

**ELEKTRONIKA RECLOSER
BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro



Oleh :

Nama : Pebriansyah

No. Mhs : 01 524 088

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA**

2005

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ELEKTRONIKA RECLOSER

BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Pebriansyah

No Mahasiswa : 01 524 088

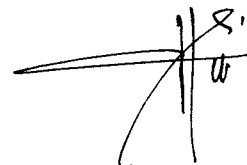
Yogyakarta, Agustus 2005

Pembimbing I



Wahyudi Budi Pramono, ST

Pembimbing II



Medilla Kusriyanto, ST

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

ELEKTRONIKA RECLOSER

BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Pebriansyah

No Mahasiswa: 01 524 088

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Agustus 2005

Tim penguji

Wahyudi Budi Pramono, ST

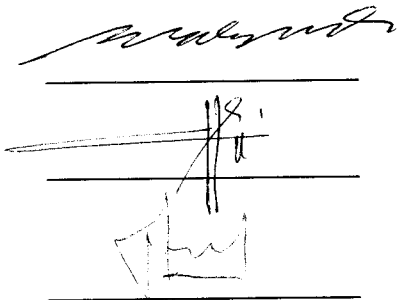
Ketua

Medilla Kusriyanto, ST

Anggota I

Tito Yuwono, ST

Anggota II

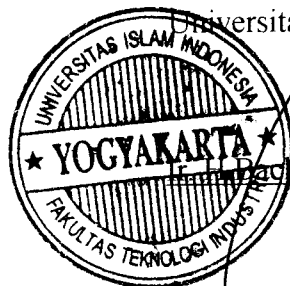


Three horizontal lines with handwritten signatures above them, corresponding to the names of the examiners listed on the left.

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Pachrun Sutrisno, Msc

ABSTRAKSI

Manusia selalu menginginkan hal baru untuk mempermudah aktifitasnya. Mereka memodifikasi peralatan-peralatan yang telah ada agar mempunyai fungsi lain. Elektronika Recloser merupakan salah satu alat pengaman jala-jala listrik yang dimodifikasi agar dapat berfungsi sebagai pengaman otomatis, saat arus bernilai 1,8 Ampere. Elektronika Recloser ini dirancang menggunakan mikrokontroler AT89C51. Sistem recloser ini menggunakan belitan untuk mendeteksi arus yang lewat pada jala-jala listrik dan bekerja mendeteksi arus secara terus menerus. Sistem kerja alat ini adalah memutuskan hubungan listrik apabila arus yang lewat pada kawat bernilai maksimum 1,8 Ampere. Pada saat arus mencapai 1,8 Ampere posisi recloser akan memutuskan arus, kemudian recloser akan kembali melewatkan arus dengan *interval* 30 detik, setelah kawat tersebut terhubung, maka recloser akan mengecek kembali nilai arus pada kawat dan seterusnya sebanyak siklus 3 kali. Setelah 3 kali, recloser tersebut akan memutuskan arus selamanya, sampai recloser tersebut direset kembali. Alat tersebut tidak dapat berfungsi sebagai pengaman hubung singkat antar fasa dan netral. Untuk mengetahui besar arus yang lewat pada jalur listrik maka diberikan tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*).

MOTTO

"Pantang menyerah sebelum tercapai puncak idaman"

Allah mengangkat derajat orang-orang yang beriman dan para
cendekiawan diantaramu dengan beberapa derajat....
(Al Mujadalah:11)

Siapa saja yang menduga bahwa apabila seseorang mencurahkan
tenaganya untuk mencapai tujuan, berarti dia tertolong.
Barangsiapa yang menduga tanpa jerih payah ia akan mencapai
tujuannya, berarti ia hanya berangan-angan. Maka perbaikilah
pekerjaanmu niscaya doamu dikabulkan.
(HR Thabrani)

Orang yang pesimis melihat kesukaran dibalik kesempatan,
sedangkan orang yang optimis melihat kesempatan disetiap
kesukaran.
(Sir Wiston Churchill)

Gunakan otakmu untuk berpikir, bukan sebagai gudang fakta.
(Albert Einstein)

Ilmu adalah lebih utama daripada harta. Ilmu menjagamu,
sedangkan kau harus menjaga hartamu. Harta akan berkurang
bila kau nafkahkan, sedang ilmu akan bertambah subur bila kau
nafkahkan.
(Ali bin Abi Tholib)

PERSEMBAHAN

AYAH DAN BUNDA TERCINTA

KEDUA KAKAKKU (RIA N' FITRA) DAN ADIKKU (TUSDA)

SOHIBKU (ADANK, GOBON, FARID, BABE)

HIMPUNAN MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO
FTI-UII

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur kepada Allah Tuhan semesta alam. Yang Maha pengasih yang kasih-Nya tak pernah pilih kasih serta Maha Penyayang yang sayang-Nya tak pernah terbilang. Ucapan syukur kehadirat-Nya akhirnya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai syarat akhir untuk meraih gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia. Sholawat serta salam Penulis haturkan kepada junjungan umat, nabi penutup para nabi, rasul penutup para rasul, Muhammad SAW beserta keluarganya, sahabatnya, dan semua umatnya yang tetap sedia menjalankan ajaran Islam. Semoga kita termasuk di dalamnya. Amin.

Tugas Akhir ini adalah satu langkah dari sekian ribu langkah menuju kesempurnaan maka dari itu sangat diharapkan ada rekan-rekan Penulis yang meneruskan apa yang sudah Penulis lakukan hingga tahap ini.

Dengan berakhirnya Tugas Akhir ini, maka pada kesempatan ini izinkanlah Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Bapak Ir. H. Bachrun Sutrisno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Ir. Hj. Budi Astuti, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Wahyudi Budi Pramono, ST selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.

4. Bapak Medilla Kusriyanto, ST selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak Tito Yuwono, ST selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Segenap Dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia umumnya dan khususnya Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmunya.
7. Bapak dan Ibuku yang telah memberikan segala dukungan terbesar bagi Penulis.
8. Saudara-saudaraku Fitra, Tusda, Ujang, Firman, Eko, dan Lalit, serta Oom Arpi sekeluarga yang telah memberikan segala bantuan. Special Thanks To Mbakku Ria yang telah memberikan bantuan spirituil maupun materil kepada adikmu ini.
9. Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro FTI UII, yang telah memberikan banyak pengalaman kepadaku tentang kehidupan.
10. Teman-teman seperjuangan (Adank, Gogon, Farid, Babe, Ndok, Mimink, dan angkatan '01 lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu), thanks.
11. Segala pihak yang mendukung terselesainya Tugas Akhir hingga tersusunnya laporan ini. (Hanya tulisan ini yang dapat aku persembahkan untuk kalian)

Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, walaupun Penulis sudah berusaha semaksimal mungkin untuk mendekati sempurna. Mohon kritik dan

saran yang mendukung kepada semua pihak yang membaca Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, semoga Pembaca bisa mendapat serta menyebarkan hal-hal yang bermanfaat pada Laporan Tugas Akhir ini. Apabila ada kesalahan, semata-mata kekhilafan Penulis, sedangkan kebenaran semuanya hanyalah milik ALLAH SWT.

Yogyakarta, Agustus 2005

Penulis

TAKARIR

ADC (*Analog to Digital Converter*)

Piranti yang dapat mengubah besaran analog menjadi besaran digital

Akumulator

Register yang digunakan untuk menyimpan semua proses aritmatika

Atmel

Sebuah perusahaan pembuat *flash memory* beraristektur MCS51

Bit

Bit adalah ukuran terkecil data digital. Bit biasanya hanyalah merupakan pilihan antara 0 dan 1. Dimana 0 biasanya berarti 'Off' dan 1 berarti 'On'.

Byte

Byte adalah merupakan kumpulan beberapa bit (1 *Byte* = 8 bit)

Chip

Sebuah kepingan IC

Clock

Sinyal kotak untuk menentukan kecepatan kerja dari perangkat digital

Digital

Data dalam bentuk angka 0 dan 1

DPTR (*Data Pointer*)

Register 16 bit mikrokontroler. Register ini juga berfungsi sebagai register penunjuk alamat

Small Device C Compiler (SDCC)

Software untuk penulisan program menggunakan bahasa C

Emulator

Software untuk simulator perangkat keras

Ground

Titik referensi tegangan biasanya untuk menentukan 0 V

Heksadesimal

Penulisan angka dalam format 16-an

IC (*Integrated Circuit*)

Sebuah alat yang didalamnya terdapat rangkaian elektronis dengan fungsi tertentu

Input

Masukan bagi alat atau sistem

Interupsi

Sela atau pemberhentian sesuatu untuk sementara waktu

Konversi

Proses perubahan dari suatu besaran tertentu menjadi besaran yang lain

MCS51

Keluarga mikrokontroler Atmel AT89xx

MHz (*Mega Hertz*)

Jutaan gerak per detik

Mikrokontroler

Sebuah alat atau IC kecil yang dapat digunakan untuk mengendalikan sebuah system

Multiplexer

Sebuah sistem yang memiliki beberapa masukan dengan 1 keluaran

Output

Keluaran dari alat atau system

Port

Sebuah jalur atau pintu yang dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran

RAM (*Random Access Memory*)

Memori yang dapat diolah secara acak, biasanya digunakan sebagai penyimpan data untuk sementara waktu

Register

Sebuah kumpulan data digital dalam mikrokontroler, dapat digunakan untuk mengatur atau melihat keadaan mikrokontroler

RST (Reset)

Keadaan awal dari sistem

ROM (*Read Only Memory*)

Memori yang hanya dapat dibaca, biasanya digunakan untuk menyimpan data program yang akan dijalankan pada mikrokontroler

SFR (*Special Function Register*)

Merupakan register yang memiliki fungsi-fungsi khusus

SPI (*Serial Peripheral Interface*)

Antar muka untuk pemrograman serial

Software

Perangkat lunak, berupa pemrograman komputer

Timer/Counter

Aplikasi mikrokontroler untuk pewaktu dan pengitung yang dibedakan dari pemberian input *clock*

VCC

Tegangan referensi positif (+)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
ABSTRAKSI	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
TAKARIR	x
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penulisan	3

BAB II DASAR TEORI	4
2.1. Sistim Kelistrikan dalam Instalasi	4
2.2. Sensor Trafo Arus	5
2.2.1. Trafo Arus	5
2.3. <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	7
2.4. Mikrokontroler AT89C5	19
2.4.1 Konfigurasi <i>pin</i> AT89C51	11
2.4.2 Struktur Memori	14
2.4.2.1 RAM Internal	15
2.4.2.2 <i>Register Fungsi Khusus (special function register)</i>	15
2.4.2.3 Fungsi SFR	16
2.4.3 Interupsi (<i>Interrupt</i>)	19
2.4.3.1 Pengaktifan interupsi	19
2.4.3.2 Prioritas interupsi	20
2.4.3.3 Vektor interupsi	20
2.4.4 Pewaktu (<i>timer</i>)	21
2.5. TRIAC	23
2.6. <i>Optocoupler</i>	24
2.7. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	25
2.7.1. DDRAM (<i>Display Data Random Acces Memory</i>)	27
2.7.2. CGRAM (<i>Character Generator Random Acces Memory</i>)	27
2.7.3. CGRAM (<i>Character Generator Read Only Memory</i>)	27
2.7.4. Konfigurasi Pin LCD M1632	29

2.7.5. Register	29
2.7.5.1 Register Perintah	30
2.7.5.2. Register Data	30
2.7.6. Penulisan Data ke Register Perintah dan Register Data	30
BAB III PERANCANGAN ALAT	31
3.1. Pendahuluan	31
3.2. Pendeteksi Arus	32
3.2.1. Sensor Arus	32
3.2.2. Rangkaian ADC 0804	34
3.3. Sistim Minimum	36
3.3.1. Mikrokontroller AT89C51	36
3.3.2. Rangkaian Clock	37
3.4. Rangkaian Penampil	38
3.5. Pemutus Arus	39
3.6. <i>Switch</i>	40
3.7. Perancangan Perangkat Lunak	41
BAB IV ANALISIS DAN PENGAMATAN	42
4.1. Pengujian Rangkaian Pendeteksi Arus	42
4.2. Pengujian Rangkaian <i>Analog to Digital Converter</i> (ADC)	49
4.3. Pengujian Rangkaian Mikrokontroler AT89C51	50
4.4. Pengujian Rangkaian Pemutus Arus	51
4.5. Pengujian Rangkaian Penampil	51
4.6. Pengujian Rangkaian Secara Keseluruhan	52

4.6.1. Pengujian Beban Berlebih	52
4.6.2. Pengujian Hubung Singkat	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 <i>Register Interrupt Enable (IE)</i>	19
Tabel 2.2 <i>Register Interrupt Priority (IP)</i>	20
Tabel 2.3 <i>Register Vektor pada saat Interupsi</i>	21
Tabel 2.4 <i>Kombinasi operasi mode timer 1 dan timer 0</i>	22
Tabel 2.5 <i>Register Timer Mode Register (TMOD)</i>	22
Tabel 2.6 <i>Register Timer Control Register (TCON)</i>	22
Tabel 2.7. <i>Konfigurasi Pin LCD M1632</i>	29
Tabel 4. 1. <i>Hasil Pengukuran Sisi Primer dan Sisi Sekunder Trafo Arus</i>	44
Tabel 4. 2. <i>Data hasil konversi ADC0804</i>	50
Tabel 4. 3. <i>Hasil Pengamatan Recloser</i>	52

DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Gambar 2. 1. Gambaran Fluks pada Inti Trafo	5
Gambar 2. 2. Tampilan Pin ADC 0804	9
Gambar 2. 3. Rangkaian aplikasi ADC0804	9
Gambar 2. 4. Diagram blok mikrokontroler AT89C51	10
Gambar 2.5. Konfigurasi <i>Pin</i> Mikroprosesor AT89C51	11
Gambar 2.6 Konfigurasi TRIAC	23
Gambar 2.7 Referensi Sinyal Masukan dan Keluaran TRIAC	24
Gambar 2.8 <i>Optocoupler</i>	25
Gambar 2.9. Diagram Blok LCD M1632	26
Gambar 2.10. Alamat DDRAM M1632	27
Gambar 2.11. Pola Karakter CGROM	28
Gambar 3.1. Blok Diagram Alat Elektronika Recloser	32
Gambar 3. 2. Trafo Arus dan Rangkaian Penyearah	34
Gambar 3. 3. Hubungan ADC0804 ke Mikrokontroler	35
Gambar 3.4. Proses konversi ADC0804	35
Gambar 3.5. Rangkain Perencanaan Input/Output	37
Gambar 3.6. Rangkaian Clock	38
Gambar 3.7. Rangkaian Penampil	38
Gambar 3.8. Rangkaian Pemutus Arus	39

Gambar 3.9. Rangkaian Switch	40
Gambar 3.10. Flowchart Sub Rutin Ultrasonic	41
Gambar 4.1. Rangkaian Pendeteksi Arus	43
Gambar 4.2. Grafik Arus Sisi Primer dan Tegangan Sisi Sekunder	44
Gambar 4.3. Penyearah Jembatan	45
Gambar 4.4. Sinyal masukan dan keluaran penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda	46
Gambar 4.5. Grafik hasil pengukuran dan perhitungan	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan tempat tinggal di Indonesia saat ini sangatlah pesat, contoh banyak sekali perumahan-perumahan sederhana yang cukup murah harganya. Ini juga berpengaruh terhadap pemakaian listrik oleh masyarakat yang sangat membutuhkan sumber listrik dalam beraktifitas sehari-hari, dan sebagai sarana untuk meringankan suatu pekerjaan rumah tangga, maupun alat-alat industri. Tapi tidak menyampingkan dari kebutuhan akan listrik, juga mengetahui bahaya yang disebabkan oleh listrik tersebut yang sangat merugikan penggunaannya. Oleh karena itu, haruslah mengetahui akibat listrik, adalah sebagai berikut :

- a. Terjadinya kejutan listrik arus yang berlebihan melalui tubuh akan dapat mengakibatkan kematian.
- b. Suhu tinggi yang dapat mengakibatkan luka bakar.
- c. Timbulnya api disebabkan oleh terjadinya hubungan singkat antar fasa atau fasa dengan netral.
- d. Daya yang berlebihan terutama saat hubungan singkat.

