

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



**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT KWH METER PRABAYAR  
DI RUMAH KOST MENGGUNAKAN SENSOR ARUS DAN SENSOR  
TEGANGAN BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh:  
DONI HARIANTO  
NIM. 01.17.020**

**APRIL 2006**



CONSTITUTIONAL PROVISIONS  
RELATIVE TO THE  
RIGHTS OF THE PEOPLE  
AND THE DUTY OF THE GOVERNMENT

ARTICLE I, SECTION 9, CLAUSE 2  
THE CLAUSE WHICH PROHIBITS  
THE EXPORTATION OF  
SILVER AND GOLD

REVISIONS

ARTICLE I, SECTION 9, CLAUSE 2  
THE CLAUSE WHICH PROHIBITS  
THE EXPORTATION OF  
SILVER AND GOLD

ARTICLE I, SECTION 9, CLAUSE 2

LEMBAR PERSETUJUAN



**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT KWH METER PRABAYAR  
DI RUMAH KOST MENGGUNAKAN SENSOR ARUS DAN SENSOR  
TEGANGAN BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51**

Disusun dan Diajukan untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat Mencapai Gelar  
Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

NAMA : Doni Harianto

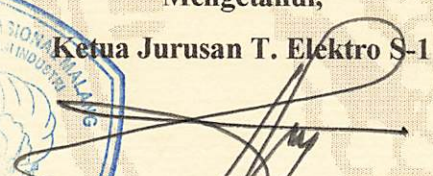
NIM : 01.17.020

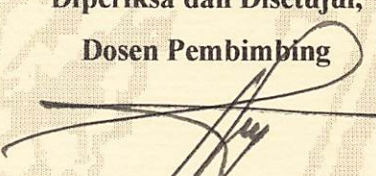
Mengetahui,

Ketua Jurusan T. Elektro S-1

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing

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

  
(Ir. Yudi Limpraptono, MT)  
NIP.P. 1039500274

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



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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : DONI HARIANTO  
Nim : 01.17.020  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Kwh meter  
Prabayar Menggunakan Sensor Arus Dan Sensor  
Tegangan di Rumah Kost Berbasis Mikrokontroler  
AT89S51

Dipertahankan di hadapan majelis penguji Skripsi jenjang Strata satu ( S-1 )  
pada:

Hari : Senin  
Tanggal : 20 Maret 2006  
Dengan Nilai : 80,4 (A)

Panitia Ujian Skripsi



Ketua

( Ir. Mochtar Asroni, MSME )

Sekretaris

( Ir. F. Yudi Limpraptono, MT )

Anggota Penguji

Penguji I

( Joseph Dedy Irawan, ST, MT )

Penguji II

( Sotyohadi, ST )

23/3/06

## Persembahkanke :

### Thank's for 1 :

- ✓ Allah SWT.Yang Maha Agung Dari Segala Yang Agung Atas Anugerah Yang Kau Berikan Sehingga Aku Lulus Sarjana Sesuai Yang Direncanakan ,  
" **ALLAHUAKBAR** "
- ✓ Mamaku Yang Paling Kusayangi Setelah-MU Atas Kesempatan Yang Kau Berikan Untuk Belajar Sehingga Aku Sampai Di Sini. " **I LOVE YOU MOM** "
- ✓ Ayah (*Alm*)Semoga Kau Bahagia Disurga Dan Selalu Disisinya, "Aku Akan Jaga Mama Dan Adik2 Sampai Titik Darah Penghabisan Dan Aku Akan Menjadi Yang Terbaik" ," Kan Kubuktikan Ku Mampu Penuhi Maumu,"  
"Terima Kasih Ayah"
- ✓ Mak Yat Dan Pak Muslimat Orang Tua Keduaku Terima Kasih Atas Dukungan Dan Doa2 Kalian, Aku Sayang Kalian Seperti Aku Menyayangi Ibu Dan Ayah
- ✓ Adik-Adiku Yang Sangat Kusayangi Fendri, Jeany, Mujib, Dan My Sweety Azhari Kecil Martha Ayu (Urel) Terima Kasih Atas Dukungan Dan Motifasi Yang Telah Kalian Berikan, Tanpa Kalian Aku Bukan Apa2, Kan Kubuktikan Semua Ini Tidak Akan Sia-Sia. ." **I Miss You All** "
- ✓ To Jeany Belajar Terus Yang Rajin Buatlah Bangga Ibu Dan Kakak-Kakakmu, Aku Yakin Kamu Pasti Bisa
- ✓ Mbak Lis & Mas Duri, ( Kakak Dan Orang Tua Ketigaku ) Terima Kasih Atas Dukungan Moril Dan Materiil Yang Telah Kalian Berikan.
- ✓ Mas Erwan, Mas Rony, Mas Sugiharsono Dan Mas Cip Terima Kasih Dukungan Dan Semua Bantuan Untukku Kakak-Kakak Ku
- ✓ Adik-Adiku Tersayang Novan, Ulfa, Aby, Gesta Dan Ta'in Belajar Terus Dan Bikin Orang Tuamu Bangga

### Thank's For 2 :

- ✓ Diana Aulya Makasih Banyak Semua Dukungane, Dah Bangunin Aku Persiapan Seminar Hasil Dan Kompre, Dan Semua Spirit Dan Tips2 Yang Diberikan, Thank's For All
- ✓ Sasha Makasih Banget Slalu Ngedukung Aku Dalam Susah Dan Senang
- ✓ Mira Adiku Yang Paling Cakep Cepetan Slesaikan Kuliahe!!
- ✓ Gerika Manjur Juga Tips2 Yang Diberikan, he..."
- ✓ Saudara2 & Keluargaku Keempat Yang Takan Pernah Hilang Dalam Hatiku Ciput, Anda, Lil'bebek, Noel, Aan (*Terimakasih Telah Menemani Hari2ku Dan Menemaniku Mencari Uang*) Serta Ikhsan,Redy,dan Isol (*Maaf Jika Aku Penah Menyakitimu Tapi Bagiku Kalian Adalah Adik2ku* )
- ✓ *Thank's Anton sahabatku ingat "JOYS will Back "*

# ***" Thank's for ITN Malang "***

sutradara:

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

Starring by:

**Doni Harianto,ST**

Produser:

**Institut Teknologi Nasional Malang**

Pembantu Umum:

**Masnyoman dkk.**

**On-IQ band**

**Elektronika - S1**

**(Elka-1 keluargaku di malang)**

Motto:

**"be your self "**

# "English WTI for Element"

conclusion

1. The first, second, and third

of the

2. The first, second, and third

of the

3. The first, second, and third

of the

4. The first, second, and third

of the

5. The first, second, and third

of the

of the

"The first"

## ABSTRAKSI

**Doni Harianto, 2006 ,”Perancangan Dan Pembuatan Alat Kwh Meter Prabayar Menggunakan Sensor Arus Dan Sensor Tegangan Di Rumah Kost Berbasis Mikrokontroller AT89S51”, Teknik Elektro S-1 / Teknik Elektronika , Fakultas Teknologi Industri , Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen Pembimbing Ir. F.Yudi Limpraptono, MT**

**Kata kunci : *kwh meter*,detektor,Mikrokontroller AT89S51.**

Dalam skripsi ini akan dibahas tentang perancangan dan pembuatan alat kwh meter prabayar menggunakan sensor arus dan sensor tegangan di rumah kost berbasis mikrokontroller AT89S51. Sering terjadi pembayaran listrik di rumah kost yang di sama ratakan sedangkan pemakaian bebannya berbeda-beda adalah faktor yang mendorong kami untuk mengembangkan suatu alat sistem pelayanan listrik yang lebih praktis, hemat dan efisien. Alat ini dilengkapi dengan keypad sebagai inputan dan LCD sebagai tampilan. Alat ini juga dilengkapi lampu indikator sebagai pengingat pembayaran listrik jika uang pembayaran listrik akan habis. Dari hasil pengujian alat menunjukan bahwa tingkat ketelitian alat mencapai 97 % jika dibandingkan dengan kwh meter yang sebenarnya. Dengan adanya alat ini maka pelanggan listrik akan lebih hemat dan proses pembayaran lebih praktis, efektif dan tidak menimbulkan kerugian pada pemakai dan juga pemakai listrik dapat mengontrol pemakaian beban listrik sesuai uang yang dibayarkan sehingga lebih hemat.



## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya kami dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **,"Perancangan Dan Pembuatan Alat Kwh Meter Prabayar Menggunakan Sensor Arus Dan Sensor Tegangan Di Rumah Kost Berbasis Mikrokontroller AT89S51"**. Penyusunan skripsi merupakan syarat yang harus ditempuh mahasiswa jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Iomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri di Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku kajar Teknik Elektro S1 di Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku dosen pembimbing.
5. Bapak, Ibu, Kakak dan adik serta segenap keluarga besar di Blitar yang telah memberikan dukungan, baik moril maupun materiil.
6. Teman-Temanku dan semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan Skripsi ini.

Kami menyadari bahwa skripsi ini kurang sempurna, sehingga penyusun mengharapkan saran dan kritik kepada pembaca serta pengamat yang untuk pengembangan dan penyempurnaan, sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik.

Malang, April 2006

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>BERITA ACARA SKRIPSI</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAKSI</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii

### **BAB I PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah .....	2
D. Tujuan .....	3
E. Manfaat .....	3
F. Sistematika Penulisan .....	3

### **BAB II LANDASAN TEORI**

A. Pendahuluan.....	5
B. Sensor Arus ( <i>Transformator Arus</i> ) .....	5
C. Sensor Tegangan ( <i>Transformator Tegangan</i> ) .....	7
D. Op-Amp ( <i>Operasional amplifier</i> ) .....	7
E. Inverter .....	10
F. Schimit Trigger.....	10
G. Gerbang Ex-OR ( <i>Exclusive OR</i> ) .....	11
H. ADC ( <i>Analog to Digital Converter</i> ) 0804 .....	13
I. LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) .....	13
J. IC ULN 2003 Sebagai Penggerak Relay.....	14

K. Relay .....	15
L. Keypad.....	18
M. Mikrokontroller AT89S51.....	20
1. Perangkat keras Mikrokontroller AT89S51.....	20
2. Arsitektur AT89S51.....	22
3. Konfigurasi Pin-pin Mikrokontroller AT89S51 .....	23
4. Organisasi Memori.....	27
5. SFR ( <i>Special Function Register</i> ).....	28
6. Metode Pengalamatan.....	32

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

A. Diagram Blok Sistem .....	33
B. Perencanaan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	34
1. Perancangan Sensor Arus .....	34
2. Perancangan Sensor Tegangan .....	39
3. Perancangan Sensor $\cos \phi$ .....	40
4. Perancangan Penguat Defferensial .....	42
5. Perancangan Penyearah .....	43
6. Perancangan ADC ( Analog to Digital Converter) 0804 .	45
7. Rangkaian ULN 2003 Sebagai Saklar Penggerak Relay .	47
8. Keypad .....	48
9. LCD TM 162 ABC .....	50
10. Perencanaan Penempatan Port Pengontrol.....	50
11. Perencanaan Catu Daya .....	51
C. Perancangan Perangkat Lunak .....	52

### **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS**

A. Tujuan .....	56
B. Prinsip Kerja Alat.....	56
C. Data Pengujian Alat .....	57
a) Percobaan Sensor Arus .....	57

b) Percobaan Sensor Arus .....	57
c) Percobaan Sensor Tegangan .....	58
d) Percobaan Sensor Cos $\phi$ .....	59
e) Percobaan Pengujian Papan Tombol ( <i>Keypad</i> ) .....	60
f) Percobaan Rangkaian ULN 2004 Sebagai Saklar Penggerak Relay .....	62
g) Percobaan Alat Menggunakan Beban .....	63
D. Spesifikasi Alat .....	66
E. Panduan Operasi Alat.....	67

## **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	68
B. Saran .....	69

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel kebenaran gerbang NOT.....	10
Table 2.2 Tabel kebenaran gerbang X-OR, 2 masukan.....	12
Tabel 2.3 Kombinasi Masukan Keypad Matrik 3 x 4.....	18
Tabel 2.4 Fungsi Khusus Port 1.....	24
Tabel 2.5 Fungsi Khusus Port 3.....	25
Tabel 2.6. Special Function Register.....	28
Tabel 3.1 Daftar Ukuran Inti E1.....	35
Tabel 3.2 Kombinasi Masukan Keypad Matrik 3 x 4.....	49
Table 4.1 Percobaan Sensor Arus.....	57
Table 4.2 Percobaan Sensor Tegangan.....	58
Table 4.3 Percobaan Sensor Cos $\phi$ .....	59
Table 4.4 Pengujian Papan Tombol Keypad.....	61
Tabel 4.5 Pengujian ULN 2003 Sebagai Penggerak Relay.....	62
Tabel 4.6 Data setingan adalah Rp 150, beban yang digunakan 100W ...	63
Tabel 4.7 Data setingan adalah Rp 150, beban yang digunakan 225W ...	63
Tabel 4.8 Data setingan adalah Rp.300, beban yang digunakan 100W ...	64
Tabel 4.9 Daya setingan adalah Rp.300, beban yang digunakan 225W ...	64
Tabel 4.10 Daya setingan adalah Rp. 50, beban K 1=100 W dan K 2 = 225 W .....	64
Tabel 4.11 Daya setingan adalah Rp.150, beban TL 15 W .....	65
Tabel 4.12 Data Pengujian Kwh meter.....	65
Tabel 4.13 Perbandingan Pengukuran Alat Dengan Kwh Meter.....	67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan CT dengan beban.....	6
Gambar 2.2 Rangkaian Pembagi Tegangan.....	7
Gambar 2.3 Simbol Skematis Op-Amp .....	8
Gambar 2.4 Penguat Inverting .....	9
Gambar 2.5 Gerbang NOT.....	10
Gambar 2.6 Pembalik Pemicu Schmit Hex.....	11
Gambar 2.7 Gerbang X-OR Dua Masukan.....	12
Gambar 2.8 ADC (Analog to Digital Converter) 0804 .....	13
Gambar 2.9 Rangkaian LCD.....	14
Gambar 2.10. Konfigurasi PIN ULN2004.....	15
Gambar 2.11 Cara Kerja Relay.....	16
Gambar 2.12 Relay SPST .....	16
Gambar 2.13 Relay SPDT.....	17
Gambar 2.14 Relay DPST.....	17
Gambar 2.15 Relay DPDT.....	17
Gambar 2.16. Posisi tombol terhadap kolom (Cn) dan barisnya (Bm) serta pin yang tersedia n dan m nomor kolom dan baris .....	19
Gambar 2.17. Konfigurasi PIN AT89C51 .....	19
Gambar 2.18 Blok diagram Mikrokontroler AT89S51 .....	21
Gambar 2.19 Konfigurasi pin-pin AT89S51 .....	23
Gambar 2.20 Rangkaian Reset.....	25
Gambar 2.21 Rangkaian Clock.....	26
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem.....	33
Gambar 3.2 Hubungan CT dengan beban.....	37
Gambar 3.3 Rangkaian Pembagi Tegangan.....	39
Gambar 3.4 Beda fasa antara V dan I .....	41
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Cos $\phi$ .....	41

<b>Gambar 3.6 Rangkaian Penguat Deferensial Untuk Tegangan .....</b>	<b>42</b>
<b>Gambar 3.7. Rangkaian Penguat Diferensial.....</b>	<b>42</b>
<b>Gambar 3.8 Rangkaian Penyearah.....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 3.9 Rangkaian ADC 0804 .....</b>	<b>47</b>
<b>Gambar 3.10 Rangkaian ULN2003 sebagai saklar Relay .....</b>	<b>48</b>
<b>Gambar 3.11 Rangkaian Keypad .....</b>	<b>49</b>
<b>Gambar 3.12 LCD TM 162 ABC .....</b>	<b>50</b>
<b>Gambar 3.13. Rangkaian Mikrokontroller AT89S51 .....</b>	<b>51</b>
<b>Gambar 3.14 Blok Diagram Catu Daya.....</b>	<b>52</b>
<b>Gambar 3.15. Gambar Diagram Alir Sistem .....</b>	<b>55</b>
<b>Gambar 4.1 Beda fasa antara V dan I .....</b>	<b>59</b>
<b>Gambar 4.2 Diagram Blok Pengujian Keypad .....</b>	<b>60</b>
<b>Gambar 4.3. Diagram Blok Pengujian Rangkaian ULN2003 Sebagai Penggerak Relay .....</b>	<b>62</b>

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Perkembangan teknologi pada bidang elektronika saat ini berkembang sedemikian pesatnya, hampir segala bidang saat ini menggunakan peralatan elektronika untuk mempermudah segala aktivitas manusia dalam kehidupan sehari-hari.

Listrik adalah kebutuhan pokok manusia saat ini, tanpa listrik manusia tidak akan bisa berbuat apa-apa, apalagi semua yang berhubungan dengan peralatan elektronika. Dengan semakin meningkatnya teknologi maka semakin besar pula listrik yang dibutuhkan. Di Indonesia saat ini pembangkit listrik yang tersedia belum dapat mencukupi untuk memenuhi pesatnya perkembangan teknologi saat ini dan yang akan datang. Untuk alasan tersebutlah maka pemerintah saat ini sedang menggalakan “ *Program Hemat Energi* ”, energi listrik khususnya.

Setiap sebulan sekali pelanggan/pemakai listrik diwajibkan melakukan pembayaran pemakaian beban setiap bulannya. Biasanya dilakukan pemakaian beban listrik terlebih dahulu kemudian pelanggan melakukan pembayaran beban listrik sesuai yang dipakai, sehingga pelanggan listrik tidak menghemat pemakaian beban yang akan dipakainya sehingga akan terjadi pembayaran listrik yang tidak dapat diperkirakan sebelumnya. Faktor inilah yang mendorong kami untuk mengembangkan suatu alat sistem pelayanan pembayaran rekening listrik yang lebih praktis, hemat dan efisien. Di sini akan dicoba memperkenalkan sebuah alat pembayaran kwh meter secara prabayar menggunakan



sensor arus berbasis mikrokontroler AT89S51, dimana dengan menggunakan sistem ini kita dapat melakukan pembayaran listrik secara prabayar dan pembayaran listrik sesuai dengan beban yang kita pakai sehingga pengguna listrik dapat mengatur pemakaian listrik sesuai uang telah dibayarkan. Alat ini kami buat dengan tujuan untuk mempermudah proses pembayaran listrik yang praktis, hemat dan efisien serta untuk menyelesaikan tugas akhir dan secara lengkap kami beri judul “PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT KWH METER PRABAYAR MENGGUNAKAN SENSOR ARUS DAN SENSOR TEGANGAN BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51”.

## **B. Rumusan Masalah**

Masalah yang akan dibahas dalam perencanaan dan pembuatan alat kontrol daya listrik ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membuat rangkaian sensor yang digunakan.
2. Bagaimana merancang rangkaian mikrokontroller yang digunakan untuk mengendalikan seluruh system.
3. Bagaimana merancang dan membuat perangkat lunak/software yang digunakan.

## **C. Batasan Masalah**

Dalam penyusunan skripsi ini pembahasan dibatasi meliputi hal berikut :

1. Alat ini direncanakan untuk 2 kamar.
2. Daya beban maksimum pada setiap kamar adalah 500 VA.
3. Listrik yang dihitung dalam laporan ini adalah daya nyata.
4. Alat ini bekerja pada tegangan 220 V, 50 Hz.
5. Mikrokontroller yang digunakan adalah MCU AT89S51

#### **D. Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah untuk merancang dan membuat alat pembayaran Kwh meter secara prabayar yang di aplikasikan di rumah kost. Dengan demikian pemakaian daya listrik akan lebih hemat dan proses pembayaran efektif dan tidak menimbulkan kerugian pada penghuni kamar dan juga pemakai beban listrik dapat mengontrol pemakaian beban listrik sesuai uang yang dibayarkan sehingga lebih hemat.

#### **E. Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari pembuatan alat ini adalah :

- 1 Memberi kemudahan pengguna listrik pada proses pembayaran listrik .
- 2 Memberi kemudahan pengguna listrik sehingga dengan adanya alat ini nantinya pengguna listrik dapat mengatur pemakaian listrik sesuai uang telah dibayarkan
- 3 Dengan adanya alat ini maka tidak akan terjadi keterlambatan di dalam pembayaran listrik, karena pengguna listrik harus membayar terlebih dahulu untuk dapat menggunakan listrik

#### **F. Sistematika Penulisan**

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

##### **BAB I Pendahuluan**

Meliputi beberapa uraian tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika pembahasan yang digunakan.

##### **BAB II Teori Dasar**

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori-teori dasar yang berhubungan dengan alat yang dirancang.

### **BAB III Perencanaan Sistem dan Pembuatan Alat**

Membahas tentang perencanaan rangkaian yang meliputi perencanaan rangkaian secara hardware dan software.

### **BAB IV Pengujian Alat**

Menguraikan tentang cara kerja rangkaian, hasil pengukuran hasil percobaan dan spesifikasi dari alat tersebut.

### **BAB V Penutup**

Berisi kesimpulan dan saran yang dapat diambil dan saran terhadap kinerja alat secara keseluruhan.

## BAB II TEORI DASAR

### A. Pendahuluan

Dalam bab ini akan dibahas teori penunjang dari peralatan yang akan dibuat dan direncanakan. Teori penunjang ini akan membahas tentang komponen dan peralatan pendukung dari alat yang akan kita buat guna memudahkan memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan hingga terciptanya alat ini, perlunya penjelasan dan uraian-uraian teori penunjang yang dalam penulisan akhir ini bukan hanya mempermudah perencanaan tapi juga akan mempermudah pemakaian oleh pengguna alat tersebut.

### B. Sensor Arus ( *Transformator Arus* )

Transformator arus berguna untuk menyediakan cara pengurangan arus saluran ke harga-harga yang dapat digunakan untuk mengoperasikan alat pengukur arus rendah atau alat kendali yang baku, alat ini benar terisolasi dari rangkaian utama. Karena tranformator arys ini digunakan berkaitan dengan alat pengukur arus, maka lilitan primernya dirancanmg untuk dihubungkan secara seri dengan saluran ( beban ). Oleh karena itu impedansi lilitan primer dibuat serendah mungkin. Perbandingan arus primer dan sekunder berbanding terbalik dengan perbandingan jumlah lilitan primer dan sekunder, atau dapat dituliskan :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \dots\dots\dots [1]$$

dimana :

$N_1$  :jumlah lilitan primer

$N_2$  :jumlah lilitan sekunder

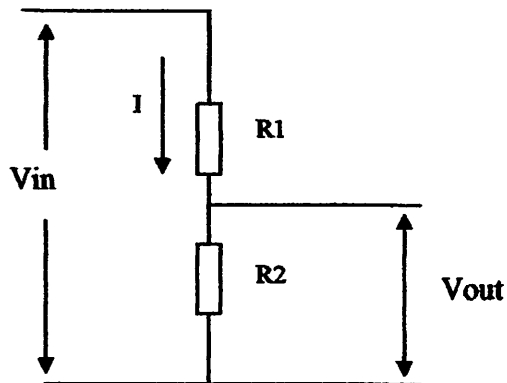
$I_1$  :arus sisi primer

$I_2$  :arus sisi sekunder

Karena impedansi lilitan primer transformator arus adalah rendah, maka arus yang melalui sisi primer akan bergantung pada beban yang dihubungkan ke sisi primer dan bukan pada beban sekunder dari transformator itu sendiri. Jika rangkaian sekunder ditutup, arus sekunder menghasilkan ggm yang melawan ggm primer, sehingga membatasi kerapatan fluks di dalam inti. Jika rangkaian sekunder terbuka sedangkan sisi primer diberi energi (beban) maka ggm sekunder yang melawan ggm primer tidak ada lagi sehingga rapat rapat fluksi menjadi tinggi sekali, menyebabkan di induksikannya tegangan tinggi yang berbahaya pada lilitan sekunder. Disamping itu akan timbul panas pada inti karena inti mencapai titik jenuh. Oleh karena itu dalam pemasangannya transformator arus sisi sekundernya harus di hubung singkat.

