

# SKRIPSI

## ALAT PENCATAT BIAYA LISTRIK PADA RUMAH PETAK BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51 DAN VISUAL BASIC PROGRAM



*Disusun Oleh :*

**GALANG MANDIRI**

**NIM: 02.120.96**

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2008**

10/11/12

STATE OF NEW YORK  
IN SENATE  
JANUARY 12, 2012

REPORT OF THE  
COMMISSIONER OF THE  
DEPARTMENT OF TAXATION AND FINANCE

STATE OF NEW YORK  
IN SENATE  
JANUARY 12, 2012

**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**ALAT PENCATAT BIAYA LISTRIK PADA RUMAH PETAK**  
**BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51 DAN VISUAL**  
**BASIC PROGRAM**  
**SKRIPSI**

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

Disusun oleh :

**GALANG MANDIRI**

**NIM : 02.120.96**

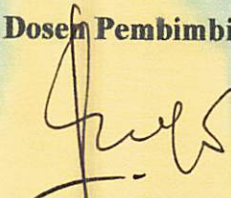
**Diperiksa dan Disetujui,**

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. Widodo Puji M, MT**  
**NIP.Y. 1028700171**

**Dosen Pembimbing II**



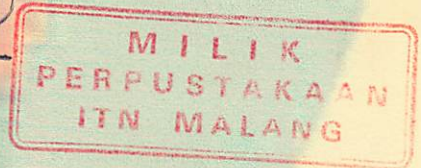
**Ir. Eko Nurcahyo**  
**NIP.Y. 1028700172**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan T. Elektro S-1**



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



**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**2008**



## ABSTRAKSI

### **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCATAT BIAYA LISTRIK PADA RUMAH PETAK BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51 DAN VISUAL BASIC PROGRAM**

Galang Mandiri

Nim: 0212096

Dosen Pembimbing: **Ir. Widodo pudji M, MT, Ir. EkoNurcahyo**

*Kata kunci: biaya listrik, Mikrokontroller AT89S51, ADC0809, Visual Basic*

Penghitungan biaya listrik selama ini umumnya menggunakan metode manual. Penghitungan dilakukan dengan mencatat tampilan di Kwh Meter dengan jasa seseorang. Sistem penghitungan ini kerap kali menimbulkan perselisihan antara pengguna listrik dengan penyedia listrik karena keteledoran pada waktu pencatatan. Dengan adanya alat ini diharapkan masalah-masalah yang terjadi pada metode manual dapat diatasi, karena alat ini menggunakan sistem digital dan otomatis.

Alat ini dirancang dengan metode perkalian yang dihasilkan dari pembacaan arus beban oleh sensor arus dan pembacaan tegangan melalui sensor tegangan. Disamping itu alat juga memperhitungkan faktor daya beban yang diperoleh dengan mencari selisih atau pergeseran fasa antara sinyal arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sensor tersebut. Sehingga untuk proses pengolahan sinyal terdapat tiga parameter sinyal yakni sinyal arus, sinyal tegangan dan beda fasa kedua sinyal tersebut. Untuk proses pengolahan ketiga sinyal tersebut dilakukan dengan menggunakan mikrokontroller AT89S51 yang membaca ketiga besaran tersebut melalui ADC 0809. Tampilan atau print out ditunjukkan melalui bantuan program Visual Basic.



## KATA PENGANTAR

Atas Berkat Rahmat Allah Yang Maha Kuasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul:

**“Alat Pencatat Biaya Listrik Pada Rumah Petak Berbasis *Mikrokontroller* AT89S51 Dan *Visual Basic* Program”**

Pembuatan Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata-1 di Institut Teknologi Nasional Malang. Laporan Skripsi ini merupakan tanggung jawab tertulis atas ilmu pengetahuan yang didapat selama penyusun mengikuti kuliah.

Atas terselesaikannya Skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
- Bapak Ir. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S1 / Elektronika.
- Bapak Ir. Widodo Puji M, MT dan Bapak Ir. Eko Nurcahyo selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta ilmu-ilmu yang sangat berharga sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
- Teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak yang perlu disempurnakan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata, penulis mohon maaf kepada semua pihak bilamana selama penyusunan Skripsi ini penyusun membuat kesalahan secara tidak sengaja dan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Agustus 2008

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metodologi Penulisan .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3

### **BAB II LANDASAN TEORI**

2.1. Sistem Mikrokontroler AT89S51 .....	6
2.1.1. Mikrokontroler AT89S51 .....	6
2.1.2. <i>Arsitektur</i> AT89S51 .....	8

2.1.3.	Fungsi Pin Mikrokontroler <i>AT89S51</i> .....	10.
2.1.4.	Siklus Mesin.....	14
2.1.5.	Organisasi Memori.....	16
2.1.6.	<i>Timer Dan Counter</i> .....	16
2.1.7.	<i>SFR (Special Function Register)</i> .....	20
2.1.8.	Program Status <i>Word</i> .....	21
2.1.9.	<i>Power Register Control</i> .....	22
2.1.10.	Sistem Interupsi .....	23
2.1.11.	Metode Pengalamatan.....	24
2.2.	<i>Visual Basic (VB)</i> .....	26
2.2.1.	Integrated Development Environment (IDE) VB 6 .....	26
2.2.2.	Object, Property, Method dan Event.....	28
2.3.	Sensor Tegangan.....	29
2.4.	Sensor Arus.....	31
2.5.	ADC 0809 ( <i>Analog to Digital Converter</i> ) .....	32
2.6.	RS 232 / MAX 232 .....	35
2.7.	Printer .....	39

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

3.1.	Pendahuluan.....	40
3.2.	Perancangan Perangkat Keras.....	40
3.2.1.	Cara Kerja Rangkaian Keseluruhan.....	41
3.2.2.	Fungsi Komponen dari Rangkaian Sistem.....	42



3.3. Perencanaan Rangkaian .....	43
3.3.1. Perencanaan Rangkaian Sensor Arus .....	44
3.3.2. Perencanaan Rangkaian Sensor Tegangan Dan Pengkondisi Sinyal.....	44
3.3.3. Perancangan Rangkaian ADC (Analog Digital Converter) .....	45
3.3.4. Perencanaan Rangkaian Minimum Sistem MCU .....	48
3.3.5. Perencanaan Rangkaian Antarmuka Serial RS-232.....	51
3.4. Perencanaan Perangkat Lunak .....	53
3.4.1. Pengiriman Data.....	53
3.4.2. Proses Mencetak Data.....	54
3.4.3. Flowchart Assembler .....	55
3.4.4. Flowchart Visual Basic.....	56

#### **BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA**

4.1. Pengujian Alat .....	57
4.2. Tujuan Pengujian .....	57
4.3. Pengujian Rangkaian Sensor Arus .....	58
4.4. Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan.....	60
4.5. Pengujian Rangkaian ADC 0809 .....	63
4.6. Pengujian Rangkaian RS 232.....	65
4.7. Pengujian Keseluruhan Sistem .....	66

**BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....68

5.2. Saran .....69

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Blok Diagram AT 89S51 .....	9
Gambar 2-2	Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51 .....	10
Gambar 2-3	Diagram waktu pelaksanaan instruksi MCS <sup>®</sup> 51 .....	15
Gambar 2-4	<i>Transformator Step down</i> .....	31
Gambar 2-5	Blok Diagram SAC yang disederhanakan .....	34
Gambar 2-6	Konfigurasi pin ADC 0809 .....	34
Gambar 2-7	Konfigurasi Pin IC MAX 232 .....	35
Gambar 2-8	<i>1 byte of Async Data</i> .....	36
Gambar 2-9	Konektor DB-9 .....	37
Gambar 3-1	Diagram Blok secara keseluruhan .....	41
Gambar 3-2	Pin Modul Ampere Meter Digital .....	44
Gambar 3-3	Rangkaian Sensor Tegangan Dan Pengkondisi Sinyal .....	45
Gambar 3-4	Rangkaian ADC 0809 .....	46
Gambar 3-5	Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler AT89S51 .....	49
Gambar 3-6	Rangkaian RS-232 .....	52
Gambar 3-7	Blok Pengiriman Data .....	53
Gambar 3-8	Proses Cetak Data .....	54
Gambar 4-1	Pengujian Rangkaian <i>Sensor Arus</i> .....	57
Gambar 4-2	Pengujian Rangkaian Foto Pengujian Sensor Arus Pada Waktu Tidak Ada Data .....	57
Gambar 4-3	Foto Pengujian Sensor Arus Pada Waktu Ada Data .....	57

<b>Gambar 4-4</b>	<b>Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan.....</b>	<b>59</b>
<b>Gambar 4-5</b>	<b>Foto Pengujian Sensor Tegangan.....</b>	<b>60</b>
<b>Gambar 4-6</b>	<b>Foto Pengujian Rangkaian ADC 0809.....</b>	<b>63</b>
<b>Gambar 4-7</b>	<b>Blok Pengujian Keseluruhan Sistem.....</b>	<b>65</b>
<b>Gambar 4-8</b>	<b>Tampilan Program Pada <i>Visual Basic</i>.....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Keluarga Mikrokontoller <i>MCS- 51</i> .....	7
Tabel 2-2	Konfigurasi Port 3 Atmel 89S51.....	12
Tabel 2-3	Fungsi Khusus Pada Port 1 Atmel 89S51 .....	14
Tabel 2-4	Keterangan Register TCON.....	17
Tabel 2-5	Kombinasi MO dan M1 pada register TMOD .....	19
Tabel 2-6	<i>Special Function Register ( SFR)</i> .....	21
Tabel 2-7	<i>Program Status Word ( PSW)</i> .....	22
Tabel 2-8	<i>Power Control Register</i> .....	22
Tabel 2-9	Pin-Pin Pada Modul Ampere Meter.....	31
Tabel 2-10	Fungsi Pin RS-232 dalam DB-9 .....	37
Tabel 3-1	Fungsi Tiap-Tiap Port Mikrokontroler AT89S51 .....	50
Tabel 3-2	Konfigurasi Pin IC MAX232.....	51
Tabel 4-1	Perbandingan Tang Ampere Dengan <i>Sensor Arus</i> .....	58
Tabel 4-2	Hasil Pengukuran dan Pengujian Rangkaian <i>Sensor Arus</i> .....	58
Tabel 4-3	Hasil Perhitungan dan Pengukuran Rangkaian <i>Sensor Tegangan</i> . .....	60
Tabel 4-4	Data Kesalahan Relatif <i>Sensor Tegangan</i> .....	61
Tabel 4-5	Hasil Pengukuran Dan Perhitungan ADC 0809.....	64
Tabel 4-6	Hasil Pengukuran Output RS 232 .....	65

## **Abstrak**

*Penghitungan biaya listrik selama ini umumnya menggunakan metode manual. Penghitungan dilakukan dengan mencatat tampilan di Kwh Meter dengan jasa seseorang. Sistem penghitungan ini kerap kali menimbulkan perselisihan antara pengguna listrik dengan penyedia listrik karena keledoran pada waktu pencatatan. Dengan adanya alat ini diharapkan masalah-masalah yang terjadi pada metode manual dapat diatasi, karena alat ini menggunakan sistem digital dan otomatis.*

*Alat ini dirancang dengan metode perkalian yang dihasilkan dari pembacaan arus beban oleh sensor arus dan pembacaan tegangan melalui sensor tegangan. Disamping itu alat juga memperhitungkan faktor daya beban yang diperoleh dengan mencari selisih atau pergeseran fasa antara sinyal arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sensor tersebut. Sehingga untuk proses pengolahan sinyal terdapat tiga parameter sinyal yakni sinyal arus, sinyal tegangan dan beda fasa kedua sinyal tersebut. Untuk proses pengolahan ketiga sinyal tersebut dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51 yang membaca ketiga besaran tersebut melalui ADC 0809. Tampilan atau print out ditunjukkan melalui bantuan program Visual Basic.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu kebutuhan terpenting dalam kehidupan manusia sehari – hari. Dalam pemakaiannya, saat ini kita telah diberi kemudahan dengan adanya KWh Meter yang telah dilengkapi dengan *display* berapa banyak daya yang telah kita gunakan. Akan tetapi untuk daerah yang mayoritas penduduknya mempunyai usaha persewaan rumah petak akan sedikit menyulitkan mereka untuk menentukan berapa biaya listrik yang harus dibayar oleh konsumen mereka dalam satu bulan.

Sampai saat ini, para pemilik usaha ini masih menggunakan metoda tarif *flat* untuk konsumen yang membawa peralatan elektronik tambahan seperti televisi, radio, *heater*, *rice cooker* ataupun komputer. Karena metoda yang masih bersifat perkiraan, seringkali konsumen merasa keberatan dengan biaya yang ditetapkan. Hal ini sering memicu adanya perselisihan antara pemilik rumah dengan konsumen.

Masalah ini, memicu saya untuk mencoba membuat sebuah alat yang dapat menghitung berapa daya listrik yang digunakan oleh penghuni/ konsumen selama 24 jam. Alat ini akan dikonversikan sesuai dengan tarif standard yang telah ditetapkan oleh P.L.N.



## **1.2. Tujuan**

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk membuat sebuah alat yang dapat menghitung berapa daya listrik yang digunakan oleh penghuni/ konsumen selama 24 jam.

## **1.3. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang dibahas di dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

- Bagaimana merencanakan dan membuat program pada *Visual Basic* dan Mikrokontroller untuk pencatat rekening listrik .
- Bagaimana membuat dan merencanakan program antarmuka PC ke Mikrokontroller.
- Bagaimana membuat rangkaian penguat sensor.

## **1.4. Batasan Masalah**

Agar permasalahan tidak terlalu luas, maka penulis membatasi hanya pada hal-hal berikut:

- Tidak membahas koneksi pada internet dan jaringan
- Alat akan melakukan *Autosave* setiap 1 jam.
- Penulis hanya mengangkat dan menjelaskan fungsi dari tiap blok rangkaian saja.
- Maksimal beban yang diijinkan sebesar 5A dan tegangan 220V.

- Maksimal beban yang diijinkan sebesar 5A dan tegangan 220V.
- Untuk operasi sistem pada PC hanya bisa menggunakan merek dagang dari *Microsoft Corporation*.

### **1.5. Metodologi Penulisan**

Untuk mencapai tujuan yang direncanakan dengan hasil optimal, maka dalam pengerjaannya laporan akhir ini dilakukan secara bertahap dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Studi Literatur
2. Perancangan dan pembuatan alat
3. Pelaksanaan uji coba alat
4. Penyusunan Laporan Skripsi

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam proses penyelesaian penulisan dan pembuatan alat ini penulis melakukan dalam tahap-tahap yang sesederhana mungkin untuk mempermudah pemahaman dan penguasaan teori aplikasi peralatan ini secara praktis. Langkah awal proses tersebut adalah studi kepustakaan serta penguasaan teori yang disusul dengan perancangan rangkaian. Selanjutnya diikuti dengan pembuatan laporan skripsi yang berupa buku merupakan akhir dari pembuatan skripsi. Langkah-langkah diatas dapat dibuat sistematika pembahasan dari buku ini menjadi lima bab, yakni:

## **BAB I. PENDAHULUAN,**

Pada bab I ini berisi tentang hal-hal yang mendasari penulis mengangkat permasalahan yang antara lain:

- Latar belakang
- Tujuan penulisan
- Rumusan Masalah
- Batasan Masalah
- Metodologi
- Sistematika pembahasan.

## **BAB II. LANDASAN TEORI**

Pada bab II ini penulis mencoba mengangkat teori-teori dasar komponen sebagai penunjang dari permasalahan yang diambil.

## **BAB III. PERENCANAAN SISTEM DAN PEMBUATAN ALAT**

Membahas tentang perancangan alat baik perangkat keras maupun perangkat lunak, serta cara kerja blok diagram

## **BAB IV. PENGUJIAN ALAT**

Mencakup pembahasan tentang proses pengujian alat yang terdiri dari peralatan yang digunakan, langkah kerja dan analisa hasil pengujian

## **BAB V. PENUTUP**

## **BAB V. PENUTUP**

**Bab ini akan membahas kesimpulan dan saran yang diperoleh dari kekurangan dan kesalahan yang muncul pada pembuatan alat.**

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Landasan teori sangat membantu untuk dapat memahami suatu sistem. Selain daripada itu dapat juga dijadikan sebagai bahan acuan di dalam merencanakan suatu system. Dengan pertimbangan hal-hal tersebut, maka landasan teori merupakan bagian yang harus dipahami untuk pembahasan selanjutnya. Pengetahuan yang mendukung perencanaan dan realisasi alat meliputi mikrokontroler AT89S51, Program *Visual Basic 6.0*, *Sensor Tegangan*, *Sensor Arus*, *ADC0809*, *RS232*, *PRINTER*.

#### **2.1. Sistem Mikrokontroler AT89S51**

Mikrokontroler berbeda dengan mikroprosesor karena selain memiliki CPU juga dilengkapi dengan memori dan input-input yang merupakan kelengkapan sistem dalam mikrokomputer dalam keping tunggal (*Single Chip Mikrokomputer*) yang dapat berdiri sendiri.

##### **2.1.1. Mikrokontroler AT89S51**

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



Mikrokontroler AT89S51 adalah *mikrokontroler* ATMEL yang *kompatibel* penuh dengan mikrokontroler keluarga MCS-51, membutuhkan daya yang rendah, memiliki performa yang tinggi dan merupakan mikrokomputer 8 bit yang dilengkapi 4 Kbyte EPROM (*Erasable and Programable Read Only Memori*) dan 128 byte RAM internal. Program memori dapat diprogram ulang dalam sistem atau dengan menggunakan Program *Nonvolately Memory Konvensional*.

Dalam sistem mikrontroller terdapat dua hal yang mendasar, yaitu: perangkat keras dan perangkat lunak yang keduanya saling terkait dan mendukung. Berikut ini adalah tabel keluarga mikrokontroler MCS- 51, dapat dilihat bahwa mikrokontroler 8031 merupakan *versi* tanpa EPROM dari mikrokontroler 8051.

Tabel 2.1. Keluarga Mikrokontoller MCS- 51<sup>III</sup>

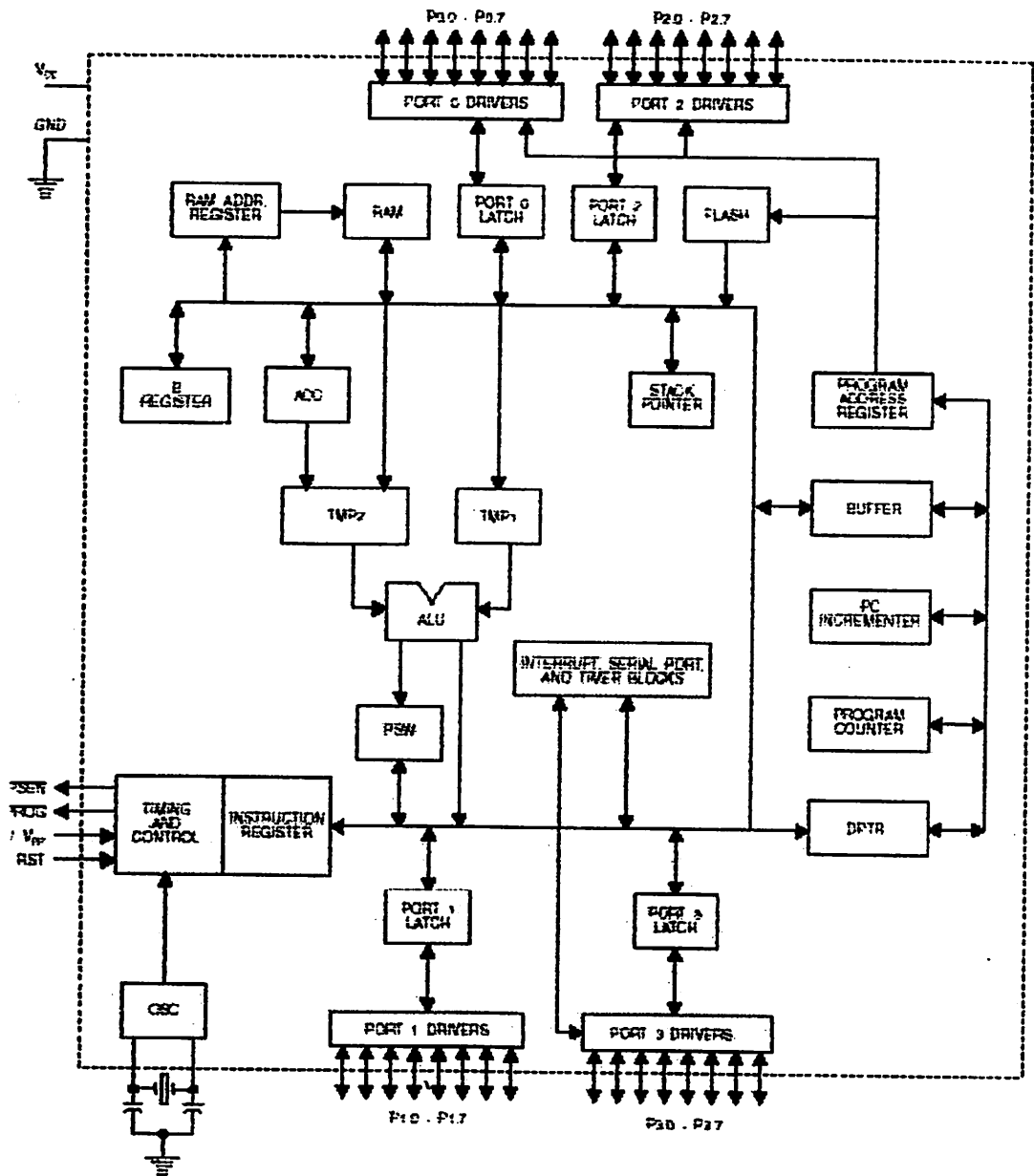
PART NUMBER	ON- CHIP CODE MEMORY	ON CHIP DATA MEMORY	TIMER
8051	4K ROM	128 BYTES	2
8031	0K	128 BYTES	2
8751	4K EOROM	128 BYTES	2
8052	8KROM	256 BYTES	3
8032	0K	256 BYTES	3
8752	8KEPROM	256 BYTES	3
AT89S51	4K EPROM	128 BYTES	2

### 2.1.2 Arsitektur AT89S51

Sebagai *single chip* yaitu suatu system mikroprosesor yang terintegrasi, mikrokontroller AT89S51 mempunyai konfigurasi sebagai berikut:

1. *CPU* 8 bit termasuk keluarga *MCS-51*.
2. 4 Kbyte alamat untuk *memory program internal* (EEPROM).
3. 128 byte *memory data* dalam (*Internal Data memory/ RAM*).
4. 8 bit program status word (PSW).
5. 8 bit *stack pointer* ( SP).
6. 32 pin I/O tersusun yaitu port 0-port 3 @ 8 bit.
7. 2 buah *timer/ counter* 16 bit.
8. Data serial *full duplex*.
9. *Control register*.
10. 5 sumber *interrupt*.
11. Rangkaian *osilator* dan *clock*.

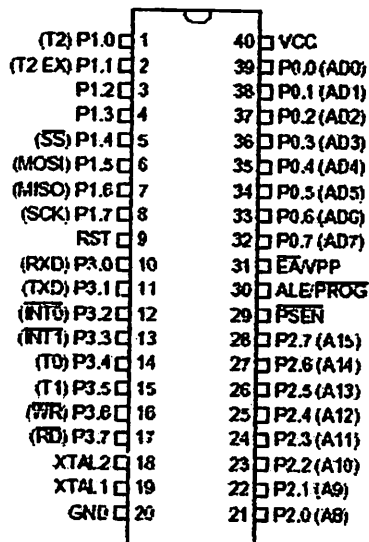
Arsitektur dasar dari mikrokontroler AT89CS1 seperti diagram blok berikut ini:



Gambar 2.1. Blok Diagram AT 89S51<sup>[1]</sup>

### 2.1.3 Fungsi Pin Mikrokontroler AT89S51

Susunan *pin-pin* mikrokontroler AT89S51 diperlihatkan pada Gambar 2.2, dan penjelasan dari masing-masing *pin* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2. Pin Mikrokontroler AT89S51  
Sumber: Data Sheet ATMEL AT89S51

Keterangan pin :

- a. Pin 40 (VCC)

Merupakan pin catu daya dengan tegangan sebesar +5 V (DC )

- b. Pin 20 ( GND )

Merupakan pin GROUND yang nanti terhubung dengan grounding rangkaian.

- c. Pin 32 – 39 ( Port 0 )

PORT 0 mempunyai fungsi sebagai port alamat dan data , maka jika mikrokontroler sedang mengakses alamat, P0 akan aktif sebagai pembawa alamat 8 bit yang bawah ( A0 – A8 ). Ketika

mengakses data (bisa input atau output) port ini sebagai jalur data (D7 – D0).

d. Pin 21 – 28 ( Port 2 )

Port 2 berfungsi sebagai pembawa alamat 8 bit atas ( A8 – A15 ). Berbeda dengan port 0, port ini tidak bersifat sebagai jalur data hanya sebagai pembawa alamat. Dengan demikian jelas bahwa untuk alamat AT89S51 menyediakan 16 bit sedangkan untuk jalur data hanya 8 bit.

e. Pin 10 – 17 ( port 3 )

Port 3 ini mempunyai fungsi yang berlainan dari setiap pin-pinnya, seperti yang di tunjukkan di bawah ini:

- P 3.7: Kaki *read* yang aktif manakala sedang melakukan eksekusi yang sifatnya membaca data.
- P 3.6 : Kaki *write* yang aktif saat melakukan eksekusi yang sifatnya menulis data ke suatu alamat.
- P 3.5 : Merupakan pin yang berhubungan dengan timer register timer 1 (T1).
- P 3.4 : Merupakan pin yang berhubungan dengan timer register 0 (T0).
- P 3.3 : Berhubungan dengan control interupt (INT1).
- P 3.2 : Berhubungan dengan control interupt (INT0).
- P 3.1 : Berhubungan dengan port serial (TXD).
- P 3.0 : Berhubungan dengan port serial (RXD).



Untuk lebih jelasnya lihat daftar tabel dibawah ini :

Tabel 2.2. Konfigurasi Port 3 Atmel 89S51

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)

Sumber: Data Sheet ATMEL AT89S51

f. Pin 9 (RST (*Reset*))

Pin reset ini aktif tinggi (1), jika pin ini aktif tinggi minimal dua kali siklus mesin bekerja maka akan mereset peralatan.

g. Pin 30 (ALE/PROG (*Address Latch Enable/Program*))

Pin ALE ini aktif tinggi dengan mengeluarkan pulsa output untuk melatch (mengunci/menahan) 1 byte alamat rendah selama mengakses ke alamat memori eksternal. ALE dapat mengendalikan 8 beban TTL dan juga merupakan input program yang aktif rendah selama pemrograman *Flash Eprom*. Pada operasi normal, ALE dikeluarkan pada suatu kecepatan yang konstan yaitu 1/6 dari frekuensi osilator, dan juga dapat dipergunakan untuk pewaktu atau timing eksternal atau untuk pemberian clock.

h. Pin 29 (PSEN (*Program Strobe Enable*))

Pin ini aktif rendah, yang merupakan pulsa pengaktif untuk pembacaan ke program memori eksternal.

i. Pin 19 (XTAL - !)

Sebagai pin input ke penguat osilator pembalik dan input rangkaian clock internal untuk operasi system.

j. Pin 18 ((XTAL - 2)

Pin output dari penguat osilator.

k. Pin 31 (EA/VPP (*Externall Access/Program Supplay Voltage*))

Pin ini harus di tahan dalam kondisi rendah secara eksternal atau dihubungkan ke-*ground* agar AT 89S8252 dapat mengakses kode mesin dari memori eksternal. Jika menggunakan internal program memori maka pin ini harus diberi logika tinggi (1).

Semua pin pada mikrokontroler AT 89S8252 adalah sama dengan mikrokontroler MCS - 51. Namun pada port 1 mikrokontroler AT 89S8252 terdapat beberapa fungsi khusus yang tidak terdapat pada mikrokontoler MCS-51.