Dari beberapa akibat di atas, mungkin penulis akan memecahkan kendala tersebut. Penulis mencoba membuat alat elektronika untuk pengamanan arus berlebih. Dan alat yang dihasilkan diberi nama **“ELEKTRONIKA RECLOSER BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51”**.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang dan dasar pemikiran diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat suatu peralatan Elektronika Recloser yang praktis dan handal.
2. Bagaimana membuat alat pengaman yang mudah digunakan, tahan lama dan bermutu tinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan peralatan sistem elektronika ini adalah untuk:

1. Melindungi suatu peralatan listrik yang harganya *relative* lebih mahal atau penting.
2. Sebagai pengaman terhadap keselamatan pekerja atau masyarakat yang ada disekitar listrik.

1.4 Batasan Masalah

Tugas akhir ini hanya membuat alat atau sistem pengaman jala-jala listrik sebagai :

1. Pengaman hantaran listrik terhadap beban lebih.
2. Arus Nominal $I_n : 2A$
3. *Interval* : 30 sekon
4. *Reset Time* : 3x

Maka hanya membuat dalam alat dalam batasan tersebut dan sebagai patokan untuk membuat atau sistim pengaman instalasi listrik.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang deskripsi umum isi tugas akhir yang meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat penyusunan tugas akhir dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Menguraikan tentang teori-teori yang menjadi acuan dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Diantaranya adalah teori tentang Sensor Arus, ADC 0804, Mikrokontroler AT89C51, *Triac*, *Optocoupler*, LCD.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Berisi tentang proses perancangan dan pembuatan sistem pengontrolan alat mulai dari diagram blok, prinsip kerja, serta pembahasan *software* sebagai otak system.

BAB IV PEMBAHASAN

Berisi tentang pengukuran dan uji coba alat yang dijadikan proyek tugas akhir.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan pembuatan proyek tugas ahir dan saran-saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sistem Kelistrikan dalam Instalasi

Perkembangan system arus bolak-balik (a.c.sistim) dimulai di Amerika Serikat tahun 1885, ketika *George Westinghouse* membeli *patent-patent* Amerika yang meliputi system transmisi arus bolak-balik yang dikembangkan oleh *L. Gaulard* dan *J.D. Gibbs* dari Paris.

Instalasi listrik dibagi tiga golongan , yaitu:

1. Instalasi perumahan/ instalasi penerangan /instalasi cahaya
2. Instalasi pabrik/ instalasi tenaga
3. Instalasi tegangan tinggi

Yang dimaksud dengan instalai adalah pengalir, pesawat pengukur, penghubung, dan pesawat pembantu yang lain yang sifatnya tetap baik untuk pemberian tenaga maupun pemakain tenaga listrik.

Instalasi penerangan adalah termasuk instalasi listrik tegangan rendah, sedangkan instalasi tenaga/ instalasi pabrik, dapat merupakan intalasi tegangan rendah atau instalasi tegangan tinggi, tergantung pada tegangan kerja dari pda sistem kerja tersebut. Menurut perjanjian yang ada dalam peraturan, tegangan rendah dimaksudkan tegangan listrik yang setingginya 300 volt, sedangkan untuk tegangan lebih dari 300 volt, di golongkan dalam tegangan tinggi. Sesungguhnya di dalam instalasi penerangan tidak hanya penerangan saja, tetapi sering juga

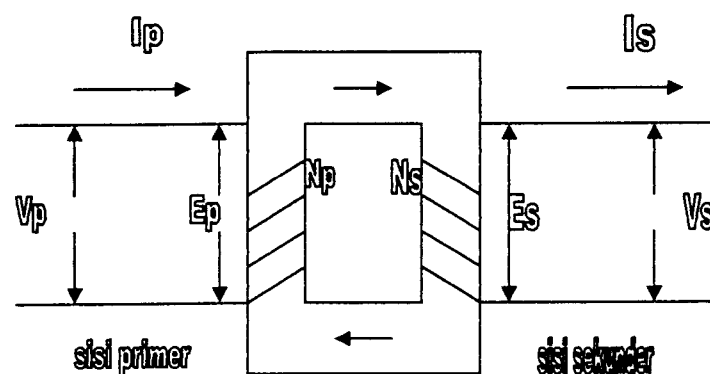
terdapat instalasi tenaga seperti kipas angin, setrika listrik dan lain lain, tetapi dalam hal ini pemakaian tenaga dalam persentase yang kecil bila dibandingkan terhadap pemakaian penerangan.

2.2 Sensor Trafo Arus

Sensor Trafo Arus merupakan bagian dari sistem yang mengubah arus AC menjadi arus DC. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi perubahan arus. Arus yang sudah dideteksi tersebut kemudian akan diubah kebentuk tegangan DC.

2.2.1 Trafo Arus

Trafo Arus adalah sensor arus yang mempunyai dua buah belitan yakni sisi primer dan sisi sekunder. Sisi primer dihubungkan serial ke sumber tegangan bolak balik maka akan timbul fluks pada inti trafo, dan ternyata fluks ini juga dilingkupi oleh belitan di sisi sekunder. Fluks ini disebut fluks bergandeng. (“muatan fluks”). Bila sisi sekunder terhubung dengan beban sehingga merupakan rangkaian tertutup, maka akan ada arus yang mengalir pada sisi sekunder. Berarti ada energi listrik yang pindah dari sisi primer ke sekunder.



Gambar 2. 1. Gambaran fluks pada inti trafo

Besarnya perbandingan tegangan sisi primer (V_p) dan tegangan sisi sekunder (V_s) dari transformator ternyata harganya sama dengan perbandingan antara tegangan induksi primer (E_p) dan tegangan induksi sekunder (E_s). Harga ini disebut dengan perbandingan transformasi atau konstanta trafo, dan disimbolkan dengan a .

Perbandingan jumlah lilitan sisi primer dan lilitan sisi sekunder, pada trafo arus ialah:

$$N_p = 100N_s \dots\dots\dots(2.1)$$

Persamaan-persamaan tersebut antara lain:

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = a \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk trafo ideal berlaku persamaan:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \dots\dots\dots(2.3)$$

Jika rugi-rugi trafo tidak diperhitungkan dan *efisiensi* dianggap 100%, maka:

$$E_1 \times I_1 \times PF_1 = E_2 \times I_2 \times PF_2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Secara praktis faktor daya primer (PF_1)= faktor daya sekunder (PF_2), maka:

$$E_1 \times I_1 = E_2 \times I_2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Atau

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = a \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan: I_1 = sisi primer; I_2 = sisi sekunder

2.3 ADC (*Analog to Digital Converter*)

Dalam dunia elektronika dikenal dua jenis rangkaian untuk menjembatani dunia Analog ke Digital, jenis pertama dikenal sebagai rangkaian konversi besaran digital ke analog (*Digital Analog Converter* disingkat sebagai DAC), yang kedua adalah rangkaian konversi besaran analog ke digital (*Analog Digital Converter* disingkat sebagai ADC).

Tegangan analog yang merupakan masukan dari ADC berasal dari transduser. Transduser inilah yang mengubah besaran kontinu seperti temperatur, tekanan, kecepatan, ataupun putaran motor menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh transduser yang berubah secara kontinu pada suatu range tertentu disebut tegangan analog, dan tegangan analog ini diubah oleh ADC menjadi bentuk digital yang sebanding dengan tegangan analognya.

Ada 3 karakteristik yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen ADC, antara lain :

1. Resolusi

Resolusi merupakan spesifikasi terpenting pada rangkaian ADC, Resolusi merupakan besaran analog terkecil yang masih dapat dikonversi menjadi satuan digital. Resolusi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Resolusi(r) = \left(\frac{1}{2^n - 1} \right) \cdot V_{ref} \quad (2.7)$$

Dimana : n adalah banyaknya bit ADC

V_{ref} tegangan referensi yang digunakan

2. Akurasi

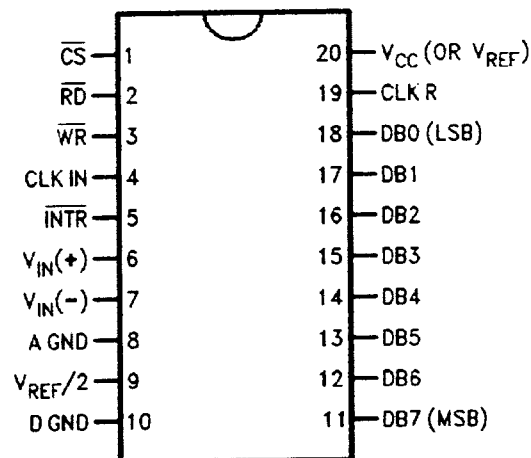
Adalah jumlah dari semua kesalahan, misalnya kesalahan non linieritas, skala penuh, skala nol dan lain-lain. Dapat juga menyatakan perbedaan antara tegangan input analog secara teoritis yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan input nyata yang menghasilkan tegangan kode biner tersebut.

3. Waktu konversi

Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mendigitalkan setiap sampel atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu konversi. Memiliki masukan analog 1 pin dan keluaran 8 pin, resolusi 8 bit dengan ketelitian +/- 1 angka LSB, tegangan *input* maksimum 5 volt, 3mA, tidak perlu pengatur tegangan nol dan tegangan maksimum, waktu ukur 100 mikro detik, frekuensi pulsa untuk kerja 10 sampai dengan 1280 kHz.

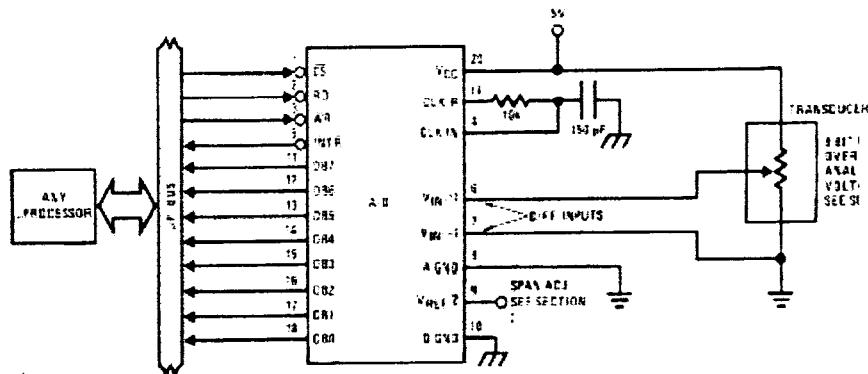
ADC ini menawarkan beberapa keistimewaan antara lain kecepatan tinggi dan konsumsi daya yang rendah. Karenanya ADC ini banyak digunakan pada proses kontrol peralatan elektronika.

Gambar 2.2 berikut ini menunjukkan tampilan pin ADC0804.



Gambar 2. 2. Tampilan Pin ADC 0804

Contoh aplikasi rangkaian ADC 0804 seperti pada gambar 2.3 berikut :



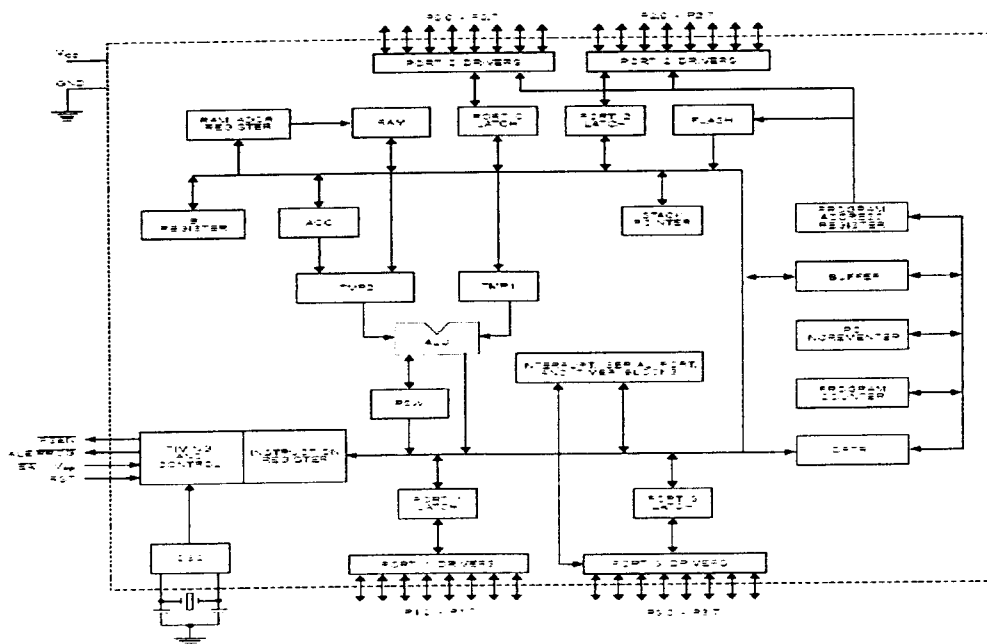
Gambar 2. 3. Rangkaian aplikasi ADC0804

2.4 MIKROKONTROLLER AT89C51

Mikrokontroller AT89C51 merupakan Mikroprosesor 8 bit CMOS yang membutuhkan daya rendah namun memiliki kinerja yang cukup handal. Mikrokontroller ini dilengkapi dengan 4 Kbyte Flash PEROM (*Programmable Erasable Read Only*) sehingga program yang telah ditanam langsung kedalam mikrokontroller dapat dihapus dan ditulis ulang. Mikrokontroller flash AT89C51 memiliki ruang alamat dan memori data dan memori program yang terpisah.

