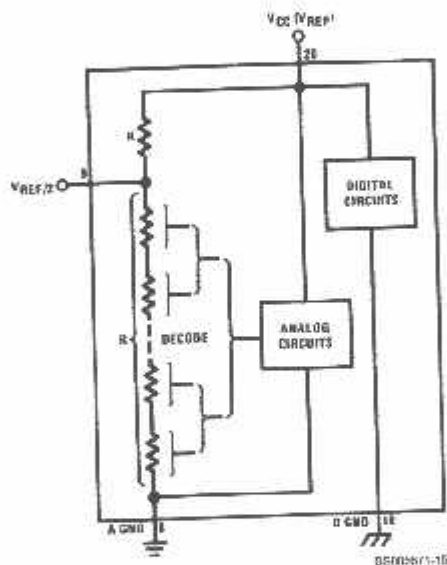


FIGURE 6. The $V_{REF}/2$ Design on the IC

Notice that the reference voltage for the IC is either $1/2$ of the voltage applied to the V_{CC} supply pin, or is equal to the voltage that is externally forced at the $V_{REF}/2$ pin. This allows for a ratiometric voltage reference using the V_{CC} supply, a $5 V_{DC}$ reference voltage can be used for the V_{CC} supply or a voltage less than $2.5 V_{DC}$ can be applied to the $V_{REF}/2$ input for increased application flexibility. The internal gain to the $V_{REF}/2$ input is 2, making the full-scale differential input voltage twice the voltage at pin 9.

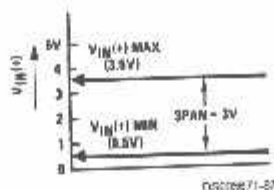
An example of the use of an adjusted reference voltage is to accommodate a reduced span—or dynamic voltage range of the analog input voltage. If the analog input voltage were to range from $0.5 V_{DC}$ to $3.5 V_{DC}$, instead of 0V to $5 V_{DC}$, the span would be 3V as shown in Figure 7. With $0.5 V_{DC}$ applied to the $V_{IN}(-)$ pin to absorb the offset, the reference voltage can be made equal to $1/2$ of the 3V span or $1.5 V_{DC}$. The A/D now will encode the $V_{IN}(+)$ signal from 0.5V to 3.5 V with the 0.5V input corresponding to zero and the $3.5 V_{DC}$ input corresponding to full-scale. The full 8 bits of resolution are therefore applied over this reduced analog input voltage range.

2.4.2 Reference Accuracy Requirements

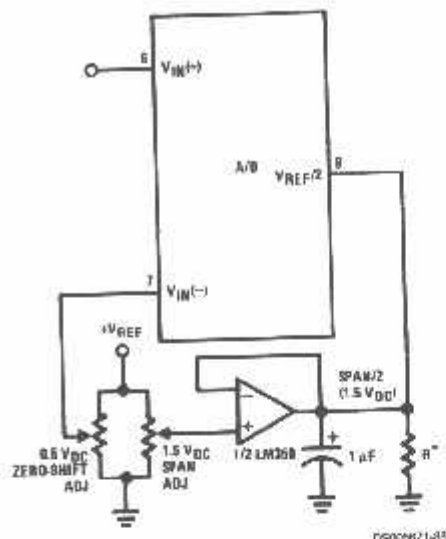
The converter can be operated in a ratiometric mode or an absolute mode. In ratiometric converter applications, the magnitude of the reference voltage is a factor in both the output of the source transducer and the output of the A/D converter and therefore cancels out in the final digital output code. The ADC0805 is specified particularly for use in ratiometric applications with no adjustments required. In absolute conversion applications, both the initial value and the temperature stability of the reference voltage are important factors in the accuracy of the A/D converter. For $V_{REF}/2$ voltages of $2.4 V_{DC}$ nominal value, initial errors of $\pm 10 mV_{DC}$ will cause conversion errors of ± 1 LSB due to the gain of 2 of the $V_{REF}/2$ input. In reduced span applications, the initial value and the stability of the $V_{REF}/2$ input voltage become even more important. For example, if the span is reduced to 2.5V, the analog input LSB voltage value is correspondingly reduced from 20 mV (5V span) to 10 mV and 1 LSB at the $V_{REF}/2$ input becomes 5 mV. As can be seen, this reduces the allowed initial tolerance of the reference voltage and requires correspondingly less absolute change with temperature variations. Note that spans smaller than 2.5V place even tighter requirements on the initial accuracy and stability of the reference source.