Fungsi khusus tersebut dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 2.3. Fungsi khusus pada Port 1 Atmel 89S51

Port PIN	Fungsi Khusus
P 1.0	T2 (masuk ke luar untuk timer / counter 2)
P 1.1	T2 EX (timer / counter capture / reload trigger dan control arah)
P 1.2	-
P 1.3	-
P 1.4	SS ( <i>slave port select input</i> )
P 1.5	MOSI (master data output, slave dan input untuk kanal SPI)
P 1.6	MISO (master data input, slave data output untuk kanal SPI)
P 1.7	SCK (master clock output, slave clock input untuk kanal SPI)

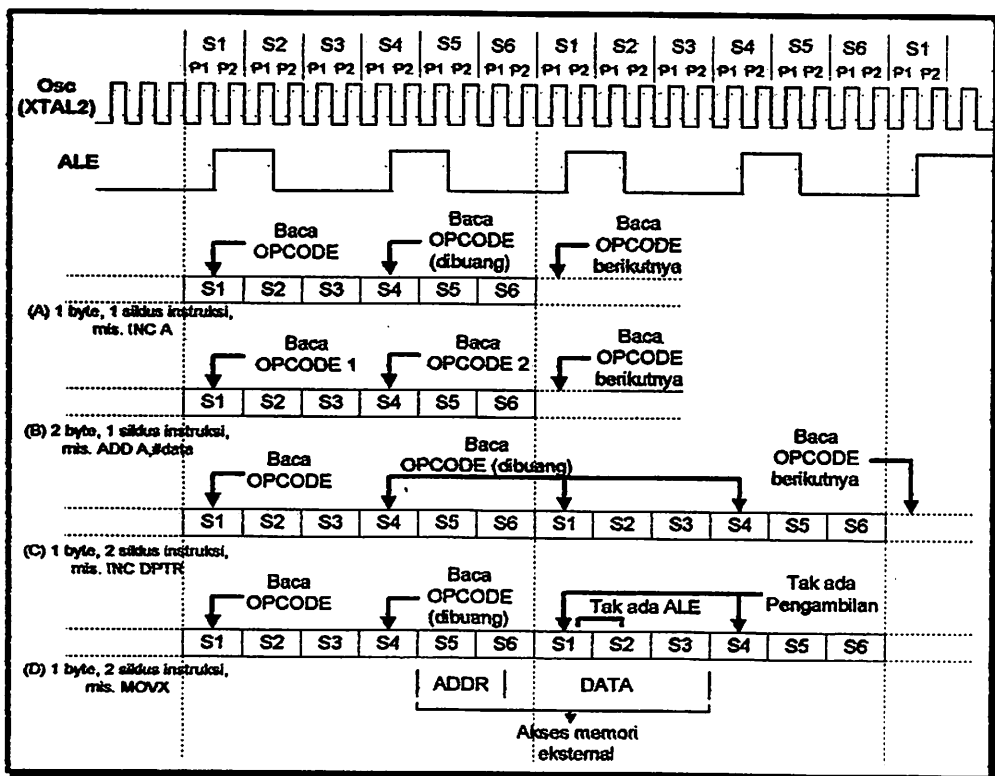
Sumber: Data Sheet ATMEL AT89S51

#### 2.1.4 Siklus Mesin

Satu siklus mesin terdiri atas 6 kondisi yang berurutan dan diberi nomor S1 sampai S6. Lama waktu untuk masing – masing kondisi adalah sebesar dua periode *oscilatornya*, jadi satu siklus mesin membutuhkan waktu sebesar 12 periode *oscilator* atau sebesar 1  $\mu$ detik untuk frekuensi *oscilator* sebesar 12 MHz. Gambar 2.4 menunjukkan kondisi dan tahapan dalam pelaksanaan beberapa macam instruksi.

Pada kondisi normal terjadi dua pengambilan *opcode* dalam satu siklus mesin, walaupun instruksi yang dieksekusi tidak membutuhkannya. Jika instruksi yang dieksekusi tidak membutuhkan *opcode* lagi, CPU akan mengabaikan pengambilan *opcode* berikutnya dan cacahan *Program Counter* tidak akan dinaikkan.

Pembacaan memori program eksternal pada mikrokontroller AT89S51 ditandai dengan aktifnya sinyal  $\overline{\text{PSEN}}$ . Sinyal  $\overline{\text{PSEN}}$  normalnya diaktifkan dua kali per-siklus mesin kecuali saat instruksi yang dieksekusi berupa pengaksesan data dari memori data eksternal.



Gambar 2.3. Diagram waktu pelaksanaan instruksi MCS<sup>®</sup>51

### 2.1.5 Organisasi Memori

Mikrokontroler *AT89S51* mengimplementasikan ruang memori yang terpisah antara program (*code*) dan data. Seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3, program data keduanya bisa merupakan memori internal, tetapi keduanya dapat diperluas dengan memori eksternal sampai 64 Kb memori program dan 64 Kb memori data.

Memori internal terdiri dari *ROM/ flash* memori dan *RAM* data didalam *chip*. *RAM* berisi susunan *general purposes storage*, *bit addressable storage*, *register bank* dan *special function register*. Ruang internal pada mikrokontroler *AT89S51* dibagi menjadi:

1. *Register bank* (00H-1FH), *bit addressable*.
2. *Bit adresable RAM* (20H-2FH).
3. *General Purpose RAM* (30H-7FH).
4. *Special Function register* (80H-FFH).

### 2.1.6 Timer dan Counter

Mikrokontroler *AT89S51* mempunyai dua buah *timer/ counter* 16 bit yang dapat diatur melalui perangkat lunak, yaitu, *timer/ counter* 0 dan *timer/ counter* 1.

Periode waktu *timer/ counter* secara umum ditentukan dengan persamaan berikut:

- o Sebagai *timer/ counter* 8 bit

$$T = (255 - TLX) * 1 / (F_{osc} / 12)$$

Dimana *TLX* adalah register *TLO* atau *TL1*



- o Sebagai timer / counter 16 bit

$$T = (65535 - THx - TLx) * 1 / (Fosc / 12)$$

Dimana :

THx = isi register TH0 atau TH1

TLx = isi register TLO atau TL1

Pengontrolan kerja timer atau counter adalah pada register timer control (TCON).

Adapun definisi dari bit-bit pada timer control adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4. Keterangan Register TCON<sup>[1]</sup>

Simbol	Posisi	Fungsi
TF1	TCON. 7	Timer 1 over flow flag, diset oleh perangkat keras saat timer/ counter menghasilkan over flow
TR1	TCON. 6	Bit untuk menjalankan timer 1. diset oleh software untuk membuat timer ON/OFF.
TF0	TCON. 5	Timer 0 over flag. Diset oleh hardware
TR0	TCON. 4	Bit untuk menjalankan timer 0. Diset / clear oleh software untuk membuat timer ON atau OFF.
IE 1	TCON. 3	Eksternal interrupt 1 Edge.
IT 1	TCON. 2	Interrupt 1 type control bit. Diset/ clear oleh software untuk menspesifikasi sisi turun/ level rendah dari intrupsi eksternal.
IE 0	TCON. 1	Eksternal interrupt 0 edge flaf.
IT 0	TCON. 0	Interrupt 0 type control bit.

MSB				LSB			
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

Pengontrolan pemilihan mode operasi *Timer/ counter* adalah register timer mode (TMOD) yang mana definisi *bit-bitnya* adalah sebagai berikut:

MSB				LSB			
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

Keterangan :

**GATE** : Saat *Trx* dalam TCON diset 1 dan GATE =1, *Timer/ counter* x akan berjalan ketika *Trx*= 1( timer dikontrol oleh *software*)

**C/tT** : Pemilihan fungsi *timer* atau *counter*. Clear (0) untuk operasi timer dengan masukan dari sistem *clock internal*. Set (1) untuk operasi counter dengan masukan dari pin TO dan T1.

**M1** : Bit pemilih mode 1

**M0** : Bit pemilih mode 0

Tabel 2.5. Kombinasi M0 dan M1 pada register TMOD<sup>[1]</sup>

M1	M0	Mode	Operasi
0	0	0	Timer 13 bit
1	1	1	Timer / Counter 16 bit
1	0	2	Timer auto reload 8 bit ( pengisian otomatis)
1	1	3	TLO adalah timer/ counter 8 bit yang dikontrol oleh control bit standart timer 0. TH0 adalah timer 8 bit dan di kontrol oleh bit timer 1

Dibawah ini akan dijelaskan tentang pengertian tentang *mode* yang akan digunakan pada *register* TMOD, sebagai berikut:

- Mode 0

Dalam kode ini *register* timer disusun sebagai *register* 13 bit setelah semua perhitungan selesai, mikrokontroller akan mengeset *timer Interrupt Flag* (TF1).

Dengan membuat  $GATE = 1$ , timer dapat dikontrol oleh masukan liar INT 1, untuk fasilitas pengukuran lebar pulsa.

- Mode 1

Mode 1 sama dengan mode 0 kecuali *register timer* akan bekerja dalam *register* 16-bit.

- Mode 2

Mode 2 menyusun *register timer* sebagai 8-bit counter. Over flow dari TL1 tidak hanya mengeset TF1 tetapi juga mengisi TL1 dengan isi TH 1 yang diatur secara *software*. Pengisian ini tidak mengubah TH1.

- Mode 3

Timer 1 dalam mode 3 semata-mata memegang hitungan. Efeknya sama seperti mengeset TR=0. timer 0 dalam mode 3 menetapkan TL 0 dan TH0 sebagai 2 *counter* terpisah. TL0 menggunakan *control bit timer 0*, yaitu C/T, GATE, TR0, INT0, DAN TF0, TH0 ditetapkan sebagai fungsi *TIMER*.

### 2.1.7 SFR (*Special Function Register*)

*Register internal* 8051 tersusun sebagai bagian dari *RAM internal* mikrokontroler. Tentunya setiap *register* mempunyai sebuah alamat. *Special Function Register* (SFR) berjumlah 21 yang terletak pada bagian atas *RAM internal*, yaitu yang beralamat 80H - ffH. Dapat diperlihatkan seperti table berikut ini:

Tabel 2.6. *Special Function Register ( SFR) <sup>[1]</sup>*

<i>SIMBOL</i>	<i>NAME</i>	<i>ADDRES</i>
ACC	ACCUMULATOR	0E0H
B	B REGISTER	0F0H
PSW	PROGRAM STATUS WORD	0D0H
IP	INTERUPT PRIORITY CONTROL	0B8H
IE	INTERUPT ENABLE CONTROL	0A8H
P3	PORT 3	0B0H
P2	PORT 2	0A0H
P1	PORT 1	90H
P0	PORT 0	80H
SBUF	SERIAL DATA BUFFER	99H
SCON	SERIAL CONTROL	98H
TH1	TIMER/ COUNTER 1 HIGH CONTROL	8DH
TH0	TIMER/ COUNTER 0 HIGH CONTROL	8CH
TL1	TIMER/ COUNTER 1 LOW CONTROL	8BH
TL0	TIMER/ COUNTER 0 LOW CONTROL	8AH
TMOD	TIMER/ COUNTER MODE CINTROL	89H
TCON	TIMER/ COUNTER CONTROL	88H
PCON	POWER CINTROL	87H
DPH	HIGH BYTE	83H
DPL	LOW BIYTE	82H
SP	STACK POINTER	80H

### 2.1.8 Program Status Word

Untuk mendefinisikan program status *word* ini dapat dilakukan perbyte maupun secara keseluruhan dari *register* ini, terletak dialamat D0H yang berisi *bit* status. Selengkapnya terdapat pada tabel berikut:

Tabel 2.7. Program Status Word ( PSW) <sup>(1)</sup>

BIT	SIMBOL	ADDRES	BIT DESCRIPTION
PSW. 7	CY	D7 H	Carry Flag
PSW. 6	AC	D6 H	Auxiliary Flag
PSW. 5	F0	D5 H	Flag 0
PSW. 4	RS1	D4 H	Register bank select 1
PSW. 3	RS0	D3 H	Register bank select 0  00 = bank 0; addresses 00H - 07H 01 = bank 1; addresses 08 H- 0FH 10 = bank 2; addresses 10 H- 17 H 11 = bank 3; addresses 18 H- 1FH
PSW. 2	OV	D2 H	Over Flow Flag
PSW. 1	-	D1 H	Reserved
PSW. 0	P	D0 H	Even Parity flag

### 2.1.9 Power Register Control

PCON terletak pada alamat 87 H yang berisi beberapa *bit control* dan dirangkum pada tabel berikut ini.

Tabel 2.8. Power Control Register<sup>(1)</sup>

BIT	SIMBOL	DISKRIPSI
7	SMOD	Double – baud rate bit; jika diset maka <i>baud rate</i> didouble dan berlaku pada mode serial port 1,2 dan 3

6	-	Tidak didefinisikan
5	-	Tidak didefinisikan
4	-	Tidak didefinisikan
3	GF1	<i>General purpose flag bit 1</i>
2	GF2	<i>General purpose flag bit 0</i>
1*	PD	<i>Power down</i> ; kondisi set untuk mengaktifkan mode <i>power down</i> , keluar dari mode ini hanya dengan <i>reset</i> .
0*	IDL	<i>Mode idle</i> ; kondisi set untuk mengaktifkan <i>mode idle</i> , keluar dari mode ini hanya dengan <i>interrupt</i> atau sistem reset

### 2.1.10 Sistem Interupsi

Mikrokontroler 8051 mempunyai 5 buah sumber interupsi yang dapat membangkitkan *interrupt request*:

- INT0 : permintaan *interrupt* luar dari kaki P3.2
- INT 1 : Permintaan *interrupt* luar dari kaki P3.3
- *Timer/ counter 0* : bila terjadi *overflow*
- *Timer/ Counter 1* : Bila terjadi *overflow*
- Port serial : Bila Pengiriman/ Penerimaan satu *frame* telah

Lengkap

Saat terjadi *interrupt* mikrokontroler secara otomatis akan menuju ke subrutin pada alamat tersebut. Setelah *interrupt service* selesai dikerjakan, mikrokontroler akan mengerjakan program semula. Dua sumber merupakan

sumber *interupsi eksternal*, INT1. Kedua interupsi eksternal dapat aktif *level* aktif transisi tergantung isi ITO dan IT1. Pada register TCON interupsi timer 1 dan timer 0 aktif pada saat *timer* yang sesuai mengalami *roll-over*. *Interupt* serial dibangkitkan dengan melakukan operasi OR pada R1 dan T1. setiap sumber interupsi dapat *enable* atau *disable* secara *software*.

Tingkat prioritas semua sumber interupsi dapat diprogram sendiri- sendiri dengan *set* atau *clear* bit pada SFR IP (*Interupt Priority*). Interupsi tingkat rendah dapat diinterupsi oleh interupsi yang mempunyai tingkat interupsi yang lebih tinggi, tetapi tidak sebaliknya. Walaupun demikian, interupsi yang tingkat interupsi nya lebih tinggi tidak bisa menginterupsi sumber interupsi yang lain.

#### 2.1.11 Metode Pengalamatan

Metode pengalamatan pada AT 89S51 adalah sebagai berikut:

a. Pengamatan tak langsung : *Operand* pengalamatan tak langsung menunjuk kearah sebuah register yang berisi lokasi alamat memori yang akan digunakan dalam operasi. Lokasi yang nyata tergantung pada isi *register* saat instruksi dijalankan. Untuk melaksanakan pengalamatan tak langsung digunakan symbol

@. Berikut ini diberikan beberapa contoh:

ADD A, @R0 : Tambahkan isi RAM yang lokasinya ditunjuk oleh *register* R0 ke akumulator

DEC @R1 : Kurangilah dengan satu, isi RAM yang alamatnya ditunjukkan oleh *register* R1.



**MOVX @DPTR,A** : Pindahkan isi akumulator ke memori luar yang lokasinya ditunjukkan oleh data *pointer* (DPTR).

#### b. Pengalamatan langsung

Pengalamatan langsung dilakukan dengan memberikan nilai ke suatu register secara langsung. Untuk melaksanakan hal tersebut digunakan tanda #.

Sebagai contoh:

**MOVA, # 01 H**: isi akumulator dengan bilangan 01 H

**MOV DPTR, # 19 ABH**: Isi register DPTR dengan bilangan 19AB h

Pengalamatan data langsung dari 0 sampai 127 akan mengakses RAM internal. Sedang pengalamatan dari 128 sampai 255 akan mengakses *register* perangkat keras sebagai contoh:

**MOV P3, A** : Pindahkan isi akumulator ke alamat data B0 H

(BOH adalah alamat Port 3)

#### c. Pengalamatan bit

Pengalamatan bit adalah penunjukan alamat lokasi bit baik dalam RAM internal, (byte 32 sampai 47) maupun bit perangkat keras. Untuk melakukan pengalamatan bit digunakan simbol titik misalnya :

**SETB 88 H. 6**: set bit pad lokasi 88H ( Timer 1ON)

#### d. Pengalamatan kode

Ada tiga macam instruksi yang dibutuhkan dalam pengalamatan kode, yaitu *relative jump*, *in- blockjump* atau *call*, dan *long jump*.

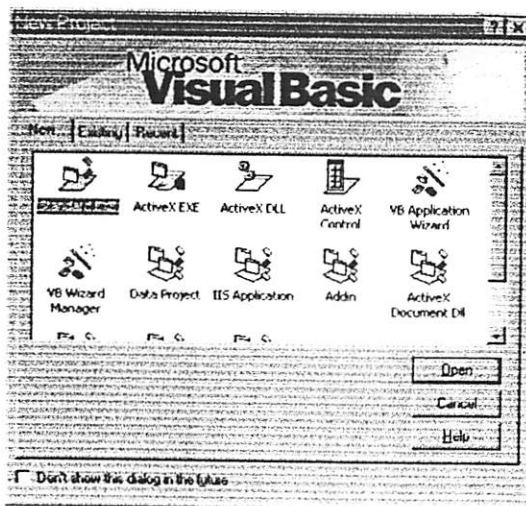
## 2.2. Visual Basic (VB)

Visual Basic adalah salah satu bahasa pemrograman komputer. Bahasa pemrograman adalah perintah-perintah yang dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Bahasa pemrograman Visual Basic, yang dikembangkan oleh Microsoft sejak tahun 1991, merupakan pengembangan dari pendahulunya yaitu bahasa pemrograman BASIC (*Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*) yang dikembangkan pada era 1950-an. Visual Basic merupakan salah satu *Development Tool* yaitu alat bantu untuk membuat berbagai macam program komputer, khususnya yang menggunakan sistem operasi Windows. Visual Basic merupakan salah satu bahasa pemrograman komputer yang mendukung object (*Object Oriented Programming* = OOP).

### 2.2.1. Integrated Development Environment (IDE) VB 6

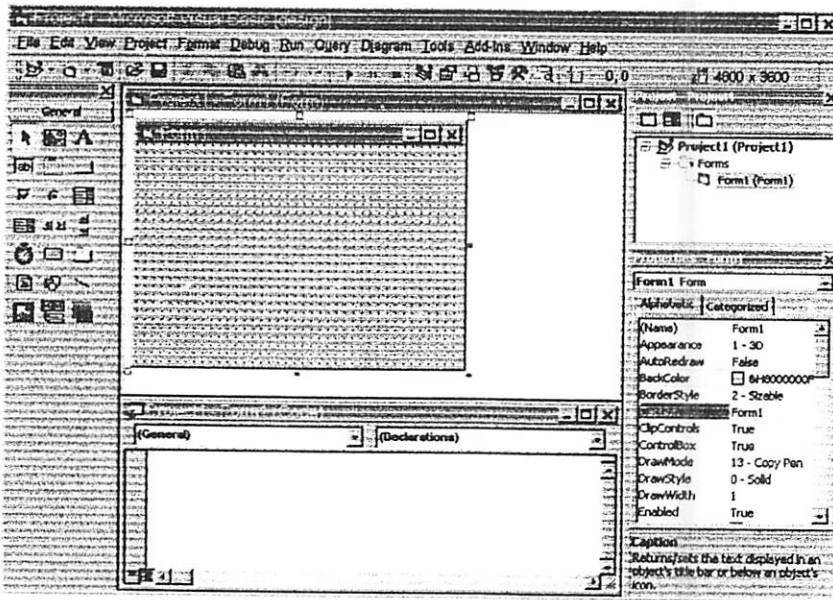
Aktifkan VB 6 melalui tombol Start > Programs > Microsoft Visual Studio 6.0 > Microsoft Visual Basic 6.0.

Tunggulah beberapa saat hingga muncul tampilan berikut :



Pilih Standard EXE dan klik tombol Open.

Anda akan melihat tampilan area kerja atau IDE VB 6. Kenali bagian-bagian utama di dalam IDE VB 6 berikut ini :




**Keterangan :**


**1. Menubar**

**2. Toolbar**


**3. Toolbox**

Bila Toolbox tidak muncul klik tombol Toolbox (  ) pada bagian Toolbar atau klik menu View > Toolbox.


**4. Jendela Form**

Bila Jendela Form tidak muncul klik tombol View Object (  ) pada bagian Project Explorer atau klik menu View > Object.


**5. Jendela Code**

Bila Jendela Code tidak muncul klik tombol View Code (  ) di pada bagian Project Explorer atau klik menu View > Code.

## 6. Project Explorer

Bila Project Explorer tidak muncul klik tombol Project Explorer () pada bagian Toolbar atau klik menu View > Project Explorer.

## 7. Jendela Properties

Bila Jendela Properties tidak muncul klik tombol Properties Window () pada bagian Toolbar atau klik menu View > Properties Window

### 2.2.2. Object, Property, Method dan Event

Dalam pemrograman berbasis obyek (OOP), anda perlu memahami istilah object, property, method dan event sebagai berikut :

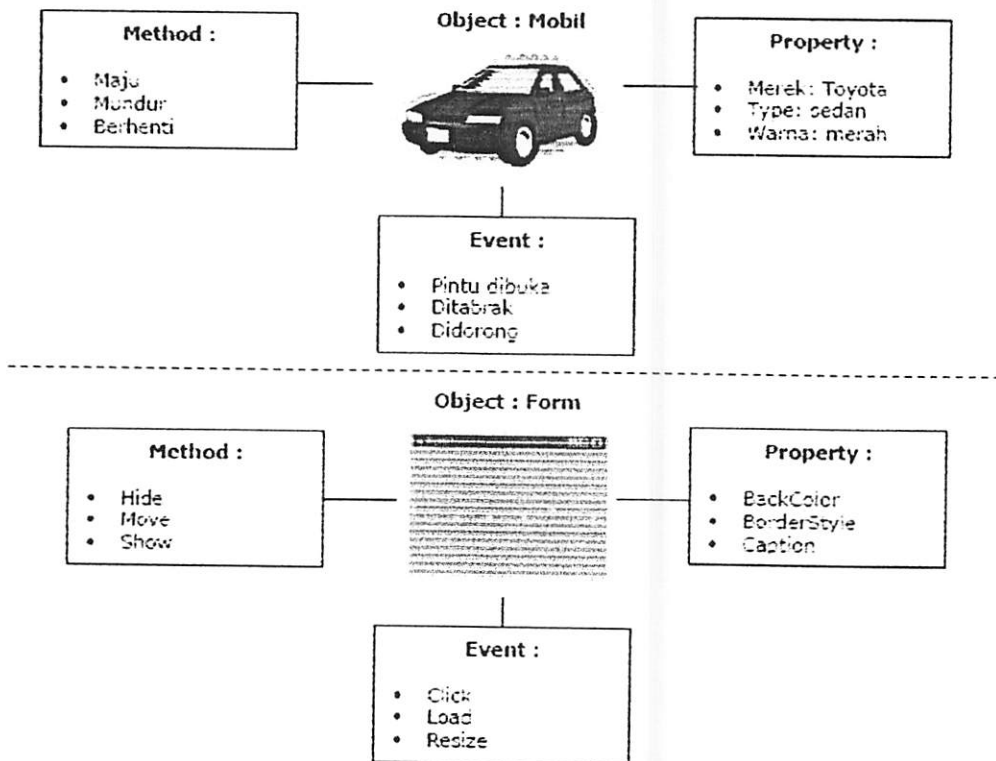
**Object** : komponen di dalam sebuah program

**Property** : karakteristik yang dimiliki object

**Method** : aksi yang dapat dilakukan oleh object

**Event** : kejadian yang dapat dialami oleh object

Sebagai ilustrasi anda dapat menganggap sebuah mobil sebagai obyek yang memiliki property, method dan event. Perhatikan gambar berikut :



Implementasinya dalam sebuah aplikasi misalnya anda membuat form, maka form tersebut memiliki property, method, dan event. Sebagaimana pemrograman visual lain seperti Delphi dan Java, VB juga bersifat event driven programming. Artinya anda dapat menyisipkan kode program pada event yang dimiliki suatu obyek.

### 2.3. Sensor Tegangan

Dalam perencanaan alat ini sensor tegangan menggunakan transformator *step down* sebagai komponen utamanya karena transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan induksi elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga

memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandingan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian lain dan membuat arus searah sambil tetap melakukan atau mengalirkan arus bolak balik antara rangkaian. Berdasarkan frekuensi, transformator dapat dikelompokkan sebagai berikut :

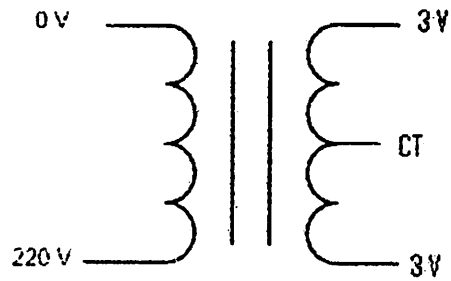
1. Frekuensi daya 50 – 60 c/s
2. Frekuensi pendengaran 50 c/s – 20 kc/s
3. Frekuensi radio diatas 30 kc/s

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi :

1. Transformator daya
2. Transformator distribusi
3. transformator pengukuran yang terdiri atas transformator arus dan transformator tegangan.

Kerja transformator yang berdasarkan induksi elektromagnet, menghendaki adanya gandingan magnet antarangkaian magnet antara rangkaian primer dan sekunder. Gandengan magnet inti besi tempat untuk melakukan fluks bersama.

Berdasarkan cara melilitkan kumparan pada inti, dikenal dua macam transformator, yaitu tipe inti dan tipe cangkang.



Gambar 2.4. Transformator Step down

#### 2.4. Sensor Arus

Dalam perencanaan dan pembuatan alat ini sensor arus menggunakan ampere meter digital yang sudah jadi buatan Jin Bang Instrument Co.,Ltd. Adapun spesifikasi dari modul tersebut adalah sebagai berikut:

Model : JB-3210

Power : AC220V 50Hz/60Hz

Range : 0-5A

Tabel 2.9. Pin-Pin Pada Modul Ampere Meter

No	Keterangan
1	INPUT HIGH
2	NC
3	INPUT LOW
4	NC
5	NC

6	NC
7	AUX POWER AC220V
8	NC
9	AUX POWER AC220V

## 2.5. ADC 0809 (*Analog to Digital Converter*).

Agar dapat mengolah suatu variabel fisik yang umumnya adalah besaran analog maka dibutuhkan suatu komponen yang dapat merubah besaran analog ke digital supaya dapat diolah oleh *mikrokontroller*. Konversi ini dilakukan oleh *converter analog ke Digital*.

Resolusi *ADC* didefinisikan sebagai voltage input yang diperlukan untuk 1 bit dan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Res = \frac{E}{2^n - 1}$$

Atau jika dinyatakan dalam % resolusi :

$$\% Res = \frac{E}{2^n - 1} \times 100\%$$

Resolusi *ADC* mengacu pada jumlah bit dalam keluaran *biner ADC*. Resolusi *ADC* 8 bit sama dengan  $(1/255)100\%$ . Spesifikasi penting lain selain ketelitian (*akurasi*) dan *linearitas* adalah waktu konversi (*Conversion time*). Waktu konversi *ADC* adalah waktu yang diperlukan *ADC* untuk menghasilkan *kode biner* yang valid untuk tegangan masukan yang diberikan semakin semakin pendek waktu konversi berarti kecepatan konversi semakin tinggi.

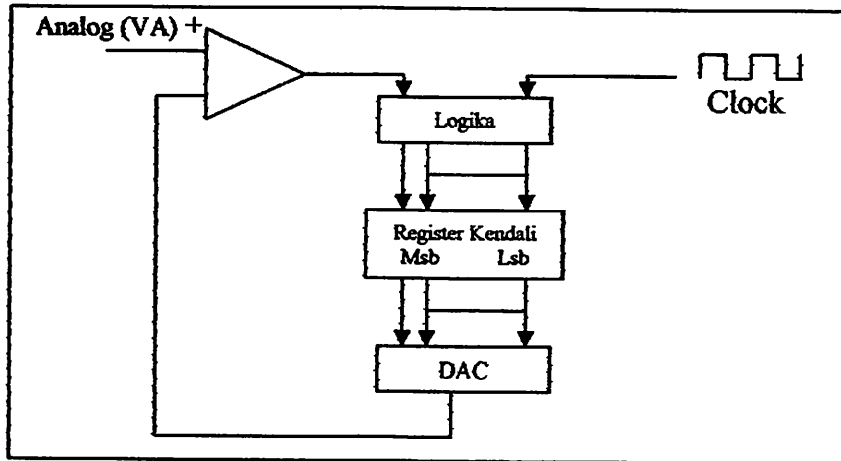


ADC yang paling banyak digunakan adalah :

1. *Counting and Counter ADC*
2. *Successive Approximation ADC (SAC)*
3. *Paralel Comparator* atau *Flash ADC*
4. *Dual slope* atau *Ratiometrik ADC*

Pada tugas akhir ini akan dibahas salah satu dari keempat macam ADC tersebut yaitu *Approximation ADC* sebagai ADC yang paling banyak digunakan karena banyak memberikan prestasi yang paling baik untuk suatu rangkaian.