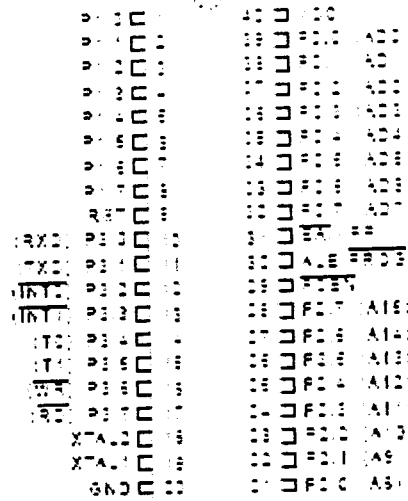
Pemisahan memori program dan data tersebut memperbolehkan memori data diakses dengan alamat 8 bit, sehingga dapat dengan cepat dan mudah disimpan serta dimanipulasi oleh CPU 8 bit. Mikrokontroler AT89C51 terdiri dari beberapa bagian yang berfungsi untuk mendukung pengendaliannya, bagian-bagiannya sebagai berikut :

1. Kapasitas memori internal 4 kB (*flash 4 kBytes*)
2. 8x28 byte RAM (*Random Access Memory*) internal
3. 32 jalur I/O yang dapat diprogram
4. 2 buah 16 bit pewaktu/pencacah (*timer/counter*)
5. *Serial port full duplex*
6. *Chip Oscilator* dan *clock*
7. 6 buah sumber *interupsi*
8. *Kompatibel* dengan semua produk MCS-51



Gambar 2. 4. Diagram blok mikrokontroler AT89C51

2.4.1 Konfigurasi *pin* AT89C51



Gambar 2.5 Konfigurasi *Pin* Mikroprosesor AT89C51

Konfigurasi *pin* mikrokontroler AT89C51 terdiri atas :

1. *Port* 1, nomor *pin* 1 sampai dengan 8 (yang terdiri dari *pin* P1.0 sampai dengan P1.7)
Port 1 berfungsi sebagai I/O biasa atau menerima *low order address bytes* selama pada saat *flash* programming. *Port* ini memiliki *internal pull up* dan berfungsi sebagai *input* dengan memberikan logika 1. Sebagai *output port* ini dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input* TTL.
2. Nomor *pin* 9 (RST)
Reset akan aktif dengan memberikan *input high* selama 2 siklus (*cycle*).
3. *Port* 3, nomor *pin* 10 sampai dengan 17 (yang terdiri dari P3.0 sampai dengan P3.7)

Sebagai I/O biasa *port 3* mempunyai sifat yang sama dengan *port 1* maupun *port 2*, sedangkan sebagai fungsi spesial *port-port* ini mempunyai keterangan sebagai berikut :

Pin 10 (P3.0 atau RXD) sebagai *port serial input*.

Pin 11 (P3.1 atau TXD) sebagai *port serial output*.

Pin 12 (P3.2 atau INT0) sebagai *port external interrupt 0*.

Pin 13 (P3.3 atau INT1) sebagai *port external interrupt 1*.

Pin 14 (P3.4 atau T0) sebagai *port external timer 0 input*.

Pin 15 (P3.5 atau T1) sebagai *port external timer 1 input*.

Pin 16 (P3.6 atau WR) sebagai *port external data memory write strobe*.

Pin 17 (P3.7 atau RD) sebagai *port external data memory read strobe*.

4. Nomor *pin 18* (XTAL2).

Sebagai *output* osilator.

5. Nomor *pin 19* (XTAL1)]

Sebagai *input* osilator.

6. Nomor *pin 20* (GND)

Berfungsi sebagai pentanahan (*ground*)

7. *Port 2*, nomor *pin 21* sampai dengan 28 (yang terdiri atas P2.0 sampai dengan P2.7)

Pin-pin dapat juga berfungsi sebagai A8 s/d A15. *Port 2* sebagai I/O biasa atau *high order address*, pada saat mengakses memori secara 16 bit. Pada saat mengakses memori secara 8 bit , *port* ini akan mengeluarkan isi dari P2 *special function register*. *Port* ini mempunyai *internal pull up* dan

berfungsi sebagai *input* dengan memberikan logika 1. Sebagai *output port* ini dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input* TTL.

8. Nomor *pin* 29 (PSEN)

Pin ini berfungsi pada saat mengeksekusi program yang terletak pada memori eksternal. PSEN akan aktif 2 kali setiap siklus (*cycle*).

9. Nomor *pin* 30 (ALE)

Pin ini juga dapat sebagai alternatif PROG *pin* ini dapat berfungsi sebagai *Address Latch Enable* (ALE) yang *Me-latch low byte address* pada saat mengakses memori eksternal. Sedangkan pada saat *Flash Programming* (PROG) berfungsi sebagai *pulse input* untuk pada saat mengakses memori eksternal. Sinyal *clock* pada *pin* ini dapat pula di-*disable* dengan men-*set* bit 0 dari *Special Function register* (SFR) dialamat 8EH.

10. Nomor *pin* 31 (EA)

Pin ini dapat juga sebagai VP. Pada kondisi low maka *pin* ini akan berfungsi sebagai EA, yaitu mikrokontroller akan menjalankan program yang ada pada memori internal, dan pada saat *flash programming* *pin* ini kan mendapatkan tegangan 12 Volt (VP).

11. Nomor *pin* 32 s/d 39 (P0.0 s/d P0.7)

Port 0 dapat berfungsi sebagai I/O biasa, loqw order multiplex address data atau menerima kode *byte* pada saat *flash programming*. *Pin-pin* ini dapat berfungsi sebagai D0 s/d D7 & A0 s/d A7. Pada fungsi sebagai I/O biasa *port* ini dapat memberikan *output sink* ke 8 buah TTL *input* atau dapat diubah sebagai *input* dengan memberikan logika 1 pada *port*

tersebut. Pada fungsi sebagai *low order multiplex address / data point port* ini akan mempunyai *internal pull up*. Pada saat *flash programming* diperlukan eksternal *pull up* terutama pada saat verifikasi program.

12. Nomor *pin* 40 (VCC). Berfungsi sebagai sumber tegangan +5 Volt (*power supply*).

2.4.2 Struktur Memori

Mikrokontroler AT89C51 memiliki ruang alamat memori program (4 K *byte Flash programmable and erasable read only memory*) dan memori data yang terpisah. Pemisahan memori program ini memperbolehkan memori data diakses dengan alamat 8 bit, sehingga dapat dengan cepat dan mudah disimpan dan dimanipulasi oleh CPU 8-bit. Namun demikian, alamat memori data 16 bit dapat juga dihasilkan melalui *register DPTR (Data Pointer)*.

1. Memori Program

Memori program adalah memori yang digunakan untuk menyimpan program *actual* mikrokontroler. Panjang memori maksimal mencapai 64 K*byte* dengan memori internal sebesar 4 K*byte*. Selain itu dimungkinkan untuk memiliki 4 K*byte* memori dalam *chip* dan 64 K*byte* diluar *Chip*.

2. Memori Data.

Memori data yang dimiliki AT89C51 sebanyak 128 *byte*. Memori internal terbagi dua bagian yaitu : internal RAM dan *Special Function Register (SFR)*.

AT89C51 mempunyai struktur atau organisasi memori yang terdiri beberapa bagian, bagian-bagian tersebut terdiri atas :

2.4.2.1 RAM Internal

RAM internal adalah memori sebesar 128 *byte* yang biasanya digunakan untuk menyimpan *variable* atau data yang bersifat sementara.

RAM internal juga terbagi dalam tiga bagian diantaranya :

1. *Register Bank*

Register ini mempunyai 8 buah *register* yang terdiri dari atas R0 hingga R7.

Delapan buah *register* ini selalu terletak pada alamat 00H hingga 07H pada setiap kali sistem direset.

2. *Bit Addressable RAM*

Pengalamatan bit (*Bit Addressable*) RAM pada alamat 20H hingga 2FH dan hanya dengan sebuah instruksi saja setiap bit dalam area ini dapat diset, clear, AND dan OR. Dengan adanya sistem *bit addressable* RAM, proses yang seharusnya dijalankan dengan tiga siklus (*cycle*) dapat digantikan dengan sebuah instruksi yang hanya membutuhkan satu siklus saja.

3. *General Purpose RAM*

RAM untuk keperluan umum dapat diakses dengan pengalamatan langsung maupun tak langsung.

2.4.2.2 *Register Fungsi Khusus (special function register)*

SFR adalah internal RAM yang menempati ruang memori mulai alamat 80H hingga FFH. Tidak semua alamat diimplementasikan sebagai SFR, namun dikelompokkan menjadi tiga macam :

1. SFR *Port I/O*

AT89C51 mempunyai 4 macam *port*, yaitu P0, P1, P2 dan P3. Untuk memasukkan atau mengeluarkan data melalui *port* dapat dilakukan dengan menuliskan atau membaca ke masing-masing *register*.

2. SFR Kontrol

SFR ini berfungsi untuk mengontrol atau mengkonfigurasi beberapa aspek dari AT89C51.

3. SFR yang lainnya

SFR ini bersifat tidak langsung mengontrol AT89C51 tetapi tanpa SFR AT89C51 tidak dapat bekerja.

Selain mempunyai *register-register* khusus AT89C51, juga mempunyai *register A* atau akumulator merupakan *register* umum untuk mengakumulasi hasil dari instruksi-instruksi. Akumulator memiliki lebar 8 bit dan merupakan *register* penampung 8 bit tetapi terbatas hanya untuk instruksi perkalian (MUL) dan perintah pembagian (DIV). *Register R* memiliki 8 buah *register R* (R0-R7) yang tersimpan dalam 4 buah *bank*. Jadi total ada 32 buah *register R*. Penggunaan *register R* pada *bank* yang mana diatur oleh *bit register select (RS)*.

2.4.2.3 Fungsi SFR

1.SP (*Stack Pointer*, alamat 81H)

SFR ini menunjukkan lokasi yang akan dituliskan atau dibaca dari tumpukan (*stack*) pada RAM.

2.DPL/DPH (*Data Pointer Low/High*, alamat 82H/83H)

SFR DPL dan DPH bekerja bersama-sama membentuk 16 bit yang dikenal dengan *Data Pointer (DPTR)*. *Data Pointer (DPTR)* digunakan dalam operasi yang melibatkan memori eksternal.

3. PCON (Power Control, alamat 87H)

SFR ini digunakan untuk mengendalikan mode *power control*. Contohnya adalah pada mode “*sleep*” yang membutuhkan daya rendah.

4. TCON (*Timer Control*, alamat 88H, pengalamatan bit)

SFR ini digunakan untuk mengkonfigurasi dan memodifikasi operasi dua *timer* AT89C51.

5. TMOD (*Timer Mode*, alamat 89H)

SFR ini digunakan untuk mengkonfigurasi mode operasi setiap *timer*.

Dengan SFR ini program dapat dimodifikasi *timer* sebagai *timer* 16-bit.

6. TL0/TH0 (*Timer 0 Low/High*, alamat 8AH/8BH)

TL0/TH0 bersama-sama membentuk *timer* 0. *Timer* ini dikendalikan oleh TMOD, karena *timer* selalu menghitung naik (*up counter*).

7. TL1/TH1 (*Timer 1 Low/High*, alamat 8CH/8DH)

TL1 dan TH1 bersama-sama membentuk *timer* 1. *Timer* ini juga dikendalikan oleh TMOD.

8. SCON (*Serial Control*, alamat 98H, pengalamatan bit)

SFR ini digunakan untuk mengkonfigurasi keluaran *port serial* AT89C51 yang aktif menandakan pengiriman dan penerimaan data secara sukses.

9. SBUF (*Serial Buffer*, alamat 99H)

Serial buffer digunakan untuk mengirim maupun menerima data melalui *port serial*. Data yang dituliskan pada SBUF akan dikirim melalui *pin* TXD, sedangkan data yang diterima melalui RXD akan disampaikan ke SBUF.

10. IE (*Interrupt Enable*, alamat A8H)

SFR ini digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan *interrupt* tertentu. Bit-7 digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan semua *interrupt*.

11. IP (*Interrupt Priority*, alamat B8H)

SFR ini digunakan untuk mengatur prioritas *interrupt* satu terhadap yang lainnya. Prioritas rendah dinyatakan dengan logika 0 dan prioritas tinggi dinyatakan dengan logika 1.

12. PSW (*Program Status Word*, alamat D0H)

SFR ini digunakan untuk menyimpan bilangan dari bit-bit yang penting yang akan diset maupun *diclear* oleh *intruksi* AT89C51.

13. ACC (*Accumulator*, alamat E0H)

Accumulator adalah SFR yang banyak digunakan dalam *intruksi* diantaranya adalah operasi aritmatika., pengaksesan eksternal RAM dan lain-lain

14. B (*Register B*, alamat F0H)

Register B digunakan dalam *instruksi* dan pembagian. *Register* ini juga dapat digunakan sebagai *register temporary*.

2.4.3 Interupsi (*Interrupt*)

Interupsi adalah suatu kejadian atau peristiwa yang menyebabkan berhenti jalannya program sejenak, yang sedang berjalan untuk melayani interupsi tersebut. Setelah melayani interupsi maka program yang dihentikan tadi akan dilanjutkan kembali secara normal. AT89C51 menyediakan 5 sumber interupsi, yaitu: 2 interupsi eksternal, 2 interupsi pewaktu dan sebuah interupsi *serial*.

2.4.3.1 Pengaktifan interupsi

Interupsi dapat diaktifkan dan dimatikan secara individual atau dengan memberi nilai 0 pada bit-bit IE (*interrupt Enable*) dalam SFR.

Tabel 2.1 Register *Interrupt Enable (IE)*

Bit	Nama	Alamat	Keterangan
0	EX0	A8H	Mengaktifkan/menonaktifkan interupsi eksternal 0
1	ET0	A9H	Mengaktifkan/menonaktifkan interupsi <i>timer 0</i>
2	EX1	AAH	Mengaktifkan/menonaktifkan interupsi eksternal 1
3	ET1	ABH	Mengaktifkan/menonaktifkan interupsi <i>timer 1</i>
4	ES	ACH	Mengaktifkan/menonaktifkan interupsi <i>timer serial</i>
5	-	ADH	Tidak ada
6	-	AEH	Tidak ada
7	EA	AFH	Menonaktifkan semua interupsi jika bit ini clear

2.4.3.2 Prioritas interupsi

Interupsi dengan prioritas rendah dapat diinterupsi oleh prioritas yang lebih tinggi, tetapi tidak untuk prioritas yang sama (sama rendahnya). Interupsi dengan prioritas yang lebih tinggi tidak dapat diinterupsi oleh sumber interupsi yang lain.

Tabel 2.2 *Register Interrupt Priority (IP)*

Bit	nama	alamat	Keterangan
IP.0	PX0	B8H	Prioritas interupsi eksternal 0
IP.1	PT0	B9H	Prioritas interupsi <i>timer</i> 0
IP.2	PX1	BAH	Prioritas interupsi eksternal 1
IP.3	PT1	BBH	Prioritas interupsi <i>timer</i> 1
IP.4	PS	BCH	Prioritas interupsi <i>serial</i>
IP.5	PT2	BDH	Prioritas interupsi <i>timer</i> 2
IP.6	-	BEH	Cadangan
IP.7	-	BFH	Cadangan

2.4.3.3 Vektor interupsi

Vektor interupsi adalah harga atau nilai yang disimpan di PC (Program Counter) pada saat terjadi interupsi, sehingga nilai tadi akan menuju ke alamat yang ditentukan oleh PC.