In general, the magnitude of the reference voltage will require an initial adjustment. Errors due to an improper value of reference voltage appear as full-scale errors in the A/D transfer function. IC voltage regulators may be used for references if the ambient temperature changes are not excessive. The LM336B 2.5V IC reference diode (from National Semiconductor) has a temperature stability of 1.8 mV typ (6 mV max) over $0^{\circ}C \leq T_A \leq +70^{\circ}C$. Other temperature range parts are also available.

Functional Description (Continued)



a) Analog Input Signal Example



*Add if $V_{REF/2} \leq 1 V_{DD}$ with LM358 to draw 3 mA to ground.

b) Accommodating an Analog Input from 0.5V (Digital Out = 00_{HEX}) to 3.5V (Digital Out = FF_{HEX})

FIGURE 7. Adapting the A/D Analog Input Voltages to Match an Arbitrary Input Signal Range

2.5 Errors and Reference Voltage Adjustments

2.5.1 Zero Error

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

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

2.5.2 Full-Scale

The full-scale adjustment can be made by applying a differential input voltage that is $\frac{1}{2}$ LSB less than the desired analog full-scale voltage range and then adjusting the magnitude of the $V_{REF/2}$ input (pin 9 or the V_{CC} supply if pin 9 is not used) for a digital output code that is just changing from 1111 1110 to 1111 1111.

2.5.3 Adjusting for an Arbitrary Analog Input Voltage Range

If the analog zero voltage of the A/D is shifted away from ground (for example, to accommodate an analog input signal that does not go to ground) this new zero reference should be properly adjusted first. A $V_{IN(+)}$ voltage that equals this desired zero reference plus $\frac{1}{2}$ LSB (where the LSB is calculated for the desired analog span, $1 \text{ LSB} = \text{analog span}/$

256) is applied to pin 6 and the zero reference voltage at pin 7 should then be adjusted to just obtain the 00_{HEX} to 01_{HEX} code transition.

The full-scale adjustment should then be made (with the proper $V_{IN(-)}$ voltage applied) by forcing a voltage to the $V_{IN(+)}$ input which is given by:

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

where:

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

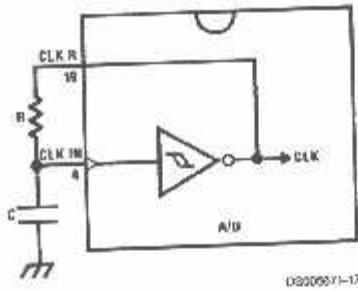
V_{MIN} = the low end (the offset zero) of the analog range. (Both are ground referenced.)

The $V_{REF/2}$ (or V_{CC}) voltage is then adjusted to provide a code change from FE_{HEX} to FF_{HEX}. This completes the adjustment procedure.

2.6 Clocking Option

The clock for the A/D can be derived from the CPU clock or an external RC can be added to provide self-clocking. The CLK IN (pin 4) makes use of a Schmitt trigger as shown in Figure 8.

Functional Description (Continued)



$$f_{\text{CLK}} \approx \frac{1}{1.1 RC}$$

$$R \approx 10 \text{ k}\Omega$$

FIGURE 8. Self-Clocking the A/D

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

2.7 Restart During a Conversion

If the A/D is restarted ($\overline{\text{CS}}$ and $\overline{\text{WR}}$ go low and return high) during a conversion, the converter is reset and a new conversion is started. The output data latch is not updated if the conversion in process is not allowed to be completed, therefore the data of the previous conversion remains in this latch. The $\overline{\text{INTR}}$ output simply remains at the "1" level.