### C. Sensor Tegangan( *Transformator Tegangan* )

Fungsi atau kegunaan dari rangkaian sensor tegangan ini adalah untuk menurunkan tegangan dari jala-jala menjadi tegangan yang dibutuhkan oleh ADC dan mikrokontroller untuk bisa bekerja, yaitu sebesar 0 - 5 volt. Karena itu sebenarnya sensor tegangan adalah rangkaian pembagi tegangan. Kegunaan tambahan dari rangkaian ini adalah agar semua komponen elektronik dalam alat yang dirancang dapat bekerja dengan aman.



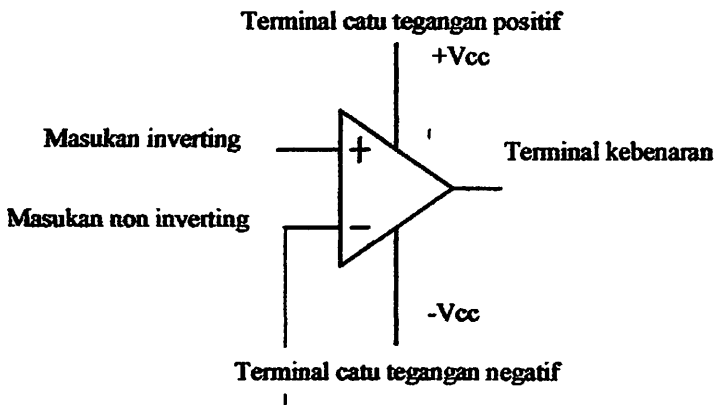
**Gambar 2.2** *Rangkaian Pembagi Tegangan [7]*

Adapun rumus yang dipakai dalam perancangan sensor tegangan adalah :

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} V_{in} \dots\dots\dots(4)$$

**D. Op-Amp (Operasional Amplifier)**

Penguat operasional atau yang bisa disebut dengan Op-Amp singkatan dari Operasional Amplifier. Pada Op-Amp terdapat dua buah terminal input yaitu Inverting (-) dan Non Inverting (+).



**Gambar 2.3** *Simbol Skematis Op-Amp [1]*

Sifat-sifat yang dimiliki oleh Op-Amp adalah:

1. Penguatan tegangan (  $AV$  ) = tak terhingga
2. Impedansi Input (  $Z_{in}$  ) = tak terhingga
3. Impedansi Output (  $Z_{out}$  ) = nol
4. Jangkauan frekuensi = tak terhingga

Karakteristik di atas hanya secara ideal (teoritis). Dalaam prakteknya keadaan-keadaan diatas sulit dicapai.

Pada Op-Amp besarnya penguatan tegangan dapat ditentukan berdasarkan hasil perbandingan antara resistansi feedback ( $R_f$ ) dengan resistansi input ( $R_{in}$ ). Penguatan terbagi atas 2 yaitu penguatan inverting dan penguat non-inverting. Namun dalam perancangan ini penguat yang dipakai hanyalah pengut inverting, karena penguatan yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Sedangkan penguatan non-inverting tidak dipergunakan karena penguatannya sangat besar. Adapun rumus dari penguat inverting adalah :

$$V_{out} = -V_{in} \cdot \left( \frac{R_f}{R_s} \right) \dots\dots\dots (5)$$

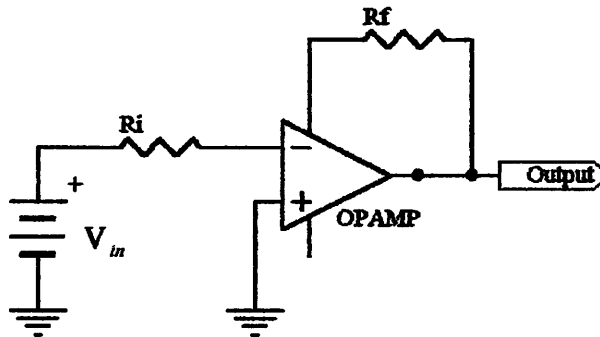
Dimana:

$V_{out}$  = tegangan output

$V_{in}$  = tegangan input

$R_f$  = resistansi feedback

$R_s$  = resistansi input



**Gambar 2.4 Penguat Inverting [1]**

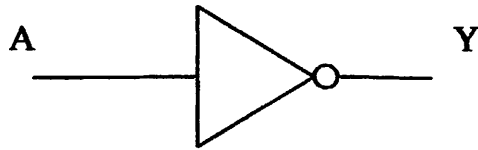
Rangkaian pada gambar 2.4 merupakan rangkaian penguat pembalik. Rangkaian penguat pembalik adalah salah satu dari rangkaian Op – Amp yang paling banyak digunakan. Rangkaian tersebut merupakan sebuah penguat yang gain untaiannya tertutupnya dari  $E_i$  ke  $V_o$  yang ditentukan oleh besarnya  $R_f$  dan  $R_i$ , yang dapat memperkuat sinyal AC dan DC. Rangkaian ini dikatakan penguat pembalik karena polaritasnya dari tegangan outputnya ( $V_o$ ) selalu berbanding terbalik dengan tegangan inputnya ( $V_i$ )

Adapun keuntungan lain dari penguat inverting adalah kemampuannya untuk menangani lebih dari satu masukan sekaligus.

#### **E. Inverter**

Sebuah inverter (pembalik) adalah gerbang dengan satu masukan dan satu keluaran dan keadaan keluarannya selalu berlawanan dengan keadaan masukannya. Inverter disebut juga dengan gerbang NOT (bukan), karena keluarannya tidak sama dengan masukannya. Keluaran inverter disebut komplemen (lawan) dari masukan.





**Gambar 2.5 Gerbang NOT [6]**

Simbol dari Inverter ditunjukkan dari gambar 2.4. Tabel kebenaran untuk gerbang NOT ditunjukkan pada tabel 2.1.

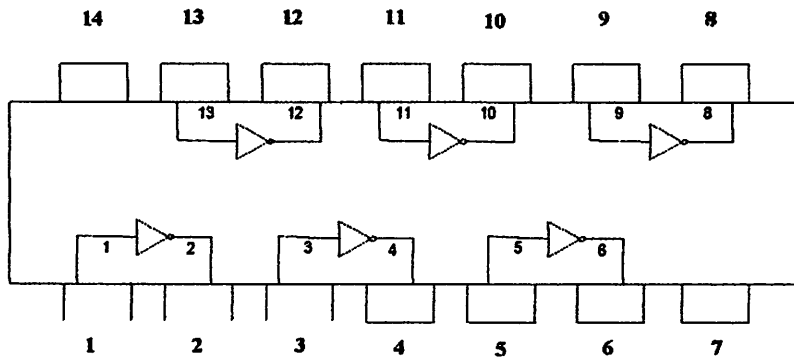
**Tabel 2.1 Tabel kebenaran gerbang NOT [3]**

Masukan	Keluaran
0	1
1	0

#### **F. Schmit Trigger 7414**

Pemicu Schmit adalah piranti yang berfungsi untuk menyempurnakan gelombang persegi menjadi baik. Dengan kata lain pemicu schmit menghasilkan keluaran berbentuk persegi tanpa memperdulikan bentuk gelombang masukannya.

Piranti 7414 adalah sebuah pembalik (inverter) pemicu Schmit hex yang berupa IC, yang terdiri dari enam buah inverter pemicu Schmit dalam satu kemasan seperti terlihat pada gambar 2.4.

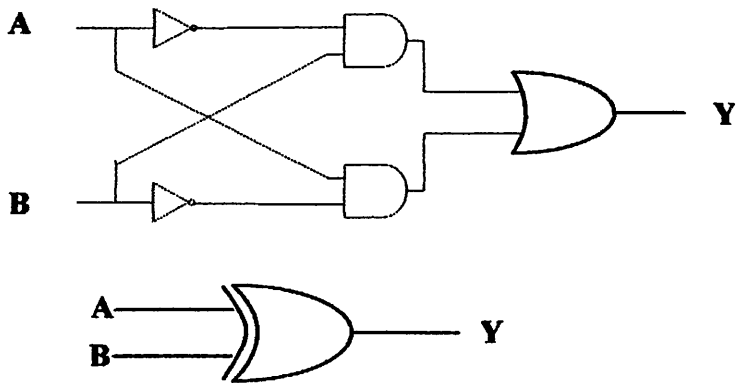


**Gambar 2.4 Pembalik Pemicu Schmit Hex [11]**

**G. Gerbang X-OR (Exclusive OR)**

Sebuah gerbang OR mengenali kata-kata masukan dengan satu kata atau lebih dari satu bit. Tidak demikian dengan gerbang Eksklusif-OR, gerbang ini hanya mengenali kata yang mempunyai bit satu dalam jumlah ganjil. Gambar 2.6 menyajikan suatu cara membuat gerbang Ex-Or yang disingkat X\_OR. Gerbang AND atas membentuk perkalian  $\overline{A}B$  dan gerbang AND bawah menghasilkan  $A\overline{B}$ . Persamaan aljabar boolean yang berlaku adalah:

$$Y = \overline{A}B \oplus A\overline{B} \dots\dots\dots(6)$$



**Gambar 2.5 Gerbang X-OR Dua Masukan [6]**

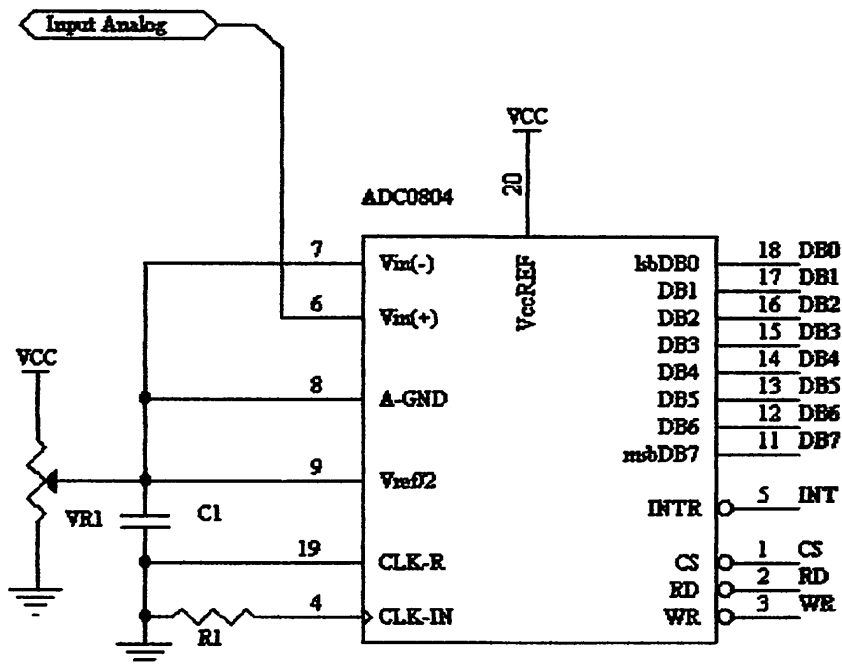
Berikut ini adalah uraian cara kerja rangkaian. Pada gambar 2.5 dua masukan yang rendah menghasilkan keluaran akhir dari rangkaian menjadi rendah. Jika masukan A rendah dan B tinggi maka gerbang AND akan memberi keluaran tinggi. Jika kedua masukan tinggi maka gerbang AND akan menghasilkan keluaran yang rendah, yang menghasilkan keluaran akhir yang rendah. Table keluaran untuk gerbang X-OR dapat dilihat pada table 2.2

**Table 2.2** Tabel kebenaran gerbang X-OR, 2 masukan .[6]

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

#### **H. ADC (Analog to Digital Converter) 0804**

Agar arus dan tegangan jala-jala dapat dibaca oleh mikrokontroller AT89S51, arus dan tegangan tersebut harus diubah menjadi bentuk data digital 8 bit. Untuk itu digunakan konverter analog ke digital (ADC). Tipe yang dipakai untuk perancangan ini adalah Tipe ADC 0804 yang merupakan ADC dengan 2 masukan analog yang di multipleks menjadi data digital 8 bit. Gambar perencanaan dari ADC seperti yang terlihat pada gambar 2.6

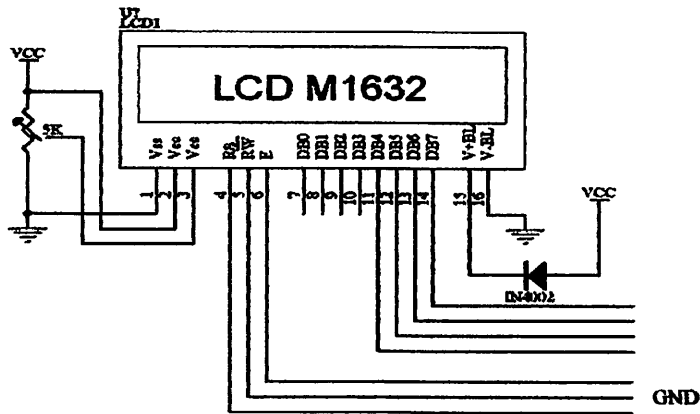


Gambar 2.6 ADC (Analog to Digital Converter) 0804 [11]

## I. LCD (Liquid Crystal Display)

Untuk menampilkan setting daya listrik pada setiap kamar dalam alat ini menggunakan sebuah tampilan display LCD sebagai unit tampilan.

Pada rangkaian LCD dapat dilihat dalam gambar 2.7 Bus data LCD terhubung dengan bus data mikrokontroller. Sinyal kontrol EN diperoleh dari keluaran gerbang NOR, dengan masing-masing gerbang NOR dihubungkan dengan keluaran decoder dan WR mikrokontroller.



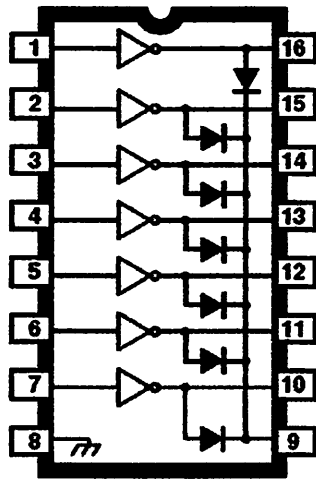
**Gambar 2.7 Rangkaian LCD [4]**

Karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin R/W dihubungkan ke ground. RS dihubungkan dengan pin A0 dari bus alamat mikrontroller. Untuk mengatur tingkat kecerahan LCD digunakan resistor variable 5 K $\Omega$ .

Pada perancangan ini LCD yang digunakan adalah tipe M1632.

#### **J. IC ULN 2003 Sebagai Penggerak Relay**

IC ULN 2003 adalah IC yang dirancang untuk difungsikan sebagai saklar, IC ULN2003 dapat terpicu dengan tegangan sebesar 5 Volt dengan tegangan hubung sebesar 100 Volt dan arus maksimum yang diperbolehkan sebesar 500mA dengan suhu kerja dari -20<sup>0</sup>C sampai 80<sup>0</sup>C dengan data yang ada diatas maka IC ULN2003 mampu digunakan untuk menghidup matikan relay yang memiliki tegangan kerja dibawah 100 Volt dan memiliki arus maksimal sebesar 500 mA. Adapun bentuk gamabaran dari IC ULN 2003 dapat dilihat pada gambar 2.8



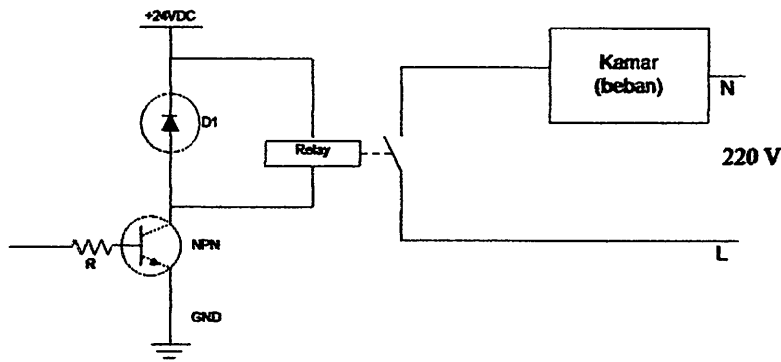
**Gambar 2.8.** *Konfigurasi PIN ULN2004 [4]*

## **K. Relay**

Relay adalah komponen elektronika yang umumnya digunakan untuk menghidupkan rangkaian kontrol dan peralatan listrik lainnya yang menarik arus relatif kecil. Namun demikian relay dapat mengontrol tegangan dan arus yang lebih besar dengan menggunakan efek pengaturan. Efek pengaturan didapat dengan cara memanfaatkan tegangan kecil ( 5 – 24 V ) untuk mengaktifkan koil dari relay. Kemudian koil tersebut digunakan untuk mengubah – ubah posisi kontak. Kontak pada relay dapat digunakan untuk mensaklar ( switching ) tegangan yang lebih besar sampai 400 Watt. Aliran arus yang digunakan untuk mengatur koil relay terpisah dari arus listrik yang dikontrol oleh kontak – kontak pada relay tersebut.

Pada dasarnya relay dapat dikatakan sebagai kontak beban elektrik yang mengontrol suatu rangkaian elektrik dengan cara membuka dan menutup kontak pada rangkaian lain. Apabila kontak relay adalah normally open ( NO ), maka akan terbuka bila relay tidak dialiri energi listrik. Sebaliknya pada titik kontak relay yang tergolong

normally close ( NC ), akan tertutup bila relay tidak dialiri arus listrik. Pada kedua kondisi tersebut kontak – kontak pada relay akan berubah keadaannya apabila relay dialiri arus listrik..

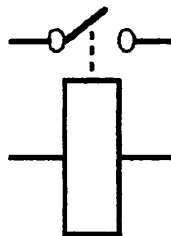


**Gambar 2.8. Cara Kerja Relay [4]**

Relay merupakan suatu alat untuk menghubungkan atau memutuskan kontak antara komponen yang satu dengan yang lain. Dalam memutus atau menghubungkan kontak digerakkan oleh fluksi yang ditimbulkan dari adanya medan magnet listrik yang dihasilkan oleh kumparan yang melilit pada besi lunak.

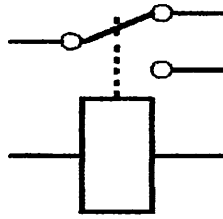
Ada beberapa jenis susunan kontak relay dimana semuanya terisolasi terhadap arus listrik yang ada di dalam kumparan. Jenis susunan kontak adalah sebagai berikut :

- SPST (*Single Pin Single Terminal*)



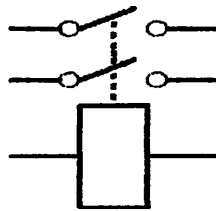
**Gambar 2.9 Relay SPST**

- SPDT (*Single Pin Dual Terminal*)



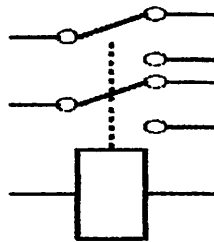
**Gambar 2.10** *Relay SPDT*

- DPST (*Dual Pin Single Terminal*)



**Gambar 2.11** *Relay DPST*

- DPDT (*Dual Pin Dual Terminal*)



**Gambar 2.12** *Relay DPDT*



## L. Keypad

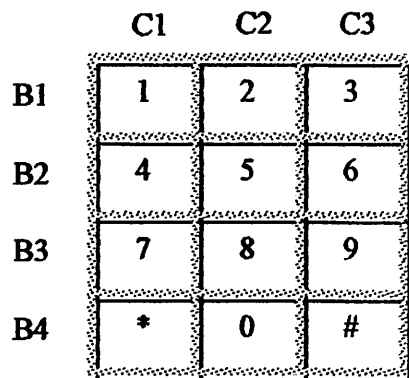
Untuk mengatur konfigurasi dan mengendalikan sistem, maka diperlukan unit masukan ke sistem melalui keypad atau papan tombol. Karena perlu masukan data berupa angka dari 0 sampai 9 dan beberapa lagi untuk keperluan lain maka ada 12 tombol masukan yang diperlukan. Dengan memanfaatkan port pada mikrokontroler dan dipadukan dengan perangkat lunak maka akan membentuk sebuah keypad yang dapat mendeteksi angka 0 sampai 9 dan 2 tanda yang nantinya akan digunakan sebagai data enter.

Dengan penyemat P2.2, P2.3, P2.4 untuk kolom dan P3.4, P3.5, P3.6, P3.7 untuk baris dapat dibuat keypad 3x4 sehingga keseluruhan ada 12 tombol. Tabel kebenaran untuk ke 12 tombol tersebut terhadap logika keluaran pada penyemat A, B, C dan D dapat dilihat dalam Tabel 2.8

**Tabel 2.3 Kombinasi Masukan Keypad Matrik 3x4**

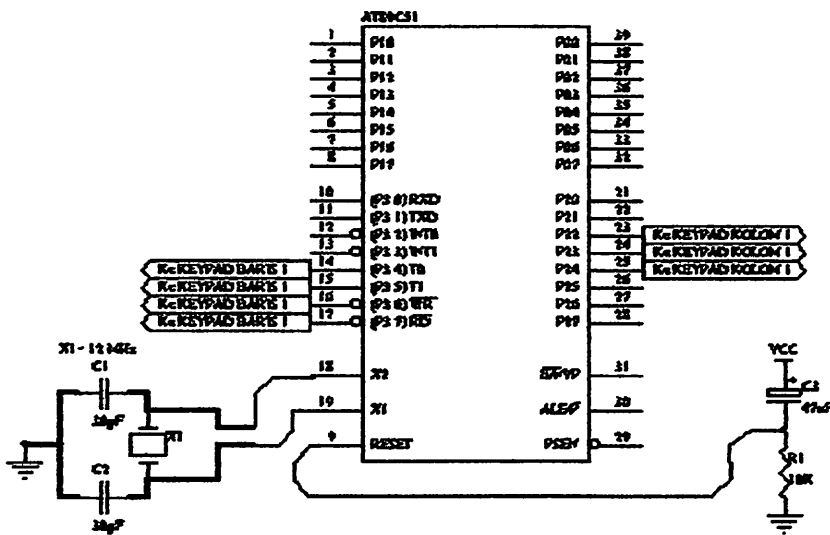
PORT	P2.2- P3.4	P2.2- P3.5	P2.2- P3.6	P2.2- P3.7	P2.3- P3.4	P2.3- P3.5	P2.3- P3.6	P2.3- P3.7	P2.4- P3.4	P2.4- P3.5	P2.4- P3.6	P2.4- P3.7
	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1

Posisi tombol terhadap kolom (Cn) dan barisnya (Bm) serta pin yang tersedia ditunjukkan dalam Gambar 2.13



**Gambar 2.13.** Posisi tombol terhadap kolom (Cn) dan barisnya (Bm) serta pin yang tersedia n dan m nomor kolom dan baris .

Sedangkan rangkaian keypad yang menggunakan mikrokontroller sebagai pengkode bilangan biner dapat dilihat pada gambar 2.18.



**Gambar 2.14.** Konfigurasi PIN AT89C51 [11]

## **M. Mikrokontroler AT89S51**

Perbedaan mendasar antara mikrokontroler dan mikroprosesor adalah mikrokontroler selain memiliki CPU juga dilengkapi dengan memori I/O yang merupakan kelengkapan sebagai suatu *minimum system* mikrokomputer sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai mikrokomputer dalam keping tunggal (*single chip microcomputer*) yang dapat berdiri sendiri.