Tabel 2.3 *Register Vektor* pada saat Interupsi

Interupsi	Flag	Alamat
<i>Serial</i>	R1/T1	0023H
<i>Timer 1</i>	TF1	001BH
Eksternal 1	IE1	0013H
<i>Timer 0</i>	TF0	000BH
Eksternal 0	IE0	0003H
Sistem Reset	RST	0000H

2.4.4 Pewaktu (*timer*)

Pada AT89C51 mempunyai 2 buah *timer* yaitu *timer 0* dan *timer 1*. Masing-masing *timer* mempunyai 16-bit *counter* yang bersifat *programmable*. *Register-register* yang dimiliki *timer* yaitu :

1. *Timer Mode Register (TMOD)*
2. *THx dan TLx (x adalah nomor timer)*
3. *Timer Control Register (TCON)*

TMOD dan TCON digunakan sebagai *register* kendali. TMOD mempunyai alamat 89H, THx dan TLx mempunyai alamat 8AH sampai 8DH dan TCON mempunyai alamat 88H. TCON adalah *register* yang dapat diakses per-bit yang digunakan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *timer*, dan menentukan jenis interupsi eksternal *timer* dan menandakan dengan adanya *overflow flag*.

Tabel 2.4 Kombinasi operasi mode *timer 1* dan *timer 0*

M1	M2	Mode	Fungsi Operasi
0	0	0	Sebagai <i>timer</i> 13 bit
0	1	1	Sebagai <i>Timer/Counter</i>
1	0	2	Sebagai <i>Timer</i> auto reload 8 bit (Pengisian otomatis)
1	1	3	Sebagai <i>timer</i> terbagi

Tabel 2.5 *Register Timer Mode Register (TMOD)*

<i>GATE</i>	<i>C/T</i>	M1	M0	<i>GATE</i>	<i>C/T</i>	M1	M0



Register TMOD mempunyai 8-bit *register* yang terletak pada alamat 89H.

Keterangan :

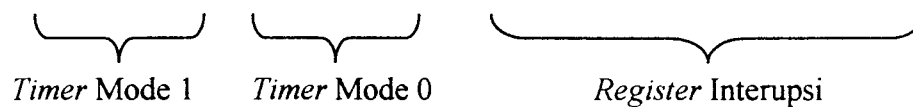
GATE : *Timer* ini akan berfungsi *timer 0* jika bit INT0 diset pada *pin* P3.2 dan *timer 1* jika bit INT1 diset pada *pin* P3.3.

C/T : Sebagai pemilih fungsi dari *timer* (0) dan *counter* (1).

M1 dan M0 : Sebagai pemilih mode *timer*.

Tabel 2.6 *Register Timer Control Register (TCON)*

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0



TCON ini hanya mempunyai 4-bit mode *timer*, yang terletak pada alamat 88H.

Keterangan :

TF1 : *Timer 1 overflow flag yang diset jika timer overflow.*

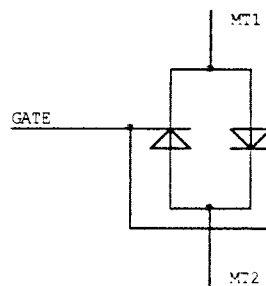
TR1 : *Sebagai selector timer activation. 1 timer aktif pada mode 1, 0 timer nonaktif pada mode 1.*

TF0 : *Fungsinya sama dengan TF1.*

TR0 : *Fungsinya sama dengan TR1.*

2.5 TRIAC

Triac adalah komponen semikonduktor yang terbuat dari silicon. Triac merupakan salah satu keluarga Thyristor yang mempunyai kemampuan mengantarkan arus 2 arah (*bi directional*). Triac tersusun dari P-N *junction* yang komplek atau secara teori triac terdiri dari 2 buah SCR yang digabungkan. Triac mempunyai 3 buah kaki yaitu MT1, MT2 dan *gate*. Dalam aplikasinya triac biasa digunakan sebagai *switch* untuk beban atau tegangan yang tinggi.

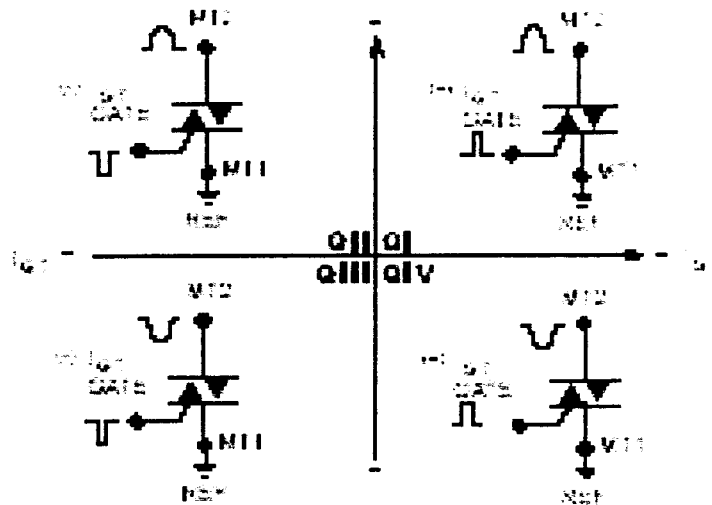


Gambar 2.6 Konfigurasi Triac

Tegangan picu arus positif yang masuk pada kaki *gate* akan menyebabkan MT2 akan menghambat arus yang melewatinya dan menyebabkan kaki MT1 mengalirkan arus listrik. Hal ini juga berlaku saat kaki *gate* mendapatkan picu

arus yang lebih negatif atau 0, maka MT2 akan mengalirkan arus dan MT1 menahan arus.

Berikut ini gambar referensi sinyal masukan dan keluaran triac:



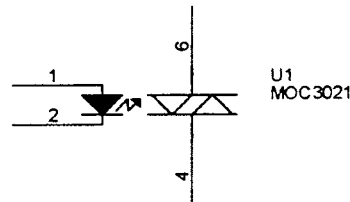
Gambar 2.7. Referensi sinyal masukan dan keluaran triac

2.6 Optocoupler

Optocoupler termasuk dalam optic transducer, dimana komponen ini terdiri dari LED *Infra* merah sebagai sumber cahaya dan phototransistor sebagai penyensor. Pada umumnya *Optocoupler* diproduksi dalam bentuk paket plastic dan dapat diberi lensa atau filter untuk menaikkan kepekaannya.

Dalam sebuah sistem digital *Optocoupler* banyak digunakan sebagai saklar digital dan juga sebagai isolator diantara kedua sirkuit. Hal ini disebabkan karena dengan terpisahnya antara jalur cahaya dengan penerima cahayanya sehingga menyebabkan terjadinya sebuah *transver* energi listrik dalam satu arah, dari IRED

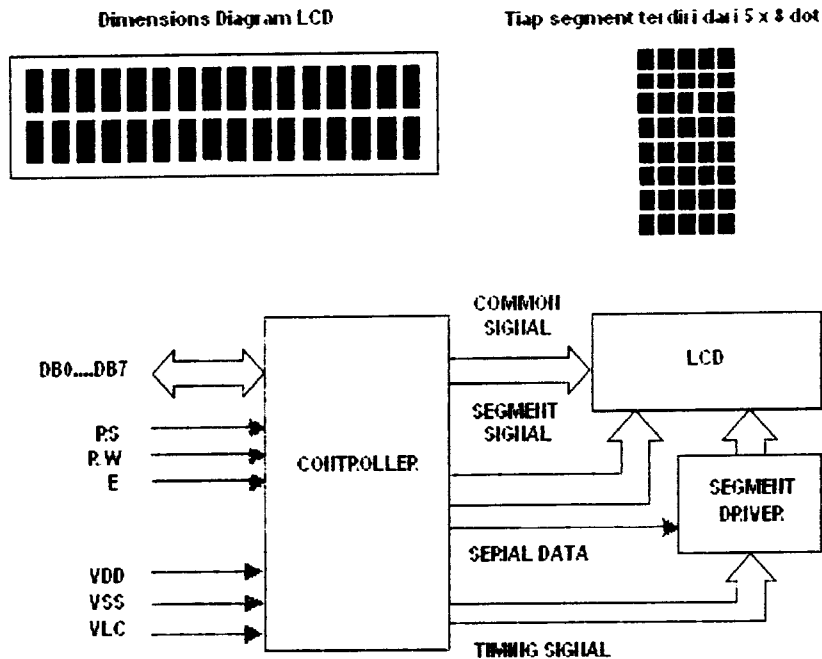
ke photo detektor, sambil mempertahankan isolasi listrik diantara kedua sirkit, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.8 Optocoupler

2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu *display* dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem *dot matriks*. LCD yang digunakan pada alat ini adalah LCD M1632. M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya yang rendah. Modul ini dilengkapi dengan mikrokontroler yang dirancang hanya untuk mengendalikan LCD. Mikrokontroler HD44780 buatan *Hitachi* yang berfungsi sebagai pengendali LCD ini mempunyai CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*), dan juga memiliki 3 bit *control* yaitu E yang merupakan *input clock*, R/W sebagai *input* untuk memilih *read* atau *write* dan RS sebagai *register select*, juga memiliki 8 bit data yaitu DB0 sampai DB7. Diagram blok LCD M1632 ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Diagram Blok LCD M1632

Register perintah adalah register untuk membaca perintah-perintah dari mikrokontroler ke HD44780 pada saat proses penulisan data atau tempat status dari HD44780. Penulisan data ke register perintah dilakukan dengan tujuan mengatur tampilan LCD, inisialisasi dan mengatur *address counter* maupun *address data*. Kondisi RS berlogika '0' menunjukkan akses data ke register perintah, R/W berlogika '0' yang menunjukkan proses penulisan data akan dilakukan. Untuk antarmuka mode 8 bit, proses penulisan dapat langsung dilakukan secara 8 bit dan diawali sebuah pulsa logika '1' pada *E clock*.

Sedangkan register data adalah register dimana mikrokontroler dapat menuliskan atau membaca data ke atau dari DDRAM. Penulisan data pada register ini akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya. Penulisan data pada register data dilakukan untuk mengirimkan data yang akan ditampilkan pada LCD. Prosesnya diawali dengan

membuat RS berlogika '1' yang menunjukkan akses ke register data, kondisi R/W diatur pada logika '0' yang menunjukkan proses penulisan data, kemudian memberi sebuah pulsa '1' pada *E clock*.

2.7.1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*)

DDRAM merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berada. Contoh, untuk karakter 'A' atau 41h (0100 0001b) yang ditulis pada alamat 00h, maka karakter tersebut akan tampil pada baris pertama dan kolom pertama dari LCD. Apabila karakter tersebut ditulis pada alamat 40h, maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari LCD.

Display position	1	2	3	4	5	6	7	8
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07
	40	41	42	43	44	45	46	47
For shift left	01	02	03	04	05	06	07	08
	41	42	43	44	45	46	47	48
For shift right	27	00	01	02	03	04	05	06
	67	40	41	42	43	44	45	46

Gambar 2.10. Alamat DDRAM M1632

2.7.2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*)

CGRAM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan, tetapi memori ini akan hilang saat *power supply* tidak aktif, sehingga pola karakter akan hilang.

2.7.3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*)

CGROM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut sudah ditentukan secara permanen dari HD44780 sehingga pengguna tidak dapat mengubah lagi. Tetapi karena ROM bersifat

permanen, maka pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun *power supply* tidak aktif.

Sebagai contoh yakni pada saat HD44780 akan menampilkan data 41h yang tersimpan pada DDRAM, maka HD44780 akan mengambil data dialamat 41h (0100 0001b) yang ada pada CGROM yaitu pola karakter 'A'. Gambar 2.11. dibawah ini adalah pola-pola karakter yang tersimpan dalam lokasi-lokasi tetentu dalam CGROM.

	0900	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG ROM RI	▶		0	1	P	`	F	B	α	∥	°	À	0	À	À
xxxx0001	(2)	◀	!	1	A	Q	a	q	À	À	i	±	À	À	À	À
xxxx0010	(3)	€	"	2	B	R	b	r	∞	Γ	¢	z	À	0	À	0
xxxx0011	(4)	”	#	3	C	S	c	s	3	π	£	z	À	0	À	0
xxxx0100	(5)	▲	\$	4	D	T	d	t	∑	Σ	×	£	À	0	À	0
xxxx0101	(6)	▼	%	5	E	U	e	u	∑	σ	¥	μ	À	0	À	0
xxxx0110	(7)	◆	&	6	F	V	f	v	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0
xxxx0111	(8)	◀	'	7	G	W	w	∑	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0
xxxx1000	(1)	↑	<	8	H	X	h	x	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0
xxxx1001	(2)	↓	>	9	I	Y	i	y	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0
xxxx1010	(3)	→	*	:	J	Z	j	z	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0
xxxx1011	(4)	←	+	:	K	L	k	l	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0
xxxx1100	(5)	↙	,	<	L	\	l	∑	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0
xxxx1101	(6)	↘	-	=	M]	m	∑	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0
xxxx1110	(7)	▲	.	>	N	^	n	~	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0
xxxx1111	(8)	▼	/	?	0	_	o	0	∑	∑	∑	∑	À	0	À	0

Gambar 2.11. Pola Karakter CGROM

2.7.4. Konfigurasi Pin LCD M1632

Pada tabel berikut ditunjukkan konfigurasi Pin LCD M1632 sebagai berikut:

Tabel 2.7. Konfigurasi Pin LCD M1632

No	Nama Pin	Keterangan
1	VCC	+5V
2	GND	0V
3	VEE	tegangan kontras LCD
4	RS	Register Select, 0 = Register Perintah, 1 = Register Data
5	R/W	1 = Read, 0 = Write
6	E	Enable Clock LCD, logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data
7	D0	Data Bus 0
8	D1	Data Bus 1
9	D2	Data Bus 2
10	D3	Data Bus 3
11	D4	Data Bus 4
12	D5	Data Bus 5
13	D6	Data Bus 6
14	D7	Data Bus 7

2.7.5. Register

HD44780, mempunyai dua buah register yang aksesnya diatur dengan menggunakan kaki RS. Pada saat RS berlogika '0', maka register yang diakses adalah register perintah dan pada saat RS berlogika '1', maka register yang diakses adalah register data.

2.7.5.1. Register Perintah

Register ini adalah register dimana perintah-perintah dari mikrokontroler ke HD44780 pada saat proses penulisan data atau tempat status dari HD44780 dapat dibaca pada saat pembacaan data.

2.6.5.2. Register Data

Register ini adalah register dimana mikrokontroler dapat menuliskan atau membaca data ke atau dari DDRAM. Penulisan data pada register ini akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

2.7.6. Penulisan Data ke Register Perintah dan Register Data

Penulisan data ke register perintah dilakukan dengan tujuan mengatur tampilan LCD, inisialisasi dan mengatur *Address Counter* maupun *Address Data*. Kondisi RS berlogika '0' menunjukkan akses data ke register perintah. RW berlogika '0' yang menunjukkan proses penulisan data. Sedangkan penulisan data pada register data dilakukan untuk mengirimkan data yang akan ditampilkan pada LCD. Proses diawali dengan adanya logika '1' pada RS yang menunjukkan akses ke register data, kondisi R/W diatur pada logika '0' yang menunjukkan proses penulisan data. Pengiriman data dari data bus DB4 - DB7 diawali dengan pemberian pulsa logika '1' pada E *clock* dan diakhiri dengan pulsa logika '0' pada E *clock*.