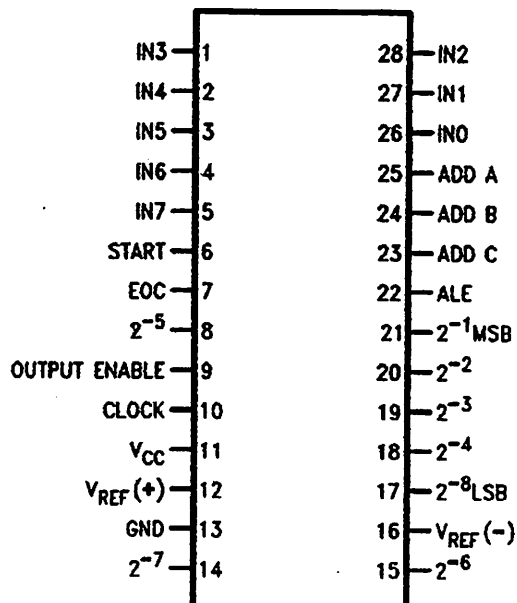
ADC pendekatan bertingkat *Successive Approximation ADC* yang disingkat *SAC* adalah ADC yang paling banyak digunakan dibanding dengan *counting ADC*. Waktu *converse SAC* jauh lebih pendek dan selalu konstan serta tidak tergantung nilai sinyal analog yang akan diubah. SAC tidak menggunakan pencacah sebagai gantinya digunakan *register control* (*control Register* juga disebut *Successive approximation Register (SAR)* yang isinya dapat diubah bit demi bit oleh suatu logika kendali. Proses konversi dimulai dengan memberi pulsa start, akibat pulsa start ini, logika kendali akan mereset semua bit dalam register control sehingga keluaran register register semuanya sama dengan 0 dan  $V_{ax}=0$ . Karena itu  $V_{ax}<V_a$  sehingga keluaran komparator akan tinggi karena sinyal logika 1 ini, logika kendali akan mereset LSB menjadi logika 0, karena sinyal logika 0 ini, logika kendali akan mereset LSB menjadi logika 0. Kemudian logika kendali akan men-set bit berikutnya (MSB kedua) menjadi logika 1.



Gambar 2. 5. Blok Diagram SAC yang disederhanakan

Sebaliknya kalau tadi ternyata  $V_{ax} = V_a$ , keluaran *komparator* akan tetap tinggi, logika kendali akan membiarkan *MSB* tetap tinggi, logika kendali kemudian akan men-set bit berikutnya (*MSB* kedua) menjadi tinggi.

### Dual-In-Line Package



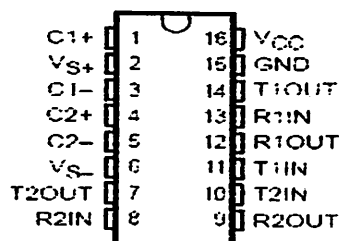
Gambar 2. 6. Konfigurasi pin ADC 0809

Proses yang diuraikan diatas diulang sampai semua *bit dikonversi* mulai dari MSB, kemudian MSB kedua, MSB ketiga dan seterusnya sampai LSB. Setelah LSB selesai dikonversi maka proses pengkonversian selesai dan logika kendali akan mengeluarkan *EOC (End of Conversion)*. Setelah konversi selesai, *register control* berisi bilangan *biner equivalent* dengan nilai *sinyal analog Va*.

## 2.6. RS 232 / MAX 232

Max 232 merupakan pengubah TTL ke level tegangan RS-232. Max 232 memiliki dua *driver* mengonversikan RS-232 ke level TTL, dan dua penerima yang merubah TTL ke RS-232. Max 232 memiliki 16 pin dan dioperasikan dengan empat buah kapasitor yang memiliki nilai 1uF.

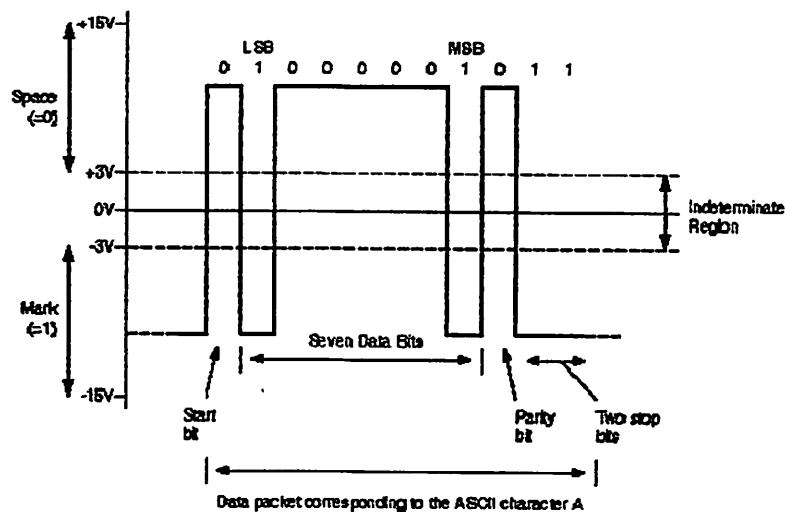
RS-232 merupakan salah satu jenis antar muka (*interface*) dalam proses transfer data antar komputer dalam bentuk serial transfer. RS-232 merupakan singkatan dari *Recommbeded Standard number 232*. Alat ini dibuat oleh *Electronic Industry Assosiation*, untuk *Interface* antara peralatan *terminal data* dan peralatan komunikasi data, dengan menggunakan *data binner serial* sebagai data yang ditransmisikan IC MAX 232 ini mempunyai empat buah bagian konverter yaitu dua buah *driver receiver* dan dua buah *driver transmitter*.



Gambar 2.7. Konfigurasi Pin IC MAX 232  
(Sumber : [www.electronicclub.com](http://www.electronicclub.com) DataSheet MAX 232)

RS-232 merupakan seperangkat alat yang berfungsi sebagai *interface* dalam proses *transfer* data secara *serial*. Metode pengiriman secara *serial* RS-232 adalah *asinkron*. Pengiriman *asinkron* berarti tidak membutuhkan pewaktu sebagai *sinkronisasi*. Dalam pengiriman secara *serial asinkron*, clock dapat dikirimkan, tetapi dikondisikan oleh *timing start bit* yang merupakan isyarat dari sumber ke tujuan untuk mendekodekan adanya pengiriman karakter sudah selesai dikirim.

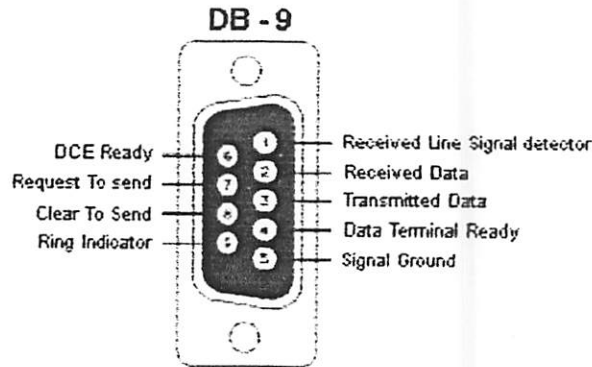
Karakteristik *electris* dan sistem RS-232 adalah mempunyai tegangan keluaran antara -15 volt sampai dengan +15 volt. Tegangan +3 sampai +15 volt untuk logika '0' / *spacing* dan tegangan -3 sampai -15 volt untuk logika '1' / *marking*. Hal tersebut dinyatakan dalam gambar 2.8.



Gambar 2.8. 1 byte of Async Data  
(Sumber : [www.arcelect.com/rs232.htm](http://www.arcelect.com/rs232.htm))

Didalam komputer terdapat fasilitas komunikasi *serial* yang menggunakan *Standard* RS-232, yaitu terletak pada COM 1 dan COM 2. Kedua fasilitas ini

menggunakan konektor DB-9 atau DB-25. Gambar konektor DB-9 seperti terdapat dalam gambar 2.9.



Gambar 2.9. Konektor DB-9  
(Sumber : Interfacing Komputer dan mikrokontroler)

Fungsi masing – masing pin pada DB-9 seperti terdapat dalam tabel 2-5

Tabel 2.10. Fungsi Pin RS-232 dalam DB-9

Pin	Nama	Fungsi
1	DCD (Data Carrier Detect)	Mendeteksi Sinyal Carrier dari modem lain
2	RD (Received Data Line) / (RXD)	Pengiriman data serial dari DCE ke DTE
3	TD (Transmitted Data Line) / (TXD)	Pengiriman data serial dari DTE ke DCE
4	DTR (Data Terminal Ready)	Memberitahukan DCE bahwa DTE telah aktif dan siap untuk bekerja
5	Ground	Referensi semua tegangan antar muka

6	DSR (Data Set Ready)	Memberitahukan DTE bahwa DCE telah aktif dan siap untuk bekerja
7	RTS (Request To Send)	Memberitahukan DCE bahwa DTE akan mengirim data
8	CTS (Clear To Send)	Memberitahukan DTE bahwa DCE siap menerima data
9	RI (Ring Indikator)	Aktif jika <i>modem</i> menerima sinyal ring jalur telepon

(Sumber : Interfacing Komputer dan mikrokontroler)

Jalur data (TXD dan RXD) untuk transport data, TXD adalah jalur *output* komputer, data dikirim dari pin ini. Sedangkan RXD adalah penerima untuk komputer, data yang datang akan diterima oleh pin ini. Pin ke empat adalah *output* (RTS) dimana sebuah sinyal akan diberikan pada alat yang dihubungkan dengan maksud meminta kiriman data. CTS adalah sinyal masukan yang menunggu sinyal dari alat yang terhubung ketika alat tersebut menerima sinyal RTS dan bisa menerima data maka ia akan mengirimkan sinyal balik yang merupakan CTS. DTR adalah sinyal keluaran yang memberi tanda bahwa ada alat yang terhubung dan akan mengirimkan data. DSR merupakan sinyal input yang mana jika alat yang terhubung menerima sinyal DTR ia akan memberi sinyal balik kemudian diterima sebagai sinyal DSR.

## **2.7. Printer**

Printer merupakan perlengkapan computer yang sering diperlukan untuk melengkapi peralatan elektronika berbasis mikrokontroller. Meskipun wujudnya besar, tetapi secara elektronika digital printer hanyalah sebuah peralatan yang bekerja pada level tegangan *TTL*, sehingga mikrokontroller bisa dihubungkan langsung keprinter tanpa tambahan rangkaian apapun.

Level tegangan pada konektor printer yang dihubungkan ke computer adalah level tegangan *TTL* (Transistor – Transistor Logic), yakni level tegangan baku dalam rangkaian – rangkaian digital. Dengan demikian, tidak diperlukan rangkaian tambahan.

Yang dimaksud level tegangan *TTL* adalah keadaan ‘0’ dinyatakan dengan tegangan kurang dari 0,8 Volt, sedangkan keadaan ‘1’ dinyatakan dengan tegangan lebih besar dari 2,4 Volt. Tegangan kerja dari IC digital dengan level tegangan *TTL* adalah tegangan dengan level toleransi plusminus 0,25 Volt.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

#### **3.1. Pendahuluan**

Dalam Bab ini akan dibahas pembuatan seluruh sistem perangkat yang ada pada Alat Pencatat Biaya Listrik Pada Rumah Petak Berbasis *Mikrokontroller* AT89S51 Dan *Visual Basic* Program, secara garis besar terdapat dua bagian perangkat yang ada yaitu:

1. Perencanaan perangkat keras
2. Perencanaan perangkat lunak

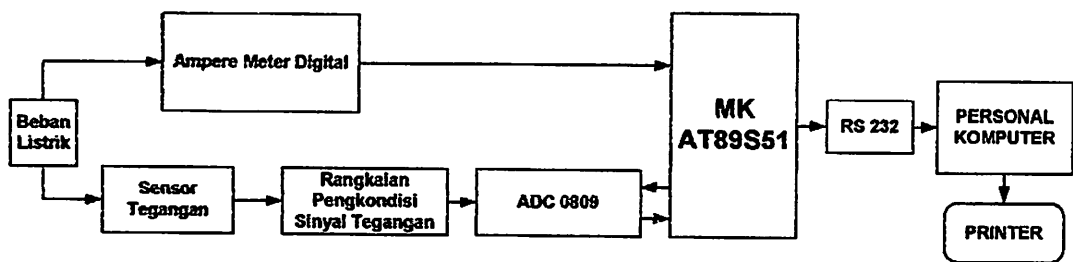
Pada perencanaan perangkat keras akan meliputi penjelasan dari perencanaan diagram blok system, perencanaan *minimum* sistem mikrokontroller AT89S51 dan juga perencanaan perangkat lunak yang menggunakan *Visual Basic* beserta peripheral yang digunakan pada perencanaan perangkat lunak yang juga digunakan pada *minimum* sistem mikrokontroller AT89S51. Akan tetapi perangkat tersebut dalam kerjanya akan saling mendukung satu dengan lainnya sehingga alat yang direncanakan dapat berjalan sesuai dengan perencanaannya.

#### **3.2. Perancangan Perangkat Keras**

Dalam pembuatan Alat Pencatat Biaya Listrik Pada Rumah Petak Berbasis *Mikrokontroller* AT89S51 Sebagai control utama dan *Visual Basic* sebagai pengolah data serta menggunakan komponen lain sebagai komponen pendukung. Sebelum



membuat perangkat keras terlebih dahulu direncanakan blok diagram yang akan dibuat dan kemudian membahasnya sesuai dengan blok diagram tersebut. Adapun blok diagram alat tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Blok secara keseluruhan

Gambar diatas adalah diagram blok dari rangkaian sistem. Rangkaian alat pengontrol tersebut terdiri dari rangkaian *sensor* tegangan, ampere meter digital, rangkaian ADC0809, rangkaian pengontrol sistem mikrokontroller AT 89S51, rangkaian RS 232.

### 3.2.1. Cara Kerja Rangkaian Keseluruhan

Alat ini memiliki beberapa alur proses pengontrolan. Yang pertama adalah pengontrolan dengan inputan data yang berupa *sensor* tegangan, inputan yang berupa data *analog* tersebut masuk ke ADC kemudian diteruskan ke mikrokontroller. Sedangkan inputan yang berupa *sensor* arus langsung masuk ke mikrokontroller karena datanya sudah berupa data digital.

RS 232 berfungsi sebagai piranti koneksi antara mikrokontroller dengan PC, data yang berupa tegangan dan arus pada mikrokontroller akan diteruskan ke PC melalui RS232. Setelah data diterima oleh PC kemudian data tersebut akan diolah dengan menggunakan program *Visual Basic*. *Visual Basic* akan melakukan autosave data setiap 1 menit. Untuk pencetakan data dilakukan dengan media printer, data yang dicetak berupa rincian biaya pemakaian listrik dan harus dibayar oleh pelanggan. Disini pencetakan data hanya dapat dilakukan oleh operator alat tersebut.

### **3.2.2. Fungsi Komponen dari Rangkaian Sistem**

Pada gambar blok diagram rangkaian keseluruhan diatas, dapat dilihat beberapa blok diagram yang masing-masing memiliki fungsi :

1. **Sensor arus**

Digunakan sebagai pendeteksi atau sensor arus dengan masimal arus 5A.

2. **Sensor tegangan**

Berfungsi sebagai pendeteksi tegangan AC dengan maksimal tegangan 220V.

3. **Pengkondisi sinyal tegangan**

Berfungsi sebagai pengkondisi output dari sensor tegangan.

4. **ADC 0809**

Berfungsi sebagai pengubah outputan sensor tegangan yang berupa data analog menjadi data digital.

5. Mikrokontroler AT89S51

Digunakan sebagai kontrol utama untuk mengendalikan system dengan bantuan *software*.

6. RS 232

Berfungsi untuk komunikasi dari mikrokontroler ke computer yang berupa komunikasi serial.

7. PC

Berfungsi sebagai media pengolahan dan penyimpanan data sekaligus merupakan pengontrolan dari semua system dengan bantuan *software* yaitu *visual basic*.

8. Printer

Printer disini berfungsi sebagai alat atau media pencetak data yang ada pada komputer.

### 3.3. Perancangan Rangkaian

Dalam merencanakan rangkaian kita harus mengacu pada system yang benar agar alat yang kita buat nantinya dapat berjalan sesuai dengan yang kita inginkan.

### 3.3.1. Perancangan Rangkaian Sensor Arus

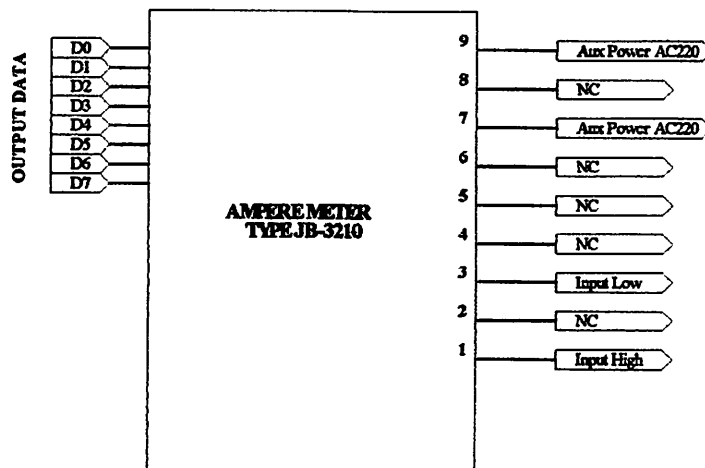
Untuk perencanaan rangkaian sensor arus disini menggunakan modul ampere meter digital yang sudah jadi dan banyak terjual di took-toko elektronik. Adapun spesifikasi dari modul tersebut adalah:

Merk : Jin Bang

Model : JB-3210

Power : AC220V 50Hz/60Hz

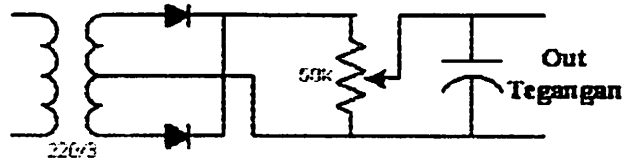
Range : 0-5A



Gambar 3.2. Pin Modul Ampere Meter Digital<sup>[4]</sup>

### 3.3.2. Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan Dan Pengkondisi Sinyal

Dalam skripsi ini sensor tegangan yang digunakan berupa sebuah transformer step-down pada umumnya, besar transformer ialah 300mA. Keluaran dari sensor ini berupa tegangan, berbentuk gelombang sinusoidal.



**Gambar 3.3. Rangkaian Sensor Tegangan Dan Pengkondisi Sinyal**

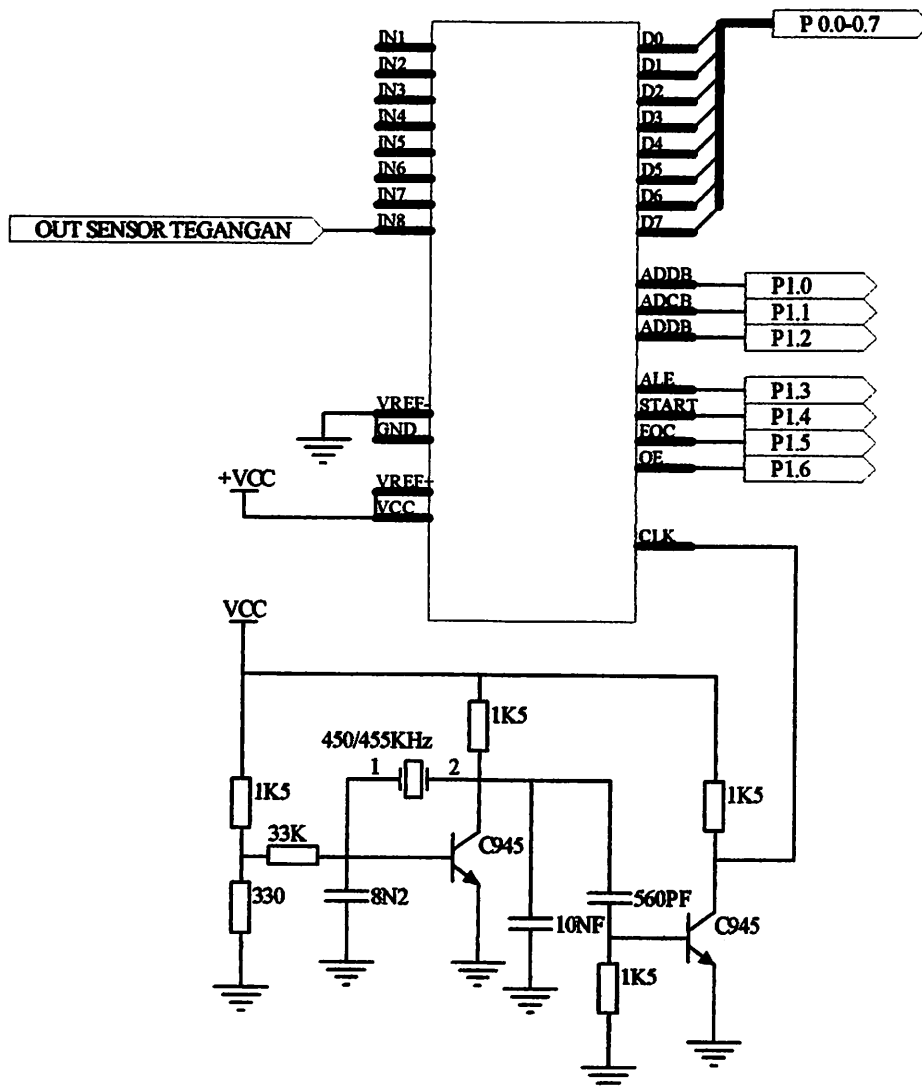
Dari transformator tegangan yang mengkonversi tegangan 220 volt menjadi 3 volt, kemudian sinyal disearahkan dengan penyearah gelombang penuh. Kalibrasi tegangan dilakukan dengan menempatkan resistor variable 50k sehingga tegangan yang dihasilkan dapat diatur, pada ujung rangkaian dipasang sebuah filter kapasitor untuk menghasilkan tegangan DC murni yang kompatibel terhadap tegangan yang dibutuhkan oleh ADC.

### **3.3.3. Perancangan Rangkaian ADC (Analog Digital Converter)**

Rangkaian ADC ini berfungsi mengkonversikan besaran analog menjadi besaran digital agar nantinya dapat diolah oleh mikrokontroller sebagai data masukannya. Jadi sinyal keluaran dari sensor adalah sinyal analog yang harus diubah menjadi sinyal digital agar dapat diinterfacekan sehingga dapat dibaca oleh program komputer.

Untuk rangkaian pengkonversian data analog ke digital (ADC) digunakan IC 0809. dengan sebuah masukan yaitu Vin (pin7) dan delapan buah keluaran yaitu

DB0-DB7 (pin11-pin18) pada port 1. bekerja dengan tegangan referensi sebesar 2,5 volt pada  $V_{ref}/2$  atau pin 9 yang didapat dari resistor pembagi tegangan (sesuai data sheet). Fungsi dari rangkaian referensi ini adalah untuk mendapatkan resolusi 1 bit yang diinginkan.



Gambar 3.4. Rangkaian ADC 0809<sup>[4]</sup>

ADC ini mempunyai range antara 0 sampai 5 volt dengan menggunakan pencatu daya +5 volt. ADC 0809 telah dilengkapi dengan clock internal yang dipasang secara running dan dapat diaktifkan dengan menghubungkan komponen resistor eksternal (R) dan komponen kapasitor eksternal (C) pada clockR dan nilai IN untuk menghasilkan sinyal clock. Nilai R ditentukan sebesar 10 K $\Omega$  dan nilai C sebesar 150pF, sehingga memberikan frekuensi clock sebesar:

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

$$F = \frac{1}{1,1 \times 10K \times 150 pK}$$

$$F = 606,06 \text{ KHz}$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa harga frekuensi yang didapatkan sudah dapat memenuhi harga yang diminta ADC 0804 berdasarkan data sheetnya.

ADC ini dirancang dapat menerima masukan 0 sampai 5 volt sehingga 1 bit berbobot  $\frac{5}{255} = 19,6 \text{ mV}$ . Tegangan referensi  $V_{ref}/2$  diset 2,00 Volt, sehingga  $V_{ref}$  yang dihasilkan sebesar 4,00 Volt maka untuk perhitungan resolusi setiap 1 bit berbobot:

$$\begin{aligned} \text{Resolusi 1 bit} &= \frac{V_{ref}}{255} \text{ (banyaknya data per bit } 2^8 = 255) \\ &= \frac{4}{255} = 15,6 \text{ mV} \end{aligned}$$

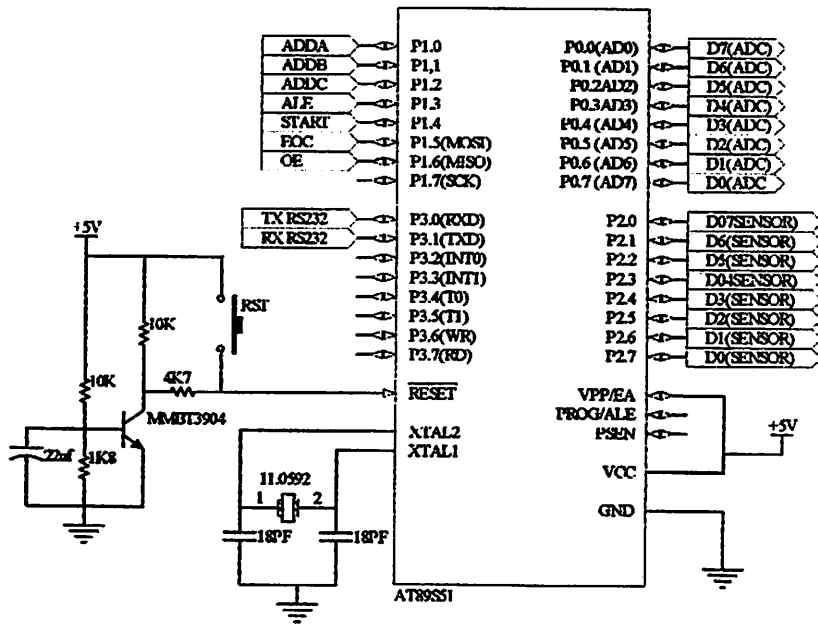
Untuk perhitungan pada tegangan 209V maka output tegangan DC yang dihasilkan oleh sensor tegangan adalah 2,09V=2090 mV. Sehingga output yang dihasilkan dari ADC 0809 adalah:

$$\begin{aligned}\text{ADC output} &= \frac{V_{in}}{\text{resolusi}} \\ &= \frac{2090 \text{ mV}}{15,6 \text{ mV}} \\ &= 133,97 \text{ mV} \\ &= 85\text{h}\end{aligned}$$

#### **3.3.4. Perancangan Rangkaian Minimum Sistem MCU**

Rangkaian *minimum* mikrokontroler AT89S51 dan penyemat (pin) yang digunakan dalam perencanaan alat ini ditunjukkan pada gambar berikut ini:





Gambar 3.5. Rangkaian minimum sistem mikrokontroler AT89S51

Penyemat X1 dan X2 dihubungkan dengan kristal yang berfungsi sebagai pembentuk sebuah isolator bagi mikrokontroler. Kristal 12MHz ini didukung dua kapasitor keramik C1 dan C2 yang nilainya sama. Apabila terjadi beda potensial pada kedua kapasitor tersebut maka kristal akan beresilasi. Pulsa yang keluar adalah berbentuk gigi gergaji dan akan dikuatkan oleh rangkaian internal pembangkit rangkaian pulsa pada mikrokontroler sehingga akan berubah menjadi pulsa clock. Untuk pembagian dari frekuensi internal mikrokontroler itu sendiri yang diinisialisasi dengan program.

Penyemat Reset dihubungkan dengan saklar yang digunakan untuk me-Reset mikrokontroler. Karena kaki reset ini aktif berlogic tinggi maka diperlukan Resistor R1 yang nilainya 10KΩ yang dihubungkan dengan tegangan 0 Volt untuk

memastikan penyemat *Reset* berlogic rendah saat sistem ini bekerja. Kapasitor  $C1=10\mu\text{F}$  berfungsi untuk meredam adanya kesalahan akibat penekanan *saklar Reset*.