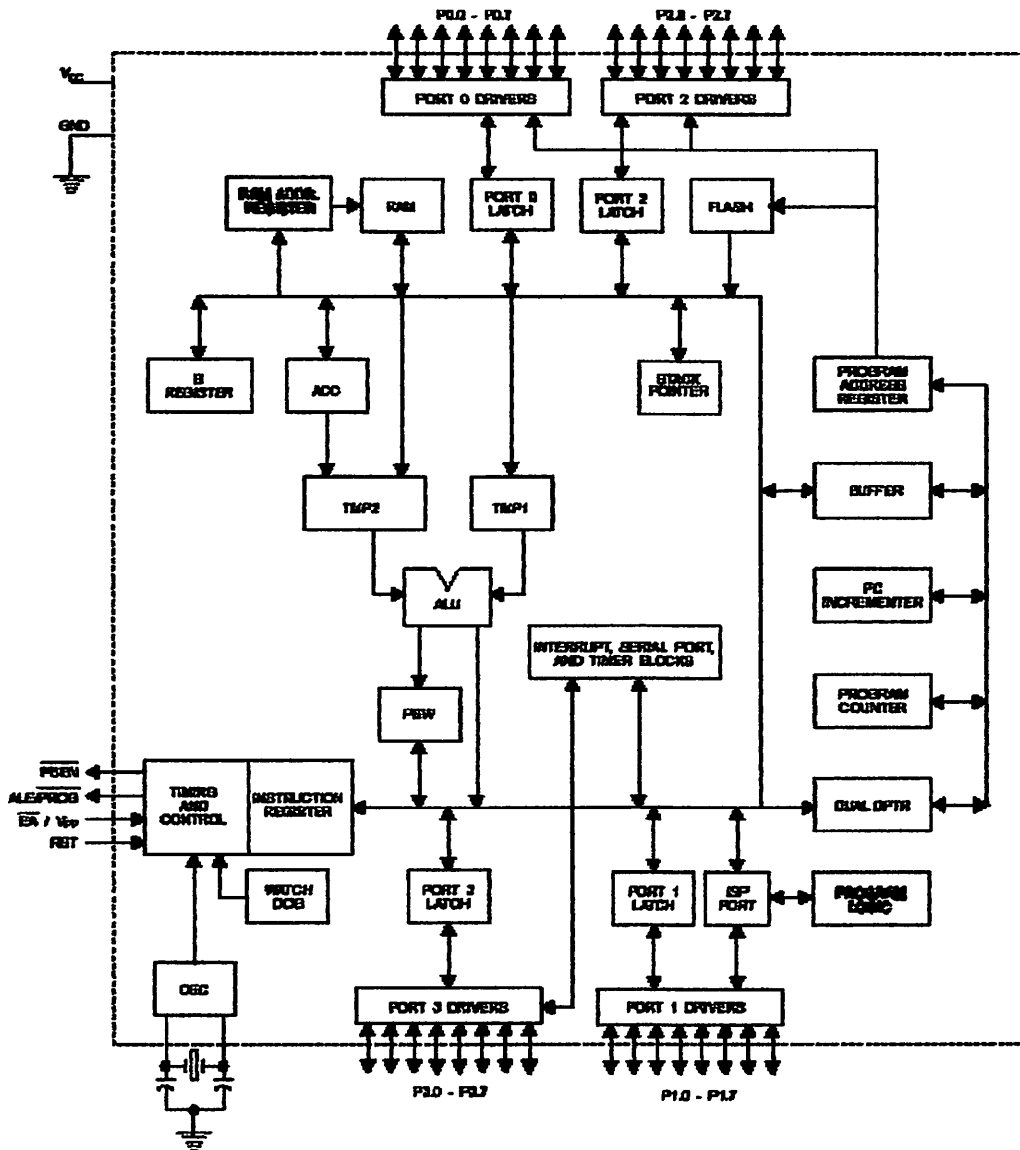
Mikrokontroler AT89S51 adalah mikrokontroler ATMEL *kompatibel* penuh dengan mikrokontroler keluarga MCS-51, dengan *supply* daya rendah, memiliki *performance* yang tinggi, dan merupakan mikrokontroler 8 bit yang dilengkapi 4 Kbyte EPROM ( *Enable and programmable read Only Memory*) dan 128 Byte RAM *internal*. Program memori dapat diprogram ulang dalam sistem atau dengan menggunakan *Programmer Nonolatelly Memory Konvensional*.

Dalam sistem mikrokontroler terdapat dua hal yang mendasar, yaitu: perangkat keras dan perangkat lunak yang keduanya saling terkait dan mendukung.

### **1. Perangkat keras Mikrokontroler AT89S51**

Mikrokontroler AT89S51 secara umum memiliki:

- CPU 8 bit
- *Memory*
- *Port I/O*
- *Timer dan Counter*
- *Sumber Interupt*
- *Program Serial* yang dapat diprogram
- *Osilator dan Clock*



Gambar 2.15 Blok diagram Mikrokontroler AT89S51 [3]

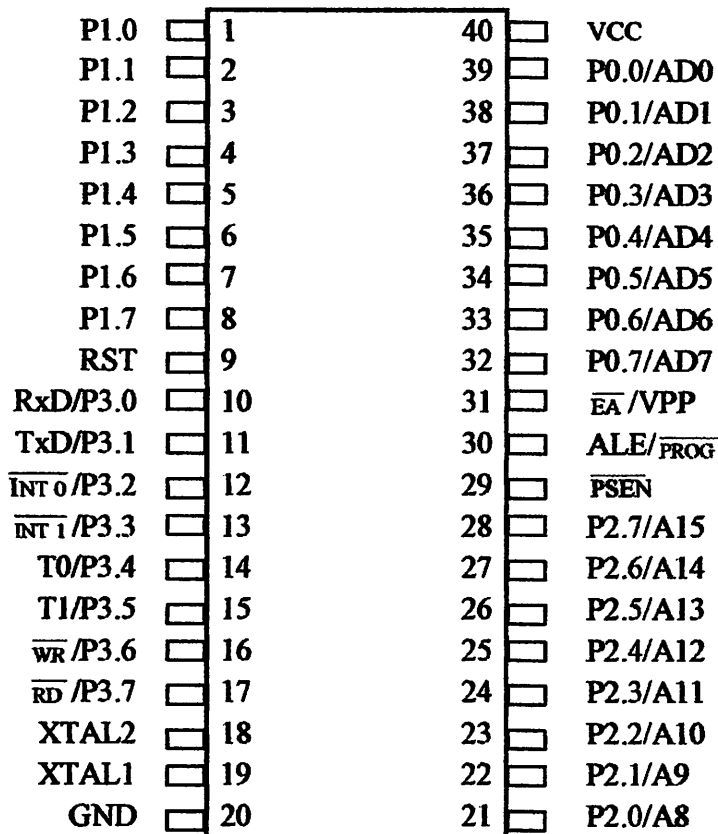
## 2. Arsitektur AT89S51

Arsitektur mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut :

- a. CPU (*Central Processing Unit*) 8-bit dengan *register* A (*accumulator*) dan B
- b. 16-Bit *Program Counter* (PC) dan *Data Pointer* (DPTR).
- c. 8- Bit *Program Status Word* (PSW).
- d. 4-Bit *Stack Pointer* (SP).
- e. 4 Kbyte *internal* EPROM.
- f. 128 byte *internal* RAM.
  - 4 *bank register*, masing-masing berisi 8 byte
    - 16 byte alamat serbaguna yang dapat diakses sebagai byte atau bit, tergantung *software* yang digunakan.
  - 80 byte *general purpose memory data*.
- g. 32 pin *input-output* tersusun atas P0-P3, masing-masing 8-bit.
- h. 2 buah 16-bit *Timer/Counter*.
- i. 2 buah *port serial full duplex*
- j. *Control Register*, antara lain : TCON, SCON, PCON, IP, dan IE
- k. 5 buah sumber interupsi (2 buah sumber interup eksternal dan 3 buah sumber *internal*).
- l. Osilator dan *Clock Internal*.
- m. *Watch Dog Programmable Timer*.
- n. *ISP Port* .

### 3. Konfigurasi Pin-pin Mikrokontroller AT89S51

Konfigurasi kaki-kaki Mikrokontroller AT89S51 terdiri dari 40 pena (pin), seperti pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.16 Konfigurasi pin-pin AT89S51 [3]**

Fungsi dari tiap-tiap pena adalah sebagai berikut :

- a. VCC, Pin 40

Merupakan pin positif sumber tegangan 5 volt DC.

- b. GND (ground), Pin 20

Merupakan pin grounding sumber tegangan.

c. Port 0, Pin 32 - 39

Merupakan port input dua arah dan dikonfigurasi sebagai *multiplex* dua bus alamat rendah (A0-A7) dan data selama pengaksesan program memori dan data internal.

d. Port 1, Pin 1 - 8

Merupakan port input dua arah dengan pull-up dan juga menerima *Low-order address byte* selama memprogram dan verifikasi dari flash.. Pada mikrokontroler AT89S51 port 1 memiliki 3 pin dengan fungsi khusus.

**Tabel 2.4 Fungsi Khusus Port 1**

Port Pin	Alternative Functions
P1.5	MOSI ( <i>used for In-system Programming</i> )
P1.6	MOSI ( <i>used for In-system Programming</i> )
P1.7	SCK ( <i>used for In-Programming</i> )

e. Port 2, Pin 21 - 28

Merupakan port I/O dengan *internal pull-up*. Mengeluarkan *address* tinggi selama pengambilan (*fetching*) program memori external. Selama pengaksesan ke external data memori, port 2 mengeluarkan isi SFR (*Special Function Register*). Menerima *address* dan beberapa sinyal control selama pemrograman.

f. Port 3, Pin 10 - 17

Merupakan port I/O dengan *internal pull-up*. Port 3 juga memiliki fungsi khusus, yaitu:

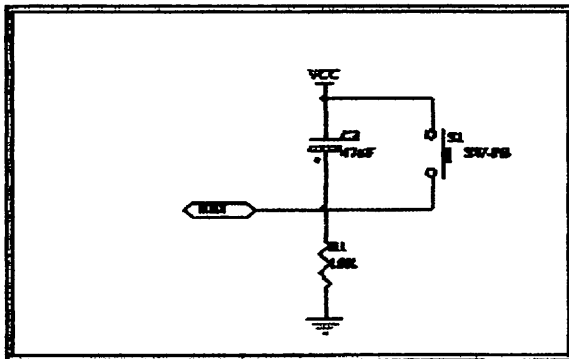
**Tabel 2.5 Fungsi Khusus Port 3**

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

g. Reset, *Pin 9*

Perubahan taraf tegangan dari rendah ke tinggi akan mereset AT 89S51.

$$T = R.C \ln 2$$



**Gambar 2.17 Rangkaian Reset [3]**



**h. ALE/PROG, Pin 30**

Pulsa output ALE digunakan untuk proses-proses *'latching' byte address* rendah (A0-A7) selama pengaksesan ke external memori. Pin ini juga digunakan untuk memasukkan pulsa program (prog) selama pemrograman.

**i. PSEN, Pin 29**

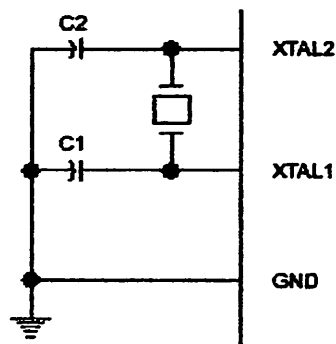
Merupakan strobe baca ke program memori eksternal.

**j. EA/VPP, Pin 31**

*External Address Enable* (EA) digroundkan jika mengakses memori eksternal, akan dihubungkan ke VCC jika digunakan untuk mengakses memori internal.

**k. X-TALL 1 dan X-TALL 2, Pin 19 dan Pin 18**

Kaki ini dihubungkan dengan kristal bila menggunakan osilator internal. XTALL 1 merupakan input inverting osilator amplifier sedangkan X-TALL 2 merupakan output inverting osilator amplifier.



**Gambar 2.18 Rangkaian Clock [3]**

#### 4. Organisasi Memori

Organisasi memori pada mikrokontroller AT89S51 dapat dibagi menjadi dua bagian besar yaitu memori program dan memori data. Pembagian tersebut didasarkan atas fungsi dari penyimpanan data maupun program. Memori program digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi yang akan diajarkan oleh mikrokontroller, sedangkan memori data digunakan sebagai tempat menyimpan instruksi-instruksi yang sedang diolah mikrokontroller.

Program mikrokontroller disimpan dalam memori program berupa ROM. Mikrokontroller AT89S51 dilengkapi dengan ROM internal, sehingga untuk menyimpan program tidak digunakan ROM eksternal yang terpisah dari mikrokontroller. Agar tidak menggunakan memori program eksternal, EA (*Eksternal Address enable*) dihubungkan dengan Vcc.

Memori program mikrokontroller menggunakan alamat 16 bit mulai  $0000_{\text{H}}$ - $0\text{FFF}_{\text{H}}$ , sehingga kapasitas penyimpanan program maksimal adalah 4Kbyte. Sinyal / PSEN (*Program Strobe Enable*) tidak digunakan jika menggunakan memori internal.

Selain program mikrokontroller AT89S51 juga memiliki data internal 128 *byte* dan mampu mengakses memori data eksternal sebesar 64Kb. Semua memori data internal dapat dialamati dengan data langsung atau tidak langsung. Ciri dari pengalamatan langsung adalah *operand* adalah alamat *register* yang berisi alamat data yang akan diolah. Sebagian memori tersebut dapat dialamati dengan memori satu bit. Untuk membaca data digunakan sinyal / RD sedangkan untuk menulis data digunakan sinyal / WR.

## 5. SFR ( *Special Function Register* )

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

**Tabel 2.6. *Special Function Register***

Simbol	Nama Register	Alamat
ACC	<i>Accumulator</i>	E0 <sub>H</sub>
B	<i>Register B</i>	F0 <sub>H</sub>
PSW	<i>Program Status Word</i>	D0 <sub>H</sub>
SP	<i>Stack Pointer</i>	81 <sub>H</sub>
DPTR	<i>Data Pointer 2 Byte</i>	
DPL	Bit Rendah	82 <sub>H</sub>
DPH	Bit Tinggi	83 <sub>H</sub>
P0	<i>Port 0</i>	80 <sub>H</sub>
P1	<i>Port 1</i>	90 <sub>H</sub>
P2	<i>Port 2</i>	A0 <sub>H</sub>
P3	<i>Port 3</i>	B0 <sub>H</sub>
IP	<i>Interupt Priority Control</i>	D8 <sub>H</sub>
IE	<i>Interupt Enable Control</i>	A8 <sub>H</sub>
TMOD	<i>Timer/Counter Mode Control</i>	89 <sub>H</sub>
TCON	<i>Timer/Counter Control</i>	88 <sub>H</sub>
TH0	<i>Timer/Counter 0 High byte</i>	8C <sub>H</sub>

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

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

- a. *Accumulator (ACC)* merupakan *register* untuk penambahan dan pengurangan. Perintah *mnemonic* untuk mengakses akumulatur disederhanakan sebagai A.
- b. *Register B* merupakan *register* khusus yang berfungsi melayani operasi perkalian dan pembagian.
- c. *Register R* merupakan delapan set *register* yang dinamakan R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6 dan R7, fungsi dari *register-register* ini adalah sebagai *register* yang membantu penyimpanan data yang menggunakan banyak operasi. *Register-register* ini yang membantu akumulatur dalam melakukan operasi antara dua operan.
- d. *Stack Pointer (SP)* merupakan *register* 8 bit yang dapat diletakkan dialamat manapun pada RAM *internal*.
- e. *Data Pointer (DPTR)* terdiri dari dua *register*, yaitu *register* untuk byte tinggi (*Data Pointer High, DPH*) dan *register* untuk byte rendah (*Data Pointer Low, DPL*) yang berfungsi untuk mengunci alamat 16 bit. DPTR berfungsi untuk menunjuk suatu

lokasi data, namun pada beberapa perintah DPTR digunakan untuk mengakses memori eksternal.

- f. *PC (Program Counter)* merupakan alamat 16 bit yang menginstruksikan AT89S51 alamat instruksi yang selanjutnya akan dilaksanakan. Saat inisialisasi AT89S51, PC terisi dengan 00000h dan akan bertambah satu setiap kali instruksi telah dilaksanakan. Harga PC tidak dapat langsung dirubah dengan menggunakan perintah MOV PC,2340h, namun dengan perintah LJMP 2340 yang akan mengisi PC dengan 2340h..
- g. *Program Status Word (PSW)* berisi bit-bit status yang berkaitan dengan kondisi CPU saat itu. PSW terletak pada alamat D0H.

**PSW**

D0H

PSW.7 PSW.6 PSW.5 PSW.4 PSW.3 PSW.2 PSW.1 PSW.0

CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P
----	----	----	-----	-----	----	---	---

- *CY (Flag Carry)*

*Flag carry*, yang terletak pada alamat D7H, berfungsi sebagai pendeteksi terjadinya kelebihan pada operasi penjumlahan, atau terjadinya peminjaman (*borrow*) pada operasi pengurangan. Misalnya, jika data pada akumulator adalah FFH dan dijumlahkan dengan bilangan satu atau lebih, maka akan terjadi kelebihan sehingga akan membuat *carry* menjadi *set*. Demikian juga apabila data pada akumulator adalah 00H dan dikurangkan dengan bilangan satu atau lebih, akan terjadi peminjaman sehingga membuat *carry* juga menjadi *set*.

- *AC (Flag Auxiliary Carry)*

*Flag auxiliary carry* akan selalu dalam kondisi *set* apabila pada saat proses penjumlahan terjadi *carry* dari bit ketiga hingga bit keempat.

- **Flag 0**

*Flag 0* dapat digunakan untuk tujuan umum tergantung pada kebutuhan pemakai.

- **RS (Register Select)**

Bit Pemilih *Bank Register (Register Bank Select Bits)* RS0 dan RS1 digunakan untuk menentukan lokasi dari *bank register (R0-R7)* pada memori. RS0 dan RS1 selalu bernilai 0 setiap kali sistem di reset sehingga lokasi dari *register R0* hingga R7 akan berada pada alamat 00H hingga 07H.

- **OV (Flag Overflow)**

*Flag overflow* akan berada pada kondisi set jika pada operasi aritmatik menghasilkan bilangan yang lebih besar daripada 128 atau lebih kecil dari -128.

- **P (bit paritas)**

Bit paritas akan berada pada kondisi set jika jumlah bit 1 dalam akumulator adalah ganjil dan akan berada pada kondisi *clear* jika jumlah bit 1 dalam akumulator adalah genap. Misalnya, data yang tersimpan pada akumulator adalah 10101110b atau AEH maka *parity bit* akan berada pada kondisi *set*. Data AEH mempunyai lima bit yang berkondisi 1 atau dapat disebut mempunyai bit 1 dalam jumlah yang ganjil.

h. *Port 0* sampai *Port 3* merupakan *register* yang berfungsi untuk membaca dan mengeluarkan data pada port 0,1,2 dan 3. Masing-masing *register* ini dapat dialamati per byte maupun per bit.

i. *Control Register* terdiri dari register yang mempunyai fungsi kontrol. Untuk mengontrol sistem interupsi, terdapat dua *register* khusus yaitu *register IP (Interrupt Priority)* dan *register IE (Interrupt Enable)*. Untuk mengontrol

*timer/counter* terdapat dua *register* khusus yaitu register TCON (*Timewr Counter Control*) serta *port serial* menggunakan *register* SCON (*Serial Port Control*).

## 6. Metode Pengalamatan

### a. Pengalamatan Langsung

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

Contoh : MOV A, #0A

### b. Pengalamatan Tak Langsung

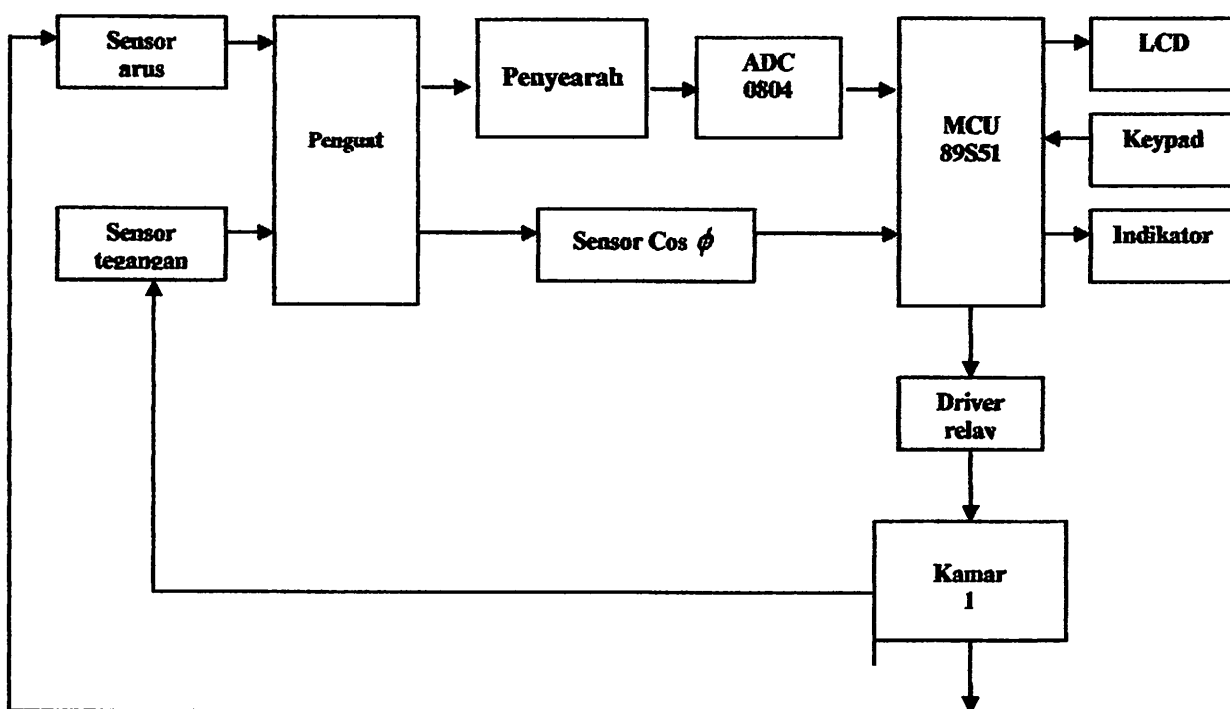
Operand pengalamatan tak langsung menunjuk ke sebuah *register* yang berisi lokasi alamat memori yang akan digunakan dalam operasi. Lokasi yang nyata tergantung pada isi *register* saat instruksi dijalankan. Untuk melaksanakan pengalamatan tak langsung digunakan simbol @.

Contoh : ADD A, @RO

**BAB III**  
**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT**

**A. Diagram Blok Sistem**

Dalam proses perencanaan perangkat keras dibuat blok diagram yang bertujuan untuk mempermudah proses perancangan dan juga melacak kesalahan-kesalahan pada alat, dimana tiap blok diagram mempunyai fungsi sendiri-sendiri



**Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem**



## B. Perencanaan Perangkat Keras ( Hardware )

### 1. Perancangan Sensor Arus

Untuk mengukur arus listrik yang mengalir ke beban digunakan transformator arus (*CT/current transformer*), CT digunakan sebagai media pengukur arus listrik secara tidak langsung. CT yang digunakan mempunyai nilai perbandingan arus 5 : 1. Untuk kondisi ideal pada transformator arus berlaku :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \dots\dots\dots [2]$$

dimana :

$N_1$  = jumlah lilitan primer

$N_2$  = jumlah lilitan sekunder

$I_2$  = arus pada sisi sekunder

$I_1$  = arus pada sisi primer

Pada perancangan perlu diketahui :

❖ Tegangan sekunder ( $V_2$ ) dan arus sekunder ( $I_2$ ) atau daya sekunder ( $P_2 = V_2 \cdot I_2$ ).