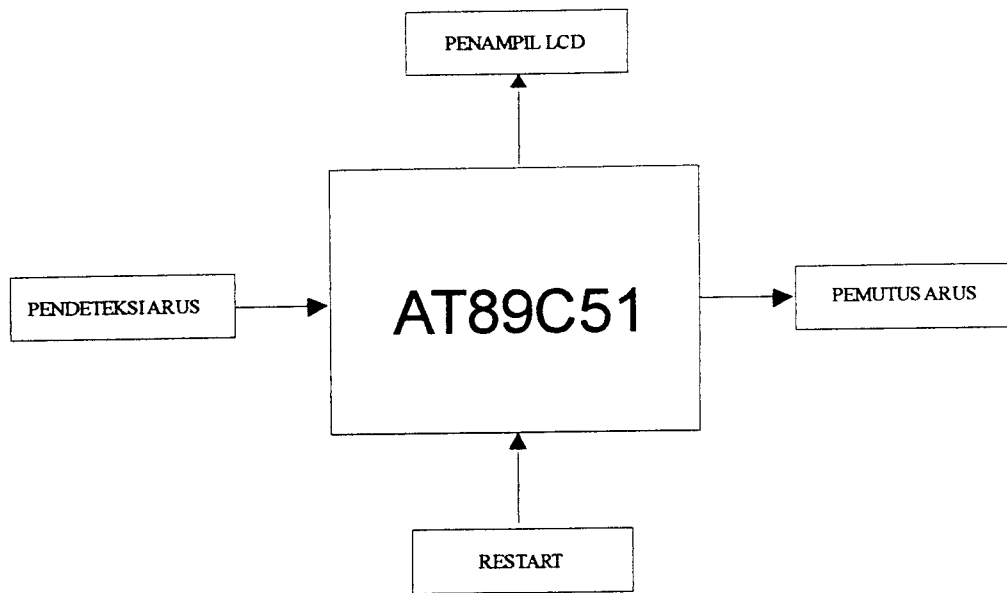
BAB III

PERANCANGAN ALAT

3.1. Pendahuluan

Alat tersebut akan bekerja mendeteksi arus yang pada instalasi secara terus menerus dan memutuskan arus yang lewat pada instalasi pada saat nilai arus kurang dari 1,8A, maka recloser dalam keadaan *on* akan melewatkan arus pada instalasi, dan saat nilai arus lebih dari 1,8A maka recloser dalam keadaan *off* atau tidak melewatkan arus pada instalasi, recloser akan kembali *on* atau arus lewat kembali setelah 30 detik kemudian, dan mengecek ulang nilai arus pada instalasi, jika nilai arus kurang dari 1,8 A, maka recloser tersebut akan *on* terus. Dan jika arus lebih dari 1,8 A, maka recloser akan *off* dan seterusnya. Apabila recloser telah memutuskan arus sebanyak 3 kali, maka recloser tersebut akan *off* terus, sampai recloser tersebut di reset.

Diagram blok alat Elektronika Recloser Berbasis Mikrokontroler AT89C51 terbagi menjadi 5 buah blok diagram utama yaitu : pendeteksi arus sebagai sensor yang mendeteksi nilai beban yang digunakan dan terdiri dari rangkaian analog dan pengubah analog ke digital, pemutus arus sebagai pemutus arus apabila terjadi beban berlebih, penampil LCD sebagai petunjuk besar arus yang terdeteksi, mikrokontroler sebagai otak utama dari sistem, switch sebagai saklar untuk mengaktifkan dan mereset sistem alat.



Gambar 3.1. Blok Diagram Alat Elektronika Recloser

3.2. Pendeteksi Arus

Rangkaian deteksi yang digunakan pada alat ini terdiri dari sensor arus dan rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*). Sensor arus tersebut sebagai pengubah besaran *magnetis* menjadi besaran listrik.

3.2.1 Sensor Arus

Sensor arus digunakan adalah trafo arus, sebagai pengubah besaran magnetis menjadi besaran listrik. Pada bab ii telah diterangkan sistim kerja dari trafo arus tersebut yang mempunyai dua belitan yakni belitan primer dan belitan sekunder, karakteristik alat tersebut hampir sama dengan sistim kerja dari alat ukur Tang Meter, yang mana pada sisi primer terhubung seri dengan jala-jala PLN.

Dengan perbandingan jumlah lilitan primer dan sekunder, yakni jumlah lilitan primer sama dengan 100 kali jumlah lilitan sekunder. Maka dapat

ditentukan tegangan primer dan sekunder, maupun arus yang lewat pada belitan primer dan belitan sekunder.

Untuk menentukan nilai tegangan maupun arus pada dua sisi trafo arus, maka lihat persamaan 2.1 sampai dengan 2.6. Jika nilai arus pada belitan primer sebesar 1,8 A, maka nilai arus pada belitan sekunder yang belum terbebani dapat diketahui dengan hasil sebagai berikut, dengan menggunakan persamaan 3.1.

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$I_s = \frac{I_p N_p}{N_s}$$

$$I_s = \frac{1,8 \cdot 1}{100}$$

Maka, $I_s = 0.018 \text{ Ampere} \approx 18 \text{ mA}$

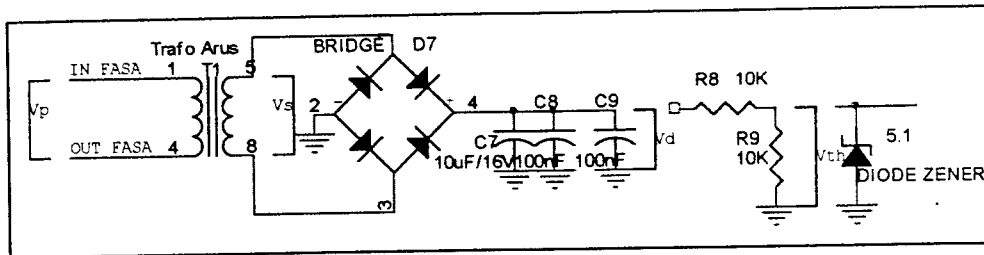
Tegangan pada sisi sekunder, akan disearahkan dengan rangkaian penyearah gelombang penuh, dari tegangan bolak-balik (a.c) menjadi tegangan searah (d.c).

Fungsi kapasitor dalam rangkaian ini sebagai penyimpan muatan dan filter. Supaya tegangan tidak terlalu besar maka dibuat pembagi tegangan dengan melakukan penyederhanaan ke rangkaian ekuivalen. Dengan persamaan sebagai berikut:

Nilai V_{TH} sama dengan nilai tegangan diantara R_1 dan R_2

$$V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC} \dots\dots\dots(3.2)$$

Agar tegangan yang masuk pada ADC tidak terlalu besar dari batas maksimum ADC, maka haruslah diberi dioda zener sebesar 5.1V.



Gambar 3. 2. Trafo Arus dan Rangkaian Penyearah

3.2.2. Rangkaian ADC 0804

Rangkaian ADC 0804 ditunjukkan pada Gambar 3.3. Hal yang paling penting dalam suatu perancangan rangkaian ADC adalah resolusi. Pada persamaan 2.1 dapat diketahui nilai resolusi ADC0804. Jika tegangan referensi ADC sebesar +5 volt dan jumlah bit ADC 8 bit. Maka besarnya resolusi dari ADC berdasarkan persamaan 2.1 adalah

$$r = \frac{1}{2^8 - 1} \cdot 5 \text{ Volt} = 0.0196 \text{ Volt} \approx 0,02 \text{ Volt}$$

sehingga didapat hasil konversi ADC sebagai berikut

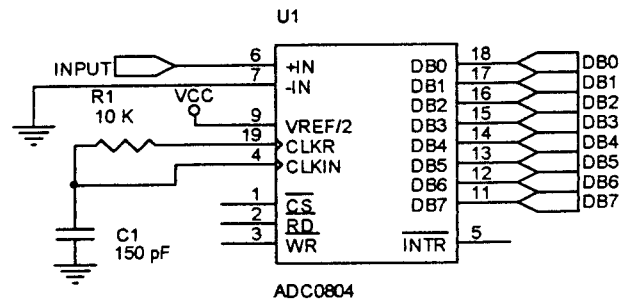
$$ADC = \frac{V_{in}}{r} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana : ADC adalah hasil konversi

V_{in} adalah tegangan masukan ADC dan,

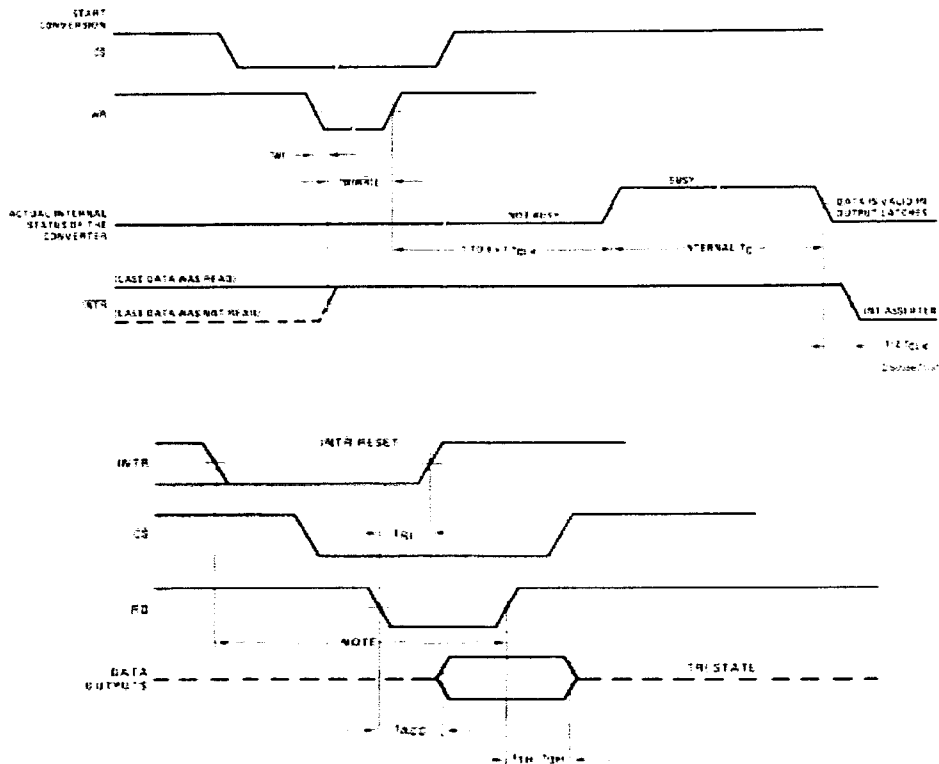
r adalah resolusi

Jika input analog diberi 0,1 volt maka dengan persamaan 3.3 didapat keluaran binernya = 0000 0101 (0,1 volt/0,02 volt = 5 maka binernya = 0000 0101).



Gambar 3. 3. Hubungan ADC0804 ke Mikrokontroler

Proses konversi dari tegangan analog ke data digital dengan menggunakan ADC0804 ditunjukkan pada gambar diagram waktu berikut ini



Gambar 3. 4. Proses konversi pada ADC0804

Dari gambar diatas diketahui bahwa konversi dimulai saat pin CE rendah kemudian dilanjutkan dengan membuat WR rendah, dengan membuat Pin WR rendah berarti konversi dimulai. Proses konversi selesai jika INTR berlogika

rendah. Pembacaan data dari keluaran ADC ke mikrokontroler dilakukan dengan membuat RD rendah sehingga data hasil konversi dikirim ke jalur data bus mikrokontroler (D0-D7).

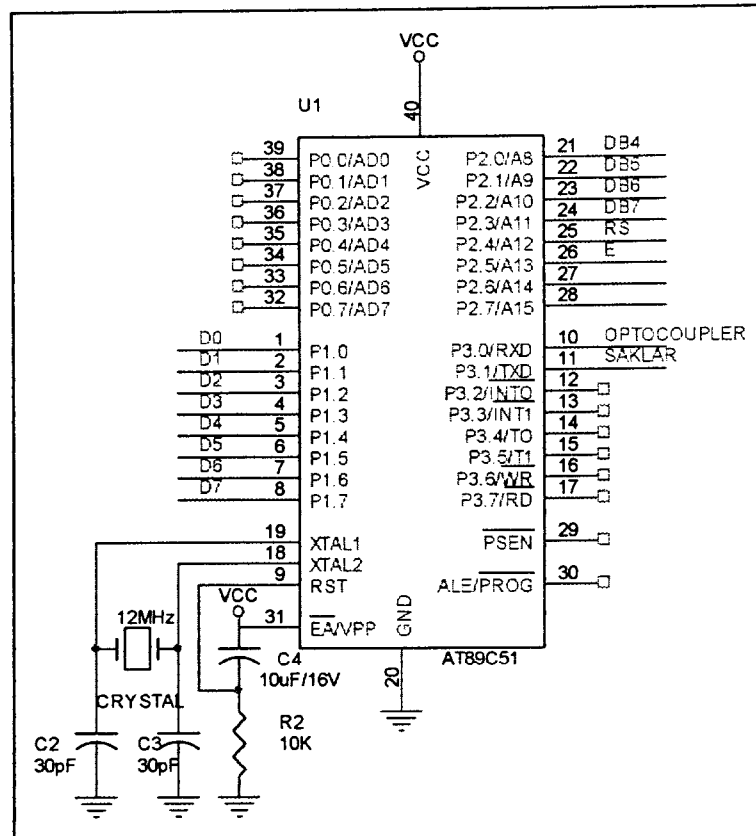
3.3. Sistim Minimum

Dalam pengolahan data digunakan rangkaian sistim minimum yang terdiri dari mikrokontroller AT89C51, LCD, dan komponen-komponen lainnya yang disusun menjadi satu rangkaian.

3.3.1. Mikrokontroller AT89C51

Mikrokontroller AT89C51 merupakan pengontrol dari keseluruhan rangkaian. Perencanaan *input/output* port mikrokontroller AT89C51 adalah sebagai berikut :

- P1.0 – P0.7 berfungsi sebagai jalur masukan (D0-D7) dari ADC.
- P2.0 – P2.3 digunakan untuk jalur data bus (DB4-DB7) ke LCD.
- P2.4 Berfungsi untuk jalur register select 0 untuk Register Perintah dan 1 untuk Register Data.
- P2.5 berfungsi untuk jalur Enable Clock LCD, logika 1 untuk setiap kali pengiriman atau pembacaan data dari kontroler.
- P3.0 berfungsi sebagai jalur data ke optocoupler.
- P3.1 berfungsi sebagai jalur data ke saklar untuk mereset program.