Tabel 3-1

Fungsi Tiap – tiap *Port Microcontroller AT89S51*

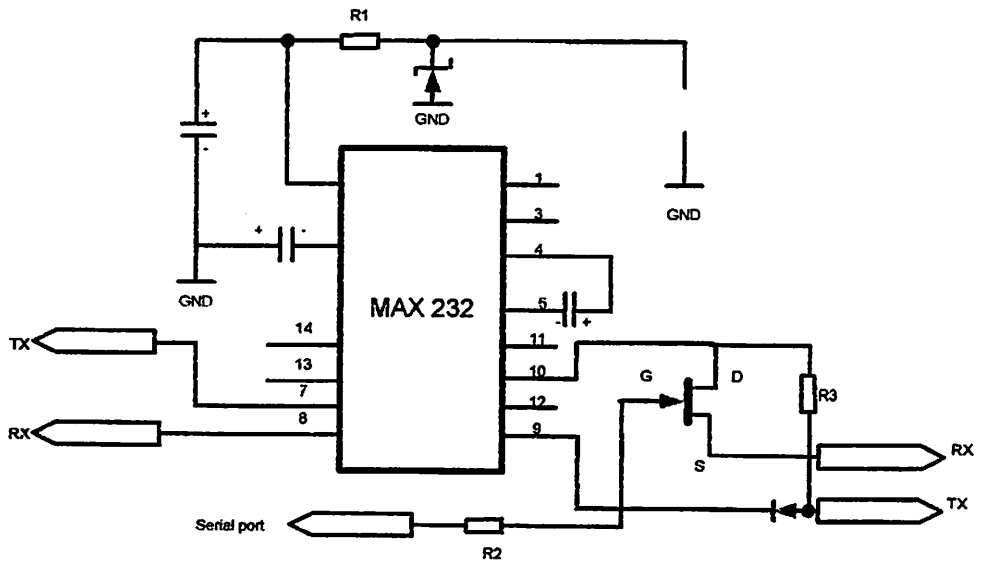
PORT	FUNGSI
Port 0.0-0.7	Data Output Dari ADC (D0-D7)
Port 2.0-2.7	Data Output Dari Sensor Arus (D0-D7)
Port 1.0	ADDA
Port 1.1	ADDB
Port 1.2	ADDC
Port 2.3	ALE
Port 2.4	START
Port 2.5	EOC
Port 2.6	OE
Port 3.0	Ke TX RS232
Port 3.1	Ke RX RS232

### 3.3.5. Perencanaan Rangkaian Antarmuka Serial RS-232

Sebagai penghubung antara mikrokontroller dengan PC adalah RS-232, level tegangan yang lebih besar dipakai IC MAX 232 yang beroperasi pada level tegangan +5V untuk bisa berkomunikasi dengan PC ini, level RS232. Pasangan *Transiver/receiver* ini digunakan untuk *TX* dan *RX*.

Tabel 3.2. Konfigurasi Pin IC MAX232

Nbr	Name	Purpose	Signal Voltage
1	C1+	+ connector for capacitor C1	capacitor should stand at least 16V
2	V+	output of voltage pump	+10V
3	C1-	+ connector for capacitor C1	capacitor should stand at least 16V
4	C2+	+ connector for capacitor C2	capacitor should stand at least 16V
5	C2-	- connector for capacitor C2	capacitor should stand at least 16V
6	V-	output of voltage pump / inverter	-10V
7	T2 <sub>out</sub>	Driver 2 output	RS-232
8	R2 <sub>in</sub>	Receiver 2 input	RS-232
9	R2 <sub>out</sub>	Receiver 2 output	TTL
10	T2 <sub>in</sub>	Driver 2 input	TTL
11	T1 <sub>in</sub>	Driver 1 input	TTL
12	R1 <sub>out</sub>	Receiver 1 output	TTL
13	R1 <sub>in</sub>	Receiver 1 input	RS-232
14	I1 <sub>out</sub>	Driver 1 output	RS-232
15	GND	Ground	0V
16	Vcc	Power supply	+5V



Gambar 3.6. Rangkaian RS-232

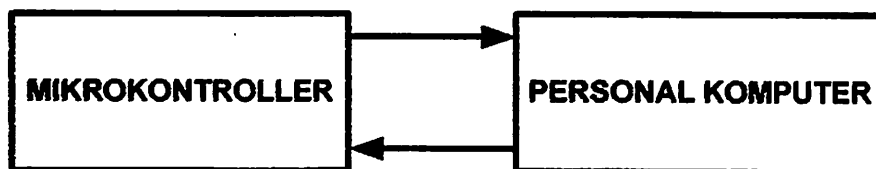
Dalam pembuatan rangkaian, MAX232 memerlukan beberapa kapasitor. Kami menggunakan kapasitor sebesar  $1 \mu\text{F}$  dengan tegangan 16 Volt pada beberapa kaki pin. IC ini memerlukan input +5 Volt. Ada 3 kapasitor yang digunakan dalam rangkaian ini yaitu pada pin 4 (+) dengan pin 5 (-), pin 6 (-) dengan (+) dan (-) kapasitor kaki (+) dengan pin 2. Juga menggunakan transistor jenis JFET yang dihubungkan dengan kaki D pada pin 10 (TX), G dengan resistor menuju port serial, S pada RX Hp, dioda zener dihubungkan dengan TX HP dan pin 9 (RX).

### 3.4. Perencanaan perangkat lunak

Pembuatan perangkat keras tidak banyak gunanya apabila tidak didukung oleh perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan disini menggunakan bahasa program *assembler* dan *Visual Basic*. Dan sebelum menyusun program terlebih dahulu kita harus membuat diagram alir (*flowchart*) dari program tersebut. Diagram alir akan mempermudah menentukan program yang akan dibuat.

Dengan demikian perangkat keras harus dapat membaca input data dari *Id sensor* arus dan *sensor* tegangan, dan mengeluarkan data ke computer melalui *RS232*. Dibawah ini dapat dilihat perencanaan diagram alir program dari alat yang direncanakan dan pada lampiran dapat dilihat susunan/*listing* program.

#### 3.4.1. Pengiriman Data

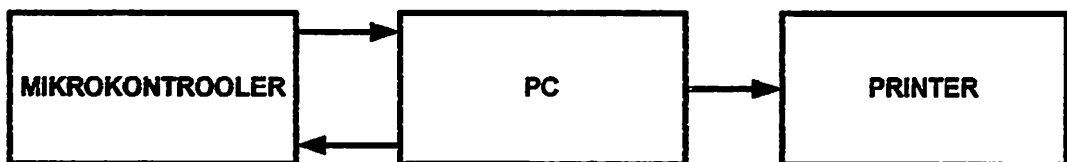


Gambar 3.7. Blok Pengiriman Data

Pada gambar 3.5. merupakan pengiriman data, data yang dikirim adalah data arus, beda fasa dan tegangan yang sudah diolah oleh mikrokontroller. Setelah data dikirim oleh mikrokontroller ke PC, maka PC akan mengkoreksi data tersebut apakah

benar-benar sudah *valid*. Apabila data yang diterima PC sudah valid kemudian data akan diolah melalui program *visual basic*.

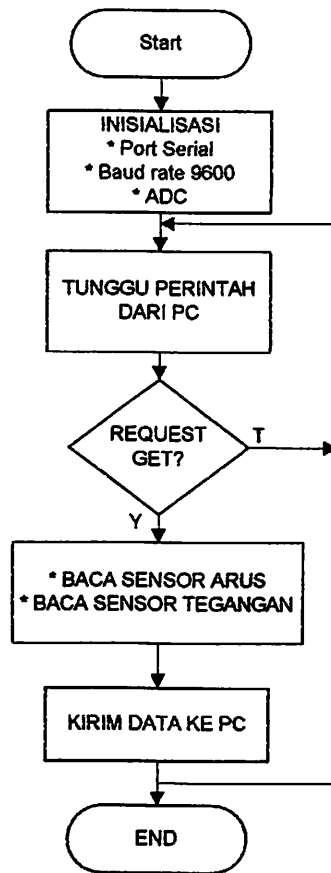
### 3.4.2. Proses Mencetak Data



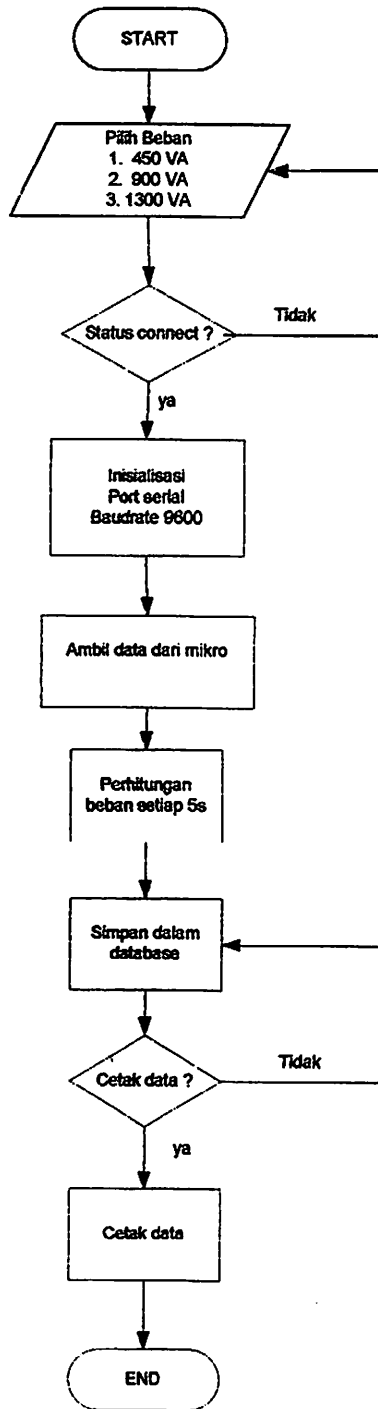
Gambar 3.8. Proses Cetak Data

Pada gambar 3.4. merupakan proses cetak data, jadi pada saat data masuk dari mikrokontroller ke database *visual* kemudian data tersebut akan diolah dan disimpan dalam database, dari hasil simpanan tersebut kemudian akan di cetak oleh mesin printer apabila sewaktu – waktu diperlukan.

### 3.4.3. Flow Chart Assembler



### 3.4.4. Flow Chart Visual Basic





## BAB IV

### PENGUJIAN DAN PENGUKURAN ALAT

#### 4.1. Pengujian Alat

Untuk mengetahui keberhasilan dari perencanaan dan pembuatan Alat Pencatat Biaya Listrik Pada Rumah Petak Berbasis *Mikrokontroller* AT89S51 Dan *Visual Basic* Program, maka diperlukan suatu pengujian tersebut. Pada bab ini akan diuraikan sejumlah pengukuran dan percobaan yang dilakukan untuk mengetahui sistem kerja alat secara keseluruhan.

Pengujian sistem tersebut adalah pengujian perangkat keras (*hardware*) per blok dan alat secara keseluruhan. Berikut ini akan diberikan prosedur pengujian dan hasil pengamatan terhadap pengujian.

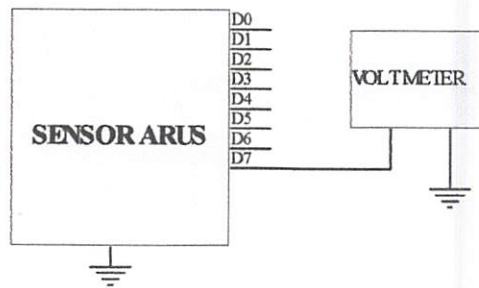
#### 4.2. Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui keadaan masukan atau keadaan keluaran dari tiap blok rangkaian yang direncanakan, sehingga dengan pengujian ini dapat diketahui apakah alat yang direncanakan dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Untuk tujuan ini, pengujian dilakukan dengan urutan rangkaian sebagai berikut :

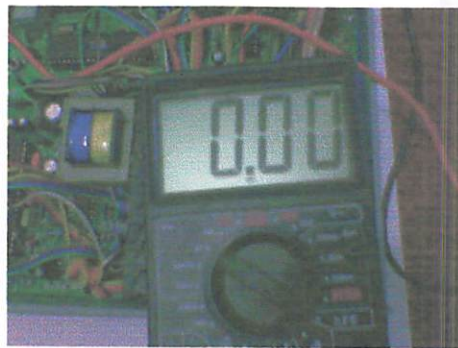
1. Pengujian Rangkaian *Sensor* Arus.
2. Pengujian Rangkaian *Sensor* Tegangan.
3. Pengujian Rangkaian ADC0809
4. Pengujian Rangkaian RS232
5. Pengujian Keseluruhan Sistem

### 4.3. Pengujian Rangkaian Sensor Arus

Pengujian rangkaian sensor dimaksudkan untuk mengetahui apakah *sensor* arus dapat bekerja dengan baik dalam menentukan atau mengukur beban. Dan untuk mengetahui berapa tegangan output dari *sensor* arus pada setiap perubahan beban.



Gambar 4.1. Pengujian Rangkaian *Sensor* Arus<sup>[4]</sup>



Gambar 4.2. Foto Pengujian *Sensor* Arus Pada Waktu Tidak Ada Data



Gambar 4.3. Foto Pengujian *Sensor* Arus Pada Waktu Ada Data

... ..  
... ..  
... ..  
... ..

...

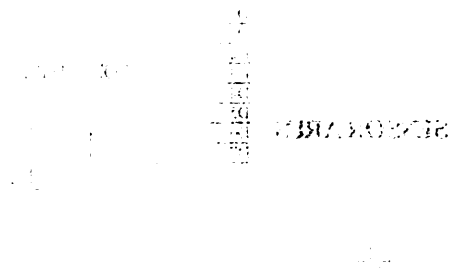


Figure 1: ... ..

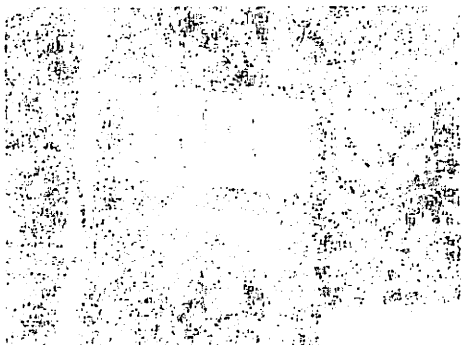


Figure 2: ... ..



Figure 3: ... ..

Dalam pengujian rangkaian *sensor* ini dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan output dari *sensor* arus pada setiap perubahan beban. Pengujian dan pengukuran rangkaian *sensor* arus dilakukan berdasarkan rangkaian diatas. Untuk kalibrasi *sensor* arus dengan menggunakan Tang Ampere yang sudah ada dan dapat ditunjukkan pada table berikut:

Table 4.1. Perbandingan Tang Ampere Dengan *Sensor* Arus

No	Tang Ampere	Sensor Arus
1	0A	0A
2	1A	1A
3	2A	2A
4	3A	3A
5	4A	4A

Dari hasil pengujian dan pengukuran rangkaian *sensor* arus tersebut dapat dilihat berdasarkan table di bawah ini.

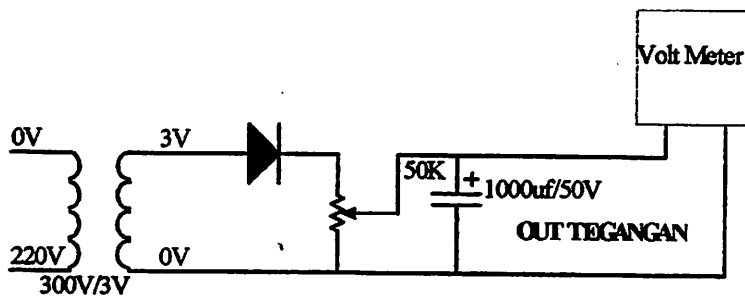
Table 4.2. Hasil Pengukuran dan Pengujian Rangkaian *Sensor* Arus

Beban (Ampere)	Output	Tegangan (Volt)	Data Biner	Data Hexadecimal
0A	D7	5	0	02H
	D6	5	0	
	D5	5	0	
	D4	5	0	
	D3	5	0	
	D2	5	0	
	D1	0	1	

	D0	5	0	
1A	D7	5	0	40H
	D6	0	1	
	D5	0	0	
	D4	5	0	
	D3	5	0	
	D2	5	0	
	D1	5	0	
	D0	5	0	

#### 4.4. Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

. Pengujian rangkaian sensor tegangan dimaksudkan untuk mengetahui berapa tegangan output DC dari *sensor* pada setiap perubahan tegangan AC.



Gambar 4.4. Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan



Gambar 4.5. Foto Pengujian Sensor Tegangan

Dalam pengujian rangkaian *sensor* tegangan ini dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan output DC pada setiap perubahan tegangan AC dan membandingkannya dengan hasil perhitungan. Pengujian dan pengukuran rangkaian *sensor* tegangan dilakukan berdasarkan rangkaian diatas. Dari hasil pengujian dan pengukuran rangkaian *sensor* tegangan tersebut dapat dilihat berdasarkan tabel dibawah ini:

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan dan Pengukuran Rangkaian *Sensor* Tegangan

No	Tegangan AC	Output DC	
		Perhitungan	Pengukuran
1	209	2,09	2,09
2	211	2,11	2,11
3	213	2,13	2,13
4	214	2,14	2,14
5	217	2,17	2,17
6	219	2,19	2,19
7	220	2,20	2,20

Berdasarkan tabel diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Misalkan tegangan AC yang terdeteksi adalah 214V maka output dari *sensor* tegangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} V_{o(sensor)} &= V_{in} : 100 \\ &= 214 : 100 \\ &= 2,14 V \end{aligned}$$

Untuk mencari kemungkinan kesalahan relative dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan relative} &= \left| \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{perhitungan}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{2,14 - 2,14}{2,14} \right| \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, nilai kesalahan relative seperti pada tabel 4-4 berikut ini:

Table 4.4. Data Kesalahan Relatif *Sensor* Tegangan

No	Tegangan AC	Output DC		Error (%)
		Perhitungan	Pengukuran	
1	209	2,09	2,09	0
2	211	2,11	2,11	0
3	213	2,13	2,13	0
4	214	2,14	2,14	0
5	217	2,17	2,17	0
6	219	2,19	2,19	0
7	220	2,20	2,20	0

Untuk kesalahan rata-rata dapat dicari dengan rumus:

$$\text{Kesalahan relative rata-rata} = \frac{\sum \text{error}}{x}$$

Dimana :  $\sum \text{error}$  = jumlah error

X = Banyaknya Sampel

Jadi apabila  $\sum \text{error} = 0$

X = 7

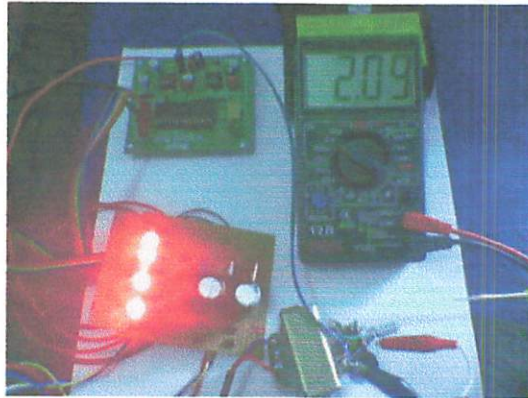
$$\text{Maka kesalahan relative rata-rata} = \frac{0}{7} = 0 \%$$

#### 4.5. Pengujian Rangkaian ADC 0809

ADC digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital dimana sinyal yang dikeluarkan oleh *sensor* masih berupa sinyal analog, karena mikrokontroller hanya bisa menerima sinyal digital saja yaitu logika 1 dan 0. Sehingga diperlukan adanya pengubah data analog menjadi data digital berupa ADC (*Analog to Digital Converter*).

Pengujian disini dilakukan dengan cara pin 12 ( $V_{ref}/2$ ) dihubungkan dengan positif (+) multimeter dan negatif (-) multimeter dihubungkan ke *ground*, agar mendapatkan nilai  $V_{ref}/2$  dalam satuan volt. Lalu mengukur  $V_{in}$  dari ADC 0809 dengan cara menghubungkan positif multimeter dengan pin 5 dari ADC dan negative (-) multimeter dihubungkan ke *ground* sesuai dengan tegangan yang diterima. Sehingga didapatkan hasil dari pengukuran  $V_{ref}/2$  didapat tegangan sebesar 2,00 volt, jadi  $V_{ref}$  yang didapat 4,00 volt. Sedang untuk pengukuran  $V_{in}$  dari ADC apabila tegangan pengukuran 214V didapat  $V_{in}$  sebesar 2,14 volt.





Gambar 4.6. Foto Pengujian Rangkaian ADC 0809

Data hasil pengukuran didapatkan sebagai berikut:

$$V_{ref/2} = 2,00 \text{ volt}$$

$$V_{ref} = 4,00 \text{ volt}$$

$$\begin{aligned} \text{Resolusi 1 bit} &= \frac{V_{ref}}{2^8 - 1} \text{ (banyaknya data per bit = 255)} \\ &= \frac{4,00}{255} = 15,6 \text{ mV/step} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan pada tegangan 214V maka inputan tegangan yang dihasilkan oleh ADC sebesar 2,14 volt

$$\begin{aligned} V_{out \text{ ADC}} &= \frac{V_{in}}{\text{resolusi}} \\ &= \frac{2140mV}{15,6} \\ &= 137,17 \text{ desimal} \\ &= 89 \text{ hexadesimal} \end{aligned}$$

Tabel 4.5. Hasil pengukuran dan perhitungan ADC 0809

No	Tegangan AC (Volt)	Output DC (volt)	Output ADC	
			Desimal	Hexadesimal
1	209	2,09	133,97	85h
2	211	2,11	135,25	87h
3	213	2,13	136,53	88h
4	214	2,14	137,17	89h
5	217	2,17	139,10	8Bh
6	219	2,19	140,38	8Ch
7	220	2,20	141,02	8Dh

#### 4.6. Pengujian Rangkaian RS 232

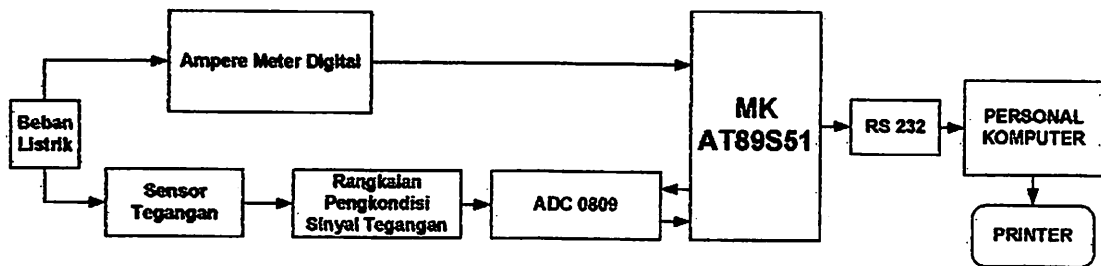
RS 232 digunakan untuk menyetarakan TTL (Transistor Transistor Logic) dalam teorinya di dalam data sheet disebutkan apabila RS 232 berkondisi 5V maka outputnya akan berupa tegangan -3 V sampai -15 V dan apabila berkondisi 0V akan mengeluarkan output sebesar 3V sampai 15V.

Pengujian disini akan dilakukan dengan cara pin 11 (TXD) dari AT89S51 dihubungkan ke ground (pin 20). Hal ini bertujuan agar mikrokontroler mendapat logika low (0V), lalu mengukur output dari pin 7 RS 232. kemudian menghubungkan pin 11 AT89S51 (TXD) dengan pin AT89S51(Vcc) ini dilakukan agar mikrokontroler berlogika high (5Volt) dan mengukur outputan dari pin 7 RS232. pengukuran ini menggunakan alat ukur multimeter. Pengujian ini bertujuan untuk mengecek apakah sesuai dengan apa yang disebutkan di dalam data sheet bahwa apabila RS 232 menerima 0V akan mengeluarkan 15V dan apabila menerima 5V akan mengeluarkan -15V

Tabel 4.6. Hasil Pengukuran Output RS 232

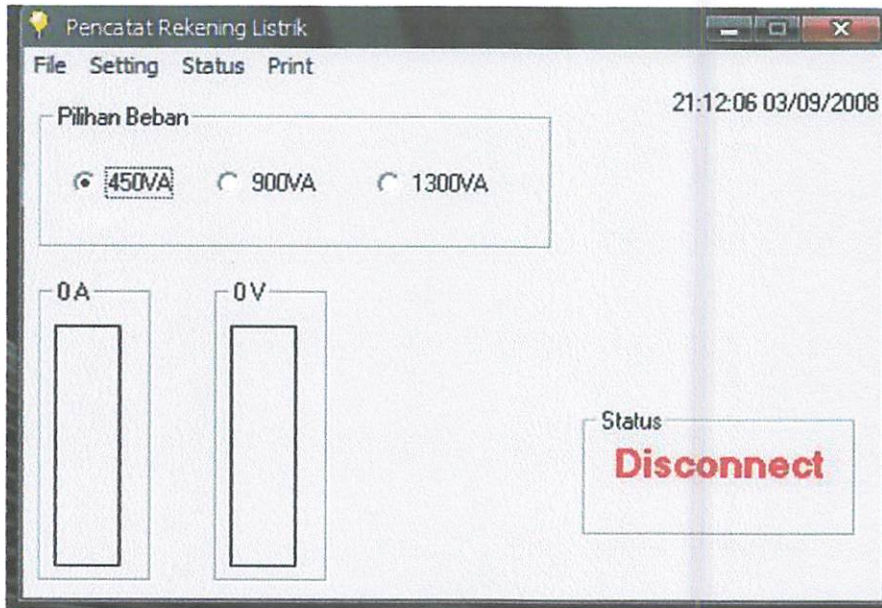
RS 232			Output
INPUT	LOW	0,24 Volt	9,01 Volt
	HIGH	4,69 Volt	-9,01 Volt

#### 4.7. Pengujian Keseluruhan Sistem



Gambar 4.7. Blok Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *sensor-sensor* yang dikontrol oleh mikrokontroller dapat diakses melalui *visual basic* dan alat dapat berjalan dengan benar. Untuk menguji keseluruhan system alat maka kita harus menjalankan seluruh sistem yang ada pada alat ini. Untuk menjalankan alat ini pertama kita harus membuka program kita buat di PC melalui *visual basic*. Adapun gambar tampilan dari program tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8. Tampilan Program Pada *Visual Basic*

Setelah program terbuka selanjutnya kita harus menghubungkan komunikasi RS232 yang ada di PC dengan RS232 yang ada di mikrokontroler. Apabila alat sudah terhubung lalu kita harus mengaktifkan VB dan mikrokontroler dengan cara meng *click connect* pada menu status. Fungsi dari program *visual basic* disini sebagai pengolah data yang dikirim oleh mikrokontroler yang berupa arus, tegangan dan beda fasa. Data-data yang dikirim oleh mikrokontroler tersebut akan diolah dan disimpan oleh visual basic menjadi tampilan rekening listrik yang dicetak oleh printer. Adapun rumus perhitungan rekening listrik adalah sebagai berikut:

- (Pemakaian Kwh x Biaya Pemakaian (Rp/Kwh)) + Biaya Beban + Pajak Penerangan Jalan + Biaya Materai.
- Rumus untuk menghitung Kwh:  $(\text{Volt} \times \text{Arus} \times \text{Cos } \Phi)$  Per Jam

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari perancangan dan pembuatan alat pencatat biaya listrik berbasis mikrokontroller dan *visual basic* ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Disini mikrokontroller hanya berfungsi sebagai pengambil data dari sensor kemudian mengirimkan ke PC dan untuk pengolahan datanya dilakukan oleh *visual basic program*.
2. Besar kecilnya output sensor tegangan dipengaruhi oleh tegangan input yang masuk. Data output sensor bertegangan antara 0 - 2,20 VDC.
3. Pada saat sensor arus mendeteksi beban maka data output yang dikeluarkan sensor berlogika high dengan tegangan 5 VDC dan apabila tidak ada beban output data berlogika low dengan tegangan 0 VDC.
4. Untuk operasi sistem pada PC hanya bisa menggunakan merek dagang dari *Microsoft Corporation*.