Daya dibuat sekecil mungkin di maksudkan untuk mengurangi rugi daya sekecil mungkin, yaitu sebesar 1 VA. Untuk travo ideal berlaku  $P_1 = P_2 = 1VA$ .

dimana :

$P_1$  = daya primer

$P_2$  = daya sekunder

Dari rumus travo ideal maka didapat  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{5}$  besarnya  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{5}$

Dari rumus diatas maka dapat diketahui:

$$V_1 = \frac{P_1}{I_1} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ V}$$

$$V_2 = \frac{P_2}{I_2} = \frac{1}{1} = 1 \text{ V}$$

❖ Besarnya daya standart adalah :

$$P_{std} = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{1+1}{2} = 1 \text{ VA}$$

❖ Pemilihan inti dengan menghitung penampang inti ( $A_{fe}$ ) dalam  $\text{cm}^2$

❖ Lebar penampang kaki inti kaki tengah inti ( $b$ ) sebaiknya dipilih antara  $A_{fe} =$

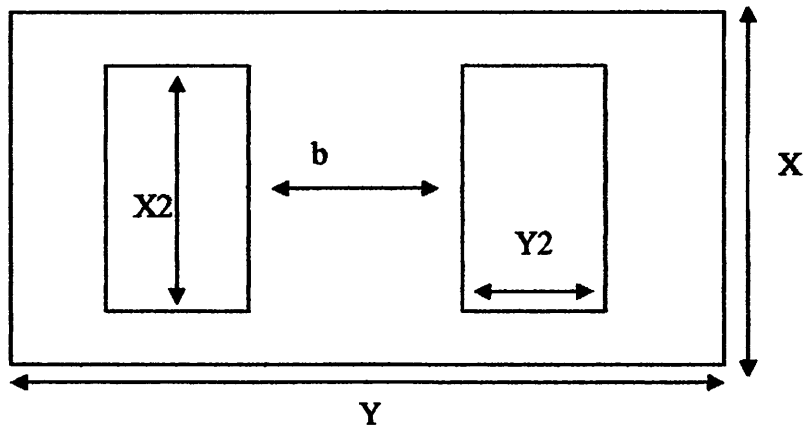
$b^2$  sampai  $1,5 b^2$ . Dalam perancangan ini harga  $b$  dipilih =  $\sqrt{A_{fe}} = \sqrt{1} = 1 \text{ cm}$ .

Dengan nilai  $b = 1 \text{ cm}^2$  dapat diperoleh ukuran inti E1 berdasarkan tabel daftar ukuran inti E1 berikut ini.

**Tabel 3.1 Daftar Ukuran Inti E1**

Type	x cm	y cm	b cm	x <sub>2</sub> cm	y <sub>2</sub> cm	A <sub>CU</sub> cm <sup>2</sup>	I <sub>FF</sub> cm	Berat g
EI30	2,5	3,0	1,0	1,5	0,5	0,75	6,0	46
EI48	4,0	4,8	1,6	2,4	0,8	1,92	9,6	116
EI54	4,5	5,4	1,8	2,7	0,9	2,43	10,8	140
EI60	5,0	6,0	2,0	3,0	1,0	3,0	12,0	172
EI66	5,5	6,6	2,2	3,3	1,1	3,63	13,2	186
EI78	6,5	7,8	2,6	3,9	1,3	5,07	15,6	278
EI84	7,0	8,4	2,8	4,2	1,4	5,88	16,8	389
EI105	8,75	10,5	2,5	5,25	1,75	9,19	21,0	545
EI130	10,5	13,0	3,5	7,0	3,0	21,0	27,0	697
EI150	12,0	15,0	4,0	8,0	3,5	28,0	31,0	925
EI170	14,0	17,0	4,5	9,5	4,0	38,0	36,0	1200

Sehingga dari table diatas dipakai inti EI130.



❖ Pemilihan kawat belitan primer berdasarkan arus primer ( $I_1$ ).

Telah diketahui  $I_1 = 5$  A. Maka penampang kawat primer ( $A_1$ ) dalam  $\text{mm}^2$  adalah

$A_1 = \frac{I_1}{P}$ , dimana  $P$  = rapat arus, nilainya berkisar dari 1,5 sampai 5  $\text{A}/\text{mm}^2$ . Rapat

arus yang tinggi dipilih untuk transformator yang kecil, rapat arus yang rendah dipilih untuk transformator yang besar. Sehingga dalam perencanaan ini dipilih  $P$

= 5  $\text{A}/\text{mm}^2$ . Sehingga  $A_1 = \frac{5}{5} = 1\text{mm}^2$ .

Jumlah belitan primer  $N_1 = \frac{V_1}{4,44 \cdot f \cdot B_m \cdot A_{fe}}$  bila  $f = 50$  Hz,  $B_m = 10^{-4}$   $\text{Wb}/\text{cm}^2$ ,

maka :

$$\begin{aligned} N_1 &= 45 \cdot \frac{V_1}{A_{fe}} \\ &= 45 \cdot \frac{0,2}{1} \\ &= 9 \text{ lilit} \end{aligned}$$

❖ Pemilihan kawat belitan sekunder berdasarkan arus sekunder ( $I_2$ ). Telah diketahui

$I_2 = 1$  A. Maka penampang kawat primer ( $A_2$ ) dalam  $\text{mm}^2$  adalah :

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{I_2}{P} \\
 &= \frac{1}{5} \\
 &= 0,2\text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk mengimbangi adanya kerugian tegangan karena adanya fluks bocor, maka untuk penentuan jumlah belitan sekunder digunakan factor pengali 1,05 – 1,1 kali.

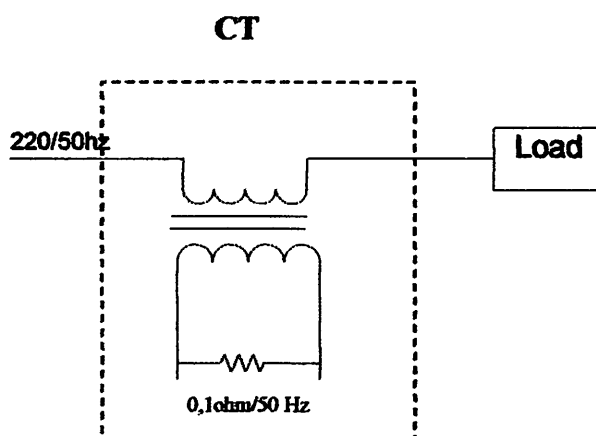
Dalam perencanaan ini diambil harga 1,1.

Jumlah belitan sekunder  $N_1 = 1,1 \left[ \frac{V_2}{4,44 \cdot f \cdot B_m \cdot A_{fe}} \right]$  bila  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $B_m = 10^{-4} \text{ Wb/cm}^2$ ,

maka :

$$\begin{aligned}
 N_2 &= 49,5 \cdot \frac{V_2}{A_{fe}} \\
 &= 49,5 \cdot \frac{1}{1} \\
 &49,5 \text{ lilit} \leftrightarrow 50 \text{ lilit}
 \end{aligned}$$

Besaran arus pada sisi sekunder CT dikonversikan menjadi besaran tegangan dengan menghubungkan resistor ( $V_R$ ) sebanding dengan perubahan arus pada sisi primer trafo (I beban). Harga resistor yang digunakan adalah  $0,1 \Omega / 5 \text{ W}$



**Gambar 3.2 Hubungan CT dengan beban**

Sisi sekunder trafo arus dihubungkan dengan hambatan  $0,1 \Omega$ . Pada saat kondisi arus beban maksimal (sisi primer) maka regangan pada resistor ( $V_R$ ) adalah :

$$\begin{aligned}V_R &= I \times R \\ &= 1 \times 0,1 \\ &= 0,1 V_{ac}\end{aligned}$$

Sehingga range tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) sisi sekunder berkisar dari  $0 - 0,1 V_{ac}$  untuk arus beban  $0 - 5 A$ . Dalam perencanaan alat ini karena adanya daya maksimum beban adalah  $500 VA$  maka  $I$  maksimum adalah :

$$\begin{aligned}I &= \frac{P}{V} \\ &= \frac{500}{220} \\ &= 2,27 A\end{aligned}$$

Sehingga tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) sensor arus adalah :

$$\begin{aligned}\frac{2,27}{5} &= \frac{V_{out}}{0,1} \\ V_{out} &= 0,045V \\ &= 45mV\end{aligned}$$

Tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) sensor arus berkisar antara  $0 - 45 mV$  untuk variasi beban sampai  $500 VA$ .

Besarnya daya disipasi dari resistor ( $P_R$ ) adalah :

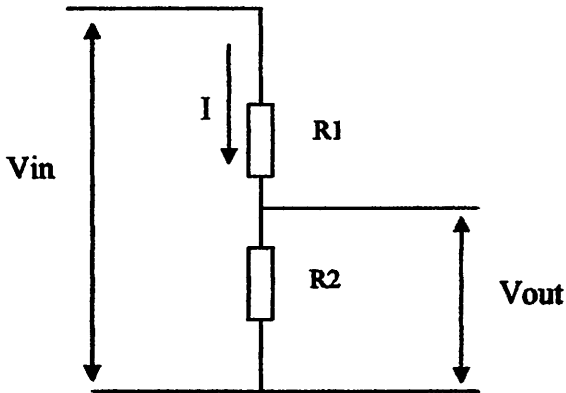
$$\begin{aligned}P &= \frac{V^2}{R} \\ &= \frac{(45 \cdot 10^{-3})^2}{0,1} \\ &= 0,02W\end{aligned}$$

Dipilih resistor  $0,1 \Omega / 5 W$ , untuk menghindari panas yang berlebihan pada resistor.

## 2. Perancangan Tegangan

Karena tegangan yang diukur sebesar  $\pm 220$  V maka digunakan rangkaian pembagi tegangan untuk menghasilkan tegangan antara 0 - 5 volt. Tegangan ini kemudian disearahkan menjadi tegangan DC dan diterjemahkan oleh rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*) agar dapat dibaca oleh mikrokontroler AT89S51.

Rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat dalam gambar 3.3



**Gambar 3.3** Rangkaian Pembagi Tegangan

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \cdot V_{in} \dots\dots\dots [2]$$

Jika tegangan  $V_{in} = 250$  V dan tegangan keluaran yang diinginkan 5 V, maka :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{5}{250} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$0,02 (R_1 + R_2) = R_2$$

$$0,02 R_1 = R_2 - 0,02R_2$$

$$0,02R_1 = 0,98R_2$$

bila  $R_1 = 100K\Omega$ , maka :

$$R_2 = 2040,81 \Omega = 2 K\Omega$$

Dari perhitungan di atas ditentukan nilai resistor yang mendekati sebesar  $2 K\Omega$  sesuai komponen yang ada dipasaran.

### 3. Perancangan sensor $\text{Cos } \phi$

Untuk mengukur watt harus mengetahui nilai  $\text{Cos } \phi$  dahulu dari beban. Nilai  $\text{Cos } \phi$  merupakan beda fasa antara tegangan dan arus. Seperti diperlihatkan dalam gambar 3.4

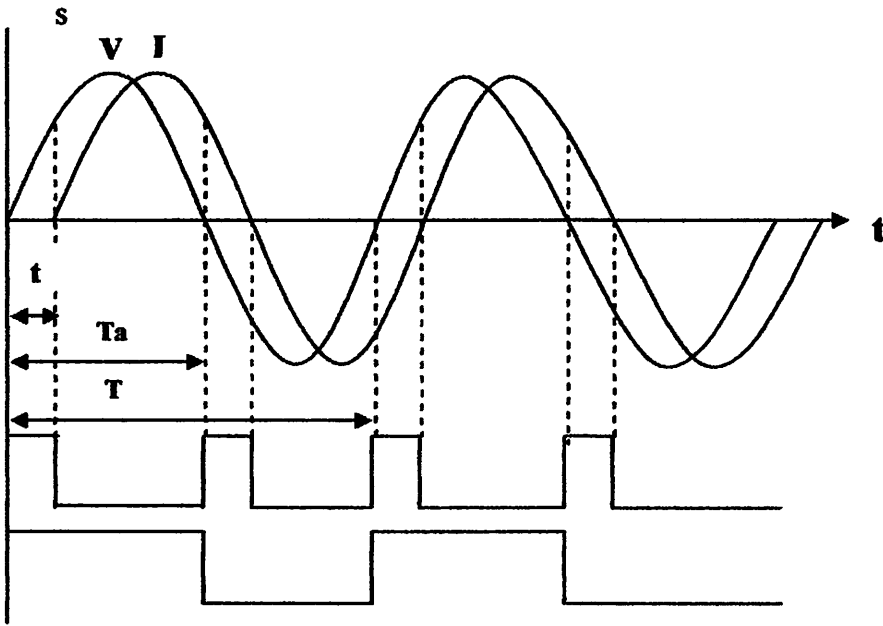
Nilainya adalah sebagai berikut :

$$\phi = \frac{t}{2T_a} \times 360^\circ \dots\dots\dots [3]$$

dimana :

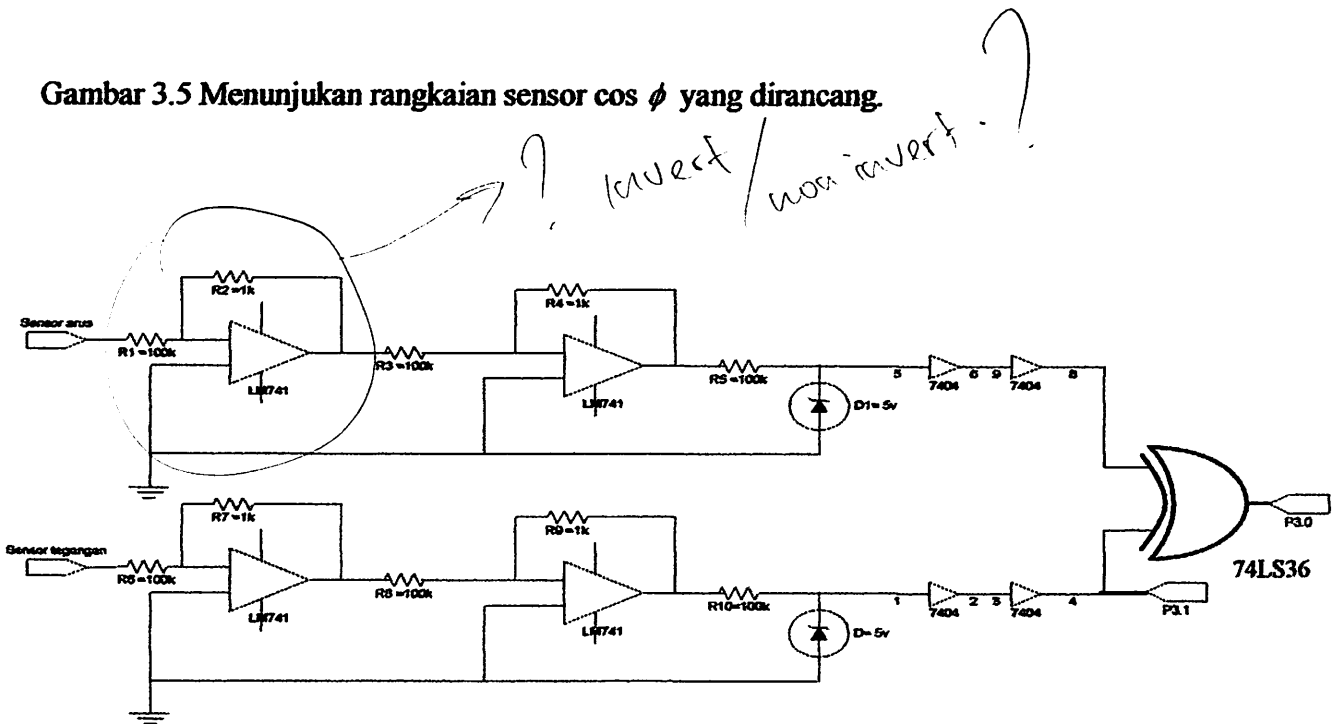
$$T_a = \frac{1}{2} T \dots\dots\dots [3]$$

Dari gambar 3.4 maka perancangan rangkaian  $\text{Cos } \phi$  menggunakan IC 74LS86, sebuah Ex-OR dimana apabila kedua masukan (tegangan dan arus) logikanya berbeda maka keluaranya akan sama dengan satu. Dengan cara ini maka akan diperoleh nilai  $\text{Cos } \phi$  nya. Sehingga akan diperoleh daya nyata ( $P = V.I. \text{Cos } \phi$ )



**Gambar 3.4** *Beda fasa antara V dan I*

**Gambar 3.5** Menunjukkan rangkaian sensor  $\cos \phi$  yang dirancang.



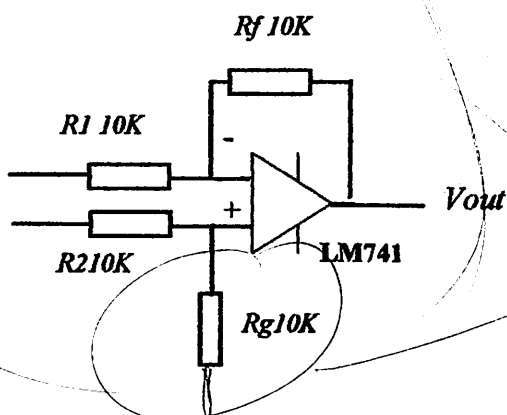
**Gambar 3.5** *Rangkaian Sensor Cos  $\phi$*



#### 4. Perancangan Penguat Differensial

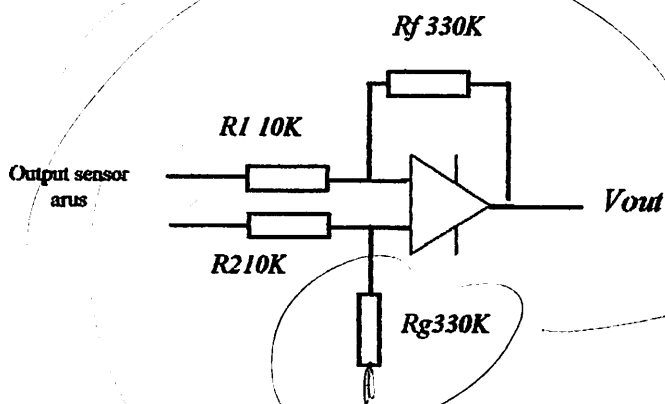
Pada perencanaan ini sensor yang digunakan keluarannya masih dalam range mili volt (0mV-5 mV) maka diperlukan penguat instrumentasi agar dapat mencapai range volt (0V – 5 V). Untuk mendapatkan tegangan dengan referensi ground maka digunakan rangkaian penguat untuk sensor tegangan sebesar satu dan sensor arus sebesar 33 kali. Penguat instrumentasi yang digunakan dalam perancangan ini menggunakan suatu IC penguat operasional (op-amp) LM741.

. Rangkaian untuk sensor tegangan dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah ini :



**Gambar 3.6 Rangkaian Penguat Diferensial Untuk Tegangan**

Karena alat ini direncanakan untuk 3 buah kamar maka terdapat 3 buah penguat diferensial. Rangkaian penguat diferensial arus ditunjukkan sebagai berikut :



**Gambar 3.7. Rangkaian Penguat Diferensial**

Besarnya  $V_{out}$  dapat dihitung dengan rumus ;

$$V_{out} = mV_1 - mV_2 = m(V_1 - V_2)$$

Dimana :

$V_1, V_2$  = Tegangan input pada op-amp

$m$  = Penguatan (gain)

dari sini dapat diketahui penguatan  $m = \frac{V_{out}}{V_1 - V_2}$

Penguatan ( $m$ ) =  $R_f / R_l$

$$i = R_f / R_l$$

Dengan memilih  $R_l = 10 \Omega$ , maka :

$$R_f = 33R_l$$

$$R_f = 330 \text{ K}\Omega$$

Dalam perencanaan harga  $R_g = R_f$  (diambil dari referensi buku Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier, Robert F. Coughlin / Frederick F Driscoll). Sehingga  $R_g = 330 \text{ K}\Omega$ . Untuk kondisi beban maksimal (500 VA), maka tegangan input yang masuk ke penguat diferensial = 45 mV. Sehingga  $V_{out} = (45 \text{ mV} \times 33) = 1,485 \text{ V}$ .

## 5. Perancangan Penyearah

Tegangan yang keluar dari penguatan diferensial merupakan tegangan AC, untuk mendapatkan tegangan yang stabil sebelum tegangan tersebut diubah menjadi data digital oleh ADC maka tegangan tegangan tersebut harus disearahkan terlebih dahulu menjadi tegangan DC. Untuk menyearahkan sinyal yang cukup kecil, penyearah dioda biasa tidak dapat digunakan karena memiliki tegangan ambang 0,6 sebelum dioda menghantar.

Untuk itu dipergunakan penyearah Op-Amp yang dapat bertindak sebagai dioda ideal, sehingga tidak ada sinyal yang terpotong.

Pada dasarnya penyearah ini terdiri dari 2 bagian, yaitu penyearah setengah gelombang yang memberikan keluaran daur negative saja dari gelombang dan penjumlah pembalik yang berfungsi menjumlahkan gelombang masukan dan daur negative dari gelombang.

Dengan persamaan :

$$V_o = -(V_1 + 2V_2) \dots\dots\dots [3]$$

Sehingga untuk daur negative gelombang di dapat :

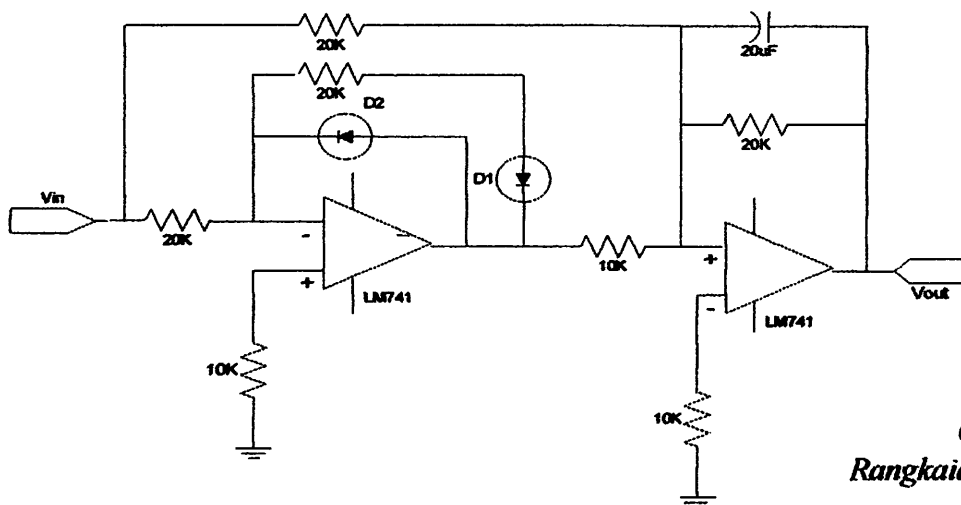
$$V_o = -(V_1 + 0) = -V_1$$

Sedangkan untuk daur positif gelombang di dapat :

$$V_o = -(V_1 + 2V_1) = -3V_1$$

Sehingga didapatkan keluaran berupa harga mutlak gelombang.

Penambahan sebuah kapasitor dan resistor berfungsi untuk meratakan arus yang keluar, sehingga didapatkan hasil yang mendekati DC murni. Rancangan penyearah dapat dilihat dalam gambar 3.8



**Gambar 3.8**  
*Rangkaian Penyearah*

## 6. Perancangan ADC (Analog to Digital Converter) 0804

Pada perencanaan rangkaian ADC ini, dipilih ADC jenis 0804. IC ADC 0804 merupakan IC pengubah sinyal analog menjadi data digital dalam biner. Untuk mengoperasikan ADC jenis ini tidak diperlukan clock dari luar karena ADC jenis ini sudah dilengkapi dengan pembangkit clock internal.