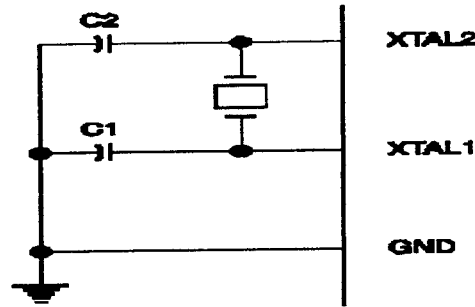


Gambar 3.5. Rangkaian Perencanaan Input/Output

3.3.2. Rangkaian Clock

Seluruh keluarga MCS-51 mempunyai rangkaian osilator dalam *chipnya* atau disebut juga *oscilator on-chip* yang digunakan sebagai sumber detak (*clock*) ke CPU.. Untuk menggunakan rangkaian *oscilator* yang ada di dalam *chip* tersebut maka harus dihubungkan dengan *kristal* dengan frekuensi 12 MHz, pada pin XTAL1 dan XTAL2 serta dua buah kapasitor ke *ground*.

Pembangkit *clock* internal menentukan rentetan kondisi-kondisi (*state*) yang membentuk sebuah siklus mesin mikrokontroller.

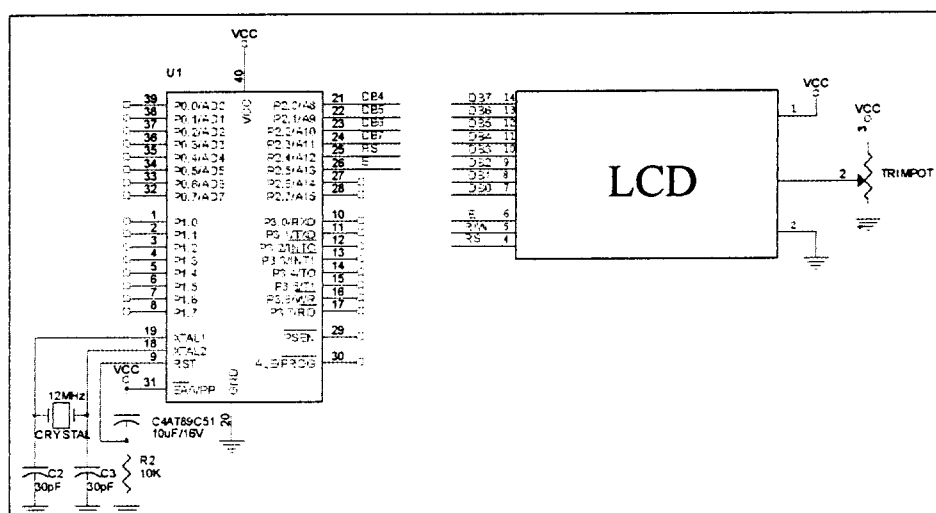


Gambar 3.6. Rangkaian Clock

3.4 Rangkaian Penampil

Untuk tampilan data arus yang lewat pada jala-jala PLN, setelah di ubah menjadi digital, maka komparator akan memerintahkan mikrokontroler untuk memproses dan kemudian mengaktifkan rangkaian display untuk menampilkan data LCD. Tampilan di sini menggunakan *LCD*, dimana tampilan tersebut bentuknya berupa nilai arus yang terdeteksi dengan satuan *ampere* dan petunjuk keadaan alat tersebut berupa kalimat "*normal load*" pada keadaan normal, dan apabila terjadi gangguan maka berupa kalimat "*over load*".

Gambar rangkaian Penampil dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut :



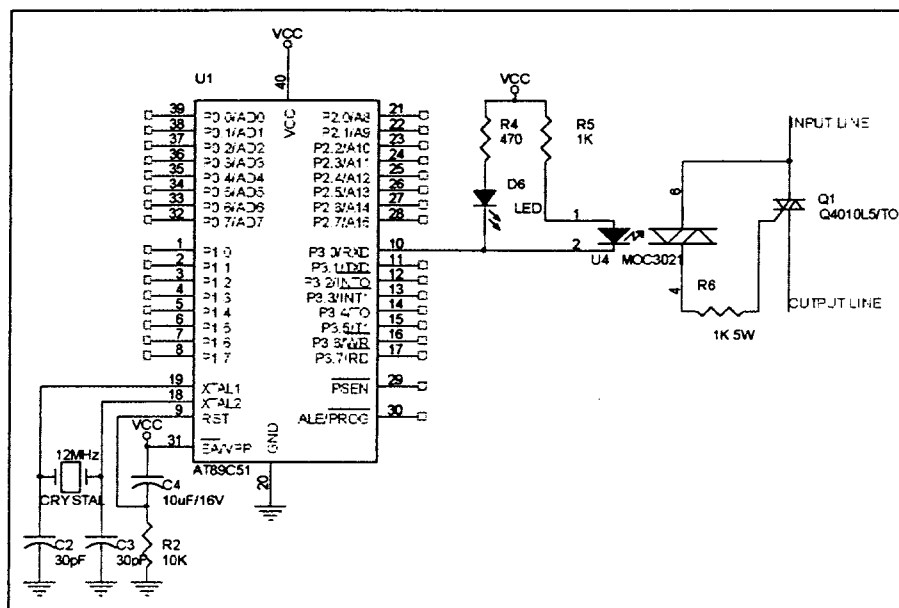
Gambar 3.7. Rangkaian Penampil

3.5 Pemutus Arus

Pemutus arus jala jala PLN pada perancangan ini menggunakan TRIAC atau dioda 2 arah yang dihubungkan ke *optotriac* MOC 3021. Pada perancangan ini arus 1,8 Ampere, jadi TRIAC yang digunakan adalah Q4010 yang mempunyai kemampuan menyekat Arus maksimal sebesar 10 Ampere.

Pada prinsipnya cara kerja dari rangkaian ini adalah seperti saklar pada umumnya. Ketika *pin* P3.0 diberi logika tinggi maka arus akan mengalir ke led yang ada didalam *optotriac* dan menjenuhkan TRIAC yang ada pada *optotriac* dan membuat TRIAC membuka sekatan dan menghidupkan beban sebesar 1,8 Ampere.

Rangkaian pemutus arus dapat dilihat pada gambar 3.8.

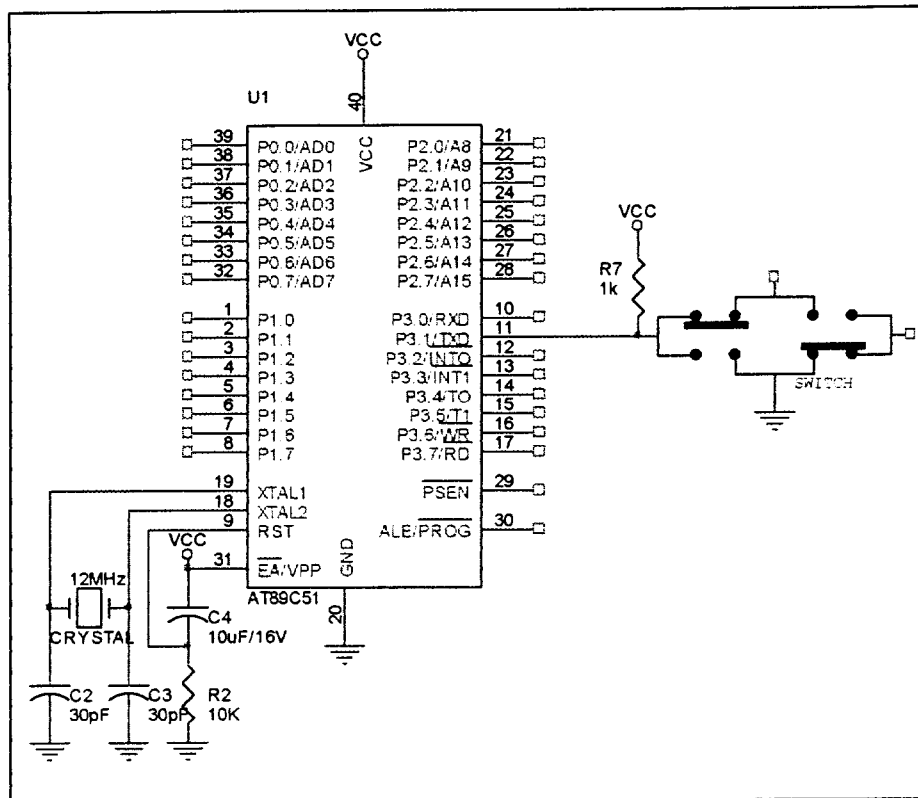


Gambar 3.8. Rangkaian Pemutus Arus

3.6 Switch

Pada perancangan rangkaian ini menggunakan saklar sentuh. Setelah program menjalankan sistem pemutusan sebanyak tiga kali, maka tombol tersebut ditekan untuk mereset ulang sistem pada prinsipnya cara kerja dari rangkaian ini adalah saklar sentuh. Alat tersebut terhubung di *pin* P3.1 yang berlogika tinggi, agar kerja dari alat tersebut sempurna, haruslah diberi tegangan picu. Apabila *switch* tersebut di tekan, akan menghubungkan *pin* P3.1 ke *Ground*.

Gambar rangkaian *Switch* dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut :

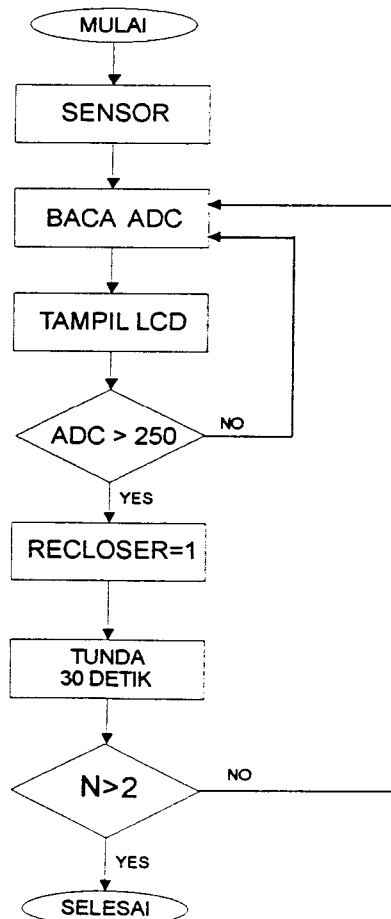


Gambar 3.9. Rangkaian *Switch*

3.7 Perancangan Perangkat Lunak

Agar sistem bekerja dengan sebagaimana mestinya, maka diperlukan perangkat lunak yang mengatur kerja dari keseluruhan rangkaian. Pertama-tama yang dibuat adalah:

Diagram alir (*Flowchart*) dan pembuatan program. Pembuatan program ditulis dengan bahasa C dengan *Small Device C Compiler* (SDCC) pada mikrokontroler AT89C51, dan program tersebut disimpan dalam EPROM. Urutan kerja sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada *flowchart* berikut.



Gambar 3.10. *Flowchart* Elektronika Recloser

BAB IV

ANALISA DAN PENGAMATAN

Pengamatan dilakukan untuk menguji hasil perancangan dan *implementasi* alat, sehingga dapat diketahui sejauh mana alat dapat bekerja. Pengamatan yang terpenting adalah bagian yang cukup kritis. Dengan mendapatkan parameter hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan rangkaian secara keseluruhan dan cara kerja alat dapat diketahui.

Pengamatan dan pengukuran pada bab ini dilakukan pada beberapa tingkat sebagai berikut :

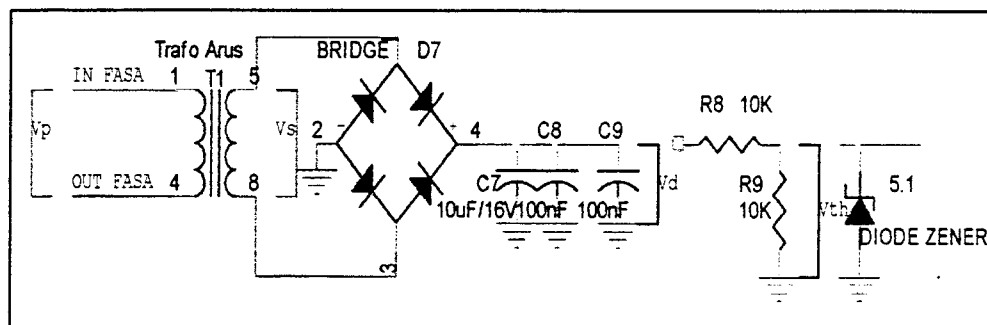
1. Rangkaian Pendeteksi Arus
2. Rangkaian ADC 0804
3. Rangkaian Mikrokontroler AT89C51
4. Rangkaian Pemutus Arus
5. Rangkaian Penampil
6. Rangkaian secara keseluruhan

4.1 Pengujian Rangkaian Pendeteksi Arus

Pada pengujian rangkaian pendeteksi arus, input trafo di hubungkan seri dengan jala-jala listrik. Pada sisi sekunder akan mengeluarkan arus bolak balik yang belum terbebani. Kemudian arus bolak balik (a.c) tersebut akan diubah ke tegangan satu arah (d.c) dengan menggunakan penyearah gelombang penuh. Pada

rangkaian pendeteksi arus ini terdapat rangkaian pembagi tegangan, agar tegangan yang masuk sesuai dengan tegangan referensi ADC.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bagian-bagian rangkaian pendeteksi arus, terdiri dari trafo arus, penyearah, pembagi tegangan. Dengan mengetahui bagian rangkaian tersebut, maka dapat menggunakan persamaan 2.1 sampai dengan 2.6 untuk menghitung nilai tegangan sekunder (V_s) dan arus sekunder (I_s) yang belum terbebani.



Gambar 4.1. Rangkaian Pendeteksi Arus

Dengan, V_s = nilai tegangan sisi sekunder trafo arus

V_d = nilai tegangan keluaran penyearah gelombang penuh

V_{th} = nilai tegangan thevenin / tegangan input ADC

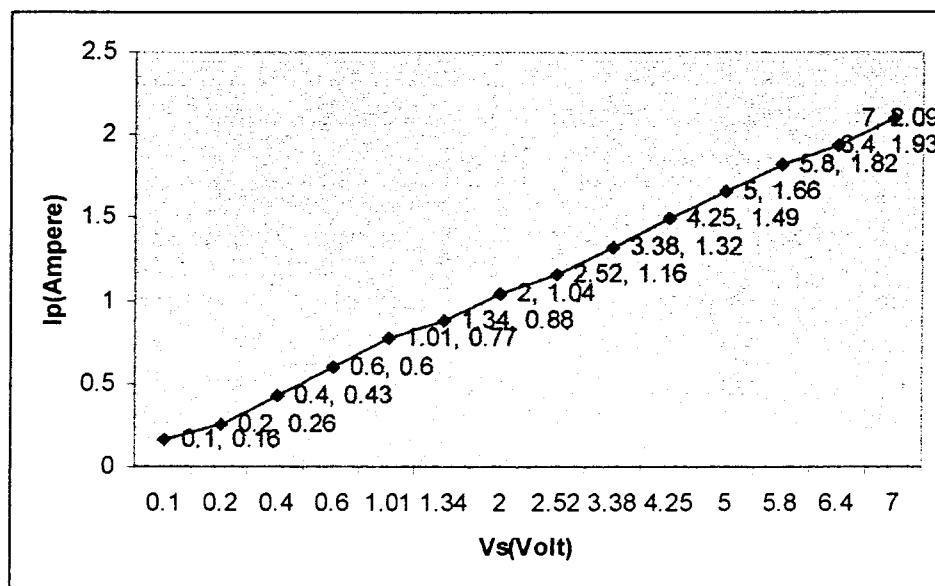
Hasil pengukuran pada sisi primer dan sisi sekunder trafo arus diperlihatkan pada tabel 4.1.