#### **5.2. Saran**

Aplikasi alat pencatat biaya listrik pada rumah petak berbasis mikrokontroler dan *visual basic program* ini masih memiliki keterbatasan, nantinya diharapkan dapat dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan itu. Adapun keuangan dan langkah-langkah pengembangannya sebagai berikut :

1. Sensor arus dan tegangan untuk pengembangan selanjutnya mungkin bisa menggunakan kapasitas yang lebih tinggi.
2. Pada sistem monitoring mungkin bisa dimonitor dari jarak jauh dengan menggunakan sistem jaringan (LAN) maupun internet.
3. Rangkaian RS232 dapat dihilangkan dengan mengganti mikrokontroller AT89S51 dengan mikrokontroler dari keluarga AVR tipe L yang bekerja pada level tegangan 3,3 volt.
4. Untuk operasi sistem bisa menggunakan merek dagang selain *Microsoft Corporation*, misalnya merek dagang dari *Linux*, *Machintos* dll.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ATMEL, Data Sheet Book atau [www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com)
- [2]. [www.joaldera.blogspot.com](http://www.joaldera.blogspot.com)
- [3]. *Data Sheet ADC 0809*
- [4]. *Design Protel 99Se*
- [5]. *Data Sheet RS232*
- [6]. [www.ilmukomputer.com](http://www.ilmukomputer.com)
- [7]. *Microsoft Visio 2002*
- [8]. *Visual Basic*



LAMPIRAN  
LAMPIRAN





KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**Nama** : Galang Mandiri  
**NIM** : 02.12.096  
**Jurusan** : Teknik Elektro S-1  
**Konsentrasi** : Teknik Energi listrik  
**Judul Skripsi** : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCATAT  
BIAYA LISTRIK PADA RUMAH PETAK BERBASIS  
MIKROKONTROLLER AT89S51 DAN VISUAL BASIC PROGRAM.

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

**Hari** : Rabu

**Tanggal** : 24 September 2008

**Dengan nilai** : 77,50 (B+) *Buy*



**Panitia Ujian Skripsi**

**Ir. Mochtar Asroni, MSME**  
Ketua

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
Sekretaris

**Anggota Penguji**

**Ir. H. Taufik Hidayat, MT**  
Penguji Pertama

**Ir. Teguh Herbasuki, MT**  
Penguji Kedua



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
KAMPUS II : JL. Raya Karang Ploso Km 2. Malang  
Tlp.0341/41735/417636/Fax : 417634

### LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Galang Mandiri  
NIM : 02.120.96  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi listrik S-1  
Hari/ Tanggal : Kamis / 23 Oktober 2008

NO	MATERI PERBAIKAN	PARAF
1.	Tujuan	
2.	Perubahan kata Tugas Akhir menjadi Skripsi	
3.	Menggunakan beban campuran untuk pengujian	
4.	Kesimpulan diambil dari hasil pengujian dan berupa angka	
5.	Daftar Pustaka	

Telah Diperiksa / Disetujui :

**PENGUJI I**

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP.Y.1038900209

**PENGUJI II**

Ir. H. Taufik Hidayat, MT  
NIP.Y.1018700151

Mengetahui,

**PEMBIMBING I**

Ir. Widodo Puji M, MT  
NIP.Y. 1028700171

**PEMBIMBING II**

Ir. Eko Nurcahyo  
NIP.Y. 1028700172



## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : GALANG MANDIRI  
 NIM : 02.12.096  
 Semester : XI (SEBELAS)  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-1  
 Konsentrasi : Teknik Elektronika/ I. Energi Listrik  
 Alamat : Jl. TERS. BEND. WONOGIRI 8. MALANG

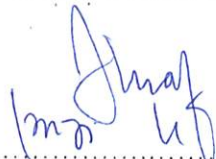
Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh mata kuliah  $\geq 134$  sks dengan IPK  $\geq 2$  dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas  
 Recording Teknik Elektro

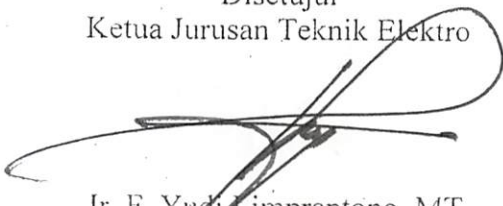
  
 (.....)

Malang, 3 Januari - 2008

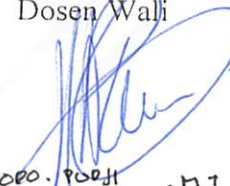
Pemohon

  
 (..... GALANG MANDIRI .....) )

Disetujui  
 Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Mengetahui  
 Dosen Wali

  
 (..... Ir. WIDODO POEJI MT .....) )

Catatan :

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

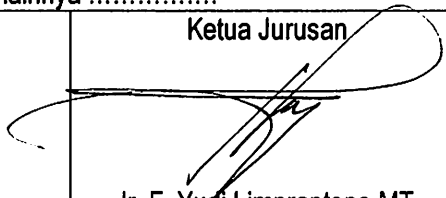
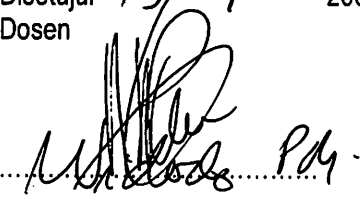
1. IPK 4.02/137 = 2.93  $\frac{1}{3}$  12/08
2. ....
3. ....

= prakt Elde  
 - - - MML.



## LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

**Konsentrasi :** Teknik Energi Listrik/~~Teknik Elektronika~~/~~Teknik Komputer & Informatika~~\*

1.	Nama Mahasiswa: GALANG MANDIRI	Nim: 02.12.096
2.	Waktu Pengajuan	Tanggal:
		Bulan:
		Tahun:
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)		
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen
	b. Energi & Konversi Energi	Ⓛ Elektronika Digital & Komputer
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya .....
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen*)	Ketua Jurusan
	<i>I. Widodo P. M.</i>	 <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274
5.	Judul yang diajukan mahasiswa:	PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCATAT BIAYA LISTRIK PADA RUMAH PETAK BERBASIS MIKROKONTROLER AT 89 S51 DAN VISUAL BASIC PROGRAM
6.	Perubahan judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCATAT BIAYA LISTRIK PADA RUMAH PETAK BERBASIS MIKROKONTROLER AT 89 S51 DAN VISUAL BASIC PROGRAM
7.	Catatan:	
	Persetujuan Judul skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui , 9 - 7 - 2008 Dosen 

**Perhatian:**

1. Formulir pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan: \*) Coret yang tidak perlu  
\*\*) dilingkari a, b, c, ..... atau g sesuai bidang keahlian



## BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika\*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>  BALANG MANDIRI  </u>	Nim: <u>  02-12-096  </u>
2.	Keterangan	Tanggal
	Pelaksanaan	<u>  6-08-2008  </u>
		Waktu
		Tempat
		Ruang:
	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)	
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen
	b. Energi & Konversi Energi	* Elektronika Digital & Komputer
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya .....
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>  PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCATAT BIAYA LISTRIK PADA RUMAH PETAK BERBASIS MIKROKONTROLLER AT 89S51 DAN VISUAL BASIC PROGRAM  </u>
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	..... ..... .....
6.	Catatan: .....	..... ..... .....
	Catatan: .....	..... .....
	Perhatikan: 1. Ke:	



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 09 Agt, 2008

Nomor : ITN-220/I.TA/2/08  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr. **IR. WIDODO PUDJI M, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

Dengan hormat  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi  
Untuk Mahasiswa :

Nama : GALANG MANDIRI  
Nim : 0212096  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

6 Agustus 2008 s/d 6 Februari 2009

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan  
terima kasih



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

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

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang bersangkutan
2. Arsip





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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 09 Agt, 2008

Nomor : ITN-221/I.TA/2/08  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr. **IR. EKO NURCAHYO**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

Dengan hormat  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi  
Untuk Mahasiswa :

Nama : GALANG MANDIRI  
Nim : 0212096  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

6 Agustus 2008 s/d 6 Februari 2009

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,  
Jurusan Teknik Elektro S-1

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

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

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : GALANG MANDIRI  
Nim : 02.12.096  
Masa Bimbingan : 6 AGUSTUS 2008 s/d 6 FEBRUARI 2009  
Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCATAT BIAYA LISTRIK PADA RUMAH PETAK BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51 DAN VISUAL BASIC PROGRAM

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	7-8-2008	Bab I , Bab II (revisi)	
2.	9-8-2008	Bab II (Acc) , Bab III (revisi)	
3.	14-8-2008	Bab III (Acc) , Bab IV (revisi)	
4.	21-8-2008	Bab IV (revisi) , Bab V (revisi)	
5.	26-8-2008	Bab V (Acc) , Bab VI (revisi)	
6.	1-9-2008	Bab VI (revisi)	
7.	5-9-2008	Bab I , II , III , IV , V (Acc)	
8.			
9.			
10.			

Malang,  
Dosen Pembimbing,

(Ir. WIDODO PUDJI M.MT)  
NIP.Y. 1028700171

Form.S-4b





FORMULIR Bimbingan Skripsi

Program : MIKROKONTROLER AT89C51 DAN MISRA BASIC  
 BIAVA LISTRIK PADA RUMAH TETAP BERBASIS  
 PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCATAT :  
 Masa Bimbingan : 02.12.090  
 Nama :  
 Nama : GALANG MANDIRI :  
 02.12.090 :  
 0 AGUSTUS 2008 s.d FEBRUARI 2009 :  
 TATA

No.	Tanggal	Isian	Pasal Pembimbing
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Masing  
 Dosen Pembimbing  
 (N. WIDODO PUDJI MANTO)  
 NIP. Y. 1058700171



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

**Nama** : GALANG MANDIRI  
**Nim** : 02.20.096  
**Masa Bimbingan** : 6 AGUSTUS 2008 s/d 6 FEBRUARI 2008  
**Judul Skripsi** : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCATAT BIAYA LISTRIK PADA RUMAH PETAK BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51 DAN VISUAL BASIC PROGRAM

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	7-8-2008	Bab I, Bab II ( revisi )	
2.	9-8-2008	Bab II ( Acc ), Bab III ( revisi )	
3.	14-8-2008	Bab III ( Acc ), Bab IV ( revisi )	
4.	21-8-2008	Bab IV ( revisi ), Bab V ( revisi )	
5.	27-8-2008	Bab V ( Acc ), Bab IV ( revisi )	
6.	1-9-2008	Bab IV ( revisi )	
7.	9-9-2008	Bab I, Bab II, Bab III, Bab IV, Bab V ( Acc )	
8.			
9.			
10.			

Malang, 2008  
Dosen Pembimbing,

**(Ir. EKO NURCAHYO)**  
NIP. P 1028700172



## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

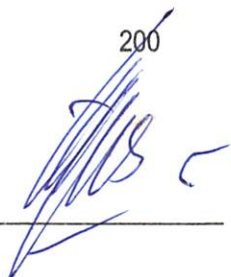
Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : GALANG MANDIRI  
N I M : 0212096  
Perbaikan meliputi :

- Tujuan
- Kesimpulan
- Kata<sup>2</sup> tugas akhir harap dirubah menjadi Skripsi
- Daftar Pustaka

Malang,

200

(  )



### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

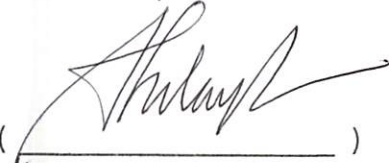
NAMA : Galang Maudin  
NIM : 0212096  
Perbaikan meliputi :

5) Pengukuran impedansi groundan bobin campuran  
Easnya tidak lengkap (juga saja).

7) Kesimpulan gambar angka? dan menjawab  
tanya nya.

8) Skripsi: Disempurnakan karena  
pada saat nya hasil presentasi nya  
banyak ketidak tahuan.

Malang, 25 sept 2008.

()

## PROGRAM ASSEMBLER

\$mod51

```
        jmp mulai
init_ser:  mov  tmod,#20h
          mov  th1,#0fdh
          setb tr1
          mov  scon,#50h
          ret

KIRIM:    CLR  TI
          MOV  SBUF,A
          JNB  TI,$
          CALL DELAY
          ret

TERIMA:   JNB  RI,$
          MOV  A,SBUF
          CLR  RI
          RET

KOMA:     mov  a,#','
          call kirim
          RET

delay:    mov  r3,#0fh
          djnz r3,$
          ret

BANDING_0:MOV  A,P1
          JMP  BANDINGKAN
BANDING_1:MOV  A,P2
          JMP  BANDINGKAN
BANDING_2:MOV  A,P0
          JMP  BANDINGKAN
BANDINGKAN: CJNE A,#03H,JUM_1
          MOV  A,#00H
          JMP  KIRIMKAN
JUM_1:    CJNE A,#9FH,JUM_2
          MOV  A,#01H
          JMP  KIRIMKAN
JUM_2:    CJNE A,#25H,JUM_3
          MOV  A,#02H
          JMP  KIRIMKAN
JUM_3:    CJNE A,#0DH,JUM_4
          MOV  A,#03H
          JMP  KIRIMKAN
JUM_4:    CJNE A,#99H,JUM_5
          MOV  A,#04H
          JMP  KIRIMKAN
```

```

JUM_5:      CJNE A,#49H,JUM_6
            MOV  A,#05H
            JMP  KIRIMKAN
JUM_6:      CJNE A,#41H,JUM_7
            MOV  A,#06H
            JMP  KIRIMKAN
JUM_7:      CJNE A,#1FH,JUM_8
            MOV  A,#07H
            JMP  KIRIMKAN
JUM_8:      CJNE A,#01H,JUM_9
            MOV  A,#08H
            JMP  KIRIMKAN
JUM_9:      CJNE A,#09H,JUM_10
            MOV  A,#09H
JUM_10:     mov  a,#'0'
            call kirim
            RET
KIRIMKAN:  MOV  DPTR,#DATANE
            MOVC A,@A+DPTR
            JMP  KIRIM
;-----
;-----
DELAY_1:   MOV  R0,#0FFH
DELAY_2:   MOV  R1,#0FFH
            DJNZ R1,$
            DJNZ R0,DELAY_2
            RET
;=====
mulai:     call  init_ser
MULAI_1:   CALL  TERIMA
            CJNE A,#'A',MULAI_1
            CALL BANDING_0
            CALL BANDING_1
            CALL BANDING_2
            JMP  mulai_1
;=====
DATANE:    DB'0123456789'
            End

```

## PROGRAM FORM UTAMA

```
im buffer As Variant
Dim i, s As Integer
Dim totalbiaya As Currency
Private Sub Form_Load()
Get_Disconnect
Timer2.Interval = 1000
Timer3.Interval = 5000
andi_1 = 0
andi_2 = 0
andi_3 = 0
andi_4 = 0
End Sub
Public Sub Get_Connect()
'Dim i As Integer

On Error GoTo Handle_Error
MSComm1.PortOpen = True
'MSComm1.Output = Chr$(Get_Value)
mnDisconnect.Checked = False
mnDisconnect.Enabled = True
mnConnect.Checked = True
mnConnect.Enabled = False
Label1.Caption = "Connect"
Timer2.Enabled = False
'Timer1.Enabled = True
Timer3.Enabled = True
Label1.ForeColor = vbBlack
Label1.Visible = True
'StatusBar1.Panels("Value").Text = "Value : ???"
'StatusBar1.Panels("Status").Text = "Status : OffLine"
'Label1.Caption = "Tip : Klik gambar untuk menyalakan / mematikan LED"
'StatusBar1.Panels("Setting").Text = "Setting : COM" & MSComm1.CommPort
& "," & MSComm1.Settings

Exit Sub

Handle_Error:
MsgBox Error$, 48, "Konfirmasi Kesalahan Setting"
End Sub

Private Sub mncetak_Click()
get_cetak
End Sub
```

```
Private Sub mnConnect_Click()
Get_Connect
End Sub
```

```
Private Sub Get_Disconnect()
If MSComm1.PortOpen = True Then
    MSComm1.PortOpen = False
End If
mnConnect.Checked = False
mnConnect.Enabled = True
mnDisconnect.Checked = True
mnDisconnect.Enabled = False
buffer = "0"
Frame1.Caption = buffer & " " & "A"
ProgressBar1.Value = buffer
ProgressBar2.Value = 0
Frame4.Caption = "0 V"
Timer2.Enabled = True
Timer1.Enabled = False
Label1.Caption = "Disconnect"
Label1.ForeColor = vbRed
Timer3.Enabled = False
Shape1.Visible = False
For i% = 0 To 7
    Image1(i).Visible = False
Next i%
'StatusBar1.Panels("Value").Text = "Value : ??"
'StatusBar1.Panels("Status").Text = "Status : Disconnect"
'StatusBar1.Panels("Setting").Text = "Setting : COM" & MSComm1.CommPort
& "," & MSComm1.Settings
Label1.Caption = "Tip : Klik menu Connect untuk membuka Port Serial"
End Sub
```

```
Private Sub mnDisconnect_Click()
Get_Disconnect
End Sub
```

```
Private Sub mnExit_Click()
Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub MnHapus_Click()
Kill "c:\watt.dat"
Name "c:\temporer.dat" As "c:\watt.dat"
End Sub
```



```
Private Sub mnlihat_Click()
Form1.Show vbModal
End Sub
```

```
Private Sub mnProperti_Click()
FormProperti.Show vbModal
End Sub
```

```
Private Static Sub MSComm1_OnComm()
Dim buffer As Variant
Dim biayaperkwh, biayaperjam As String
Select Case MSComm1.CommEvent
Case comEvReceive
If MSComm1.InBufferCount = 3 Then
buffer = CStr(MSComm1.Input)
Debug.Print "commrecive" & StrConv(buffer, vbunicode)
ProgressBar1.Value = buffer
buffer = buffer / 100
Frame1.Caption = buffer
If Option1 = True Then biayaperkwh = 360
If Option2 = True Then biayaperkwh = 445
If Option3 = True Then biayaperkwh = 495
kwh = 205 * buffer / 1000
biayaperjam = kwh * biayaperkwh
Open "c:\watt.dat" For Append As #1
Open "c:\temporer.dat" For Append As #2
Write #1, Label2, kwh, biayaperkwh, biayaperjam
Write #2, andi_1, andi_2, andi_3, andi_4
Close #1
Close #2
End If
End Select
End Sub
```

```
Private Sub Option1_Click()
Frame3.Caption = "Pilihan Beban 440VA"
End Sub
```

```
Private Sub Option2_Click()
Frame3.Caption = "Pilihan Beban 660VA"
End Sub
```

```
Private Sub Option3_Click()
Frame3.Caption = "Pilihan Beban 880VA"
End Sub
```

```

Private Sub Timer2_Timer()
If Label1.Visible = False Then
Label1.Visible = True
ElseIf Label1.Visible = True Then
Label1.Visible = False
End If
End Sub
Private Sub Timer3_Timer()
If MSCComm1.PortOpen = True Then
    MSCComm1.Output = "A"
    If i = 4 Then i = 0
    i = i + 1
    If i < 2 Then ProgressBar2.Value = 200
    If i > 2 Then ProgressBar2.Value = 218
    If i < 2 Then Frame4.Caption = "215" & " " & "V"
    If i > 2 Then Frame4.Caption = "218" & " " & "V"
End If
End Sub
Private Sub get_cetak()
Dim tanggal, kwh, biayaperkwh, biayaperjam As String
Dim totalpembayaran As Currency
Printer.FontSize = 10
Open "c:\watt.dat" For Input As #1
Printer.Print Tab(10); "NAMA PELANGGAN"; Tab(38); ":", Tab(40); "
GALANG MANDIRI "
Printer.Print Tab(10); "ALAMAT"; Tab(38); ":", Tab(40); "JL.KARANGLO KM
2 MALANG"
Printer.Print Tab(10); "NO. PELANGGAN"; Tab(38); ":", Tab(40); "311023"
Printer.Print Tab(10); String(65, "=")
Printer.Print Tab(10); "DATE & TIME"; Tab(40); "KWH"; Tab(60);
"BIAYA/KWH"; Tab(80); "BIAYA/JAM"
Printer.Print Tab(10); String(65, "=")
'=====
Do Until EOF(1)
    Input #1, tanggal, kwh, biayaperkwh, biayaperjam
    Printer.Print Tab(10); tanggal; Tab(40); kwh; Tab(60); biayaperkwh; Tab(80);
biayaperjam
    totalbiaya = totalbiaya + biayaperjam
    Loop
    Printer.Print Tab(10); String(65, "=")
    Printer.Print Tab(10); "BIAYA PEMAKAIAN"; Tab(38); ": Rp."; Tab(43);
totalbiaya
    Printer.Print Tab(10); "PAJAK LAMPU JALAN"; Tab(38); ": Rp."; Tab(43);
"3115"

```

```

Printer.Print Tab(10); "BIAYA MATERAI"; Tab(38); ": Rp."; Tab(43); "500"
If Option1.Value = True Then
Printer.Print Tab(10); "BIAYA BEBAN 450VA"; Tab(38); ": Rp."; Tab(43);
"11000"
totalpembayaran = totalbiaya + 3115 + 500 + 11000
ElseIf Option2.Value = True Then
Printer.Print Tab(10); "BIAYA BEBAN 900VA"; Tab(38); ": Rp."; Tab(43);
"20000"
totalpembayaran = totalbiaya + 3115 + 500 + 20000
ElseIf Option3.Value = True Then
Printer.Print Tab(10); "BIAYA BEBAN 1300VA"; Tab(38); ": Rp."; Tab(43);
"30100"
totalpembayaran = totalbiaya + 3115 + 500 + 30100
End If
Printer.Print Tab(10); String(34, "=")
Printer.Print Tab(10); "BIAYA PEMBAYARAN"; Tab(38); ": Rp."; Tab(43);
totalpembayaran
Close #1
Printer.EndDoc
End Sub

Private Sub Timer4_Timer()
Label2.Caption = Time$ & " " & Date
End Sub

```

## FORM PROPERTI

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
If FormUtama.MSComm1.PortOpen = True Then  
    FormUtama.MSComm1.PortOpen = False  
End If
```

```
FormUtama.MSComm1.CommPort = cbPort.ListIndex + 1  
FormUtama.MSComm1.Settings = Trim$(cbBitsPerSecond.Text) & "," &  
Left$(cbParity.Text, 1) _  
    & "," & Trim$(cbDataBits.Text) & "," & Trim$(cbStopBits.Text)  
FormUtama.MSComm1.Handshaking = cbFlowControl.ListIndex  
FormUtama.Get_Connect  
Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
Unload Me  
End Sub
```

```
Sub Form_Load()  
Dim i As Integer, Settings As String, Offset As Integer
```

```
' Load Port Settings  
For i = 1 To 4  
    cbPort.AddItem "COM" & Trim$(Str$(i))  
Next i
```

```
' Load Speed Settings  
cbBitsPerSecond.AddItem "600"  
cbBitsPerSecond.AddItem "1200"  
cbBitsPerSecond.AddItem "2400"  
cbBitsPerSecond.AddItem "4800"  
cbBitsPerSecond.AddItem "9600"  
cbBitsPerSecond.AddItem "14400"  
cbBitsPerSecond.AddItem "19200"  
cbBitsPerSecond.AddItem "28800"
```

```
' Load Data Bit Settings  
cbDataBits.AddItem "5"  
cbDataBits.AddItem "6"  
cbDataBits.AddItem "7"  
cbDataBits.AddItem "8"
```

```
' Load Parity Settings
cbParity.AddItem "Even"
cbParity.AddItem "Mark"
cbParity.AddItem "None"
cbParity.AddItem "Odd"
cbParity.AddItem "Space"
```

```
' Load Stop Bit Settings
cbStopBits.AddItem "1"
cbStopBits.AddItem "1.5"
cbStopBits.AddItem "2"
```

```
'Load Flow control setting
cbFlowControl.AddItem "None"
cbFlowControl.AddItem "Xon / Xoff"
cbFlowControl.AddItem "RST"
cbFlowControl.AddItem "Xon / RST"
```

```
' Set Default Settings
Settings = FormUtama.MSComm1.Settings
```

```
If InStr(Settings, ".") > 0 Then
    Offset = 2
Else
    Offset = 0
End If
```

```
cbBitsPerSecond.Text = Left$(Settings, Len(Settings) - 6 - Offset)
Select Case Mid$(Settings, Len(Settings) - 4 - Offset, 1)
Case "e"
    cbParity.ListIndex = 0
Case "m"
    cbParity.ListIndex = 1
Case "n"
    cbParity.ListIndex = 2
Case "o"
    cbParity.ListIndex = 3
Case "s"
    cbParity.ListIndex = 4
End Select
```

```
cbDataBits.Text = Mid$(Settings, Len(Settings) - 2 - Offset, 1)
cbStopBits.Text = Right$(Settings, 1 + Offset)
cbPort.ListIndex = FormUtama.MSComm1.CommPort - 1
cbFlowControl.ListIndex = Mid(FormUtama.MSComm1.Handshaking, 1, 1)
End Sub
```

## FORM SIMPAN DATA