Agar dapat membangkitkan clock serta merencanakan frekuensi kerja ADC tersebut diperlukan suatu rangkaian eksternal yang dihubungkan dengan Clock In( pin 4).

Inverter pemacu Schmitt menghasilkan clock sebesar :

$$\begin{aligned} F_{clock} &= f_{XTAL} \\ &= 2 \text{ MHz} \end{aligned}$$

Tegangan referensi ADC sebesar 2,5 V dan tegangan maksimum konversi ( full scale ) adalah :

$$\begin{aligned} V_{max} &= 2 V_{ref} \\ &= 2 \times 2,25 \\ &= 5 \text{ V} \end{aligned}$$

Agar tegangan referensi ADC ini dapat stabil maka harus diatur oleh sebuah variabel resistor pada rangkaian eksternal. Rangkaian eksternal ini berfungsi sebagai buffer ( penguat penyangga ). Tegangan masukannya (  $V_{in}$  ) dihubungkan ke masukan ( + ) nya melalui sebuah variabel resistor sebesar 5 K $\Omega$ . dengan mengatur besarnya VR tersebut dihasilkan tegangan referensi sebesar 2,5 V.

Sedangkan tegangan keluaran (  $v_{out}$  ) besarnya sama dengan tegangan masukan (  $v_{in}$  ), sehingga besarnya penguatannya adalah :

$$Acl = V_o/V_{in}$$

$$= 1$$

dan resolusi dari ADC adalah :

$$R_s = \frac{V_{max}}{Step. max ADC}$$

$$= \frac{5}{255}$$

$$= 19,6 \text{ mV/Step}$$

Frekwensi yang dihasilkan oleh rangkaian ini adalah sebesar :

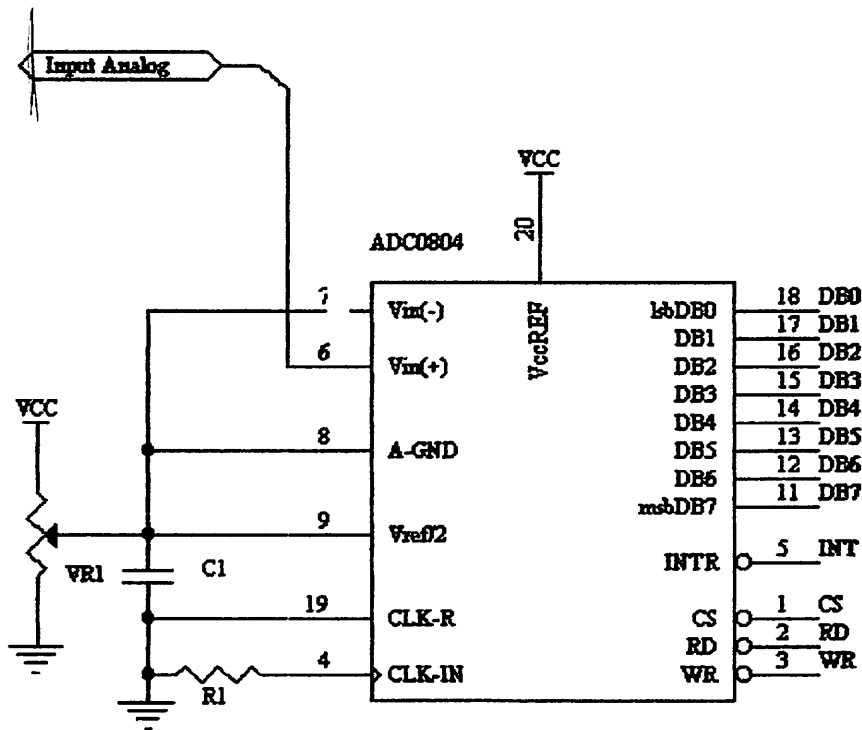
$$f_{count} = \frac{1}{1,2RC} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$= 1/(1,2 \times 1000 \times 1.10^{-9})$$

$$= 833.333,33 \text{ Hz} = 840 \text{ KHz}$$

Agar ADC dapat bekerja terus menerus tanpa diperintah maka masukan START dan ALE digabung. Pin-pin kendali yang dihungkan dengan mikrokontroller adalah *End of Conversion (EOC)*.alamat, ALE, dan output enable. Selain itu data disalurkan melalui kaki D<sub>0</sub>-D<sub>7</sub>.

Realisasi dari ADC terlihat dari gambar 3.9



Gambar 3.9 Rangkaian ADC 0804

## 7. Rangkaian ULN 2003 Sebagai Saklar Penggerak Relay

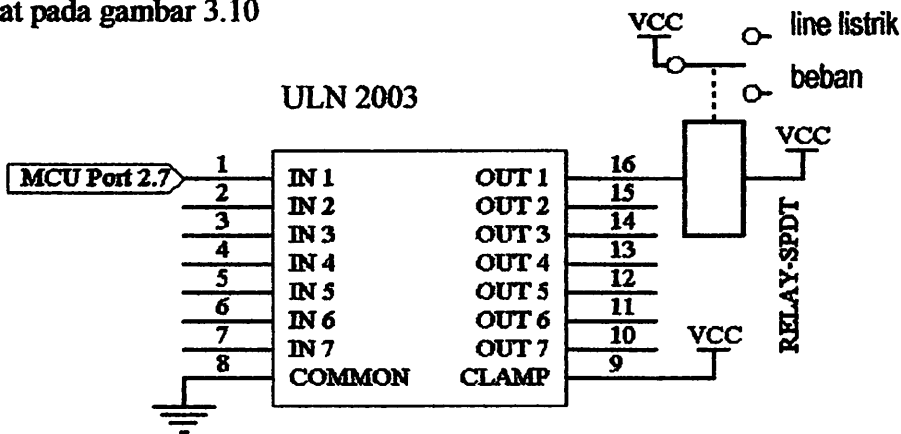
Untuk rangkaian ULN2003 sebagai saklar, dalam perancangan ini digunakan IC ULN2003 dan relay sebagai komponen utamanya, yang nantinya digunakan untuk memutuskan line listrik yang menuju pada setiap kamar. Relay akan bekerja jika inputan pada IC ULN2003 diberi logika tinggi dimana data sheet menyebutkan bahwa IC ULN2003 dapat terpicu dengan tegangan 5 Volt dengan tegangan hubung sebesar 100 Volt dan arus maksimum yang diperbolehkan sebesar 500mA dengan suhu kerja dari -20°C sampai 80°C dengan data yang ada diatas maka IC ULN2003 mampu digunakan untuk menghidup matikan relay yang hanya memiliki tegangan maksimal sebesar 12 volt dengan resistansi kumparan sebesar 400 ohm jadi dapat diketahui arus relay sebesar:

$$\text{Dimana : } I_{\text{relay}} = \frac{V_{cc}}{R_{\text{relay}}}$$

$$= \frac{12}{400}$$

$$= 30 \text{ mA.}$$

Relay ini berfungsi untuk memutuskan line listrik ke beban (kamar kost) jika setingan data masukan telah habis. Rangkaian switch menggunakan IC ULN2003 dapat dilihat pada gambar 3.10



**Gambar 3.10 Rangkaian ULN2003 sebagai saklar Relay**

## 8. Keypad

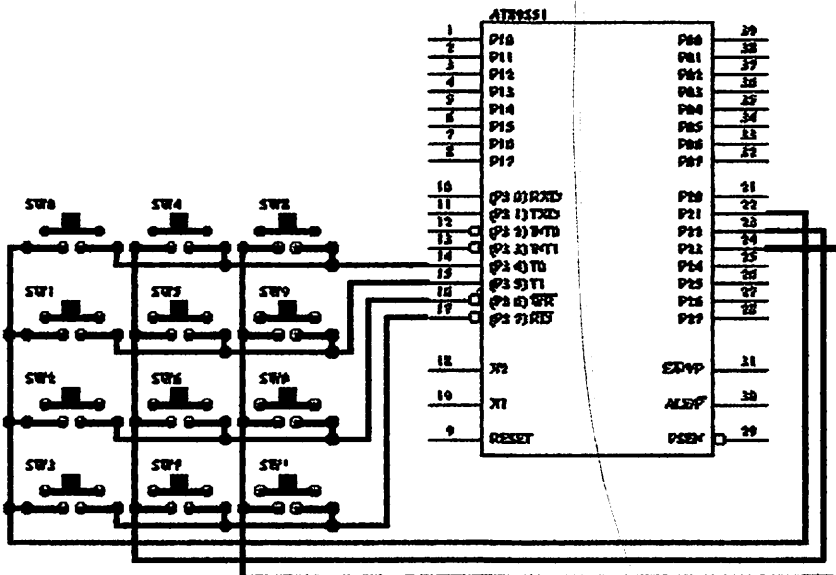
Untuk memasukan data jumlah beras yang akan dikeluarkan pada sistem mikrokontroler maka dibutuhkan rangkaian keypad. Pada perencanaan dan pembuatan keypad ini digunakan IC mikrokontroler sebagai penghasil bilangan biner dan tombol yang dirangkai secara matrik akan membentuk sebuah keypad berukuran 3 x 4. Gambar 3.9 di bawah ini memperlihatkan suatu rangkaian keypad matrik 3 x 4 dengan IC AT89S51.

Dengan memanfaatkan port pada mikrokontroler dan dipadukan dengan perangkat lunak maka akan membentuk sebuah keypad yang dapat mendeteksi angka 0 sampai 9 dan 2 tanda yang nantinya akan digunakan sebagai data enter.

Dengan penyemat P2.2, P2.3, P2.4 untuk kolom dan P3.4, P3.5, P3.6, P3.7 untuk baris dapat dibuat keypad 3x4 sehingga keseluruhan ada 12 tombol. Tabel kebenaran untuk ke12 tombol tersebut terhadap logika keluaran pada penyemat A,B,C dan D dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

**Tabel 3.2** Kombinasi Masukan Keypad Matrik 3 x 4

PORT	P2. 2- P3. 4	P2. 2- P3. 5	P2. 2- P3. 6	P2. 2- P3. 7	P2. 3- P3. 4	P2. 3- P3. 5	P2. 3- P3. 6	P2. 3- P3. 7	P2. 4- P3. 4	P2. 4- P3. 5	P2. 4- P3. 6	P2. 4- P3. 7
A	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
B	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
C	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
D	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1



**Gambar 3.11** Rangkaian Keypad



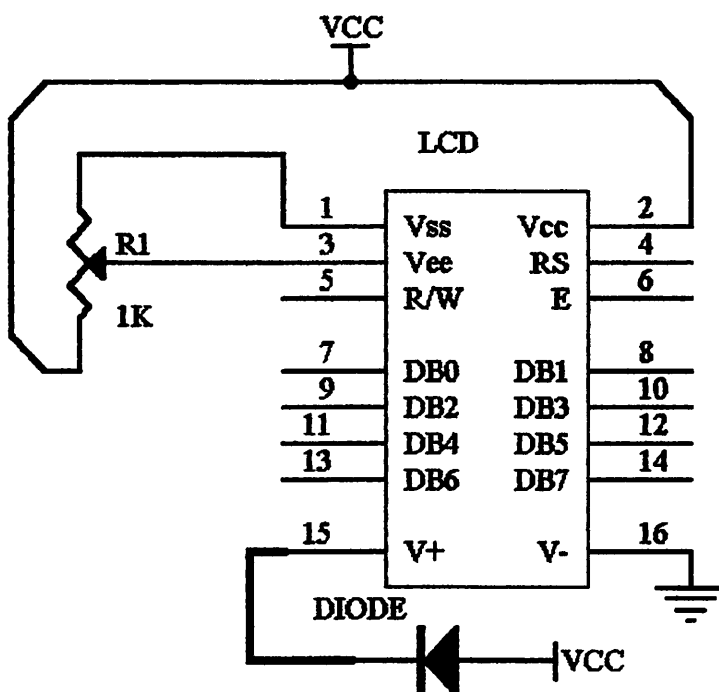


## 9. LCD TM 162 ABC

Untuk tampilan data keseluruhan digunakan LCD jenis dot matriks type TM 162 ABC. LCD TM 162 dihubungkan dengan bus data mikrokontroler. Dalam perencanaan dan pembuatan rangkain ini, LCD TM162ABC menempati alamat 8000H – 8001H.

Dengan bantuan perangkat lunak yang dibuat, dapat ditampilkan karakter yang bisa dilihat pada layar tampilan, yaitu dengan mengendalikan pada pena E, R/W dan RS.

Gambar dari rangkaian LCD TM 162 ABC, diperlihatkan pada gambar 3.11.

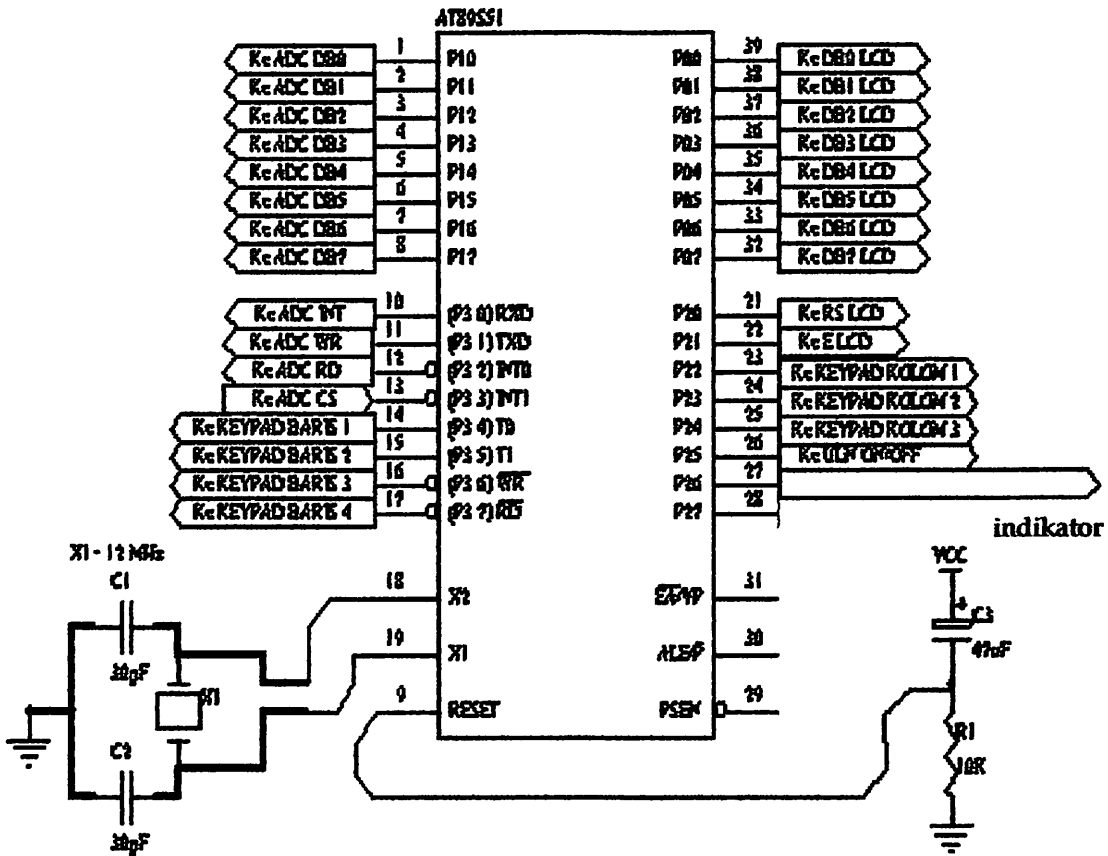


Gambar 3.12 LCD TM 162 ABC

## 10. Perencanaan Penempatan Port Pengontrol

Mikrokontroler pada sistem berfungsi untuk mengolah data masukan dari sensor arus dan sensor tegangan sebelumnya sudah dirubah kebentuk digital oleh ADC. Mikrokontroller juga mengontrol keypad dan pengontrol lampu indikator sebagai tanda inputan sudah hampir habis. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini adalah

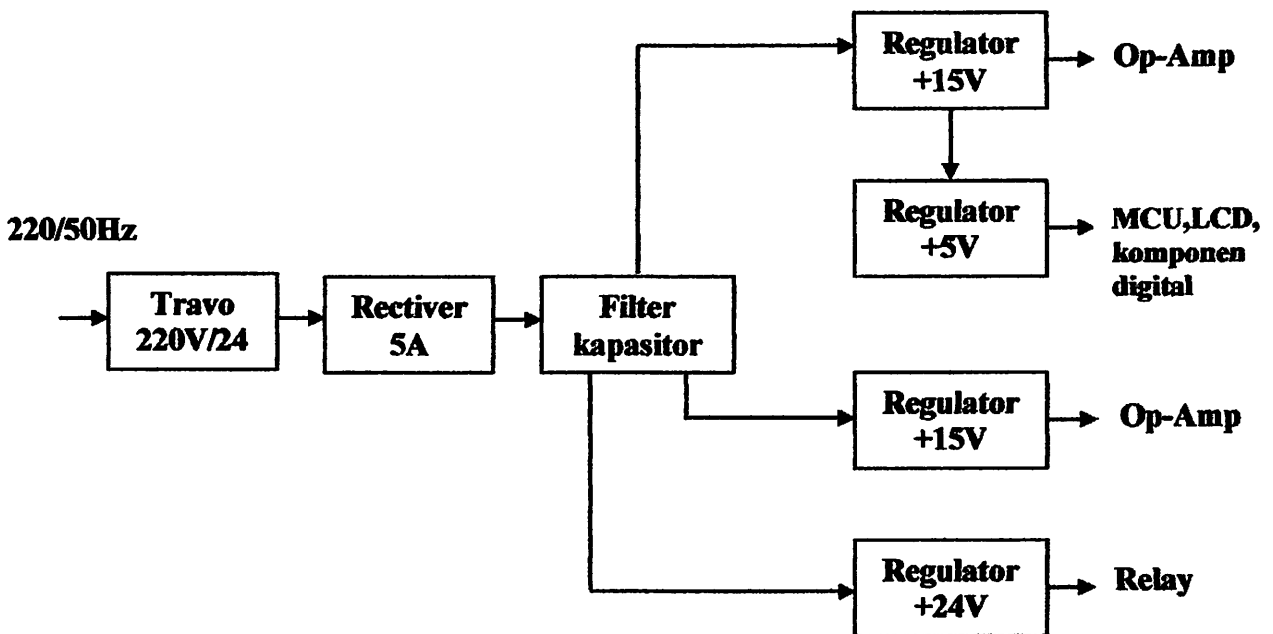
mikrokontroler jenis AT89S51 yang diproduksi oleh ATMEL. Gambar rangkaian selengkapnya diperlihatkan pada gambar 3.13.



Gambar 3.13. Rangkaian Mikrokontroler AT89S51

### 11. Perencanaan Catu Daya

Pada perencanaan catu daya tidak memerlukan persyaratan yang tinggi, karena disini sudah cukup menggunakan penyearah gelombang penuh, filter kapasitor, IC regulator, transistor penguat arus untuk penyetabil tegangan keluaran. Catu daya di desain dengan 3 buah tegangan keluaran yaitu +5Vdc, 15Vdc, 24 Vdc. Keluaran 5 Vdc untuk mencatu IC TTL, MCU 8031, LCD, keypad dan komponen penunjang yang lain. Tegangan 15 Vdc untuk mencatu Op-Amp. Tegangan 24 Vdc untuk mencatu relay. Blok diagram catu daya adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.14 Blok Diagram Catu Daya**

### **C. Perencanaan Perangkat Lunak ( Software )**

Untuk mendukung perangkat keras (hardware) yang dirancang diperlukan perangkat lunak (software). Perangkat lunak ini diperlukan untuk inisialisasi, MCU, LCD, ADC, dan Keypad.

Bahasa pemrograman perangkat lunak untuk MCU AT89S51 menggunakan bahasa assembler milik MCS-51. Tahap-tahap yang dilakukan untuk pembuatan perangkat lunak adalah :

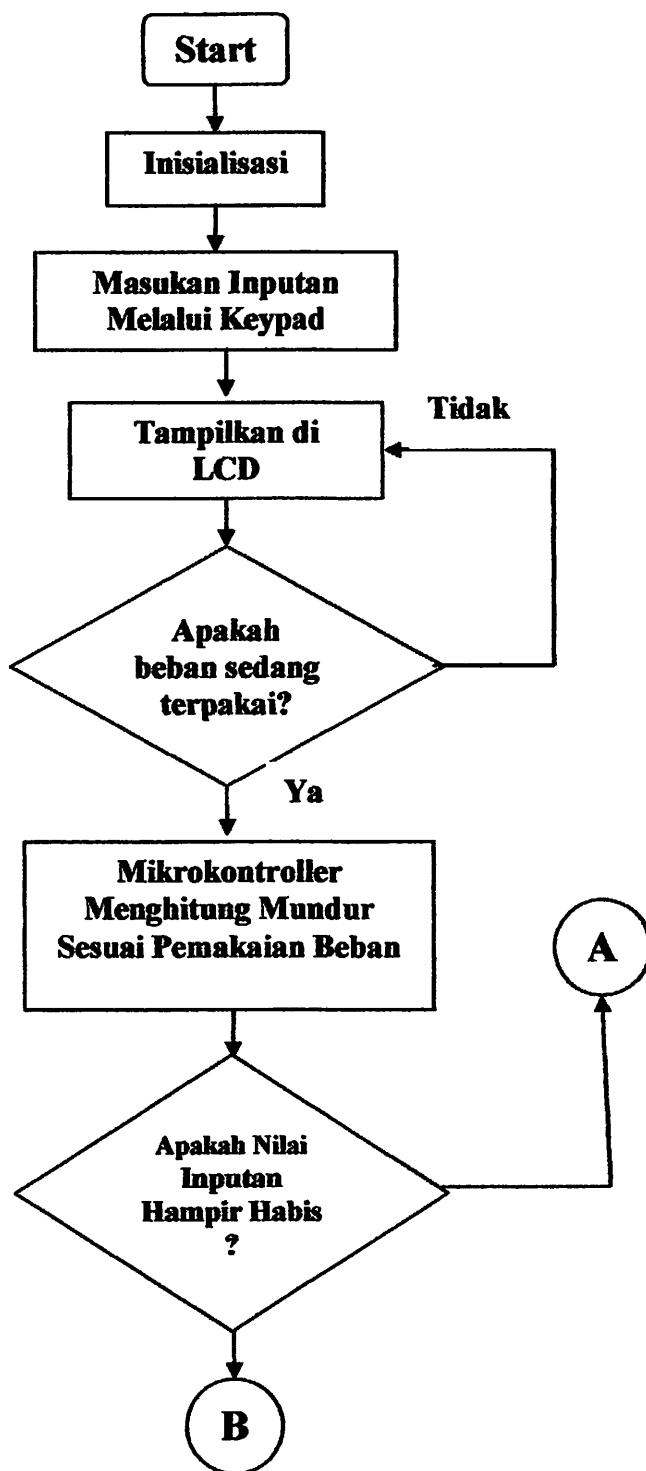
- Penulisan perangkat lunak bahasa assembler menggunakan program Turbo Pascal 7.0
- Kompilasi perangkat lunak menggunakan copiler asem-51 V1.2

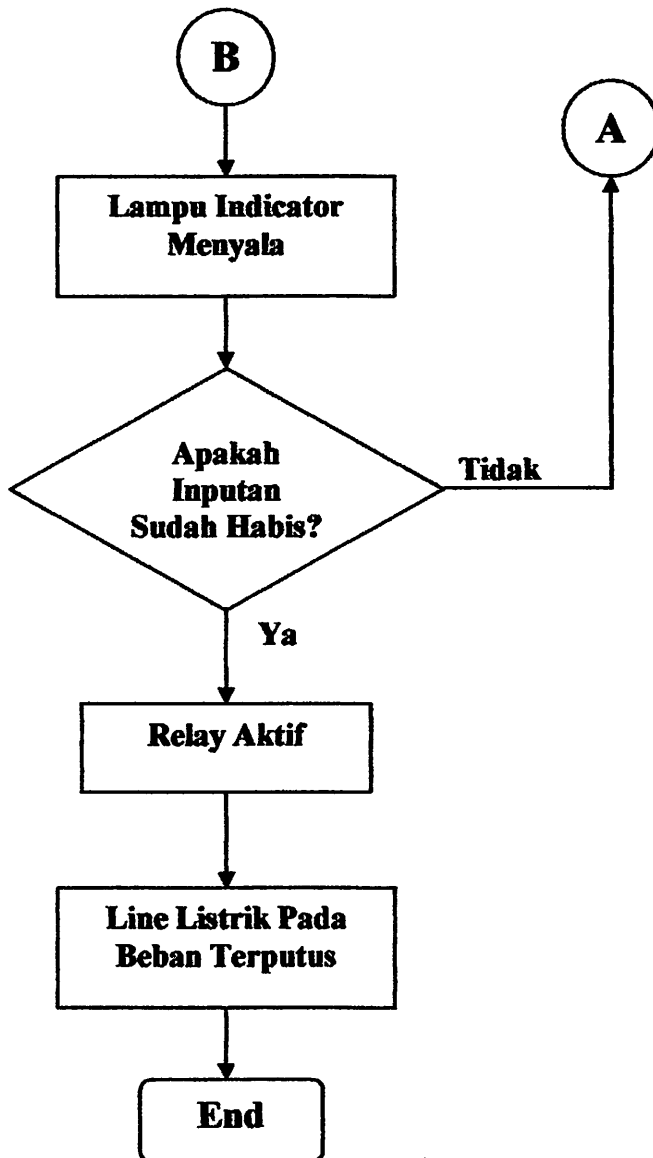
- Program yang masih dalam bentuk hexadecimal diubah menjadi data biner dengan menggunakan program pengubah hexa ke biner. Setelah di dapatkan file program dalam bentuk bentuk biner maka dilanjutkan dengan proses simulasi pada keadaan sebenarnya (*di uji bersama-sama dengan perangkat keras*) menggunakan EPROM emulator.
- Bila pengujian dengan EPROM emulator telah sesuai dengan harapan, selanjutnya program dimasukan dalam EPROM.