Tegangan Jala-jala Listrik PLN = 222 volt

Tabel 4. 1. Hasil pengukuran sisi primer dan sisi sekunder trafo arus

No	Sisi Primer Trafo Arus		Sisi Sekunder Trafo Arus		
	Daya (watt)	Arus (Ampere)	Vs	Vd1	Vth1
1	37	0.16	0.1	0	0
2	61	0.26	0.2	0.6	0.03
3	99	0.43	0.4	0.1	0.05
4	137	0.6	0.6	0.2	0.11
5	174	0.77	1.01	0.8	0.39
6	198	0.88	1.34	1.41	0.65
7	235	1.04	2	2.21	1.33
8	258	1.15	2.52	3.85	1.86
9	298	1.32	3.38	5.76	2.8
10	332	1.49	4.25	7.66	3.6
11	369	1.66	5	9.3	4.2
12	407	1.82	5.8	10.2	5.1
13	430	1.93	6.4	11.6	5.8
14	467	2.09	7	13	6.6

Perbandingan arus sisi primer dengan tegangan sisi sekunder trafo arus dapat diperlihatkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik arus sisi primer dan tegangan sisi sekunder

Dari gambar 4.2 dapat dianalisa bahwa nilai tegangan pada sisi sekunder akan mendekati *linearitas* dengan arus pada sisi sekunder trafo arus. Tetapi tegangan pada sisi sekunder tidak terlalu stabil. Faktor yang mempengaruhi nilai tegangan sisi sekunder tidak stabil adalah keliru oleh manusia atau salah dalam pembacaan saat pengukuran.

Dengan menggunakan persamaan 3.1, Dengan jumlah lilitan primer dan lilitan berbanding, $100N_s = N_p$, dan arus primer sebesar 1,8 A, maka dapat ditentukan nilai arus pada sisi sekunder trafo arus.

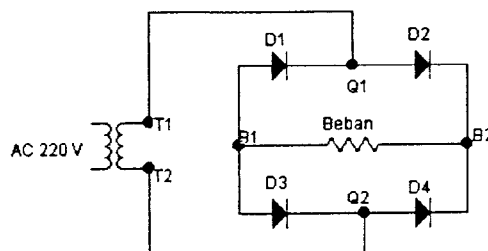
$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$I_s = \frac{I_p N_p}{N_s}$$

$$I_s = \frac{1,8 \cdot 1}{100}$$

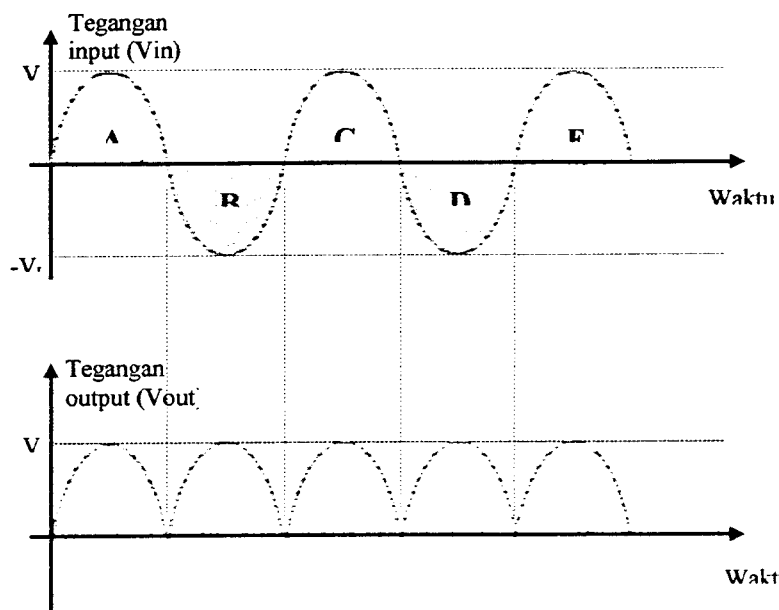
$$I_s = 0,018 A \approx 18 mA$$

Penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda dikenal juga dengan nama penyearah jembatan. Penyearah ini tidak memerlukan trafo yang mempunyai titik CT seperti penyearah gelombang penuh sebelumnya. Skematik rangkaian penyearah ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.3. Penyearah jembatan

Prinsip dari penyearah jembatan ini sebagai berikut. Ketika polaritas T1 lebih positif daripada T2, arus mengalir dari T1 menuju ke titik Q1. Kemudian dari Q1 arus melewati D2 menuju ke titik B2. Dari B2 arus melewati beban dan menuju ke B1. Dari B1 arus ke D3 dan **tidak ke D1**. Kemudian dari D3 arus ke Q2 dan kembali lagi ke trafo melewati titik T2. Sebaliknya ketika T2 mempunyai polaritas yang lebih positif daripada T1 maka arus mengalir dari T2 ke Q2. Kemudian ke B2 dengan terlebih dahulu melewati D4. Arus melewati beban dari B2 ke B1 kemudian ke D1 **bukan ke D3**. Setelah melewati D1 arus mengalir ke Q1 dan kembali lagi ke trafo melalui titik T1. Jadi D2 dan D3 menghantar pada setengah periode kemudian D4 dan D1 menghantar pada setengah periode berikutnya, demikian seterusnya mereka saling bergantian dalam menghantarkan arus.



Gambar 4.4. Sinyal masukan dan keluaran penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda

Tidak seperti pada penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda dimana tegangan yang diterima oleh beban hanya setengah dari tegangan inputnya, penyearah jembatan akan menerima tegangan yang tingginya sama dengan tegangan sumbernya. Nilai tegangan DC dari penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda ini adalah:

$$V_{DC} = \frac{2 V_{P(out)}}{\pi} \quad (4.1)$$

dengan $V_{P(in)} = V_{P(out)}$, maka

$$V_{DC} = 0,636 V_{P(in)} \quad (4.2)$$

Jika kita perhatikan frekuensi gelombang hasil penyearahan, akan diperoleh bahwa penyearah setengah gelombang menghasilkan gelombang dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi gelombang sinusnya. Sedangkan pada penyearah gelombang penuh baik dengan 2 dioda maupun dengan 4 dioda akan diperoleh nilai frekuensi hasil penyearahan dua kali dari frekuensi sumber sinusnya.

Semua analisa yang dilakukan diatas adalah dengan menganggap dioda yang digunakan adalah dioda ideal. Tetapi apabila digunakan pendekatan dioda yang lain maka akan muncul drop tegangan pada dioda sehingga tegangan yang akan diterima beban akan berkurang. Selain itu perlu diperhatikan juga mengenai batas kemampuan dioda dalam menghantarkan arus. Jangan sampai arus yang mengalir melewati batas kemampuan dioda. Arus yang melewati dioda pada penyearah setengah gelombang nilainya sama dengan arus yang melewati beban sehingga nilai arus rata-ratanya adalah:

$$I_D = \frac{V_{DC}}{R_{beban}} \quad (4.3)$$

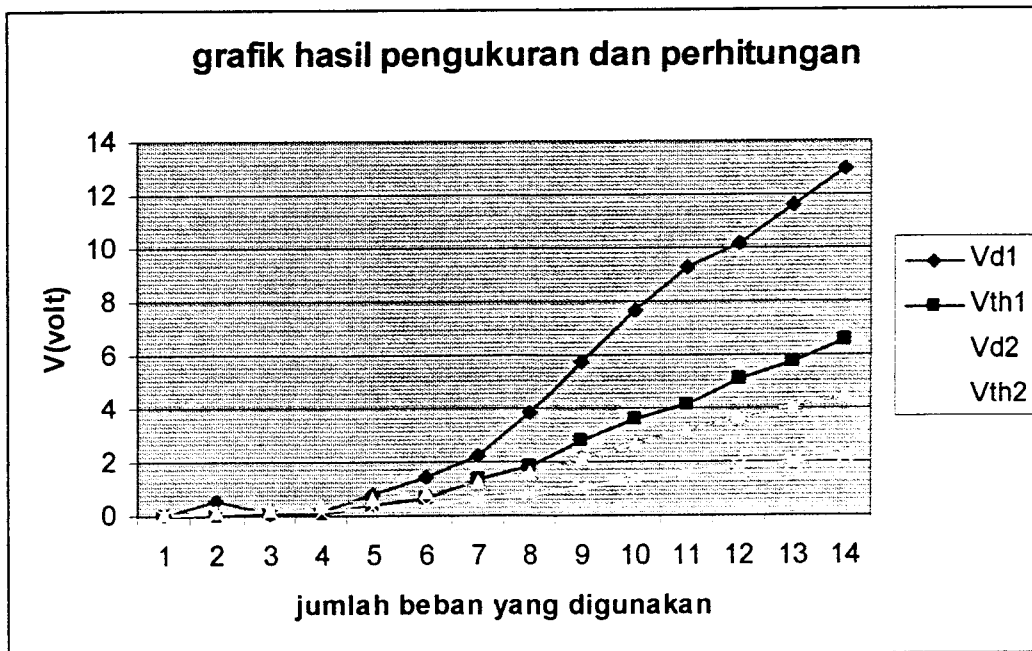
Sedangkan untuk penyearah gelombang penuh, karena masing-masing dioda hanya dilewati setengah periode saja maka arus rata-rata yang melewati dioda adalah setengah dari arus rata-rata yang melewati beban. Arus rata-rata yang melewati beban pada penyearah gelombang penuh adalah:

$$I_{beban} = \frac{V_{DC}}{R_{beban}} \quad (4.4)$$

sehingga arus yang melewati dioda, mempunyai nilai:

$$I_D = \frac{I_{beban}}{2} = \frac{V_{DC}}{2 \cdot R_{beban}} \quad (4.5)$$

Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 4.2. dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik hasil pengukuran dan perhitungan

Dengan;

Vd1 = nilai hasil pengukuran tegangan penyearah pada pendeteksi arus

Vt1 = nilai hasil pengukuran tegangan *thevenin*/ pembagi tegangan pada pendeteksi arus

Vd2 = nilai hasil perhitungan tegangan penyearah pada pendeteksi arus

Vt2 = nilai hasil perhitungan tegangan *thevenin*/ pembagi tegangan pada pendeteksi arus

Dari data yang telah didapatkan melalui hasil pengukuran dan perhitungan tidak sama atau mempunyai perbedaan nilai, ini dipengaruhi oleh berapa faktor yakni; ketelitian dan kecermatan dalam pengukuran, alat ukur yang tidak normal, dll.

4.2 Pengujian Rangkaian *Analog to Digital Converter* (ADC)

Konversi tegangan analog menjadi data digital dengan menggunakan ADC0804. Konversi ini dimaksudkan supaya data arus yang sudah diubah kedalam tegangan analog tersebut dapat dibaca oleh mikrokontroler dengan menggunakan persamaan 3.3, nilai ADC sama dengan nilai tegangan yang masuk ke ADC dibagi dengan nilai *resolusi*. Nilai *resolusi* dapat dilihat pada persamaan 2.7.

Tabel 4. 2. Data konversi ADC0804

Arus (Ampere)	Vth (Volt)	Hasil ADC
0.16	0	00000000
0.26	0.03	00000001
0.43	0.05	00000010
0.6	0.11	00000101
0.77	0.39	00010011
0.88	0.65	00100000
1.04	1.33	01000010
1.16	1.86	01011101
1.32	2.8	10001100
1.49	3.6	10110100
1.66	4.2	11010010
1.82	5.1	11111111
1.93	5.8	11111111
2.09	6.6	11111111

4.3 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler merupakan pemroses data utama dalam perancangan ini. Pengujian rangkaian mikrokontroler dilakukan dengan cara menghubungkan keempat *port*nya ke rangkaian led dan men-*download* program sederhana untuk menyalakan led tersebut.

Dari hasil pengujian, *led* pada semua *port* menyala sesuai program, sehingga rangkaian mikrokontroler ini dapat digunakan sebagai pemroses utama.

4.4 Pengujian Rangkaian Pemutus Arus

Rangkaian pemutus arus tersebut menggunakan *optocoupler* dan TRIAC. Pada bab III, telah di bahas tentang cara kerja alat tersebut. Cara pengetesan alat tersebut kaki 1 *optocoupler* terhubung dengan Vcc, dan kaki 2 terhubung ke salah satu *pin* pada Mikrokontroler, lalu pada MT1 dan MT2 TRIAC tersambung seri pada fasa jala-jala listrik yang telah diberikan beban berupa lampu pijar. Kemudian membuat program sederhana untuk mengaktifkan alat, perintah tersebut adalah: apabila kaki 2 *optocoupler* mendapatkan logika “0” atau aktif rendah dari mikrokontroler, maka lampu tersebut akan “menyala” dan jika kaki 2 tersebut diberi logika “1”, maka lampu tersebut akan “padam”.

4.5 Pengujian Rangkaian Penampil

Hasil pengamatan dalam rangkaian penampil LCD, yakni dapat melihat nilai arus yang terdeteksi dan petunjuk penggunaan alat tersebut. Untuk membuat nilai arus maksimum yang tertampil pada LCD sama dengan arus sebenarnya. Maka program penampil haruslah di kali 7. berikut ini program untuk menampil arus pada LCD.

Program penampil nilai arus:

```

Include <at89c51>
Include <lcd.h>
{
    pos_lcd(0x08);
    puti_lcd(adc*7.2);
    for (j=0;j<10000;j++){;}
}

```

Pada program tersebut nilai ADC akan dikalikan 7,2 , agar tertampil arus yang mendekati nilai arus sebenarnya.

4.6 Pengujian Rangkaian Secara Keseluruhan

4.6.1 Pengujian Beban Berlebih

Pengujian terakhir adalah kerja semua rangkaian. Seluruh rangkaian dihubungkan sesuai dengan fungsinya. Hasil pengamatan secara keseluruhan untuk beban berlebih dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil pengamatan recloser

Perintah	Nilai Arus		Keadaan		Tampilan LCD	Keterangan
	Yang Terdeteksi		Recloser/Led			
	<1,8 A	>1,8A	Nyala	Mati		
1	√		-	√	"Program Siap"	
2	√	-	√	-	"NORMAL LOAD"	
3		√		√	"OVER LOAD"	Interval 30 Detik
4	√		√		"NORMAL LOAD"	
5		√		√	"OVER LOAD"	Interval 30 Detik
6	√		√		"NORMAL LOAD"	
7		√		√	"OVER LOAD"	Interval 30 Detik
8	√			√	"TEKAN TOMBOL"	

Objek dapat dikendalikan dengan alat tersebut, *interval* waktu 30 detik dan setelah 3 kali *siklus* recloser akan posisi *off* terus, sampai tombol di tekan kembali dan recloser tersebut akan bekerja seperti ini terus menerus.