```
Private Sub Form_Load()  
Dim li As ListItem  
Dim ampere, tanggal, biayaperkwh, biayaperjam As String  
Dim totalbiaya As Currency  
ListView1.View = lvwReport  
ListView1.GridLines = True  
ListView1.ColumnHeaders.Add , , "TIME & DATE", ListView1.Width / 4  
ListView1.ColumnHeaders.Add , , "KWH", ListView1.Width / 4  
ListView1.ColumnHeaders.Add , , "BIAYA / KWH", ListView1.Width / 4  
ListView1.ColumnHeaders.Add , , "BIAYA / JAM", ListView1.Width / 4  
Open "c:\watt.dat" For Input As #1  
Do Until EOF(1)  
Input #1, tanggal, ampere, biayaperkwh, biayaperjam  
Set li = ListView1.ListItems.Add(, , tanggal)  
li.SubItems(1) = ampere  
li.SubItems(2) = biayaperkwh  
li.SubItems(3) = biayaperjam  
totalbiaya = totalbiaya + biayaperjam  
Loop  
Close #1  
Label1.Caption = "BIAYA PEMAKAIAN= Rp." & totalbiaya  
End Sub
```

## Features

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

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



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

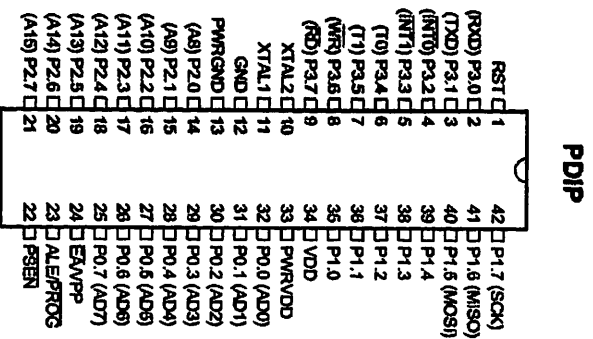
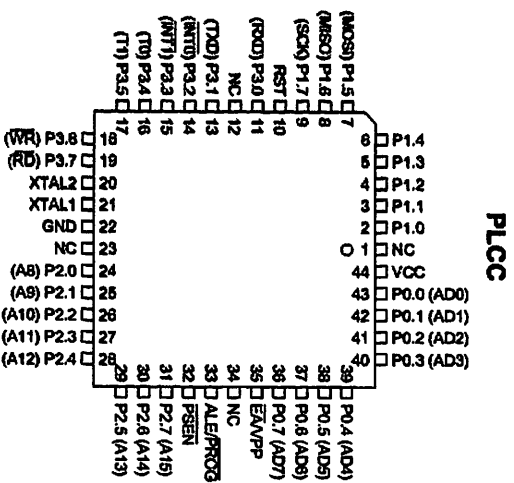
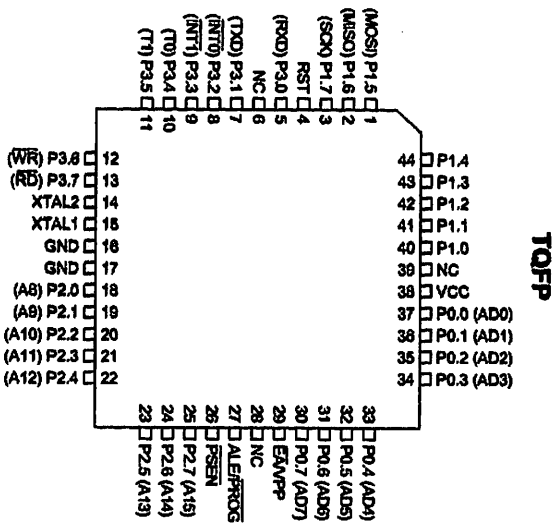
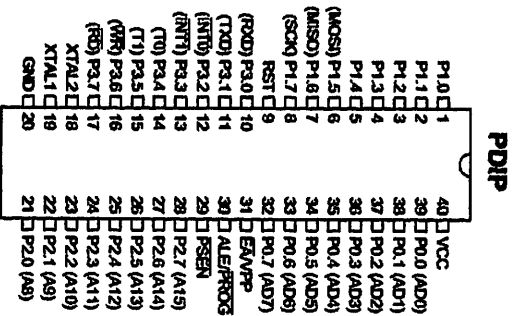
### AT89S51

2487B-MICRO-12/03





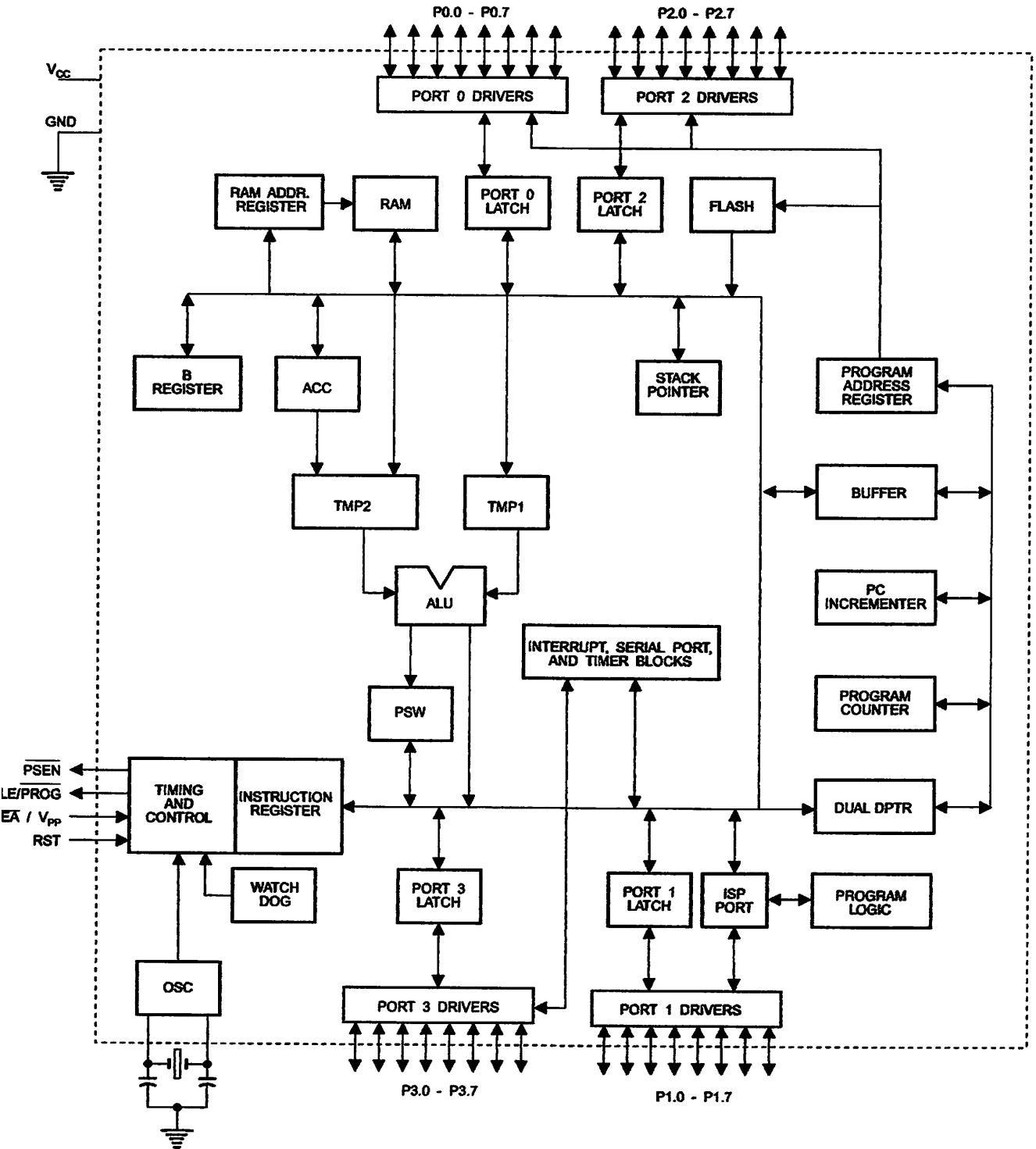
# In Configurations



# AT89S51



Block Diagram





## Pin Description

VCC

Supply voltage (all packages except 42-PDIP).

GND

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

VDD

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

PWRVDD

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

PWRGND

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

Port 0

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

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

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

Port 1

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

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

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

Port 2

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

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

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

Port 3

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

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

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

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

ST

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.

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 ( $\overline{PROG}$ ) 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.

SEN

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

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

VPP

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

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

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

TAL1

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

TAL2

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 XXXXXXXX0				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 XXX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	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								
	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit	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 rest under software control and is not affected by reset.

**Table 3. AUXR1: Auxiliary Register 1**

AUXR1	Address = A2H							Reset Value = XXXXXXX0B
Not Bit Addressable								
	-	-	-	-	-	-	-	DPS
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
-	Reserved for future expansion							
DPS	Data Pointer Register Select							
	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 (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.

# AT89S51

## 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 "Microcontrollers", then "8051-Architecture", then "Documentation", and "Other Documents". Open the Adobe® Acrobat® file "AT89 Series Hardware Description".

## 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 "Microcontrollers", then "8051-Architecture", then "Documentation", and "Other Documents". Open the Adobe Acrobat file "AT89 Series Hardware Description".

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

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



**Table 4. Interrupt Enable (IE) Register**

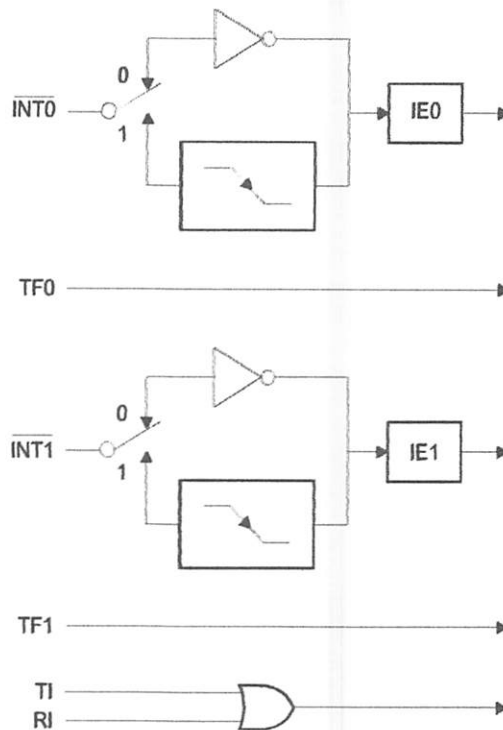
(MSB)				(LSB)			
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

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**

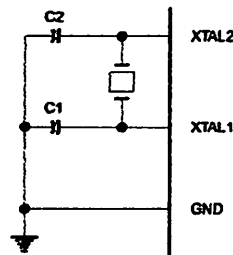




Oscillator Characteristics

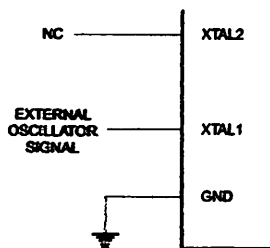
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected 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 (INT0 or INT1). Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V<sub>CC</sub> 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

**Program  
Memory Lock  
bits**

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 <sub>C</sub> instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, EA is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled
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.

**Programming  
the Flash –  
Parallel Mode**

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 Modes table (Table 7) and Figures 4 and 5. 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/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  $\mu$ 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 Data Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

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

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

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

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel  
 (100H) = 51H indicates AT89S51  
 (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.

## Serial Programming Algorithm

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.






## 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.

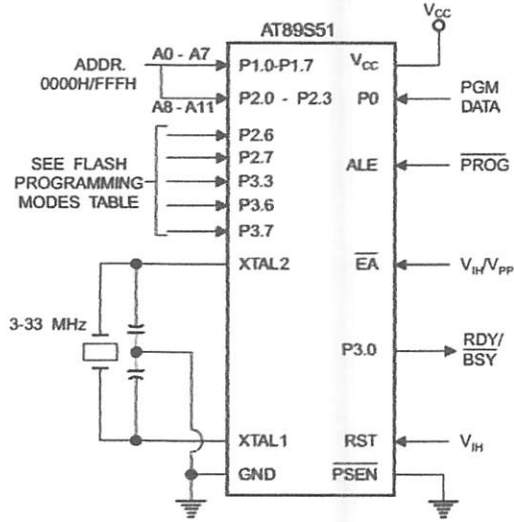
Most major worldwide programming vendors offer worldwide support for the Atmel AT89 microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Table 7. Flash Programming Modes

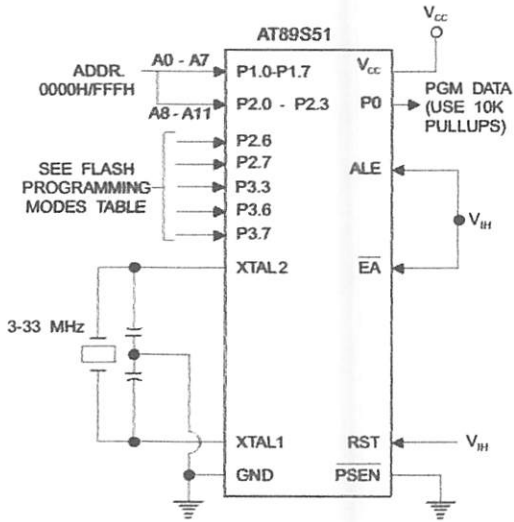
Mode	$V_{CC}$	RST	$\overline{PSEN}$	ALE/ $\overline{PROG}$	$\overline{EA}/V_{PP}$	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	Address	
												P2.3-0	P1.7-0
Write Code Data	5V	H	L	 <sup>(2)</sup>	12V	L	H	H	H	H	$D_{IN}$	A11-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	$D_{OUT}$	A11-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L	 <sup>(3)</sup>	12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L	 <sup>(3)</sup>	12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L	 <sup>(3)</sup>	12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 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	 <sup>(1)</sup>	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  $\overline{PROG}$  pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
  2. Each  $\overline{PROG}$  pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
  3. Each  $\overline{PROG}$  pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
  4. RDY/ $\overline{BSY}$  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)**





## Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

$T = 20^{\circ}\text{C}$  to  $30^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 4.5$  to  $5.5\text{V}$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}$	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}$	Programming Supply Current		10	mA
$I_{CC}$	$V_{CC}$ Supply Current		30	mA
$f_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	33	MHz
$t_{AVGL}$	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{GHAX}$	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{DVGL}$	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{GHDX}$	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{HSH}$	P2.7 ( $\overline{\text{ENABLE}}$ ) High to $V_{PP}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{SHGL}$	$V_{PP}$ Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		$\mu\text{s}$
$t_{HSL}$	$V_{PP}$ Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		$\mu\text{s}$
$t_{GLGH}$	$\overline{\text{PROG}}$ Width	0.2	1	$\mu\text{s}$
$t_{AVQV}$	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{ELQV}$	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{EHQZ}$	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
$t_{GHBL}$	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\text{BUSY}$ Low		1.0	$\mu\text{s}$
$t_{WC}$	Byte Write Cycle Time		50	$\mu\text{s}$

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

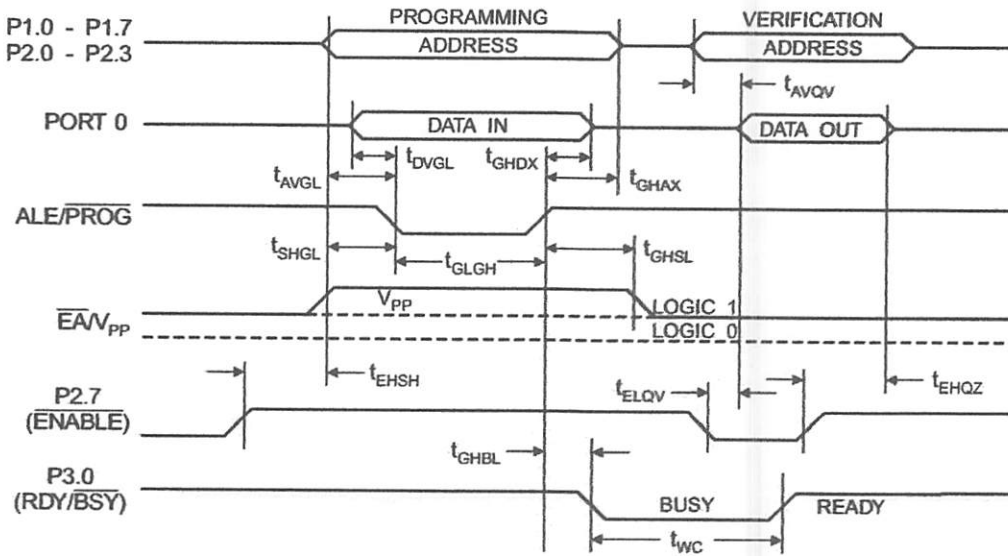
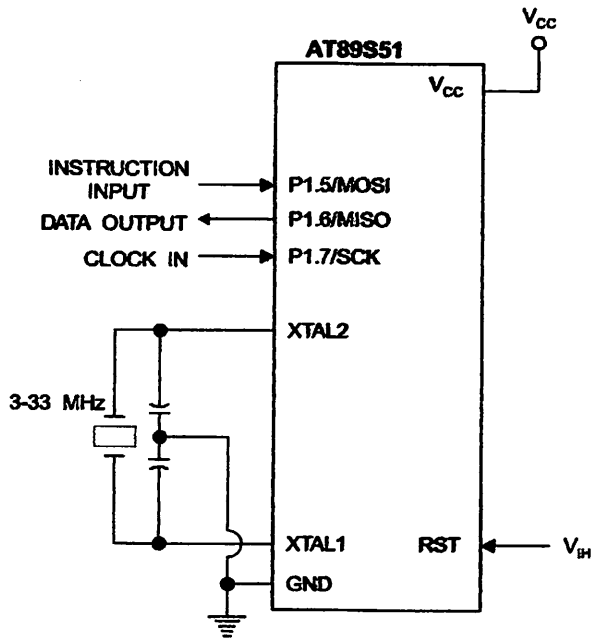


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms

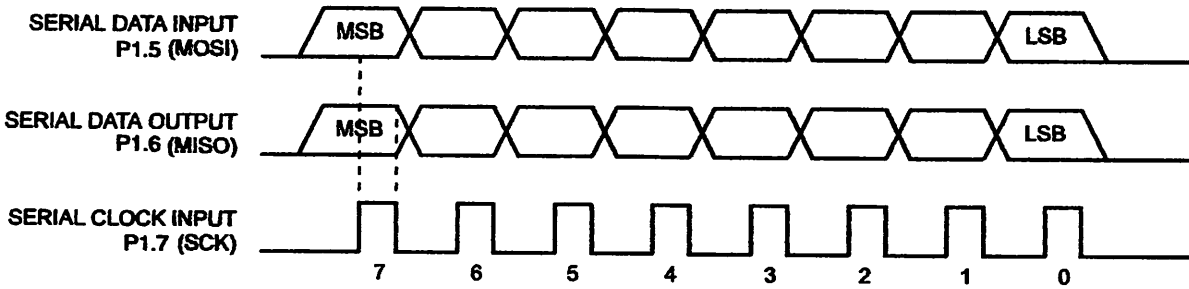




Table 8. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output on MISO)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx $\begin{matrix} 1100 \\ A10 \\ A9 \\ AB \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1010 & 0110 \\ AAAA & AAAA \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1010 & 0110 \\ DDDD & DDDD \end{matrix}$	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx $\begin{matrix} 1100 \\ A10 \\ A9 \\ AB \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1010 & 0110 \\ AAAA & AAAA \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1010 & 0110 \\ DDDD & DDDD \end{matrix}$	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits <sup>(1)</sup>	1010 1100	1110 $\begin{matrix} 0011 \\ B2 \\ B1 \end{matrix}$	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (1).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	$\begin{matrix} 1010 & 0110 \\ 1B & 1B \\ 1B & 1B \end{matrix}$ xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes	0010 1000	xxxx $\begin{matrix} A10 \\ A9 \\ AB \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1010 & 0110 \\ A & xxx \end{matrix}$ xxx0	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx $\begin{matrix} A11 \\ A10 \\ A9 \\ AB \end{matrix}$	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx $\begin{matrix} A11 \\ A10 \\ A9 \\ AB \end{matrix}$	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

Note: 1. B1 = 0, B2 = 0 — Mode 1, no lock protection  
 B1 = 0, B2 = 1 — Mode 2, lock bit 1 activated  
 B1 = 1, B2 = 0 — Mode 3, lock bit 2 activated  
 B1 = 1, B2 = 1 — Mode 4, lock bit 3 activated

} Each of the lock bit modes need to be activated sequentially before Mode 4 can be executed.

After Reset signal is high, SCK should be low for at least 64 system clocks before it goes high to clock in the enable data bytes. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at XTAL1.

For Page Read/Write, the data always starts from byte 0 to 255. After the command byte and upper address byte are latched, each byte thereafter is treated as data until all 256 bytes are shifted in/out. Then the next instruction will be ready to be decoded.



Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

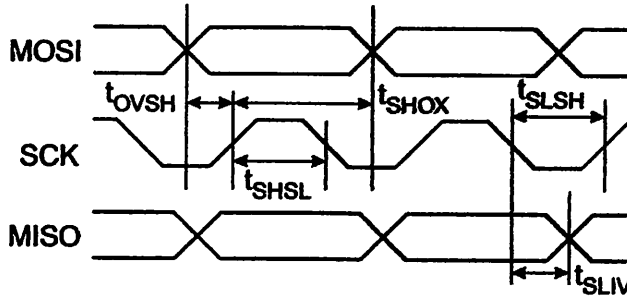


Table 9. Serial Programming Characteristics,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$  (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3		33	MHz
$t_{CLCL}$	Oscillator Period	30			ns
$t_{SHSL}$	SCK Pulse Width High	$8 t_{CLCL}$			ns
$t_{SLSH}$	SCK Pulse Width Low	$8 t_{CLCL}$			ns
$t_{OVSH}$	MOSI Setup to SCK High	$t_{CLCL}$			ns
$t_{SHOX}$	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
$t_{SLIV}$	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
$t_{ERASE}$	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
$t_{SWC}$	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	$\mu\text{s}$



## Absolute Maximum Ratings\*

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

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

## DC Characteristics

The values shown in this table are valid for  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$  and  $V_{CC} = 4.0\text{V}$  to  $5.5\text{V}$ , unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
IL	Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
IL1	Input Low Voltage (EA)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
I <sub>H</sub>	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
I <sub>H1</sub>	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
I <sub>OL</sub>	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
I <sub>OL1</sub>	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
I <sub>OH</sub>	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I <sub>OH1</sub>	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	$\mu\text{A}$
	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	$\mu\text{A}$
	Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
RST	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
Co	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode <sup>(2)</sup>	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	$\mu\text{A}$

- Notes:
- Under steady state (non-transient) conditions,  $I_{OL}$  must be externally limited as follows:  
 Maximum  $I_{OL}$  per port pin: 10 mA  
 Maximum  $I_{OL}$  per 8-bit port:  
 Port 0: 26 mA      Ports 1, 2, 3: 15 mA  
 Maximum total  $I_{OL}$  for all output pins: 71 mA  
 If  $I_{OL}$  exceeds the test condition,  $V_{OL}$  may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
  - Minimum  $V_{CC}$  for Power-down is 2V.

## C Characteristics

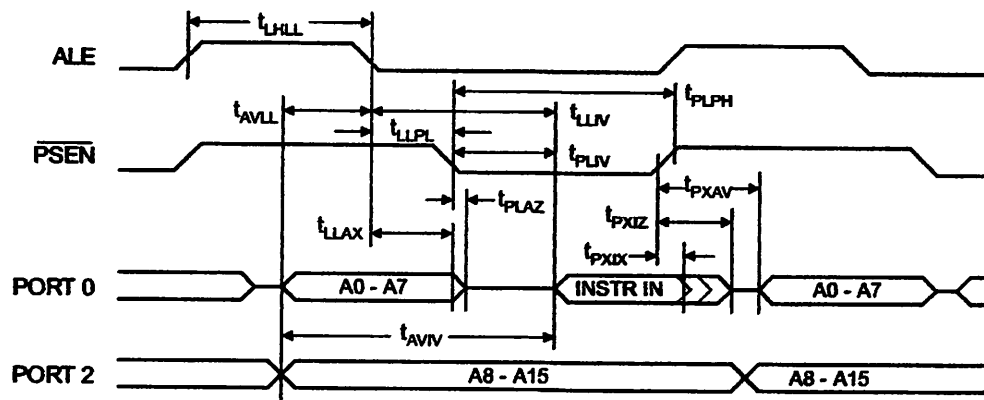
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other inputs = 80 pF.

### External Program and Data Memory Characteristics

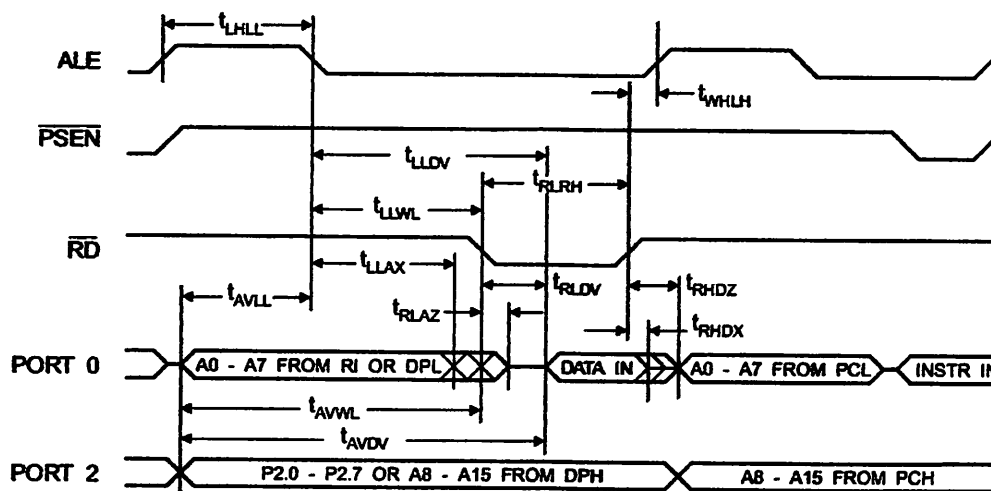
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	33	MHz
$t_{HLL}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
$t_{VLL}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
$t_{LAX}$	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-25$		ns
$t_{LV}$	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
$t_{PL}$	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
$t_{LPH}$	PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-45$		ns
$t_{LV}$	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-60$	ns
$t_{KIX}$	Input Instruction Hold After PSEN	0		0		ns
$t_{KIZ}$	Input Instruction Float After PSEN		59		$t_{CLCL}-25$	ns
$t_{KAV}$	PSEN to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
$t_{IV}$	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-80$	ns
$t_{LAZ}$	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
$t_{RDH}$	RD Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
$t_{WRH}$	WR Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
$t_{RDV}$	RD Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
$t_{IDX}$	Data Hold After RD	0		0		ns
$t_{IDZ}$	Data Float After RD		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
$t_{LDV}$	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
$t_{LDV}$	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
$t_{RWL}$	ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
$t_{RWL}$	Address to RD or WR Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
$t_{RWX}$	Data Valid to WR Transition	23		$t_{CLCL}-30$		ns
$t_{RWH}$	Data Valid to WR High	433		$7t_{CLCL}-130$		ns
$t_{WQX}$	Data Hold After WR	33		$t_{CLCL}-25$		ns
$t_{LAZ}$	RD Low to Address Float		0		0	ns
$t_{LH}$	RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-25$	$t_{CLCL}+25$	ns



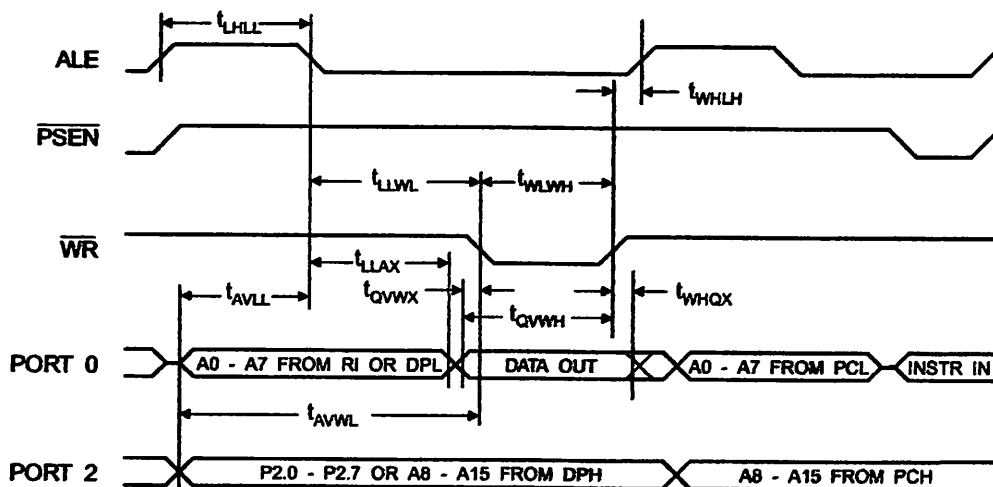
## External Program Memory Read Cycle



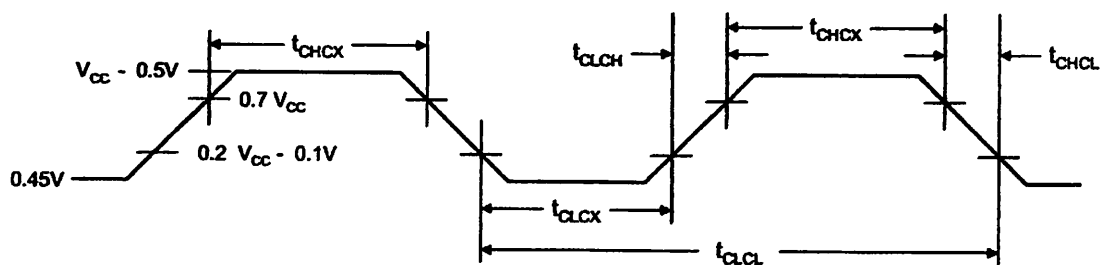
## External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
f <sub>CLCL</sub>	Oscillator Frequency	0	33	MHz
T <sub>CL</sub>	Clock Period	30		ns