### **Diagram flowchart**

Program ini berisikan antara lain proses inisialisasi peripheral yang terdapat dalam system pengontrol daya listrik antara laian PPI, LCD, ADC. Tampilan judul alamat dan nama mahasiswa dan menu utama.

## Flowchart





**Gambar 3.15.** *Gambar diagram alir sistem*

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT**

#### **A. Tujuan**

Setiap peralatan memiliki ketentuan-ketentuan dan cara pengoperasian dari alat tersebut. Hal ini bertujuan untuk :

- a) Mencegah kerusakan alat akibat kesalahan pengoperasian .
- b) Menempatkan peralatan sebagaimana fungsinya agar peralatan tersebut dapat bekerja dengan baik dan benar.

#### **B. Prinsip Kerja Alat**

Prinsip kerja alat ini dengan menyensor arus listrik yang mengalir pada setiap kamar. Besaran arus ini kemudian dikuatkan oleh penguat diferensial yang kemudian disearahkan menjadi tegangan DC. Kemudian diubah kedalam bentuk digital oleh ADC. Tegangan juga disensor oleh sensor tegangan dan kemudian dikuatkan oleh penguat diferensial, lalu diubah menjadi tegangan DC dan kemudian diubah menjadi data digital oleh ADC. Factor daya beban juga dsensor dengan sensor  $\cos \phi$  sehingga daya nyata dapat diketahui ( $P = V.I \cos \phi$ ).

Pada saat alat kondisi ON (*terhubung dg sumber tegangan*), kemudian inputan (*pembayaran listrik*) di setting melalui keypad, ketika beban sedang terpakai maka arus listrik pada masing-masing kamar akan disensor oleh sensor arus dan sensor tegangan. yang kemudian di kuatkan oleh penguat diferensial dan diubah menjadi tegangan DC yang selanjutnya diubah kedalam bentuk digital oleh ADC.. Factor daya juga di sensor dengan sensor  $\cos \phi$  sehingga daya nyata dapat diketahui ( $P = V.I \cos \phi$ ). Sinyal-sinyal yang telah diubah ke dalam bentuk digital tersebut kemudian dikirim ke mikrokontroller. Ketika beban sedang terpakai maka mikrokontroller akan menghitung mundur nilai



inputan (*pembayaran listrik*) sesuai pemakaian daya yang terpakai.. Jika nilai inputan hampir habis (*mendekati nol*) maka lampu indikator akan menyala sebagai tanda peringatan pembayaran listrik.dan jika nilai inputan sudah habis (*nol*) maka relay aktif (*terputus*) dalam arti akan memutuskan line listrik pada beban. Jika pemakai ingin mengaktifkan line listrik lagi maka harus menginputkan masukan melalui keypad.

### C. Data Percobaan

#### a) Percobaan sensor arus

Pada percobaan sensor arus tiap-tiap kamar (yang pada masing-masing kamar menggunakan  $R_{total}$  0,01 ohm),diperoleh hasil sebagai berikut :

**Table 4.1 Percobaan Sensor Arus**

Beban		Vs (Vac)	I (mA)	Vin ADC (mVdc)	Data output ADC							
					D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Kamar 1	L15W	223,5	66,7	155	0	0	0	0	1	0	0	0
	L40W	223,5	180,7	418	0	0	0	1	0	1	0	1
	L100W	223,5	451.8	1045	0	0	1	1	0	1	0	1
Kamar 2	L15W	223,5	66,7	155	0	0	0	0	1	0	0	0
	L40W	223,5	180,7	418	0	0	0	1	0	1	0	1
	L100W	223,5	451.8	1045	0	0	1	1	0	1	0	1

Sumber : Pengujian

Contoh penghitungan konversi dari ADC untuk beban lampu 40 W diketahui dari pengukuran  $I = 180,7$  mA. Tegangan inputan ADC = 418 mV, maka output datanya

$$\text{adalah} = \frac{0,418}{5} \times 255 = 21 \text{ (desimal) atau 15 H}$$

$$\begin{aligned} \text{Hasil konversi} &= (\text{data}/255) \times 2,27 \text{ A} \\ &= (21/255) \times 2,27 \text{ A} = 186,9 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\text{Factor kesalahan} = \frac{186,9 - 180,7}{180,7} \times 100\% = 3,34\%$$

**b) Percobaan sensor tegangan**

**Table 4.2 Percobaan Sensor Tegangan**

Tegangan sumber (Vac)	Vin ADC (Vdc)	Data output ADC							
		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
223,5	2,24	0	1	1	1	0	0	0	1

Sumber : Pengujian

Contoh perhitungan konvensional dari ADC untuk  $V_{in} = 2,24$  V, maka data

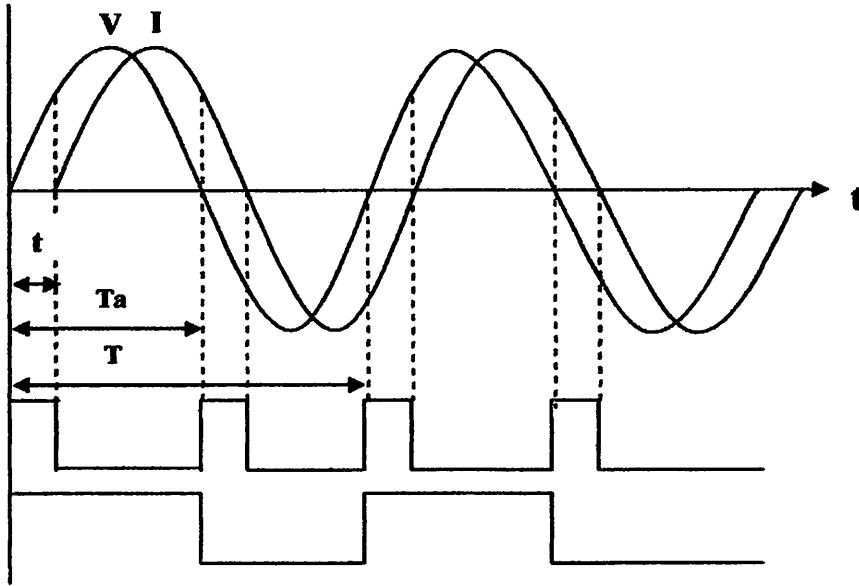
$$\text{outputnya adalah : } \frac{2,24}{5} \times 255 = 113 \text{ (decimal) atau 71H.}$$

Dengan rumus konversi diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Hasil konversi} &= (\text{data}/255) \times 500 \text{ V} \\ &= (113/255) \times 500 \text{ V} = 221,5 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\text{Factor kesalahan} = \frac{223,5 - 221,5}{223,5} \times 100\% = 0.89\%$$

c) Percobaan sensor  $\cos \phi$



Gambar 4.1 Beda fasa antara V dan I

Table 4.3 Percobaan sensor  $\cos \phi$

Beban	T (ms)	t (ms)	Perhitungan		Cos $\phi$ meter	
			( $^{\circ}$ )	Cos $\phi$	( $^{\circ}$ )	Cos $\phi$
Lampu TL	21	1	18	0,95	8,10	0,99

Sumber : Pengujian

- Lampu TL

$$\phi = \frac{t}{T} \times 360^{\circ}$$

$$\phi = \frac{1}{20} \times 360^{\circ}$$

$$\phi = 18^{\circ} \leftrightarrow \cos \phi = 0,95$$

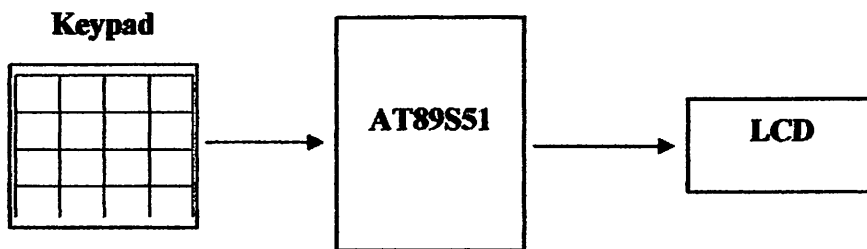
Faktor kesalahan untuk sensor  $\cos \phi$

- Beban lampu

$$\text{Kesalahan (\%)} = \frac{0,99 - 0,95}{0,99} \times 100\% = 4 \%$$

**d) Percobaan pengujian papan tombol (*Keypad*)**

Pengujian pada bagian ini bertujuan untuk mengetahui kebenaran data yang dikirim melalui penekanan keypad dibandingkan dengan data sheet book. Diagram blok pengujian keypad dapat dilihat pada data dibawah ini :



**Gambar 4.2** *Diagram Blok Pengujian Keypad*

Encoder keypad terbentuk oleh program yang dimasukkan kedalam IC mikrokontroller dimana fungsi dari keypad ini untuk mendeteksi penekanan tombol keypad dan menterjemakan kedalam kode-kode biner 8 bit. Dalam perencanaan dan pembuatan alat ini menggunakan keypad 4 x 4 dan IC Mikrokontroler AT89C51 yang diisi program untuk bisa mendeteksi perubahan logika pada port mikrokontroller akibat penekanan keypad yang dirangkai secara matrik, sehingga data-data yang dikeluarkan oleh keypad dapat diterjemahkan oleh mikrokontroller dengan software untuk menyesuaikan tombol yang telah ditekan.

Adapun tabel hasil dari program software inisialisasi yang digunakan untuk mendeteksi dan menampilkan pada port 0 dengan led peraga adalah sebagai berikut :

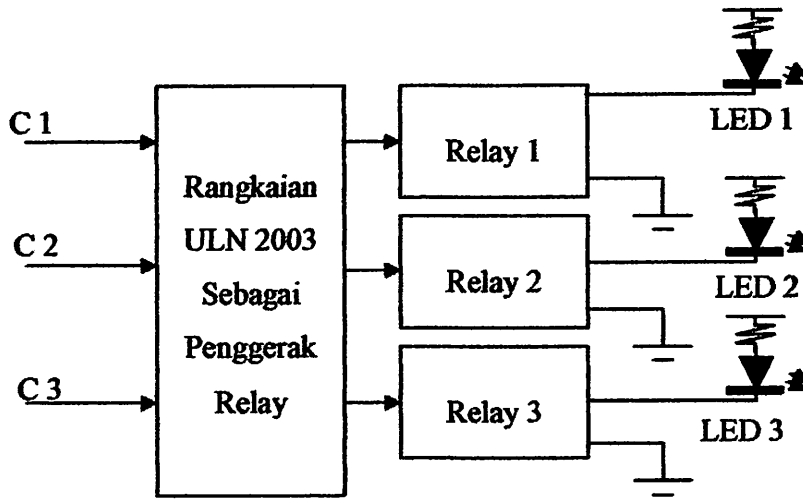
**Table 4.4** Pengujian papan tombol keypad

Port	Output Nyala Led
P1.0 -P1.4	00000000
P1.0 -P1.5	00000001
P1.0 -P1.6	00000010
P1.0 -P1.7	00000011
P1.1 -P1.4	00000100
P1.1 -P1.5	00000101
P1.1 -P1.6	00000110
P1.1 -P1.7	00000111
P1.2 -P1.4	00001000
P1.2 -P1.5	00001001
P1.2 -P1.6	00001010
P1.2 -P1.7	00001011
P1.3 -P1.4	00001100
P1.3 -P1.5	00001101
P1.3 -P1.6	00001110
P1.3 -P1.7	00001111

Sumber : Pengujian

Dengan menggunakan software maka data-data berupa bilangan biner 8 bit dapat ditampilkan berupa angka-angka dalam bentuk bilangan biner (BCD), posisi penulisan angka pada layar tampilan yaitu pada posisi baris 1 dan kolom ke 7, dimana angka terbesar yang bisa ditampilkan adalah berupa data ribuan, ratusan, puluhan dan yang terakhir adalah satuan

**e. Pengujian Rangkaian ULN 2004 Sebagai Saklar Penggerak Relay**



**Gambar 4.3.** Diagram Blok Pengujian Rangkaian ULN2003 Sebagai Penggerak Relay

Hasil pengujian rangkaian ULN 2003 sebagai Penggerak Relay ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.5** Pengujian ULN 2003 sebagai penggerak relay

C1	C2	C3	LED 1	LED 2	LED 3
H	L	L	ON	OFF	OFF
L	H	L	OFF	ON	OFF
L	L	H	OFF	OFF	ON

Sumber : Pengujian

Pada tabel 4.5 didapatkan pada saat Control 1 (C1) diberi logika tinggi maka LED 1 akan menyala, pada saat Control 2 (C2) diberi logika tinggi maka LED 2 akan menyala, dan pada saat Control 3 (C3) diberi logika tinggi maka LED 3 akan

menyala. Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa rangkaian ULN 2003 sebagai penggerak relay dapat berfungsi dengan benar

#### f. Pengujian alat menggunakan beban

Pengujian alat untuk masing-masing kamar dengan beban berbeda-bada adalah sebagai berikut:

- ✓ Data settingan adalah Rp 150, beban yang digunakan 100W

**Tabel 4.6** *Data settingan adalah Rp 150, beban yang digunakan 100W*

Kamar	Lampu	Daya yang ditunjukkan oleh LCD	Waktu	putaran
I	Nyala	100 W	2 jam 2 menit	1830
II	Mati	0	0	0

Sumber : Pengujian

- ✓ Data settingan adalah Rp 150, beban yang digunakan 225W

**Tabel 4.7** *Data settingan adalah Rp 150, beban yang digunakan 225W*

Kamar	Lampu	Daya yang ditunjukkan oleh LCD	Waktu	putaran
I	Mati	0	0	0
II	Nyala	225 W	59 menit	885

Sumber : Pengujian

✓ Data settingan adalah Rp.300, beban yang digunakan 100W

**Tabel 4.8** *Data settingan adalah Rp.300, beban yang digunakan 100W*

<b>Kamar</b>	<b>Lampu</b>	<b>Daya yang ditunjukkan oleh LCD</b>	<b>Waktu</b>	<b>putaran</b>
<b>I</b>	<b>Mati</b>	<b>100 W</b>	<b>5 jam</b>	<b>4500</b>
<b>II</b>	<b>Nyala</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Sumber : Pengujian

✓ Daya settingan adalah Rp.300, beban yang digunakan 225W

**Tabel 4.9** *Daya settingan adalah Rp.300, beban yang digunakan 225W*

<b>Kamar</b>	<b>Lampu</b>	<b>Daya yang ditunjukkan oleh LCD</b>	<b>Waktu</b>	<b>putaran</b>
<b>I</b>	<b>Mati</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>II</b>	<b>Nyala</b>	<b>225 W</b>	<b>2 jam 5menit</b>	<b>1875</b>

Sumber : Pengujian

✓ Daya settingan adalah Rp. 50, beban K 1=100 W dan K 2 = 225 W

**Tabel 4.10** *Daya settingan adalah Rp. 50, beban K 1=100 W dan K 2 = 225 W*

<b>Kamar</b>	<b>Lampu</b>	<b>Daya yang ditunjukkan oleh LCD</b>	<b>Waktu</b>	<b>putaran</b>
<b>I</b>	<b>Nyala</b>	<b>100 W</b>	<b>66 menit</b>	<b>990</b>
<b>II</b>	<b>Nyala</b>	<b>225W</b>	<b>27 menit</b>	<b>405</b>

Sumber : Pengujian



✓ Daya setingan adalah Rp.150, beban TL 15 W

**Tabel 4.11** *Daya setingan adalah Rp.150, beban TL 15 W*

<b>Kamar</b>	<b>Lampu</b>	<b>Daya yang ditunjukkan oleh LCD</b>	<b>Waktu</b>	<b>putaran</b>
<b>I</b>	<b>Nyala</b>	<b>15W</b>	<b>2 jam 20 menit</b>	<b>2100</b>

Sumber : Pengujian

### **Data Pengujian Kwh meter :**

**Tabel 4.12** *Data Pengujian Kwh meter :*

<b>Beban</b>	<b>Lama pemakaian</b>	<b>Jumlah putaran Kwhmeter</b>
<b>100 watt</b>	<b>66 menit</b>	<b>967</b>
	<b>2 jam 2 menit</b>	<b>1796</b>
<b>225 watt</b>	<b>27 menit</b>	<b>339</b>
	<b>59 menit</b>	<b>864</b>

### g. Analisa Data Percobaan

1. Untuk percobaan Kwh meter pada data beban 100 watt untuk pemakaian 66 menit di peroleh data putaran Kwh meter 967 putaran, jadi jika kita bandingkan dengan data percobaan alat maka presentase kesalahan pengukurannya adalah :

1000 watt → 60 menit → Rp. 600 (pada PLN), maka :

100 watt → 66 menit → dapat dicari sbb:

$$\checkmark \frac{100\text{watt}}{1000\text{watt}} \times 66\text{ menit} = 6,6\text{ menit}$$

$$\checkmark \frac{6,6\text{ menit}}{60\text{ menit}} \times \text{Rp.}600 = \text{Rp.}66$$

**Tabel 4.13 Perbandingan Pengukuran Alat Dengan Kwh Meter**

Percobaan pada	Lama pemakaian	Jumlah putaran	Rupiah
Alat	66 menit	990 putaran	Rp.50
Pengukuran Kwhmeter	66 menit	967 putaran	Rp.66

$$\text{selisih : } \frac{990 - 967}{990} \times 100\% = 2,23\%$$

Jadi , tingkat ketelitian alat terhadap pengukuran Kwh meter yang sebenarnya adalah  $100\% - 2,23\% = 97,77\%$

2. Untuk percobaan Kwh meter pada data beban 225 watt untuk pemakaian 59 menit di peroleh data putaran Kwh meter 221putaran, jadi jika kita bandingkan dengan data percobaan alat maka prosentase pengukurannya adalah :

1000 watt → 60 menit → Rp. 600 (pada PLN), maka :

225 watt → 59 menit → dapat dicari sbb:

$$\checkmark \frac{225\text{ watt}}{1000\text{watt}} \times 60\text{ menit} = 13,275\text{ menit}$$

$$\checkmark \frac{13,275\text{menit}}{60\text{ menit}} \times \text{Rp.}600 = \text{Rp.}132,75$$

**Tabel 4.14 perbandingan pengukuran alat dengan Kwh meter**

Percobaan pada	Lama pemakaian	Jumlah putaran	Rupiah
Alat	59 menit	885putaran	Rp.150
Pengukuran Kwhmeter	59 menit	864 putaran	Rp.132,75

$$\text{selisih : } \frac{885 - 864}{885} \times 100\% = 2,37\%$$

Jadi , tingkat ketelitian alat terhadap pengukuran Kwh meter yang sebenarnya adalah  $100\% - 2,37\% = 97,63\%$

#### **D. Spesifikasi Alat**

Spesifikasi alat dalam pembuatan skripsi ini adalah sebagai berikut :

a) Batasan maksimum dari alat ini adalah :

- Operasi untuk 2 kamar.
- Tegangan suplay 220 V, 50 Hz.

b) Fasilitas yang ada adalah :

- Alat ini dilengkapi dengan setting inputan melalui keypad dan tampilan dari inputan melalui LCD .
- Pengesetan dilakukan melalui keypad 3 X 4.
- Alat ini dilengkapi dengan lampu indicator 3 warna dengan warna
  - Merah: alat pada kondisi relay aktif low. (*jaringan kamar tidak tersambung*)
  - Kuning : nilai inputan sudah hamper habis (*sesuai setingan*)
  - Hijau : alat pada kondisi relay aktif hight (*nilai inputan masih penuh*)

## **E. Panduan Operasi Alat**

Untuk mengoperasikan alat tekan ON pada tombol power, maka di LCD akan muncul tulisan tampilan awal. Langkah awal maka akan muncul menu pilihan sebagai berikut :

- a) Setting inputan**
- b) Seting indikator**
- c) Tekan E (*enter*)**
- d) Jika inputan salah maka tekan tombol C (*cancel*)**

Jika lampu kuning menyala dan tidak segera membayar listrik maka relay aktif dan memutuskan jaringan listrik pada tiap kamar. Jika pelanggan ingin mengaktifkan lagi maka harus membayar pada ibu kost.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan dan pembuatan alat pembatas daya listrik pada hotel ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Untuk tingkat ketelitian pembacaan daya beban mencapai 95 %, jika dibandingkan dengan Kwhmeter.
- b. Penggunaan sensor tegangan disini adalah untuk menurunkan tegangan dari jala-jala menjadi tegangan yang dibutuhkan oleh ADC dan mikrokontroller untuk bias bekerja, yaitu sebesar 0-5 volt
- c. Sesuai perhitungan maka di peroleh jumlah lilitan primer untuk sensor arus adalah 9 lilitan dan jumlah lilitan sekunder adalah 50 lilitan.
- d. Dalam pengerjaan alat ini dilengkapi baterai backup sebagai suplay tegangan jika sewaktu-waktu sistem terputus secara tiba-tiba.

#### B. Saran

Agar alat pembatas daya listrik ini dapat bekerja lebih baik maka yang perlu dilakukan adalah :

- a. Agar alat ini bisa bekerja dengan baik, diharapkan untuk mengikuti petunjuk pengoperasian alat dengan benar.