2.8 Continuous Conversions

For operation in the free-running mode an initializing pulse should be used, following power-up, to ensure circuit operation. In this application, the $\overline{\text{CS}}$ input is grounded and the $\overline{\text{WR}}$ input is tied to the $\overline{\text{INTR}}$ output. This $\overline{\text{WR}}$ and $\overline{\text{INTR}}$ node should be momentarily forced to logic low following a power-up cycle to guarantee operation.

2.9 Driving the Data Bus

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

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

At higher CPU clock frequencies time can be extended for I/O reads (and/or writes) by inserting wait states (50B0) or using clock extending circuits (6800).

Finally, if time is short and capacitive loading is high, external bus drivers must be used. These can be TRI-STATE buffers

(low power Schottky such as the DM74LS240 series is recommended) or special higher drive current products which are designed as bus drivers. High current bipolar bus drivers with PNP inputs are recommended.

2.10 Power Supplies

Noise spikes on the V_{CC} supply line can cause conversion errors as the comparator will respond to this noise. A low inductance tantalum filter capacitor should be used close to the converter V_{CC} pin and values of 1 μF or greater are recommended. If an unregulated voltage is available in the system, a separate LM340LAZ-5.0, TO-92, 5V voltage regulator for the converter (and other analog circuitry) will greatly reduce digital noise on the V_{CC} supply.

2.11 Wiring and Hook-Up Precautions

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

A single point analog ground that is separate from the logic ground points should be used. The power supply bypass capacitor and the self-clocking capacitor (if used) should both be returned to digital ground. Any $V_{\text{REF}/2}$ bypass capacitors, analog input filter capacitors, or input signal shielding should be returned to the analog ground point. A test for proper grounding is to measure the zero error of the A/D converter. Zero errors in excess of $1/4$ LSB can usually be traced to improper board layout and wiring (see section 2.5.1 for measuring the zero error).

3.0 TESTING THE A/D CONVERTER

There are many degrees of complexity associated with testing an A/D converter. One of the simplest tests is to apply a known analog input voltage to the converter and use LEDs to display the resulting digital output code as shown in Figure 9.

For ease of testing, the $V_{\text{REF}/2}$ (pin 9) should be supplied with $2.560 V_{\text{DC}}$ and a V_{CC} supply voltage of $5.12 V_{\text{DC}}$ should be used. This provides an LSB value of 20 mV.

If a full-scale adjustment is to be made, an analog input voltage of $5.090 V_{\text{DC}}$ ($5.120 - 1\% \text{ LSB}$) should be applied to the $V_{\text{IN}}(+)$ pin with the $V_{\text{IN}}(-)$ pin grounded. The value of the $V_{\text{REF}/2}$ input voltage should then be adjusted until the digital output code is just changing from 1111 1110 to 1111 1111. This value of $V_{\text{REF}/2}$ should then be used for all the tests.

The digital output LED display can be decoded by dividing the 8 bits into 2 hex characters, the 4 most significant (MS) and the 4 least significant (LS). Table 1 shows the fractional binary equivalent of these two 4-bit groups. By adding the voltages obtained from the "VMS" and "VLS" columns in Table 1, the nominal value of the digital display (when $V_{\text{REF}/2} = 2.560\text{V}$) can be determined. For example, for an output LED display of 1011 0110 or B6 (in hex), the voltage values from the table are $3.520 + 0.120$ or $3.640 V_{\text{DC}}$. These voltage values represent the center-values of a perfect A/D converter. The effects of quantization error have to be accounted for in the interpretation of the test results.

Notes

ADCC0801/ADCC0802/ADCC0803/ADCC0804/ADCC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters

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 Email: support@nsc.com www.national.com	National Semiconductor Europe Fax: +49 (0) 180-530 85 86 Email: europa.support@nsc.com Deutsch: Tel: +49 (0) 69 9508 6200 English: Tel: +44 (0) 870 24 0 2171 Français: Tel: +33 (0) 1 41 91 8790	National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group Tel: 65-2544466 Fax: 65-2504465 Email: ap.support@nsc.com	National Semiconductor Japan Ltd. Tel: 81 3-5639-7560 Fax: 81 3-5639-7507
--	---	---	--