t <sub>CHCX</sub>	High Time	12		ns
t <sub>CLCX</sub>	Low Time	12		ns
t <sub>CH</sub>	Rise Time		5	ns
t <sub>CL</sub>	Fall Time		5	ns

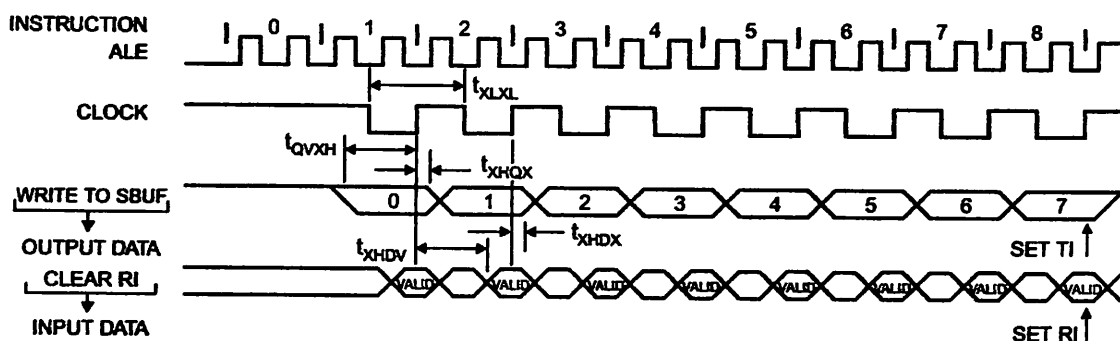


## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

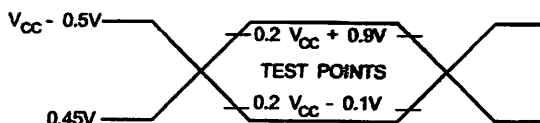
The values in this table are valid for  $V_{CC} = 4.0V$  to  $5.5V$  and Load Capacitance =  $80\text{ pF}$ .

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{XL}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu s$
$t_{QVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{HQX}$	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-80$		ns
$t_{HDX}$	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
$t_{HDV}$	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

## Shift Register Mode Timing Waveforms



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



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

## Output Waveforms<sup>(1)</sup>



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

## Ordering Information

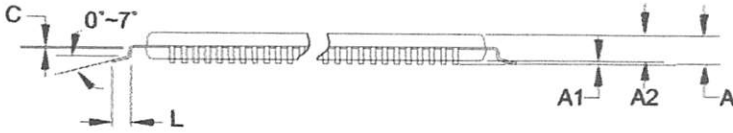
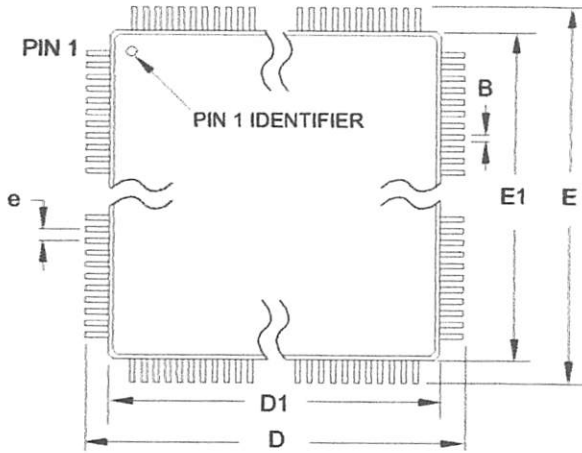
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 5.5V	AT89S51-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S51-24JC	44J	
		AT89S51-24PC	40P6	
		AT89S51-24SC	42PS6	
		AT89S51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89S51-24JI	44J	
		AT89S51-24PI	40P6	
		AT89S51-24SI	42PS6	
33	4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S51-33JC	44J	
		AT89S51-33PC	40P6	
		AT89S51-33SC	42PS6	

Package Type	
A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
PS6	42-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)



# Packaging Information

## 44A – TQFP



### COMMON DIMENSIONS (Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.20	
A1	0.05	-	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	-	0.45	
C	0.09	-	0.20	
L	0.45	-	0.75	
e	0.80 TYP			

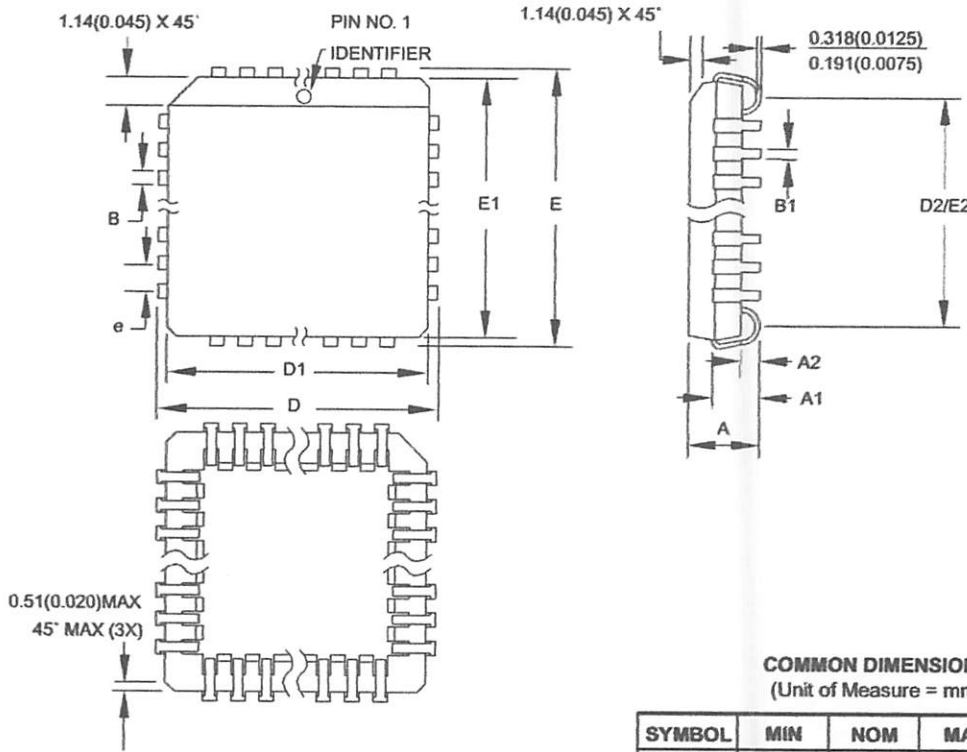
- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ACB.
  2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
  3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

10/5/2001

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	44A, 44-lead, 10 x 10 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness, 0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)	44A	B

# AT89S51






COMMON DIMENSIONS  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	4.191	-	4.572	
A1	2.286	-	3.048	
A2	0.508	-	-	
D	17.399	-	17.653	
D1	16.510	-	16.662	Note 2
E	17.399	-	17.653	
E1	16.510	-	16.662	Note 2
D2/E2	14.986	-	16.002	
B	0.660	-	0.813	
B1	0.330	-	0.533	
e	1.270 TYP			

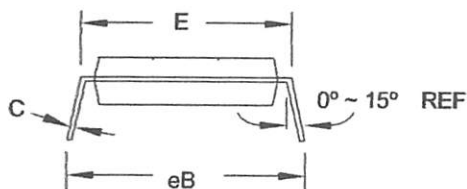
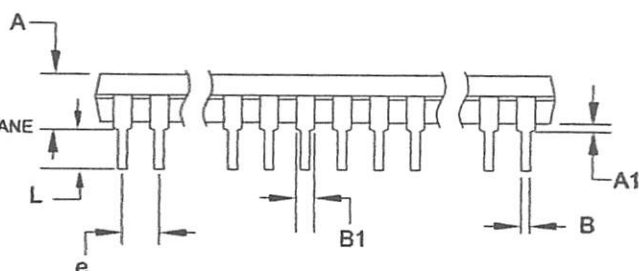
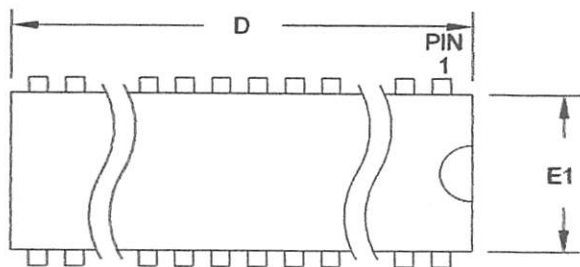
- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-018, Variation AC.
  2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is .010" (0.254 mm) per side. Dimension D1 and E1 include mold mismatch and are measured at the extreme material condition at the upper or lower parting line.
  3. Lead coplanarity is 0.004" (0.102 mm) maximum.

10/04/01

 2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	44J, 44-lead, Plastic J-leded Chip Carrier (PLCC)	44J	B



P6 – PDIP



**COMMON DIMENSIONS**  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	4.826	
A1	0.381	–	–	
D	52.070	–	52.578	Note 2
E	15.240	–	15.875	
E1	13.462	–	13.970	Note 2
B	0.356	–	0.559	
B1	1.041	–	1.651	
L	3.048	–	3.556	
C	0.203	–	0.381	
eB	15.494	–	17.526	
e	2.540 TYP			

- Notes: 1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.  
2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion.  
Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

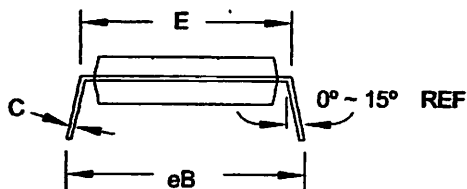
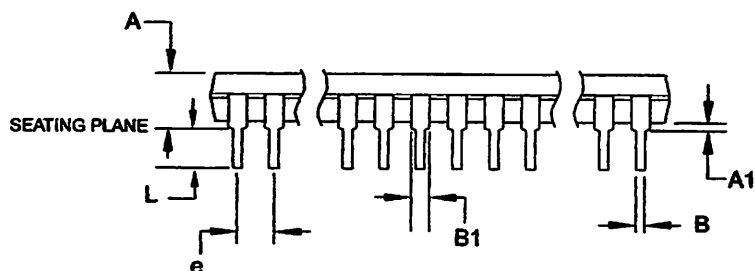
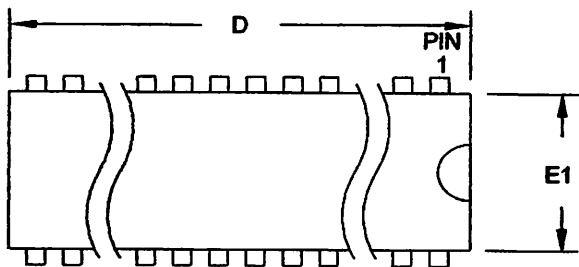
09/28/01

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	<b>TITLE</b> 40P6, 40-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	<b>DRAWING NO.</b>	<b>REV.</b>
		40P6	B

**AT89S51**

2487B-MICRO-12/03

PS6 – PDIP




COMMON DIMENSIONS  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.83	
A1	0.51	-	-	
D	36.70	-	36.96	Note 2
E	15.24	-	15.88	
E1	13.46	-	13.97	Note 2
B	0.38	-	0.56	
B1	0.76	-	1.27	
L	3.05	-	3.43	
C	0.20	-	0.30	
eB	-	-	18.55	
e	1.78 TYP			

- Notes: 1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.  
2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion. Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

11/6/03

 2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	<b>TITLE</b> 42PS6, 42-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	<b>DRAWING NO.</b>	<b>REV.</b>
		42PS6	A



## Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 487-2600

## Regional Headquarters

### Europe

Atmel Sarl  
Route des Arsenalux 41  
Case Postale 80  
CH-1705 Fribourg  
Switzerland  
Tel: (41) 26-426-5555  
Fax: (41) 26-426-5500

### Asia

Room 1219  
Chinachem Golden Plaza  
77 Mody Road Tsimshatsui  
East Kowloon  
Hong Kong  
Tel: (852) 2721-9778  
Fax: (852) 2722-1369

### Japan

9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
Tel: (81) 3-3523-3551  
Fax: (81) 3-3523-7581

## Atmel Operations

### Memory

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 436-4314

### Microcontrollers

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 436-4314

La Chantrerie  
BP 70602  
44306 Nantes Cedex 3, France  
Tel: (33) 2-40-18-18-18  
Fax: (33) 2-40-18-19-60

### ASIC/ASSP/Smart Cards

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex, France  
Tel: (33) 4-42-53-60-00  
Fax: (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
Tel: 1(719) 576-3300  
Fax: 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park  
Maxwell Building  
East Kilbride G75 0QR, Scotland  
Tel: (44) 1355-803-000  
Fax: (44) 1355-242-743

### RF/Automotive

Theresienstrasse 2  
Postfach 3535  
74025 Heilbronn, Germany  
Tel: (49) 71-31-67-0  
Fax: (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
Tel: 1(719) 576-3300  
Fax: 1(719) 540-1759

*Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/  
High Speed Converters/RF Datacom*  
Avenue de Rochepleine  
BP 123  
38521 Saint-Egreve Cedex, France  
Tel: (33) 4-76-58-30-00  
Fax: (33) 4-76-58-34-80

---

**Literature Requests**  
[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

Disclaimer: 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 in critical components in life support devices or systems.

Atmel Corporation 2003. All rights reserved. Atmel® and combinations thereof are the registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. MCS® is a registered trademark of Intel Corporation. Adobe® and Acrobat® are the registered trademarks of Adobe Systems Inc. All other terms and product names may be the trademarks of others.



Printed on recycled paper.

2487B-MICRO-12/03

# ADC0808/ADC0809

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

### General Description

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

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

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

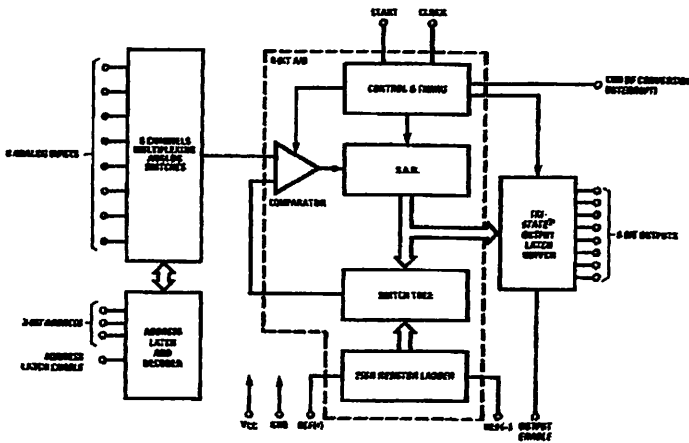
### Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DC</sub> or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

### Key Specifications

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

### Block Diagram



See Ordering Information

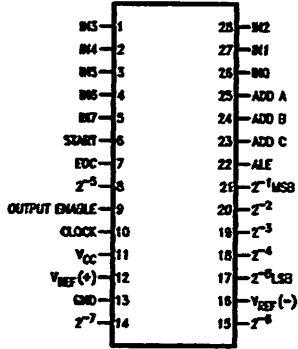
030006724

TRI-STATE<sup>®</sup> is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

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

### Connection Diagrams

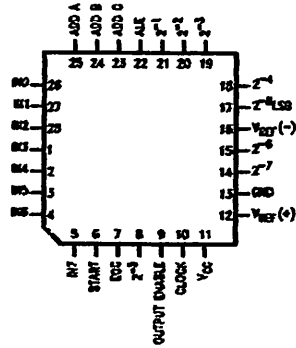
Dual-In-Line Package



03025673-11

Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN  
See NS Package J28A or N28A

Molded Chip Carrier Package



23025673-12

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV  
See NS Package V28A

### Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		-40°C to +85°C			-55°C to +125°C
Error	±½ LSB Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCV	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	±1 LSB Unadjusted	ADC0809CCN	ADC0809CCV		
Package Outline		N28A Molded DIP	V28A Molded Chip Carrier	J28A Ceramic DIP	J28A Ceramic DIP

### Absolute Maximum Ratings (Notes 2, 1)

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 at Any Pin	-0.3V to ( $V_{CC}+0.3V$ )
Except Control Inputs	
Voltage at Control Inputs	-0.3V to +15V
(START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	
Storage Temperature Range	-85°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C

Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 8)	400V

### Operating Conditions (Notes 1, 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0808CCN, ADC0809CCN	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0808CCV, ADC0809CCV	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
Range of $V_{CC}$ (Note 1)	4.5 $V_{DC}$ to 6.0 $V_{DC}$

### Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1/2$ $\pm 3/4$	LSB LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1$ $\pm 1 1/4$	LSB LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		k $\Omega$
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		$V_{CC}+0.10$	$V_{DC}$
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		$V_{CC}$	$V_{CC}+0.1$	V
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		$V_{CC}/2-0.1$	$V_{CC}/2$	$V_{CC}/2+0.1$	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
$I_{IN}$	Comparator Input Current	$f_c=640$ kHz, (Note 6)	-2	$\pm 0.5$	2	$\mu\text{A}$

### Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>ANALOG MULTIPLEXER</b>						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$ , $V_{IN}=5V$ , $T_A=25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$		10	200 1.0	nA $\mu\text{A}$
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$ , $V_{IN}=0$ , $T_A=25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$	-200 -1.0	-10		nA $\mu\text{A}$
<b>CONTROL INPUTS</b>						
$V_{DN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC}-1.5$			V
$V_{DN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{DN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{DN}=15V$			1.0	$\mu\text{A}$
$I_{DN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{DN}=0$	-1.0			$\mu\text{A}$
$I_{CC}$	Supply Current	$f_{CLK}=640$ kHz		0.3	3.0	mA

**Electrical Characteristics** (Continued)

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)</b>						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$V_{CC} = 4.75V$ $I_{OUT} = -380\mu A$ $I_{OUT} = -10\mu A$		2.4 4.5		V(min) V(min)
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O = 1.6 \text{ mA}$			0.45	V
$V_{OUT(E)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O = 1.2 \text{ mA}$			0.45	V
$I_{OUT}$	TRI-STATE Output Current	$V_O = 5V$ $V_O = 0$	-3		3	$\mu A$ $\mu A$

**Electrical Characteristics**

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$t_{WS}$	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_{WALE}$	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_s$	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_H$	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_D$	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S = 0\Omega$ (Figure 5)		1	2.5	$\mu s$
$t_{H1}$ , $t_{H0}$	OE Control to Q Logic State	$C_L = 50 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 8)		125	250	ns
$t_{H1}$ , $t_{OH}$	OE Control to Hi-Z	$C_L = 10 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 8)		125	250	ns
$t_c$	Conversion Time	$f_c = 640 \text{ kHz}$ , (Figure 5) (Note 7)	80	100	116	$\mu s$
$f_c$	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
$t_{EOC}$	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		8+2 $\mu s$	Clock Periods
$C_{IN}$	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
$C_{OUT}$	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

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

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

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

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

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

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

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

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



## Functional Description

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

TABLE 1.

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

### CONVERTER CHARACTERISTICS

#### The Converter

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

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

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

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

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

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

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

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

Functional Description (Continued)

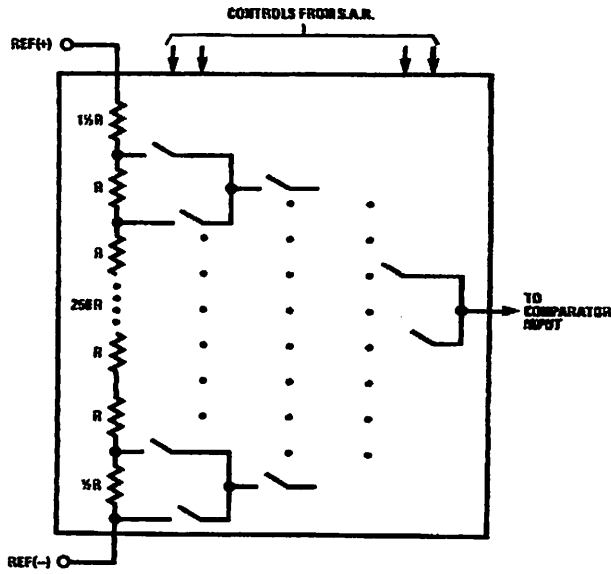
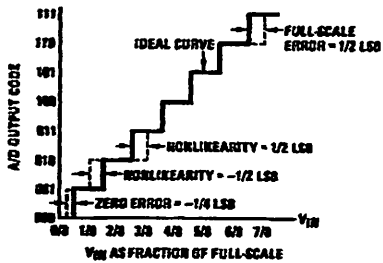


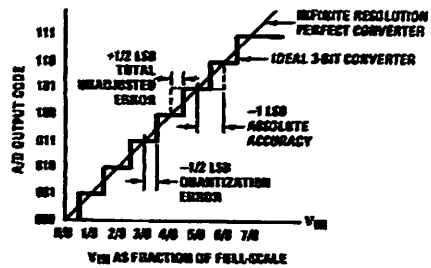
FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

0000072-2



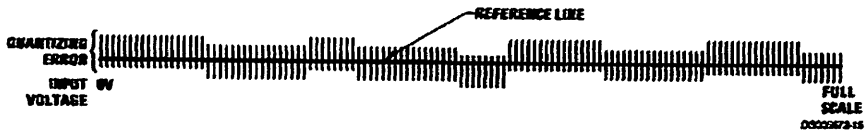
0000072-13

FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve



0000072-14

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



0000072-15

FIGURE 4. Typical Error Curve

### Timing Diagram

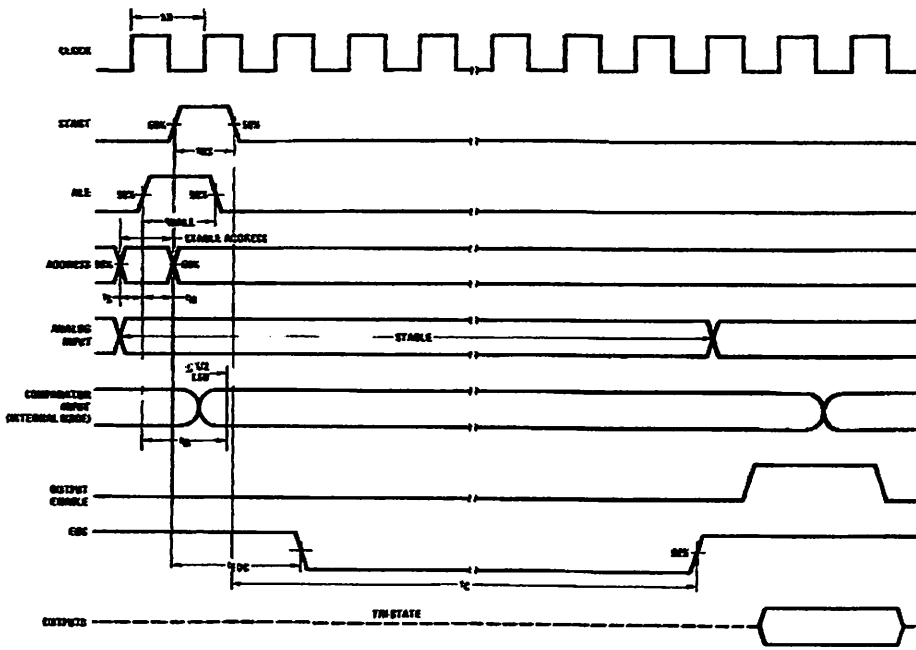


FIGURE 5.

D0000572-4

Typical Performance Characteristics

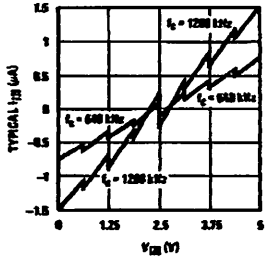


FIGURE 6. Comparator  $I_{IN}$  vs  $V_{IN}$  ( $V_{CC}=V_{REF}=5V$ )

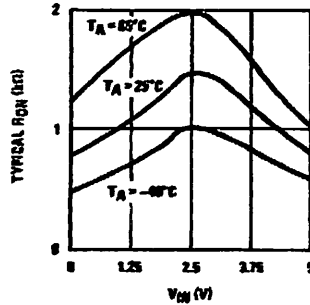
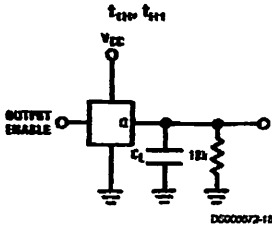
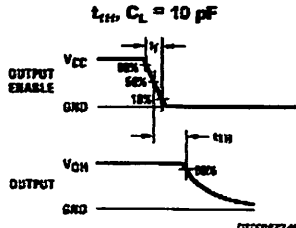


FIGURE 7. Multiplexer  $R_{ON}$  vs  $V_{IN}$  ( $V_{CC}=V_{REF}=5V$ )

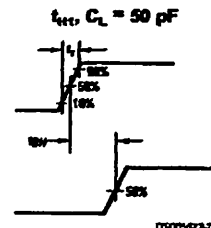
TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams



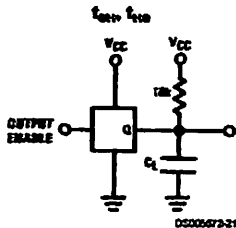
DC000672-18



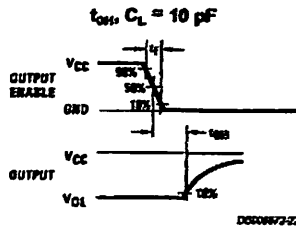
DC000672-19



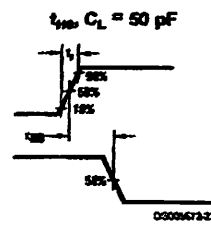
DC000672-20



DC000672-21



DC000672-22



DC000672-23

FIGURE 8.

Applications Information

OPERATION

1.0 RATIOMETRIC CONVERSION

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

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

$V_{IN}$  = Input voltage into the ADC0808  
 $V_{FS}$  = Full-scale voltage  
 $V_Z$  = Zero voltage

$D_X$  = Data point being measured  
 $D_{MAX}$  = Maximum data limit  
 $D_{MIN}$  = Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 9).

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a sys-

## Applications Information (Continued)

tem reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if  $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$ , then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

### 2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

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

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(-), should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

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

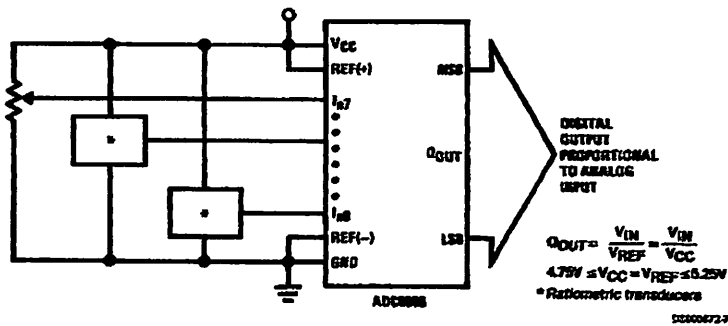
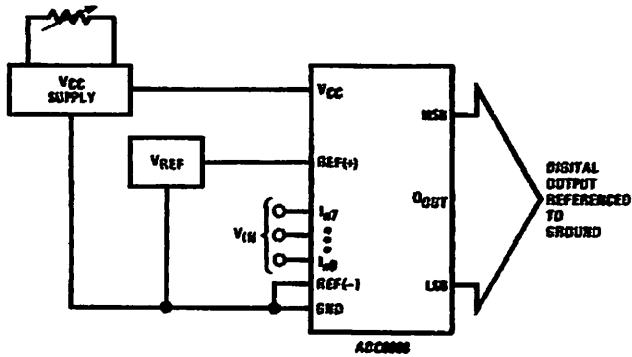


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

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

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

Applications Information (Continued)

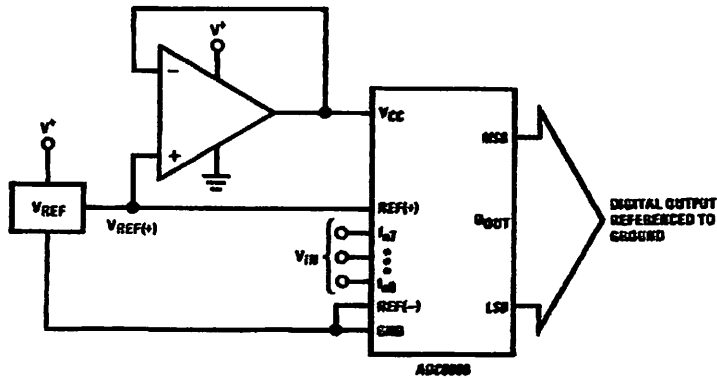


0000673-24

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

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

FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply



0000673-25