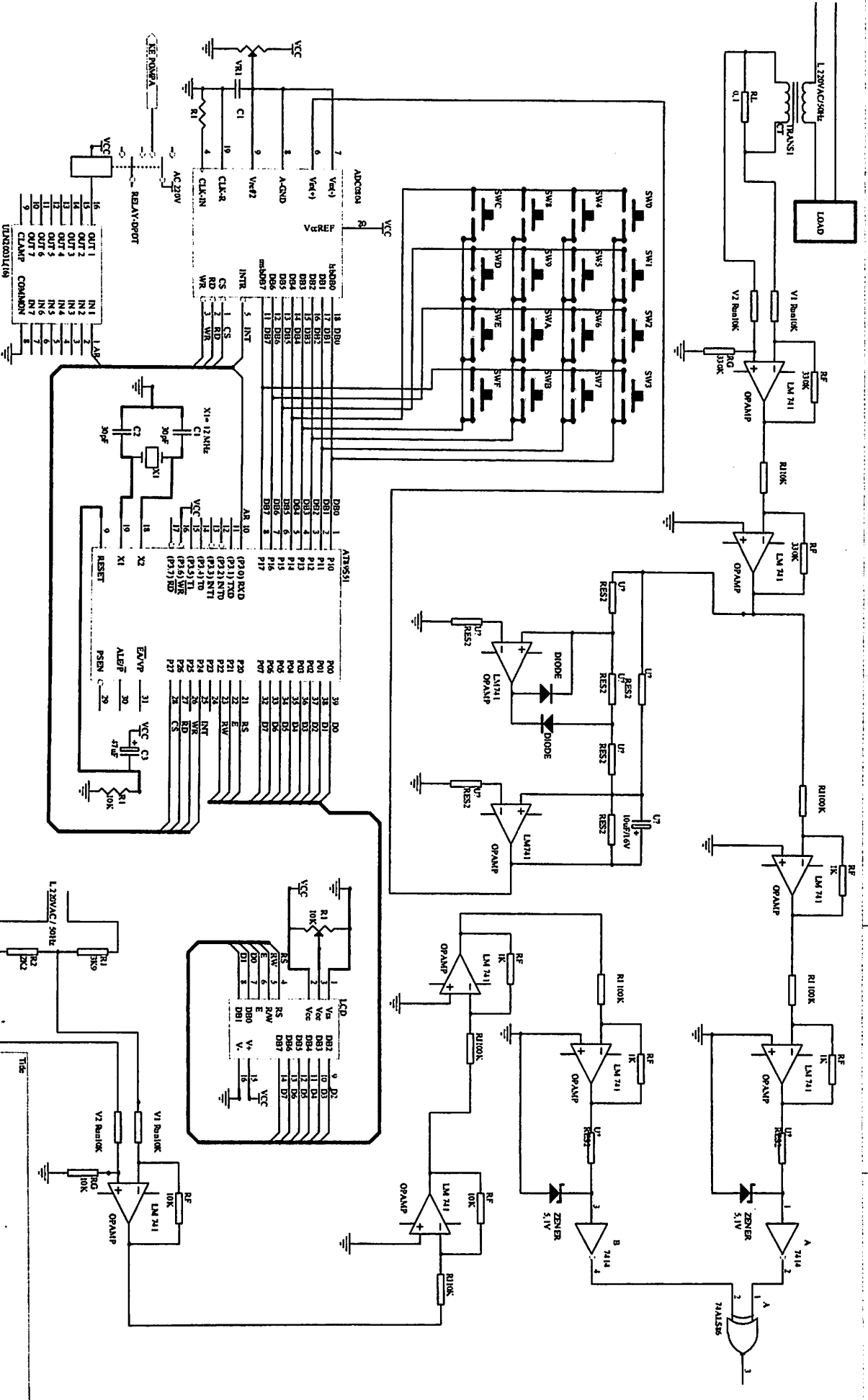
- b. Jika alat ini ingin dikembangkan lebih lanjut maka sebaiknya menggunakan mikrokontroller yang memiliki memori lebih besar dan dilengkapi dengan EEPROM.**
- c. Pengembangan alat ini selanjutnya bisa juga digunakan untuk system pembayaran listrik pelanggan PLN pada masyarakat umum karena lebih praktis dan efisien.**

## Daftar Pustaka

1. Wasito S, VADEMEKUM ELEKTRONIKA Edisi Kedua, PT Gramedia, Jakarta, 1995.
2. Daryanto, TEKNIK ELEKTRONIKA, Bumi Aksara Jakarta, 2001
3. [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
4. [www.national.com](http://www.national.com)
4. Wasito S, VADEMEKUM ELEKTRONIKA Edisi Kedua, PT Gramedia, Jakarta, 1995.
5. Soetikno, ILMU ELEKTRONIKA 1, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- 6 S. Melani, ELEKTRONIKA DIGITAL Edisi Kedua, Erlangga, PT.Andi Yogyakarta, 2003.
7. KF Ibrahim , PRINSIP-PRINSIP ELEKTRONIKA Jilid 2, PT.Elex Media Komputindo Jakarta, 1985.
8. Eko.P.Agfianto, BELAJAR MIKROKONTROLER AT89C51/52/55, Edisi 2, Gava Media, Yogyakarta,2003.
9. Rusmadi D, MENGENAL KOMPONEN ELEKTRONIKA, Pionir Jaya Bandung, 2001.
10. Aksin.M, DESAIN ELEKTRONIKA, Effhar, Semarang, 2004
11. Protel Design

# LAMPIRAN





U1: AT89C51-16

U2: 7415

U3: 7414

U4: 7414

U5: 555

U6: 7815

U7: 7414

U8: 7414

U9: 7414

U10: 7414

U11: 7414

U12: 7414

R1: 10K

R2: 10K

R3: 10K

R4: 10K

R5: 10K

R6: 10K

R7: 10K

R8: 10K

R9: 10K

R10: 10K

R11: 10K

R12: 10K

R13: 10K

R14: 10K

R15: 10K

R16: 10K

R17: 10K

R18: 10K

R19: 10K

R20: 10K

R21: 10K

R22: 10K

R23: 10K

R24: 10K

R25: 10K

R26: 10K

R27: 10K

R28: 10K

R29: 10K

R30: 10K

R31: 10K

R32: 10K

R33: 10K

R34: 10K

R35: 10K

R36: 10K

R37: 10K

R38: 10K

R39: 10K

R40: 10K

R41: 10K

R42: 10K

R43: 10K

R44: 10K

C1: 1000µF

C2: 30pF

C3: 30pF

C4: 100nF

C5: 100nF

C6: 100nF

C7: 100nF

C8: 100nF

C9: 100nF

C10: 100nF

C11: 100nF

C12: 100nF

C13: 100nF

C14: 100nF

C15: 100nF

C16: 100nF

C17: 100nF

C18: 100nF

C19: 100nF

C20: 100nF

C21: 100nF

C22: 100nF

C23: 100nF

C24: 100nF

C25: 100nF

C26: 100nF

C27: 100nF

C28: 100nF

C29: 100nF

C30: 100nF

C31: 100nF

C32: 100nF

C33: 100nF

C34: 100nF

C35: 100nF

C36: 100nF

C37: 100nF

C38: 100nF

C39: 100nF

C40: 100nF

C41: 100nF

C42: 100nF

C43: 100nF

C44: 100nF

X1: 30MHz

U1: AT89C51-16

U2: 7415

U3: 7414

U4: 7414

U5: 555

U6: 7815

U7: 7414

U8: 7414

U9: 7414

U10: 7414

U11: 7414

U12: 7414

U13: 7414

U14: 7414

U15: 7414

U16: 7414

U17: 7414

U18: 7414

U19: 7414

U20: 7414

U21: 7414

U22: 7414

U23: 7414

U24: 7414

U25: 7414

U26: 7414

U27: 7414

U28: 7414

U29: 7414

U30: 7414

U31: 7414

U32: 7414

U33: 7414

U34: 7414

U35: 7414

U36: 7414

U37: 7414

U38: 7414

U39: 7414

U40: 7414

U41: 7414

U42: 7414

U43: 7414

R1: 10K

R2: 10K

R3: 10K

R4: 10K

R5: 10K

R6: 10K

R7: 10K

R8: 10K

R9: 10K

R10: 10K

R11: 10K

R12: 10K

R13: 10K

R14: 10K

R15: 10K

R16: 10K

R17: 10K

R18: 10K

R19: 10K

R20: 10K

R21: 10K

R22: 10K

R23: 10K

R24: 10K

R25: 10K

R26: 10K

R27: 10K

R28: 10K

R29: 10K

R30: 10K

R31: 10K

R32: 10K

R33: 10K

R34: 10K

R35: 10K

R36: 10K

R37: 10K

R38: 10K

R39: 10K

R40: 10K

R41: 10K

R42: 10K

R43: 10K

R44: 10K

C1: 1000µF

C2: 30pF

C3: 30pF

C4: 100nF

C5: 100nF

C6: 100nF

C7: 100nF

C8: 100nF

C9: 100nF

C10: 100nF

C11: 100nF

C12: 100nF

C13: 100nF

C14: 100nF

C15: 100nF

C16: 100nF

C17: 100nF

C18: 100nF

C19: 100nF

C20: 100nF

C21: 100nF

C22: 100nF

C23: 100nF

C24: 100nF

C25: 100nF

C26: 100nF

C27: 100nF

C28: 100nF

C29: 100nF

C30: 100nF

C31: 100nF

C32: 100nF

C33: 100nF

C34: 100nF

C35: 100nF

C36: 100nF

C37: 100nF

C38: 100nF

C39: 100nF

C40: 100nF

C41: 100nF

C42: 100nF

C43: 100nF

C44: 100nF

X1: 30MHz

U1: AT89C51-16

U2: 7415

U3: 7414

U4: 7414

U5: 555

U6: 7815

U7: 7414

U8: 7414

U9: 7414

U10: 7414

U11: 7414

U12: 7414

U13: 7414

U14: 7414

U15: 7414

U16: 7414

U17: 7414

U18: 7414

U19: 7414

U20: 7414

U21: 7414

U22: 7414

U23: 7414



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

---

**LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama : DONI HARIANTO  
NIM : 01.17.020  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Kwh meter  
Prabayar Menggunakan Sensor Arus Dan  
Sensor Tegangan di Rumah Kost Berbasis  
Mikrokontroler AT89S51  
Tanggal Pengajuan Skripsi : 2 Desember 2005  
Selesai Penulisan Skripsi : 18 Maret 2006  
Dosen Pembimbing : Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 90 (A)

Mengetahui,

Ketua Jurusan T. Elektro S-1

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)

Diperiksa Dan Disetujui,

Dosen Pembimbing

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)



### Formulir Bimbingan Skripsi

NAMA : DONI HARIANTO  
NIM : 0117020  
Masa Bimbingan : 7 Desember 2005 – 8 Mei 2006  
Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT KWH  
METER PRABAYAR MENGGUNAKAN SENSOR  
ARUS DAN SENSOR TEGANGAN DI RUMAH KOST  
BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	7/2 2006	Bab I & Bab II Perbaiki ke A	
2	21/2 2006	BAB III diperbaiki	
3	3/3 2006	Simulasi hasil	
4		Demo	
5	14/3 2006	Persiapan Laporan	
6			
7			
8			
9			
10			

Malang, 2006  
Dosen Pembimbing

**Ir. F. YUDI LEMPRAPTONO, MT**  
NIP. Y. 1039500274



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

### FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : DONI HARIANTO  
NIM : 01.17.020  
Masa Bimbingan : 15 September 2006 s/d 18 Maret 2006  
Judul : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Kwh meter  
Prabayar Menggunakan Sensor Arus Dan Sensor  
Tegangan di Rumah Kost Berbasis  
Mikrokontroler AT89S51

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	20 Maret 2006	- Penomoran Bab - Blok Diagram - Flowchart - Foto Alat dan Listing Program (jika ada)	
2	5 Oktober 2005	- Kesimpulan - Gambar skema	 fadi 29/3 '06 fadi 29/3 '06

Disetujui,

Penguji I

( Joseph Dedy Irawan, ST, MT )

Penguji II

( Sotyo Hadi, ST )

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing

( Ir. Yudi Limraptono, MT )



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : *Doni Harianto*  
NIM : *0117020*  
Perbaikan meliputi :

- Keseluruhan. Harap disesuaikan dgn hasil pengujian & pengukuran.
- Gambar / skema banyak harap diperbaiki agar kurang jelas & banyak.

Malang, 20. 03. 2006.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Dwi Hariyanto  
NIM : 0117020  
Perbaikan meliputi :

- ) PENOMORAN BAB.
- ) BLOK DIAGRAM
- ) FLOW CHART
- ) BUKTI PENGUNJIAN → FOTO  
↳ LISTING PROGRAM → JILID AOP

Malang,



## Features

- Compatible with MCS<sup>®</sup>-51 Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
  - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 3.0V 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-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.



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

### AT89S51

2487B-MICRO-12/03

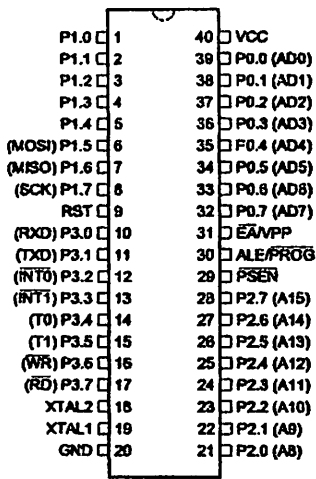




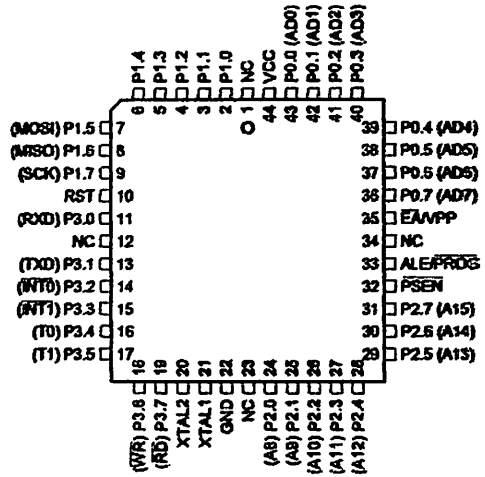


# Configurations

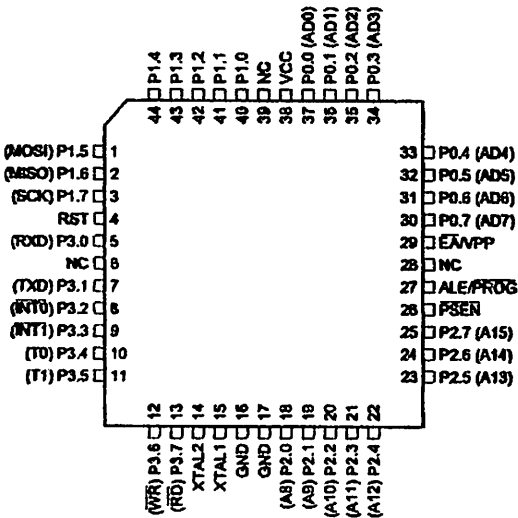
**PDIP**



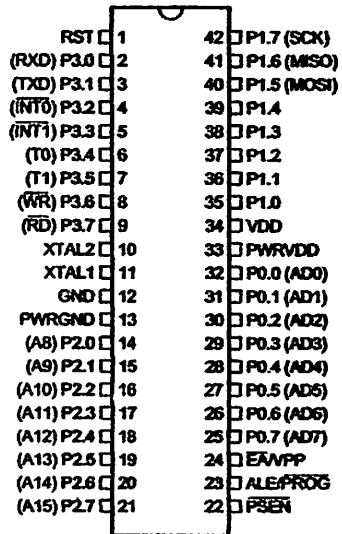
**PLCC**



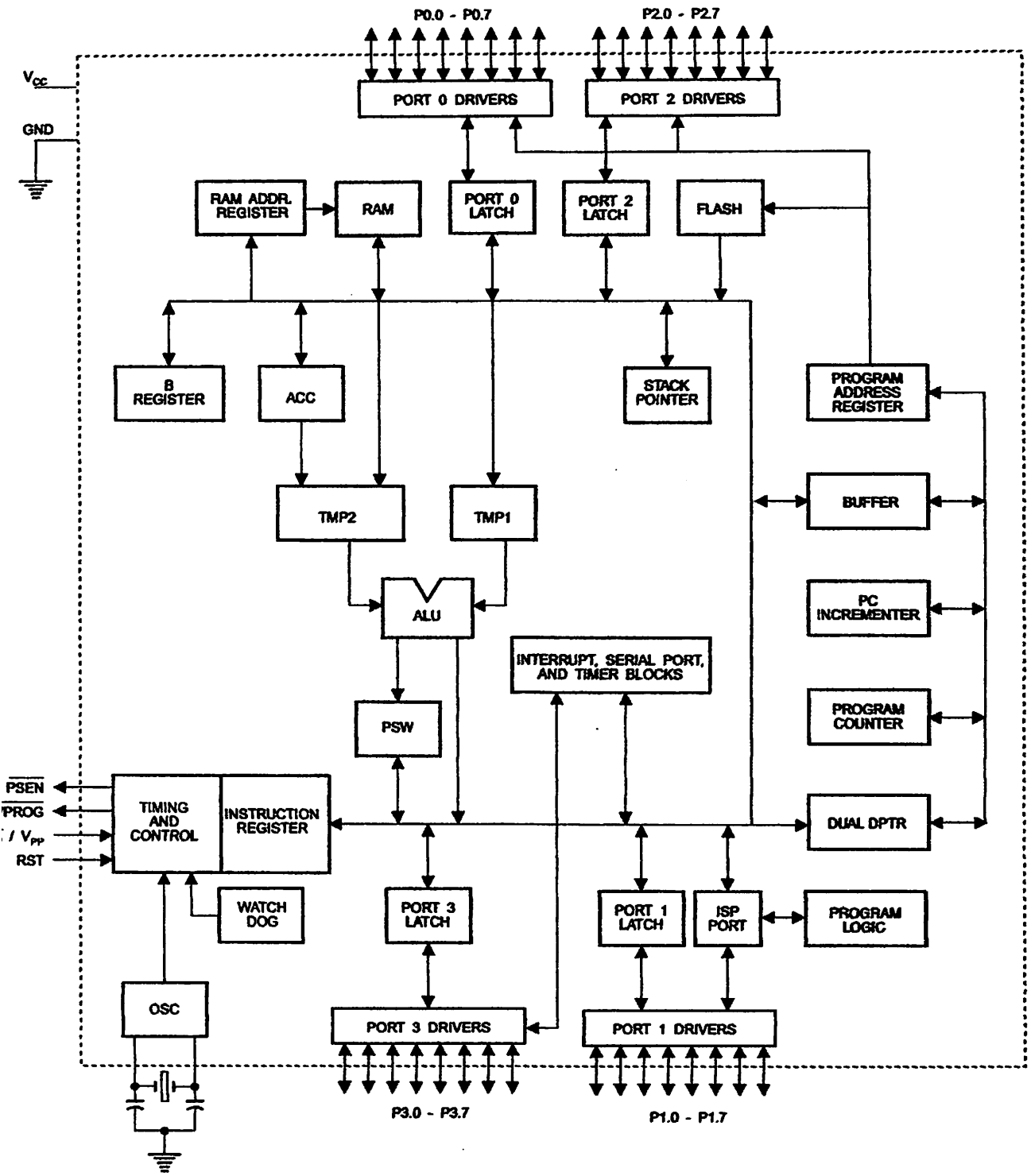
**TQFP**



**PDIP**



Block Diagram





## 1 Description

- C** Supply voltage (all packages except 42-PDIP).
- D** Ground (all packages except 42-PDIP; for 42-PDIP GND connects only the logic core and the embedded program memory).
- D** 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 @ R1), 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 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 ( $I_{IH}$ ) 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)

**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.

**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.

**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.

**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.

**AL1** Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

**AL2** 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

F8H								0FFH
F0H	B 00000000							0F7H
E8H								0EFH
E0H	ACC 00000000							0E7H
D8H								0DFH
D0H	PSW 00000000							0D7H
C8H								0CFH
C0H								0C7H
B8H	IP XX000000							0BFH
B0H	P3 11111111							0B7H
A8H	IE 0X000000							0AFH
A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXXX	0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XX0000	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 reset 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.

**Configuring the WDT**

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

## WDT During Power-down and Idle

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

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

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

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

## UART

The UART in the AT89S51 operates the same way as the UART in the AT89C51. For further information on the UART operation, refer to the Atmel Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select "Products", then "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**

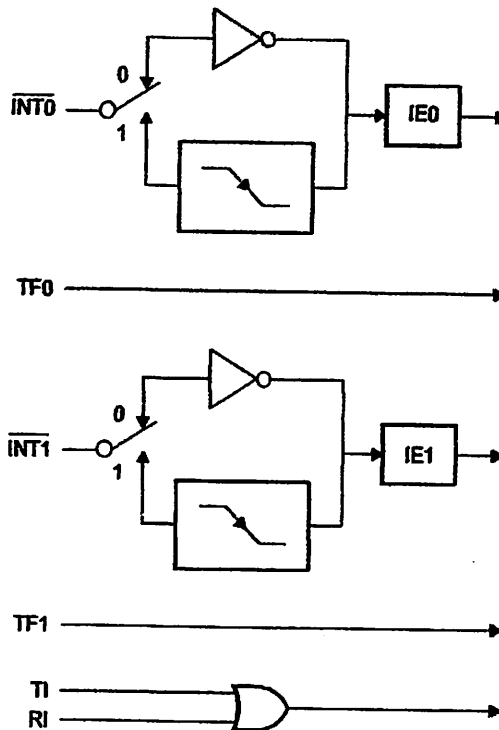
(MSB)							(LSB)
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
Enable Bit = 1 enables the interrupt. Enable Bit = 0 disables the interrupt.							

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.

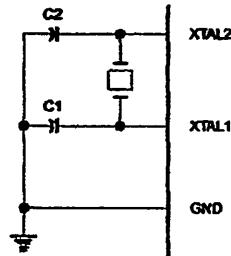
**Figure 1. Interrupt Sources**



Oscillator Characteristics

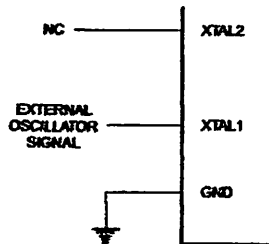
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected 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

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, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled

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

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

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

**Programming Algorithm:** Before programming the AT89S51, the address, data, and control signals should be set up according to the Flash Programming 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/ $\overline{PROG}$  once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 50  $\mu$ 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  $\overline{\text{RDY/BSY}}$  output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate  $\overline{\text{BUSY}}$ . P3.0 is pulled high again when programming is done to indicate  $\overline{\text{READY}}$ .

**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  $\overline{\text{ALE/PROG}}$  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  
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<sub>CC</sub> 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.

al  
ramming  
uction Set

ramming  
rface –  
alle 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.