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

SOURCE CODE

```
$regfile = "89S51.dat"
$crystal = 11059200
'sim
$large

Adc_cs Alias P3.0
Adc_rd Alias P3.1
Adc_wr Alias P3.2
Adc_int Alias P3.3

Adc_data Alias P1

Dim Adc As Byte
Dim Tampung As Single
Dim Pembanding As Integer

Config Lcdpin = Pin , Db4 = P2.2 , Db5 = P2.3 , Db6 = P2.4 , Db7 = P2.5 , E = P2.1 , Rs =
P2.0
Config Lcd = 16 * 2

Mulai:
Cls
Lcd " TEGUH SANTOSO "
Lowerline
Lcd "NIM : 04.12.209 "
Wait 1
Cls
Lcd "PENGUKUR ALKOHOL"
Lowerline
Lcd "PADA SOLVENT "
Wait 1

Oke_pilih:
Baca_adc:

Adc_cs = 0
Adc_wr = 0
Adc_wr = 1
Do
Loop Until Adc_int = 0
Waitms 65
Adc_rd = 0
Waitms 0.2
Adc = P1
Adc_rd = 1
Adc_cs = 1

Tampung = Adc
Tampung = Tampung / 1.99
If Tampung <= 10 Then
Tampung = 0
Goto Tampil
End If
Tampil:
Cls
Locate 1 , 1
Lcd "ALKOHOL TERUKUR"
Locate 2 , 1
Lcd "SERVISAR: "
Locate 2 , 9
Lcd Tampung
Locate 2 , 14
Lcd " % "

Waitms 500
Goto Baca_adc

' Aktifkan Adc0804
' Start Of Conversion

' Baca Data Melalui P3
```



P.T. BENTOEL PRIMA
PACKAGING

Laboratorium QA Divisi Packaging

No Dokumen : FM/SK/02

Revisi : 2

Tanggal Terbit : 8 Agustus 2009

Halaman : 1 dari 1

SPESIFIKASI KANDUNGAN SOLVENT BERPELARUT ALKOHOL

1. IPA (Isoprophil Alcohol)

Formula : $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$
Apperance : Cleare liquid
Purity : 99.8% min
Moisture : 0.005% max
Acidity : 10 ppm min
Alkohol : 60 %
Aplications : Solvent, Cemical Derivative, Acetone, Pharmaceuticals.

2. N- Propyl Alcohol (NPAL)

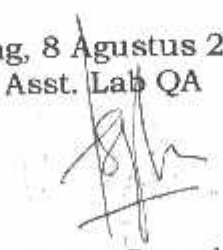
Formula : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{OH}$
Apperance : Cleare liquid
Purity : 97.4% min
Moisture : 0.005% max
Acidity : 50ppm min
Alkohol : 50 %
Aplications : Solvent, Cemical Derivative, Pharmaceuticals, Chemical Reducer

3. N- Propyl Acetate (NPAC)

Formula : $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
Apperance : Cleare liquid
Purity : 98.8% min
Moisture : 0.005% max
Acidity : 50ppm min
Alkohol : 48 %
Aplications : Solvent, Cemical Derivative, Pharmaceuticals, Chemical Reducer

Demikian beberapa informasi tentang spesifikasi Solvent berpelarut alcohol yang kami gunakan sebagai bahan pelarut pada tinta, semoga berguna dan dapat digunakan sebagai bahan penelitian.

Malang, 8 Agustus 2009
Asst. Lab QA


Purnomo Sanudi



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : TEGUH SANTOSO
 Nim : 04.12.209
 Masa Bimbingan : 29 MEI 2009 s/d 29 NOVEMBER 2009
 Judul Skripsi : **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGUKUR
 KANDUNGAN ALKOHOL PADA SOLVENT BERBASIS AT 89S51**

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	13-08-09	Konfirmasi Bab I & II revisi Bab III, Bab 4 di rangkai + LED	
2	22-08-09	Bab III (revisi)	
3	31/08-09	see Bab III & Revisi Kesimpulan	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,
 Dosen Pembimbing

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