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

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

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

Applications Information (Continued)

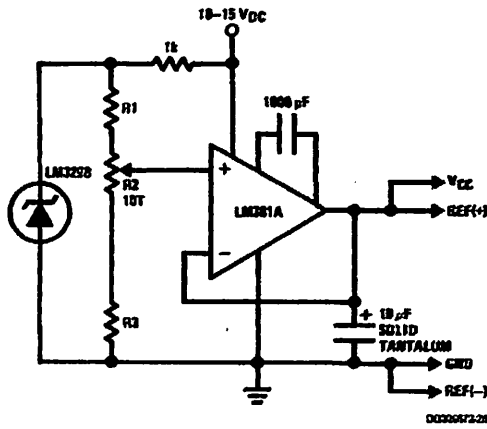
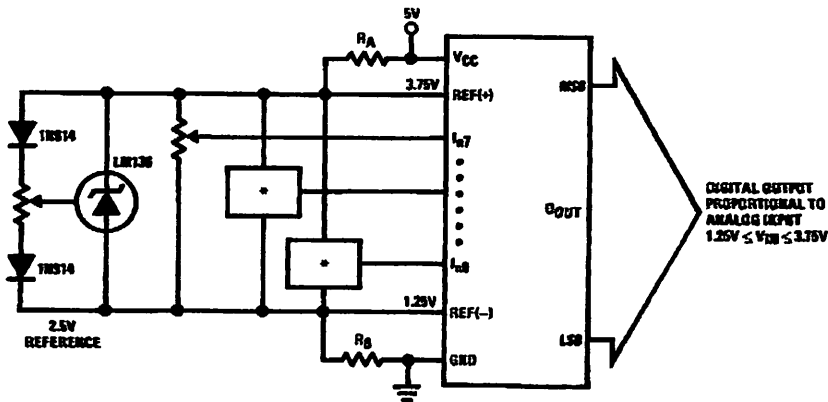


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit



D3000672-27

$R_A = R_B$

\*Ratiometric transducers

FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

3.0 CONVERTER EQUATIONS

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

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

The center of an output code N is given by:

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

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

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

Where:  $V_{IN}$  = Voltage at comparator input  
 $V_{REF(+)}$  = Voltage at Ref(+)  
 $V_{REF(-)}$  = Voltage at Ref(-)  
 $V_{TUE}$  = Total unadjusted error voltage (typically  $V_{REF(+)} \pm 512$ )

## Applications Information (Continued)

### 4.0 ANALOG COMPARATOR INPUTS

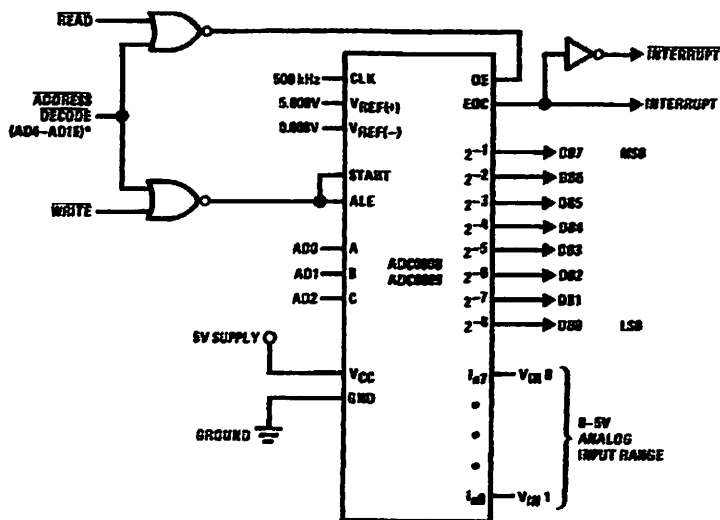
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

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

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

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

### Typical Application



\*Address latches needed for 8085 and SCMP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

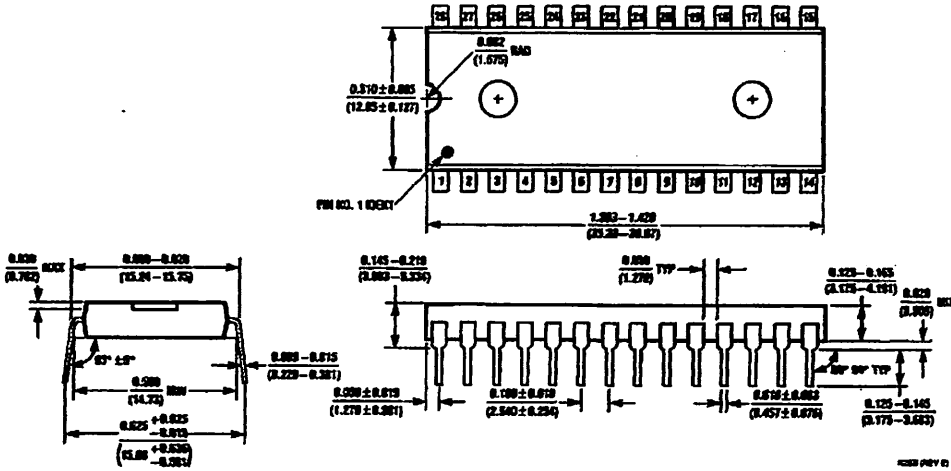
DS000673-10

TABLE 2. Microprocessor Interface Table

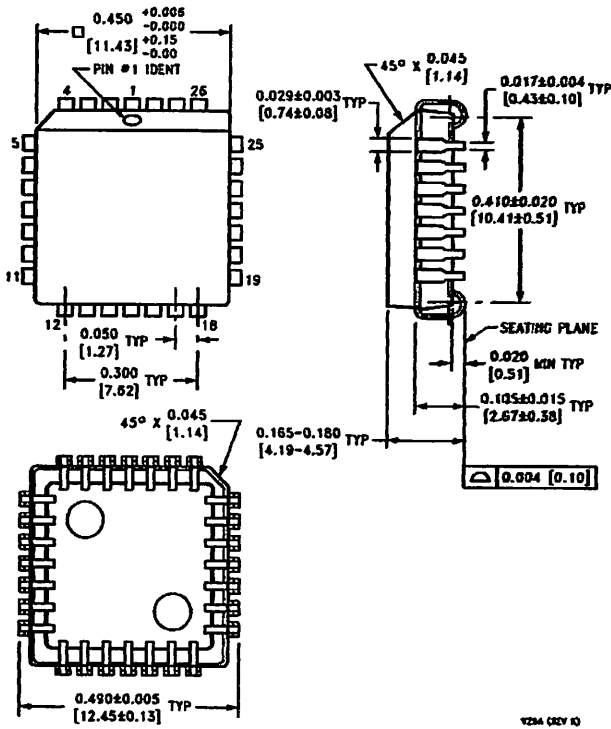
PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	RD	WR	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	RD	WR	INT (Thru RST Circuit, Mode 0)
SC/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA $\cdot\phi$ 2 $\cdot$ R/W	VMA $\cdot\phi$ $\cdot$ R/W	IROA or IRQB (Thru PIA)



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



**Molded Dual-in-Line Package (N)**  
 Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN  
 NS Package Number N25B




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

**Notes**

**LIFE SUPPORT POLICY**

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

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

 **National Semiconductor Corporation**  
Americas  
Tel: 1-800-272-9959  
Fax: 1-800-737-7018  
Email: support@nsc.com

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

**National Semiconductor Europe**  
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 88  
Email: [europa.support@nsc.com](mailto:europa.support@nsc.com)  
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85  
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32  
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58  
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 18 80

**National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group**  
Tel: 65-2544455  
Fax: 65-2504455  
Email: [asa.support@nsc.com](mailto:asa.support@nsc.com)

**National Semiconductor Japan Ltd.**  
Tel: 81-3-5639-7580  
Fax: 81-3-5639-7507

## +5V Powered Dual RS-232 Transmitter/Receiver

December 1993

### Features

- Meets All RS-232C Specifications
- Requires Only Single +5V Power Supply
- Onboard Voltage Doubler/Inverter
- Low Power Consumption
- 2 Drivers
  - $\pm 9V$  Output Swing for +5V Input
  - $300\Omega$  Power-off Source Impedance
  - Output Current Limiting
  - TTL/CMOS Compatible
  - $30V/\mu s$  Maximum Slew Rate
- 2 Receivers
  - $\pm 30V$  Input Voltage Range
  - $3k\Omega$  to  $7k\Omega$  Input Impedance
  - 0.5V Hysteresis to Improve Noise Rejection
- All Critical Parameters are Guaranteed Over the Entire Commercial, Industrial and Military Temperature Ranges

### Applications

- Any System Requiring RS-232 Communications Port
  - Computer - Portable and Mainframe
  - Peripheral - Printers and Terminals
  - Portable Instrumentation
  - Modems
  - Dataloggers

### Description

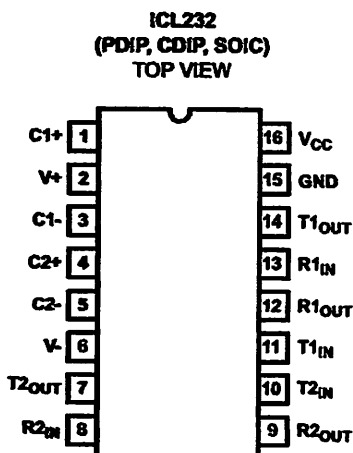
The ICL232 is a dual RS-232 transmitter/receiver interface circuit that meets all EIA RS-232C specifications. It requires a single +5V power supply, and features two onboard charge pump voltage converters which generate +10V and -10V supplies from the 5V supply.

The drivers feature true TTL/CMOS input compatibility, slew-rate-limited output, and  $300\Omega$  power-off source impedance. The receivers can handle up to  $\pm 30V$ , and have a  $3k\Omega$  to  $7k\Omega$  input impedance. The receivers also have hysteresis to improve noise rejection.

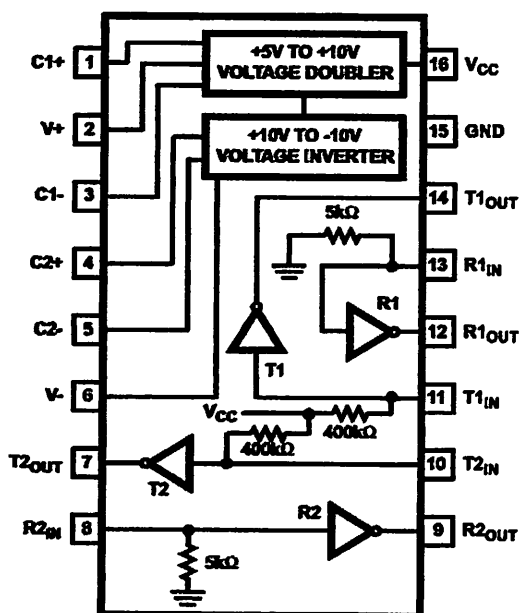
### Ordering Information

PART NUMBER	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
ICL232CPE	0°C to +70°C	16 Lead Plastic DIP
ICL232CJE	0°C to +70°C	16 Lead Ceramic DIP
ICL232CBE	0°C to +70°C	16 Lead SOIC (W)
ICL232IPE	-40°C to +85°C	16 Lead Plastic DIP
ICL232IJE	-40°C to +85°C	16 Lead Ceramic DIP
ICL232IBE	-40°C to +85°C	16 Lead SOIC (W)
ICL232MJE	-55°C to +125°C	16 Lead Ceramic DIP

### Pinouts



### Functional Diagram



## Specifications ICL232

### Absolute Maximum Ratings

$V_{CC}$ to Ground	(GND -0.3V) < $V_{CC}$ < 6V
$V+$ to Ground	( $V_{CC}$ -0.3V) < $V+$ < 12V
$V-$ to Ground	-12V < $V-$ < (GND +0.3V)
Input Voltages	
$T1_{IN}, T2_{IN}$	( $V-$ -0.3V) < $V_{IN}$ < ( $V+$ +0.3V)
$R1_{IN}, R2_{IN}$	$\pm 30V$
Output Voltages	
$T1_{OUT}, T2_{OUT}$	( $V-$ -0.3V) < $V_{TXOUT}$ < ( $V+$ +0.3V)
$R1_{OUT}, R2_{OUT}$	(GND -0.3V) < $V_{RXOUT}$ < ( $V_{CC}$ +0.3V)
Short Circuit Duration	
$T1_{OUT}, T2_{OUT}$	Continuous
$R1_{OUT}, R2_{OUT}$	Continuous
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering 10s)	+300°C

### Thermal Information

Thermal Resistance	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$
Ceramic DIP Package	80°C/W	24°C/W
Plastic DIP Package	100°C/W	-
SOIC Package	100°C/W	-
Maximum Power Dissipation	250mW	
Operating Temperature Range		
ICL232C	0°C to +70°C	
ICL232I	-40°C to +85°C	
ICL232M	-55°C to +125°C	

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

### Electrical Specifications

Test Conditions:  $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ,  $T_A =$  Operating Temperature Range. Test Circuit as in Figure 8 Unless Otherwise Specified

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNITS
		MIN	TYP	MAX	
Transmitter Output Voltage Swing, $T_{OUT}$	$T1_{OUT}$ and $T2_{OUT}$ loaded with 3k $\Omega$ to Ground	$\pm 5$	$\pm 9$	$\pm 10$	V
Power Supply Current, $I_{CC}$	Outputs Unloaded, $T_A = +25^\circ C$	-	5	10	mA
$T_{IN}$ , Input Logic Low, $V_L$		-	-	0.8	V
$T_{IN}$ , Input Logic High, $V_H$		2.0	-	-	V
Logic Pullup Current, $I_P$	$T1_{IN}, T2_{IN} = 0V$	-	15	200	$\mu A$
RS-232 Input Voltage Range, $V_{IN}$		-30	-	+30	V
Receiver Input Impedance, $R_{IN}$	$V_{IN} = \pm 3V$	3.0	5.0	7.0	k $\Omega$
Receiver Input Low Threshold, $V_{IN}$ (H-L)	$V_{CC} = 5.0V, T_A = +25^\circ C$	0.8	1.2	-	V
Receiver Input High Threshold, $V_{IN}$ (L-H)	$V_{CC} = 5.0V, T_A = +25^\circ C$	-	1.7	2.4	V
Receiver Input Hysteresis, $V_{HYST}$		0.2	0.5	1.0	V
TTL/CMOS Receiver Output Voltage Low, $V_{OL}$	$I_{OUT} = 3.2mA$	-	0.1	0.4	V
TTL/CMOS Receiver Output Voltage High, $V_{OH}$	$I_{OUT} = -1.0mA$	3.5	4.6	-	V
Propagation Delay, $t_{PD}$	RS-232 to TTL	-	0.5	-	$\mu s$
Instantaneous Slew Rate, SR	$C_L = 10pF, R_L = 3k\Omega, T_A = +25^\circ C$ (Notes 1, 2)	-	-	30	V/ $\mu s$
Transition Region Slew Rate, $SR_T$	$R_L = 3k\Omega, C_L = 2500pF$ Measured from +3V to -3V or -3V to +3V	-	3	-	V/ $\mu s$
Output Resistance, $R_{OUT}$	$V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = \pm 2V$	300	-	-	$\Omega$
RS-232 Output Short Circuit Current, $I_{SC}$	$T1_{OUT}$ or $T2_{OUT}$ shorted to GND	-	$\pm 10$	-	mA

#### NOTES:

1. Guaranteed by design.
2. See Figure 4 for definition.

# ICL232

## Typical Performance Curves

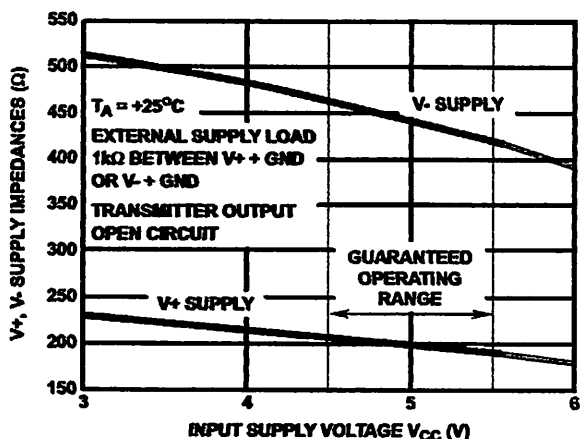


FIGURE 1. V+, V- OUTPUT IMPEDANCES vs V<sub>CC</sub>

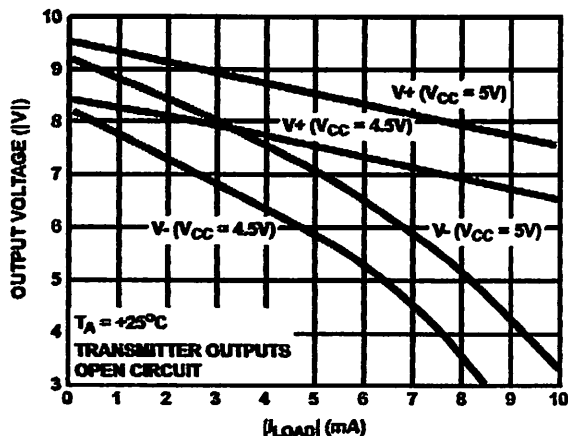


FIGURE 2. V+, V- OUTPUT VOLTAGES vs LOAD CURRENT

## Pin Descriptions

PLASTIC DIP, CERAMIC DIP	SOIC	PIN NAME	DESCRIPTION
1	1	C1+	External capacitor "+" for internal voltage doubler.
2	2	V+	Internally generated +10V (typical) supply.
3	3	C1-	External capacitor "-" for internal voltage doubler.
4	4	C2+	External capacitor "+" internal voltage inverter.
5	5	C2-	External capacitor "-" internal voltage inverter.
6	6	V-	Internally generated -10V (typical) supply.
7	7	T2 <sub>OUT</sub>	RS-232 Transmitter 2 output ±10V (typical).
8	8	R2 <sub>IN</sub>	RS-232 Receiver 2 input, with internal 5K pulldown resistor to GND.
9	9	R2 <sub>OUT</sub>	Receiver 2 TTL/CMOS output.
10	10	T2 <sub>IN</sub>	Transmitter 2 TTL/CMOS input, with internal 400K pullup resistor to V <sub>CC</sub> .
11	11	T1 <sub>IN</sub>	Transmitter 1 TTL/CMOS input, with internal 400K pullup resistor to V <sub>CC</sub> .
12	12	R1 <sub>OUT</sub>	Receiver 1 TTL/CMOS output.
13	13	R1 <sub>IN</sub>	RS-232 Receiver 1 input, with internal 5K pulldown resistor to GND.
14	14	T1 <sub>OUT</sub>	RS-232 Transmitter 1 output ±10V (typical).
15	15	GND	Supply Ground.
16	16	VCC	Positive Power Supply +5V ±10%

**Detailed Description**

The ICL232 is a dual RS-232 transmitter/receiver powered by a single +5V power supply which meets all EIA RS232C specifications and features low power consumption. The functional diagram illustrates the major elements of the ICL232. The circuit is divided into three sections: a voltage doubler/inverter, dual transmitters, and dual receivers.

**Voltage Converter**

An equivalent circuit of the dual charge pump is illustrated in Figure 3.

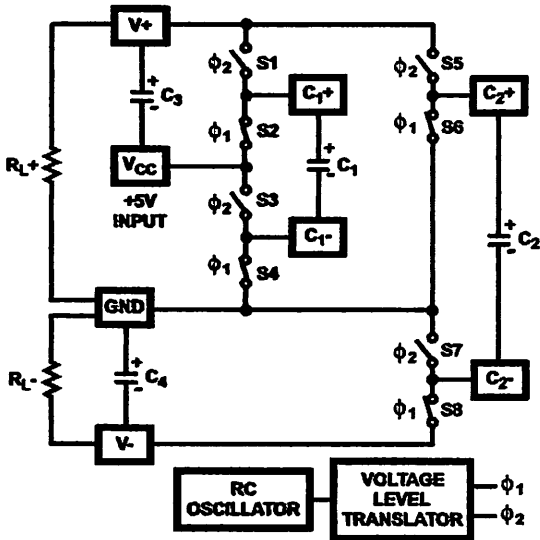


FIGURE 3. DUAL CHARGE PUMP

The voltage quadrupler contains two charge pumps which use two phases of an internally generated clock to generate +10V and -10V. The nominal clock frequency is 16kHz. During phase one of the clock, capacitor C1 is charged to  $V_{CC}$ . During phase two, the voltage on C1 is added to  $V_{CC}$ , producing a signal across C2 equal to twice  $V_{CC}$ . At the same time, C3 is also charged to  $2V_{CC}$ , and then during phase one, it is inverted with respect to ground to produce a signal across C4 equal to  $-2V_{CC}$ . The voltage converter accepts input voltages up to 5.5V. The output impedance of the doubler (V+) is approximately 200Ω, and the output impedance of the inverter (V-) is approximately 450Ω. Typical graphs are presented which show the voltage converters output vs input voltage and output voltage vs load characteristics. The test circuit (Figure 8) uses 1μF capacitors for C1-C4, however, the value is not critical. Increasing the values of C1 and C2 will lower the output impedance of the voltage doubler and inverter, and increasing the values of the reservoir capacitors, C3 and C4, lowers the ripple on the V+ and V- supplies.

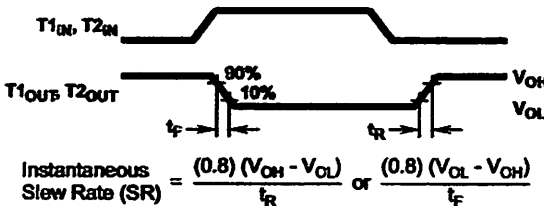


FIGURE 4. SLEW RATE DEFINITION

**Transmitters**

The transmitters are TTL/CMOS compatible inverters which translate the inputs to RS-232 outputs. The input logic threshold is about 26% of  $V_{CC}$ , or 1.3V for  $V_{CC} = 5V$ . A logic 1 at the input results in a voltage of between -5V and V- at the output, and a logic 0 results in a voltage between +5V and  $(V+ - 0.6V)$ . Each transmitter input has an internal 400kΩ pullup resistor so any unused input can be left unconnected and its output remains in its low state. The output voltage swing meets the RS-232C specification of ±5V minimum with the worst case conditions of: both transmitters driving 3kΩ minimum load impedance,  $V_{CC} = 4.5V$ , and maximum allowable operating temperature. The transmitters have an internally limited output slew rate which is less than 30V/μs. The outputs are short circuit protected and can be shorted to ground indefinitely. The powered down output impedance is a minimum of 300Ω with ±2V applied to the outputs and  $V_{CC} = 0V$ .

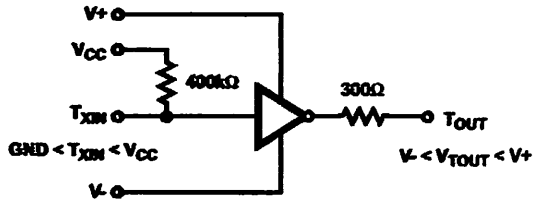


FIGURE 5. TRANSMITTER

**Receivers**

The receiver inputs accept up to ±30V while presenting the required 3kΩ to 7kΩ input impedance even if the power is off ( $V_{CC} = 0V$ ). The receivers have a typical input threshold of 1.3V which is within the ±3V limits, known as the transition region, of the RS-232 specification. The receiver output is 0V to  $V_{CC}$ . The output will be low whenever the input is greater than 2.4V and high whenever the input is floating or driven between +0.8V and -30V. The receivers feature 0.5V hysteresis to improve noise rejection.

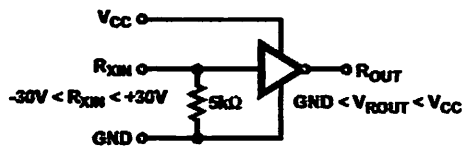


FIGURE 6. RECEIVER

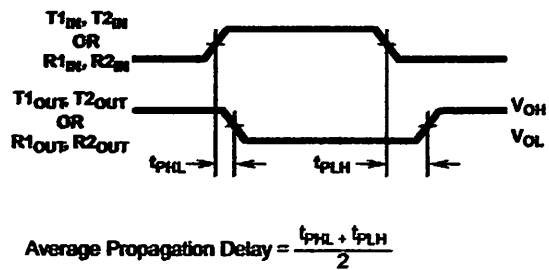


FIGURE 7. PROPAGATION DELAY DEFINITION

Test Circuits

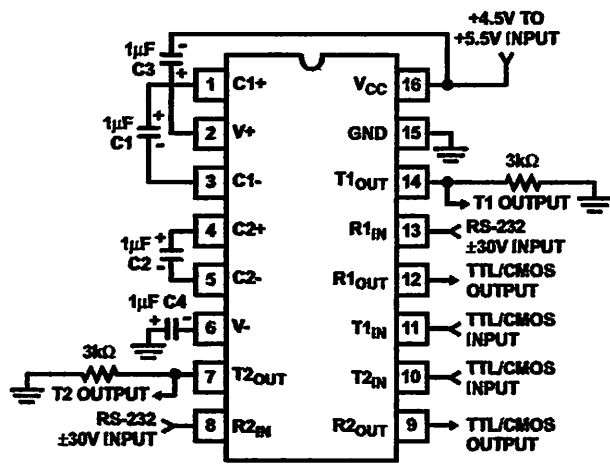


FIGURE 8. GENERAL TEST CIRCUIT

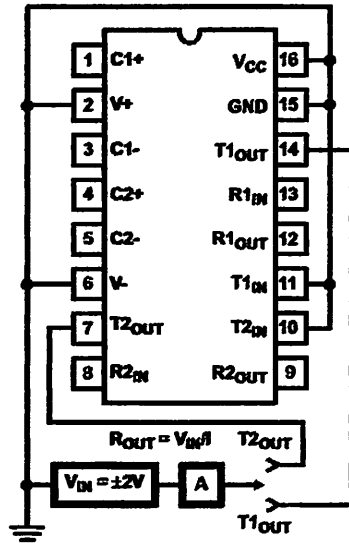


FIGURE 9. POWER-OFF SOURCE RESISTANCE CONFIGURATION

Applications

The ICL232 may be used for all RS-232 data terminal and communication links. It is particularly useful in applications where  $\pm 12V$  power supplies are not available for conventional RS-232 interface circuits. The applications presented represent typical interface configurations.

A simple duplex RS-232 port with CTS/RTS handshaking is illustrated in Figure 10. Fixed output signals such as DTR (data terminal ready) and DSRS (data signaling rate select) is generated by driving them through a 5kΩ resistor connected to V+.

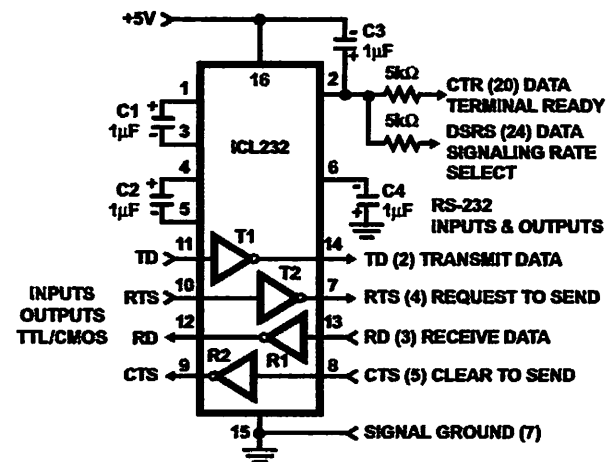


FIGURE 10. SIMPLE DUPLEX RS-232 PORT WITH CTS/RTS HANDSHAKING

In applications requiring four RS-232 inputs and outputs (Figure 11), note that each circuit requires two charge pump capacitors (C1 and C2) but can share common reservoir

capacitors (C3 and C4). The benefit of sharing common reservoir capacitors is the elimination of two capacitors and the reduction of the charge pump source impedance which effectively increases the output swing of the transmitters.

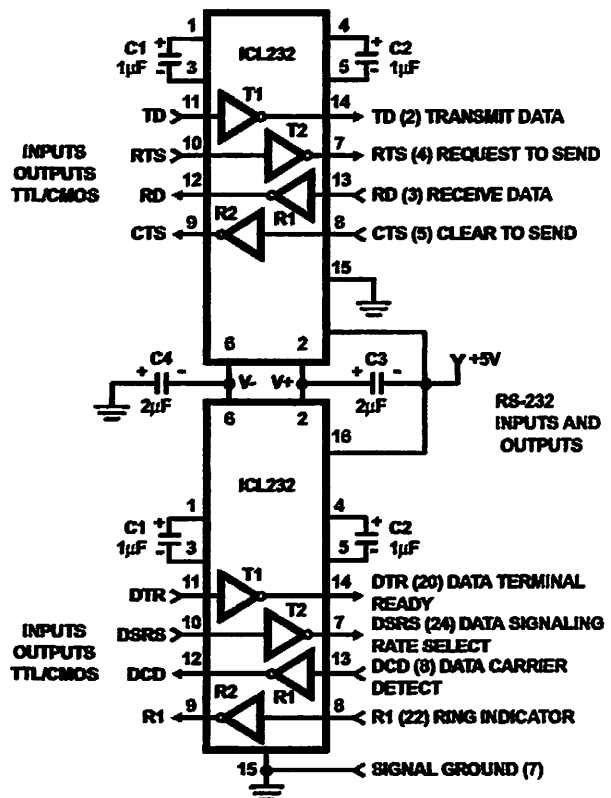


FIGURE 11. COMBINING TWO ICL232s FOR 4 PAIRS OF RS-232 INPUTS AND OUTPUTS



# LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah aku sudah menjadi Sarjana Teknik, sudah berlalu cara kutempuh, Berlalu rintangan kuhadapi untuk bisa lulus tahun ini. Semua ini tak lepas dari Anugrah Allah swt. Terima kasih Tuhan, aku berjanji akan menjadi manusia yang lebih bijak dan berguna bagi orang sekitar. Meski Kau tahu bahwa selama ini aku bukan hambamu yang taat, dan penuh dosa. Aku akan berusaha menjadi lebih baik di jalanMu. Amien.

Kepada Bapak dan Ibu, atas atensi dan dukungan selama ini. Buat saudara kita kadang tak baik, selama ini, belajarliah mentas kuliah, arti manusia yang berakal

Buat kakak iparku, Buat teman-temanku selama ini, (ack, Norven, wahyu dll). Aku meski kadang juga kita pernah tinggal olider dari kalian... sebutkan satu-persatu menyemangatkan..

Buat Sahabat-ribut, Iluth, awank, Vinda, Trinas, Ibrahim, Be, Fajar, ak cukup inspirasiku.. Kang-Yuk Terima kasih

aku ucapkan tak hingga terimakasihku, moril juga materi yang tak lagi terhitung raku meskipun selama ini hubungan terimakasih atas sumbangsuhnya lebih dewasa! Kini adikmu sudah nya sudah menjadi budi, dewasa dan arif.

terimakasih atas atensinya. yang pernah datang silih berganti ada teman kost (adith, Mas Mas Hendra, Mas Hans, sadar selama ini kalian begitu baik, menjejalkan. Terima kasih. Karena seataap, aku belajar menjadi dewasa dan juga teman kuliah yang tak bisa ku terimakasih Bro!! Kalian

sahabat(Nugroho, Adith, norven, Andi, Rara, Helmi, nanang, Fahan, Yupiter, Made, Gen, Danu, Eko, henry, ratih, Anis, Ika, Pak Putri dan banyak lagi dan disebutkan disini) terima kasih, kalianlah Oia, spesial terimakasih buat rekan-rekan Probolinggo. Kalianlah pewarna kehidupanku. banyak!!!

**I LOVE YOU ALL**