7. Flash Programming Modes

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

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

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

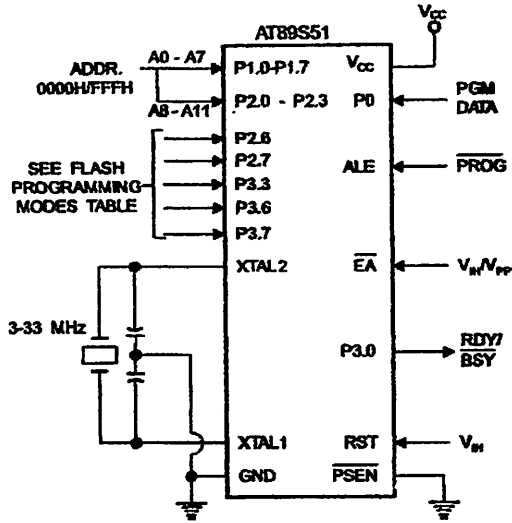
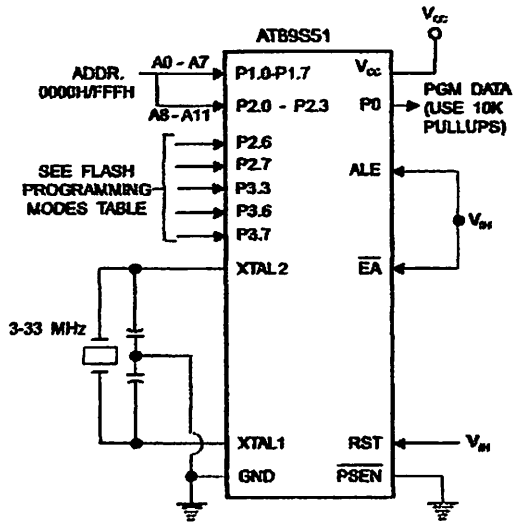


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



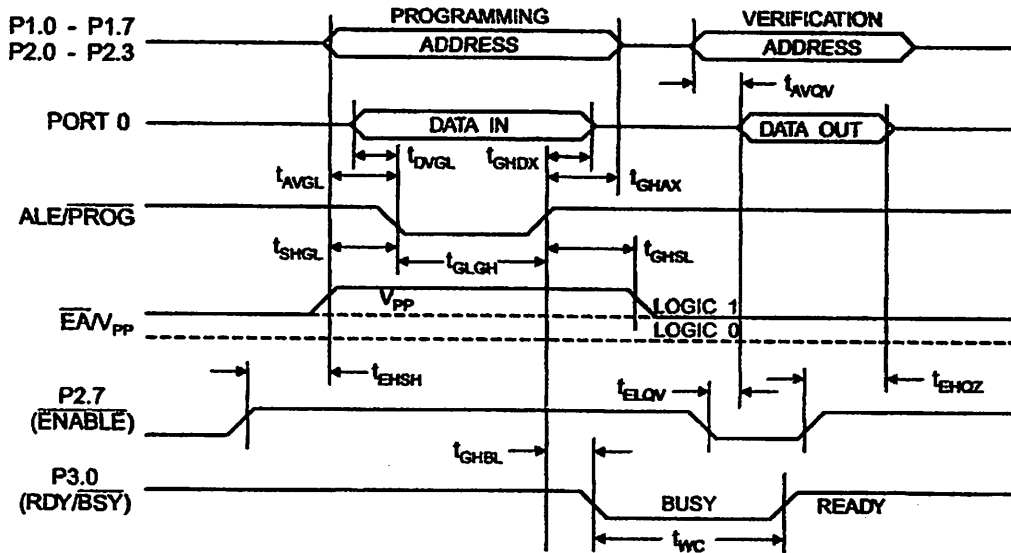


## Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

Temperature: 20°C to 30°C,  $V_{CC} = 4.5$  to  $5.5V$

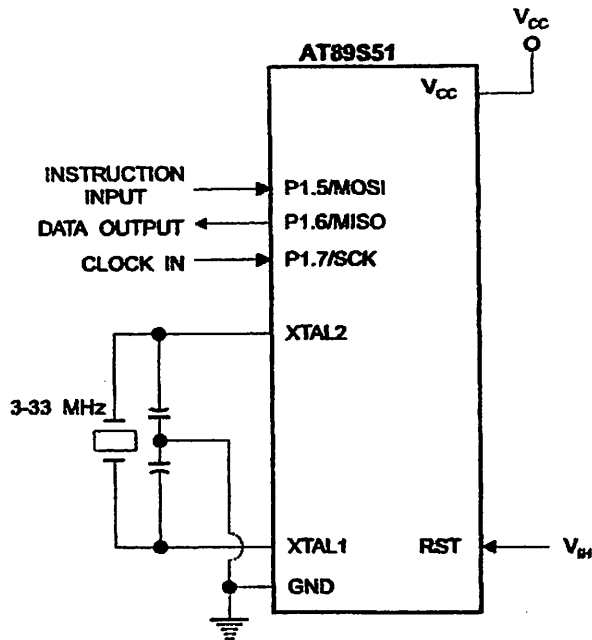
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}$	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}$	Programming Supply Current		10	mA
$I_{CC}$	$V_{CC}$ Supply Current		30	mA
$f_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	33	MHz
$t_{ASL}$	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{AHX}$	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{DSL}$	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{DHX}$	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{SH}$	P2.7 ( $\overline{ENABLE}$ ) High to $V_{PP}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{VPSL}$	$V_{PP}$ Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		$\mu s$
$t_{VPH}$	$V_{PP}$ Hold After $\overline{PROG}$	10		$\mu s$
$t_{PW}$	$\overline{PROG}$ Width	0.2	1	$\mu s$
$t_{AVD}$	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{EVD}$	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{DF}$	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
$t_{PHBL}$	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	$\mu s$
$t_{WC}$	Byte Write Cycle Time		50	$\mu s$

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode



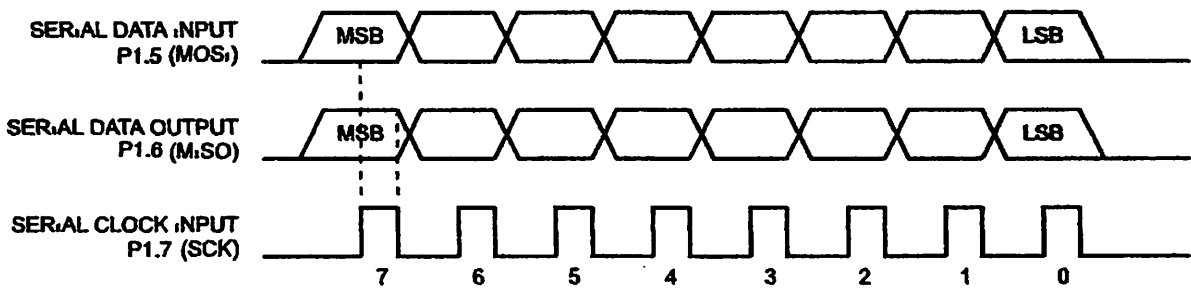
**AT89S51**

Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms







## 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 A1 09 AB A1 0A AB A1 0B AB	78 90 A 2 3 4 5 6 7 8 9 0 A B C D E F 1 2 3 4 5 6 7 8	78 90 A 2 3 4 5 6 7 8 9 0 A B C D E F 1 2 3 4 5 6 7 8	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A1 09 AB A1 0A AB A1 0B AB	78 90 A 2 3 4 5 6 7 8 9 0 A B C D E F 1 2 3 4 5 6 7 8	78 90 A 2 3 4 5 6 7 8 9 0 A B C D E F 1 2 3 4 5 6 7 8	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits <sup>(1)</sup>	1010 1100	1110 00 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (1).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xxxx B2 xxxx B2 xxxx B2	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes	0010 1000	xxxx A1 09 AB A1 0A AB A1 0B AB	A7 xxx xxxx0	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A1 09 AB A1 0A AB A1 0B AB	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 A1 09 AB A1 0A AB A1 0B AB	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

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

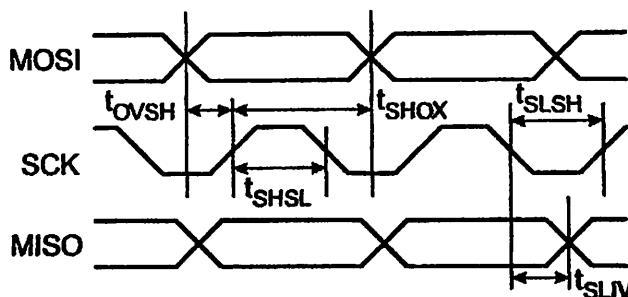


Table 9. Serial Programming Characteristics,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$  (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$f_{CLCL}$	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
$t_{SLV}$	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
ERASE	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
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 Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
Output Current.....	15.0 mA

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

## Characteristics

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

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

Note: 1. 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.

2. Minimum  $V_{CC}$  for Power-down is 2V.

# AT89S51

**C Characteristics**

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

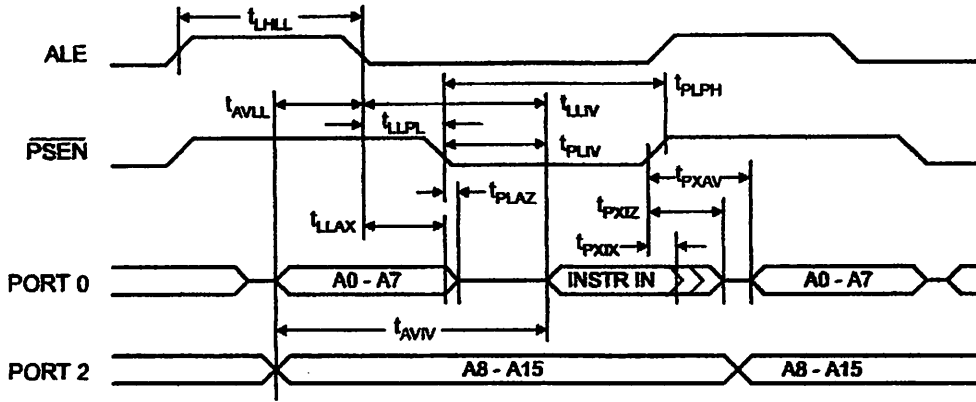
**External Program and Data Memory Characteristics**

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$f_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	33	MHz
$t_{\text{HLL}}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
$t_{\text{VLL}}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{LAX}}$	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{LV}}$	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
$t_{\text{LPL}}$	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{LPH}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-45$		ns
$t_{\text{LV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-60$	ns
$t_{\text{PIX}}$	Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
$t_{\text{PIZ}}$	Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-25$	ns
$t_{\text{XAV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
$t_{\text{VIV}}$	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-80$	ns
$t_{\text{LAZ}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
$t_{\text{LRH}}$	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{VLWH}}$	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{LDV}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
$t_{\text{HDX}}$	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
$t_{\text{HDZ}}$	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
$t_{\text{LDV}}$	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
$t_{\text{VDV}}$	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
$t_{\text{LWL}}$	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
$t_{\text{VWL}}$	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
$t_{\text{VWX}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-30$		ns
$t_{\text{VWH}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-130$		ns
$t_{\text{VHX}}$	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{LAZ}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
$t_{\text{VHLH}}$	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-25$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns

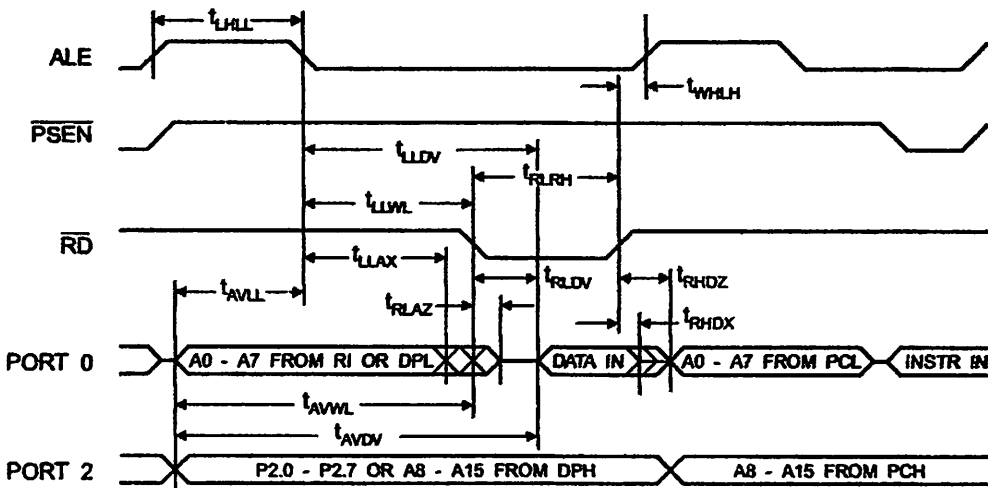




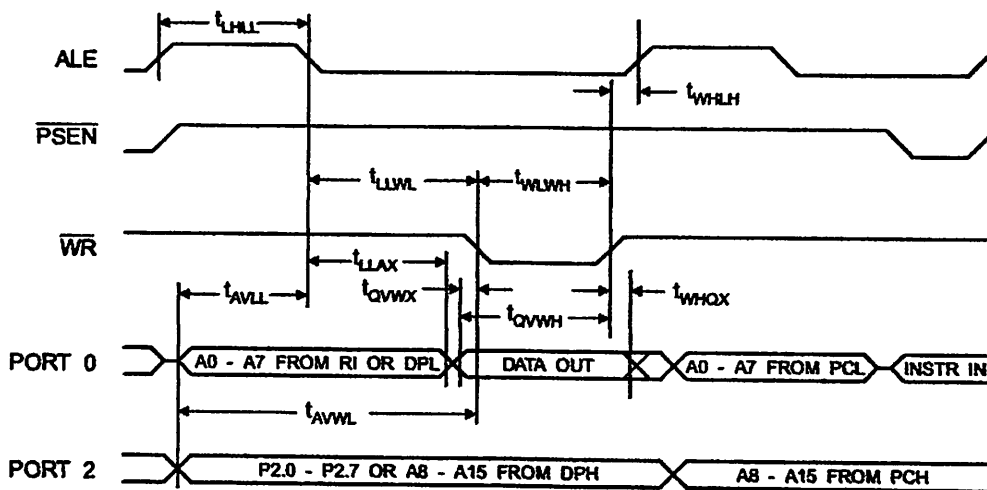
## Internal Program Memory Read Cycle



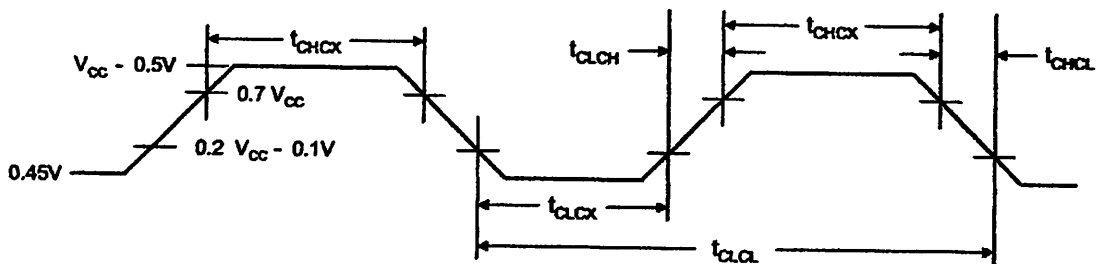
## Internal Data Memory Read Cycle



Internal Data Memory Write Cycle



Internal Clock Drive Waveforms



Internal Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$f_{CL}$	Oscillator Frequency	0	33	MHz
$T$	Clock Period	30		ns
$t_{CH}$	High Time	12		ns
$t_{CL}$	Low Time	12		ns
$t_{RH}$	Rise Time		5	ns
$t_{FL}$	Fall Time		5	ns



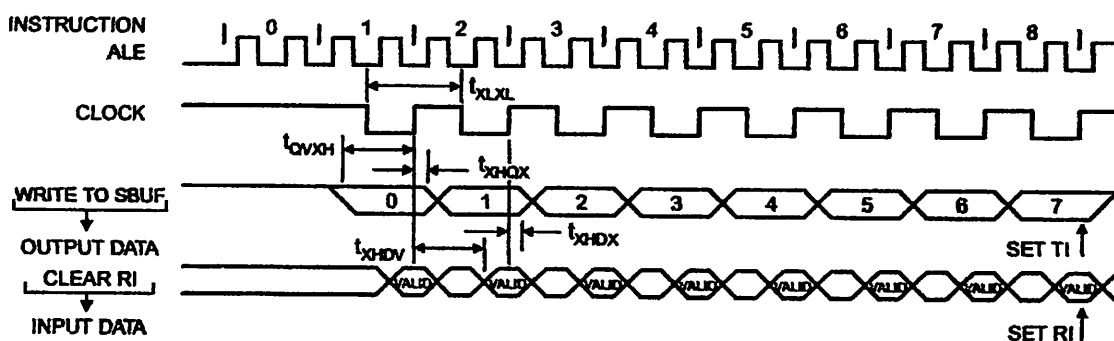


## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

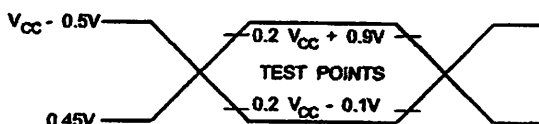
values in this table are valid for  $V_{CC} = 4.0V$  to  $5.5V$  and Load Capacitance =  $80$  pF.

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

## Shift Register Mode Timing Waveforms

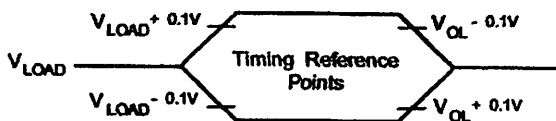


## Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup>



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.

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



1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a  $100$  mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a  $100$  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)

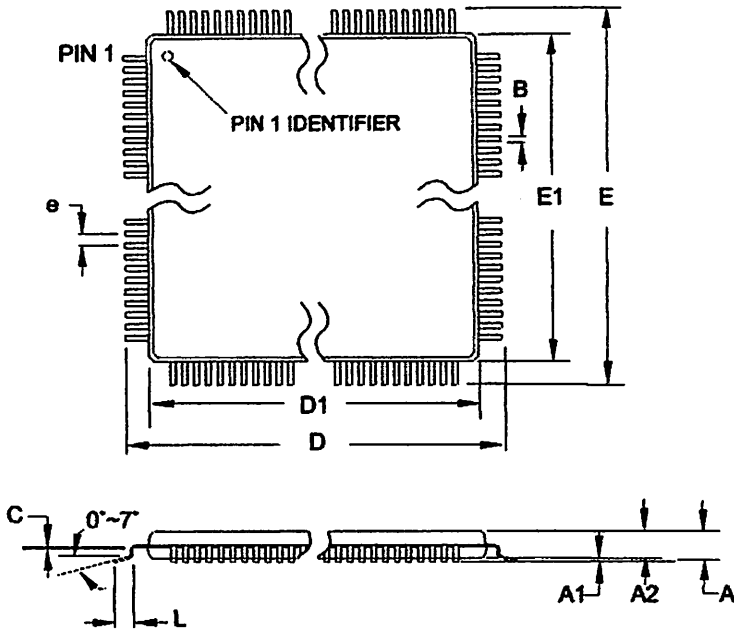






Packaging Information

- 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			

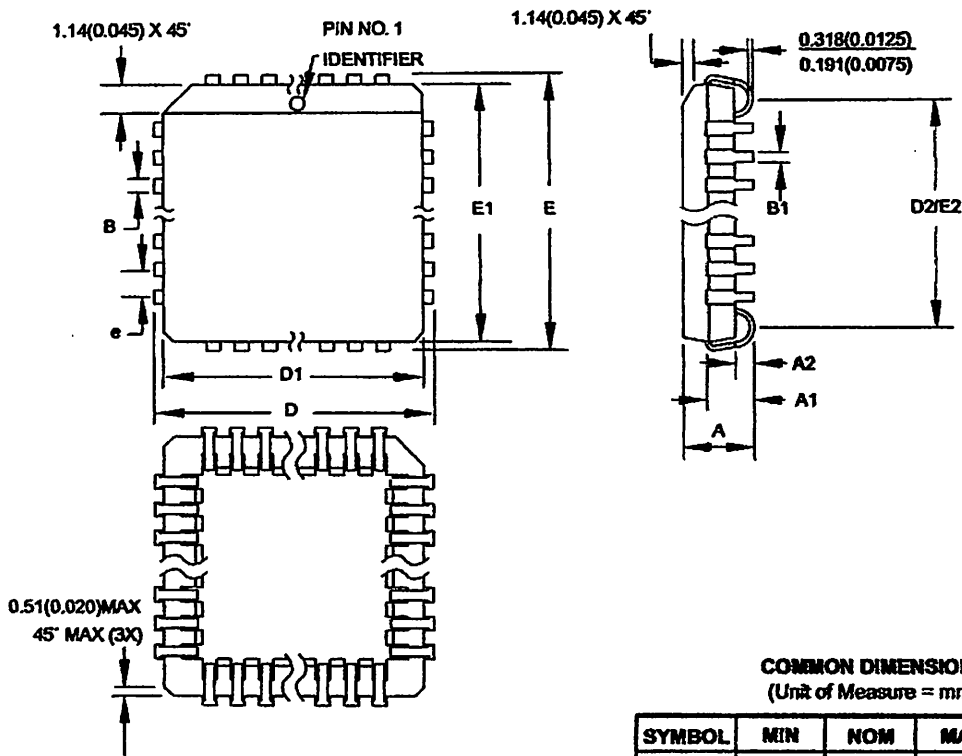
10/5/2001

- 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.

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

- PLCC



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.

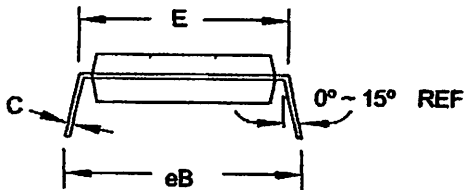
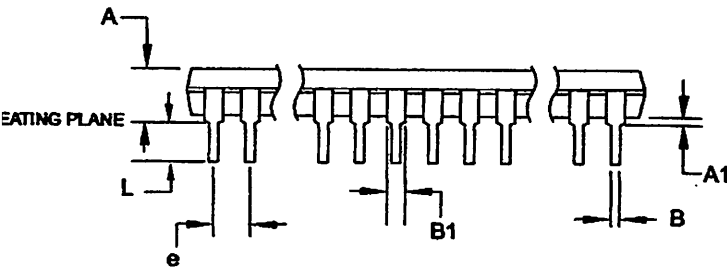
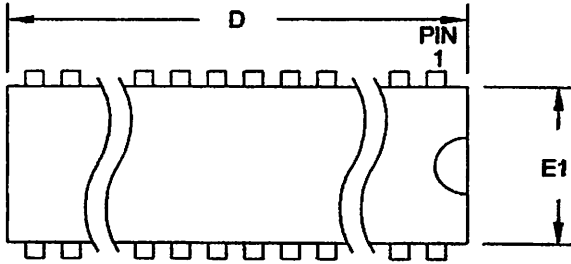
10/04/01

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





3 - 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").

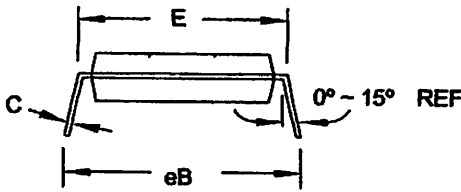
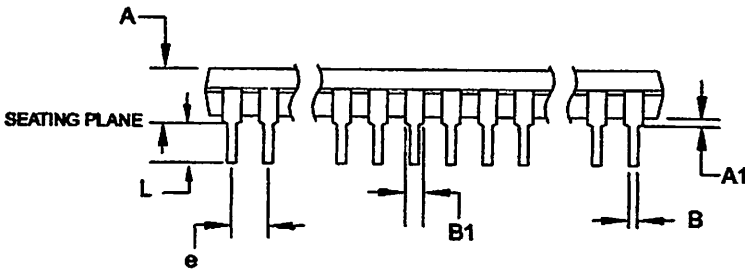
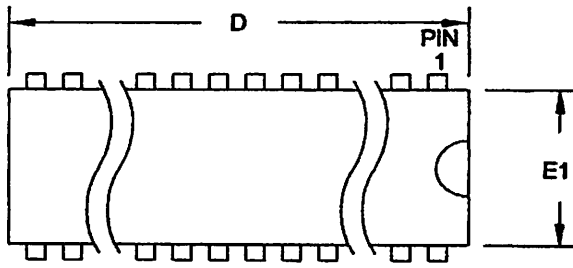
09/28/01

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

42PS6 - 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

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





**Atmel Corporation**

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

**Regional Headquarters**

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

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

Tonetsu Shinkawa Bldg.  
4-8 Shinkawa  
Hiro-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: (408) 441-0311  
Fax: (408) 436-4314

**Microcontrollers**

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

La Chanterrie  
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: (719) 576-3300  
Fax: (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: (719) 576-3300  
Fax: (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)

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard terms and conditions 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 safety 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. Other names and product names may be the trademarks of others.

Printed on recycled paper.

2487B-MICRO-12/03