4.6.2 Pengujian Hubung Singkat

Hasil pengamatan saat fasa dan netral terhubung singkat, sistem recloser akan mati atau *error*, dan hubung singkat mengakibatkan putusnya *circuit breaker* yang dekat dengan recloser secara cepat. Recloser tidak dapat bekerja dengan waktu yang cepat dalam mendeteksi arus hubung singkat. Hubung singkat antara fasa dan netral juga dapat merusak komponen recloser.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pembuatan, pengujian alat dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Recloser akan memutuskan arus pada instalasi, saat Arus lebih dari 1,8 Ampere yang menunjukkan beban berlebih dari sistem.
2. Recloser akan kembali melewatkan arus setelah 30 detik dan mengecek nilai arus, jika kurang dari 1,8A, maka recloser akan melewatkan arus, dan jika lebih dari 1,8A maka recloser akan memutuskan arus kembali, dan seterusnya.
3. Recloser akan memutuskan arus selamanya, jika telah melakukan pemutusan arus sebanyak 3 kali.
4. Recloser tidak dapat digunakan untuk mengamankan hubung singkat, recloser tidak dapat bekerja secara cepat atau waktu untuk mendeteksi lebih lambat dari kenaikan arus yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat.

5.2 Saran

Skripsi ini dapat dikembangkan lagi untuk mencapai hasil yang lebih baik.

Beberapa pengembangan yang dimungkinkan adalah:

1. Dapat membuat sistem yang dapat mendeteksi arus hubung singkat, sehingga dapat membuat pengaman gangguan tersebut.
2. Dapat membuat sistem *Uninterruptible Power Suplier* (UPS).

DAFTAR PUSTAKA

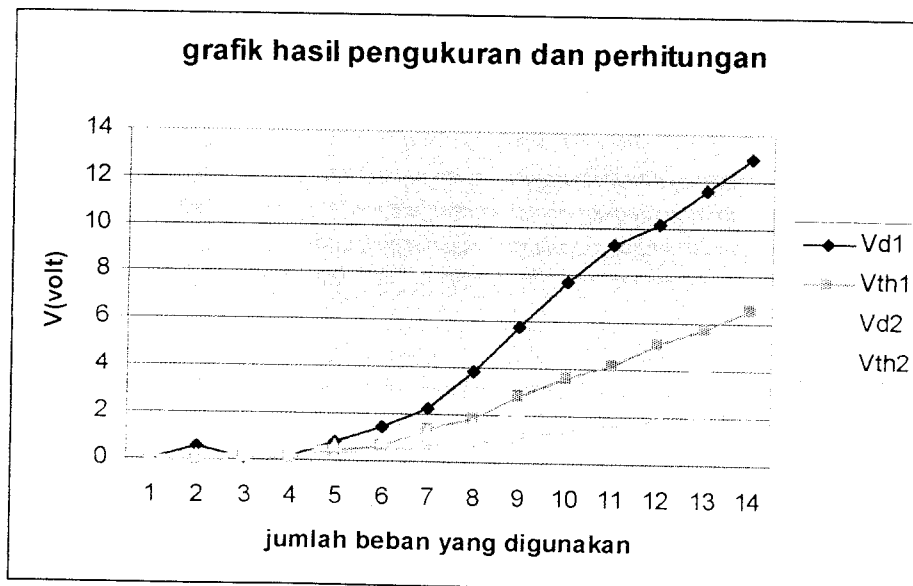
- [WIL96] William D. Stevenson, Jr. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Terjemahan Kamal Idris. Bandung.: Erlangga 1996.
- [MAL03] Malvino, Albert Paul. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Terjemahan Alb Joko Sutoso. Jakarta: Salemba Teknik, 2003.
- [NAL03] Nalwan, Paulus Andi. *Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia 2003.
- [PUT02] Putra, Agfianto Eko. *Belajar Mikrokontroller AT89C51/52/55*. Jogjakarta: C.V. Gava Media, 2002.
- [TOT05] Totok Budioko. *Belajar Dengan Mudah dan Cepat Pemrograman Bahasa C Dengan SDCC (Small Device C Compiler) Pada Mikrokontroler AT89x051/AT89C51/52*. Jogjakarta: Gaya Media 2005
- [BLO03] Blocher, R. *Dasar Elektronika*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta, 2003

LAMPIRAN

Tabel nilai tegangan hasil pengukuran dan perhitungan pada rangkaian pendeteksi Tegangan

No	Vs	HASIL PENGUKURAN		HASIL PERHITUNGAN	
		Vd1	Vth1	Vd2	Vth2
1	0.1	0	0	0.0636	0.0318
2	0.2	0.6	0.03	0.1272	0.0636
3	0.4	0.1	0.05	0.2544	0.1272
4	0.6	0.2	0.11	0.3816	0.1908
5	1.01	0.8	0.39	0.6424	0.3212
6	1.34	1.41	0.65	0.8522	0.4261
7	2	2.21	1.33	1.272	0.636
8	2.52	3.85	1.86	1.6027	0.8014
9	3.38	5.76	2.8	2.1497	1.0748
10	4.25	7.66	3.6	2.703	1.3515
11	5	9.3	4.2	3.18	1.59
12	5.8	10.2	5.1	3.6888	1.8444
13	6.4	11.6	5.8	4.0704	2.0352
14	7	13	6.6	4.452	2.226

Grafik hasil pengukuran dan perhitungan



Program Elektronika Recloser Berbasis Mikrokontroler AT89C51

```
#include<at89x51.h>
#include<lcd.h>

#define recloser P3_0
#define saklar P3_1

unsigned int j,adc;
void tunda(unsigned int j)
{
    while(j)
    {
        TH1=0x3c;
        TL1=0xaf;
        TR1=1;
        while(!TF1);
        TR1=0;
        TF1=0;
        j--;
    }
}

void int_tim0(void) interrupt 1 using 2
{
    TF0 = 0; TR0 = 0;
    TH0=0x3c;
    TL0=0xaf;
    adc = P1;
    pos_lcd(0x08);
    puti_lcd(adc*7.2);
    for (j=0;j<10000;j++){;}
    TR0 = 1;
}

void main()
{
    char n=0;
    EA = 1;
    ET0 = 1;
    init_lcd();
    clear_lcd();
    pos_lcd(0x00);
    puts_lcd("- Program Siap -");
    pos_lcd(0x40);
    puts_lcd("febri 01-088");
```



```

while(saklar);
EA=0;
recloser = 0;
tunda(300);
EA=1;
clear_lcd();
pos_lcd(0x00);
puts_lcd("Arus =      mA");
TR0 = 1;

while (1)
{
EA=0;
pos_lcd(0x40);
puts_lcd("Normal Load ");
EA=1;
if(adc>250)
{
recloser = 1;
EA=0;
pos_lcd(0x40);
puts_lcd("Over Load ");
EA=1;
n++;
tunda(100);
EA=0;
recloser = 0;
tunda(300);
EA=1;
}

if(n>2)
{
recloser = 1;
n = 0;
EA=0;
pos_lcd(0x40);
puts_lcd("Tekan Tombol ");
EA=1;
while(saklar);
EA=0;
recloser = 0;
tunda(300);
EA=1;
}
}
}
}

```


Triacs

No.	QTM	E. No.	Part No.	Temp.		Load (W)	dvsd		I _g	A	I _{DR}
				min	max		V ₁	V ₂			
1	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
2	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
3	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
4	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
5	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
6	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
7	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
8	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
9	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
10	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
11	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
12	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
13	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
14	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
15	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
16	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
17	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
18	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
19	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
20	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
21	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
22	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
23	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
24	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
25	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
26	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
27	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
28	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
29	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
30	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
31	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
32	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
33	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
34	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
35	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
36	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
37	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
38	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
39	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
40	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
41	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
42	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
43	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
44	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
45	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
46	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
47	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
48	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
49	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	
50	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	

44. ACAP. 10/10/00. P. 10. 10/10/00. P. 10.

10/10/00. P. 10. 10/10/00. P. 10. 10/10/00. P. 10. 10/10/00. P. 10.

Electrical Specifications

Type	FAMILIES			CPM	I _{CC}			CPM			T _{ST}
	74ALS	74ALS	74ALS		I _{CC} (mA)	I _{CC} (mA)	I _{CC} (mA)	I _{CC} (mA)	I _{CC} (mA)	I _{CC} (mA)	
100 - 1000				100	10	10	10	10	10	10	10
100 - 1000	74ALS00	74ALS01	74ALS02	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS03	74ALS04	74ALS05	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS06	74ALS07	74ALS08	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS09	74ALS10	74ALS11	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS12	74ALS13	74ALS14	100	10	10	10	10	10	10	10
100 - 1000	74ALS15	74ALS16	74ALS17	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS18	74ALS19	74ALS20	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS21	74ALS22	74ALS23	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS24	74ALS25	74ALS26	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS27	74ALS28	74ALS29	100	10	10	10	10	10	10	10
250 - 1000	74ALS30	74ALS31	74ALS32	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS33	74ALS34	74ALS35	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS36	74ALS37	74ALS38	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS39	74ALS40	74ALS41	100	10	10	10	10	10	10	10
	74ALS42	74ALS43	74ALS44	100	10	10	10	10	10	10	10

Electrical Characteristics

Operating Conditions

Timing Diagrams

Pin Connections

Package Information

Electrical Characteristics

Operating Conditions

Timing Diagrams

Pin Connections

Package Information

© 1985 Philips North America Corporation

Electrical Specifications

Quiescent Characteristics

Quiescent characteristics are measured with the input terminals open-circuited.

- All the noise signals using standard reference signals and are used.
- By adding quiescent noise signals with a range of 10 dB to 20 dB, the noise level can be used. The noise level is used to determine the noise level.

Note: The noise level is measured with the input terminals open-circuited. The noise level is used to determine the noise level. The noise level is used to determine the noise level.

The noise level is measured with the input terminals open-circuited. The noise level is used to determine the noise level. The noise level is used to determine the noise level.

Electrical Solution

Electrical solution is a method of solving electrical problems. It involves the use of mathematical models and computer simulations to analyze and optimize electrical systems.

ELECTRICAL SOLUTION FROM LEADS TO MOUNTING TIE	
1000	1000
2500	1000
4000	1000

For more information, contact your local distributor or visit our website at www.3m.com.

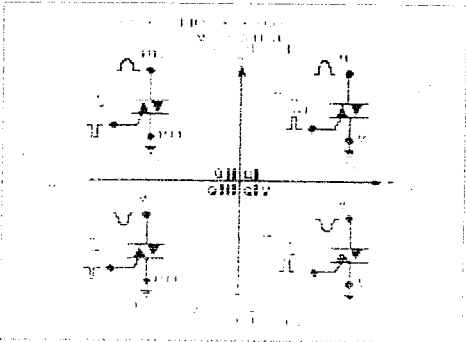


Figure 1: Electrical connection configurations.

Configuration	Lead 1	Lead 2	Lead 3	Lead 4
A
B
C
D

Additional information and technical details are available in the full specification document.

Electrical Specifications

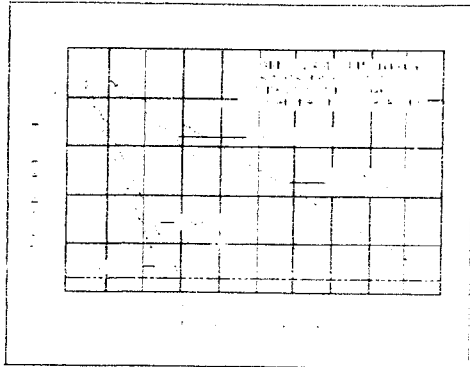


Figure 1: Graph showing the relationship between input voltage and output voltage.

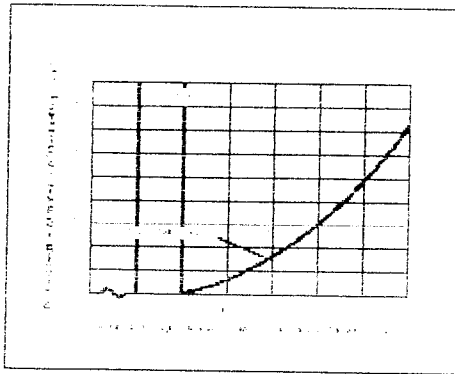


Figure 2: Graph showing the relationship between input current and output current.

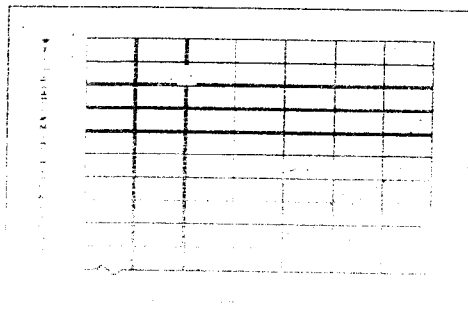


Figure 3: Graph showing the relationship between input power and output power.

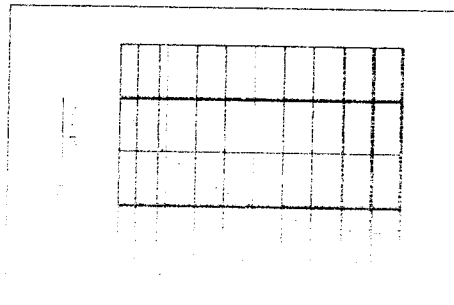


Figure 4: Graph showing the relationship between input power and output current.

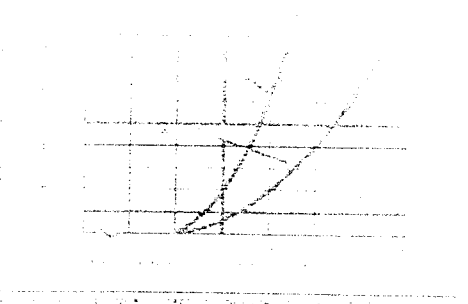


Figure 5: Graph showing the relationship between input current and output power.

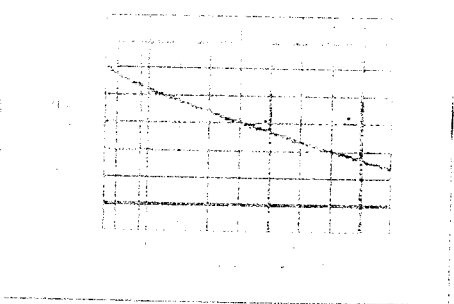


Figure 6: Graph showing the relationship between input voltage and output power.

Electrical Specifications

Electrical Specifications

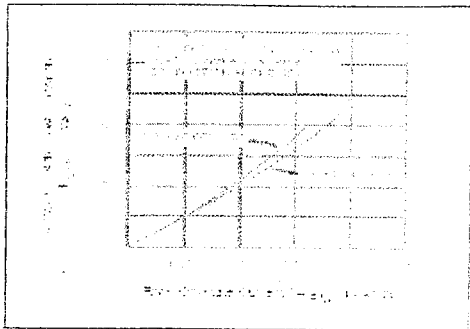


Figure 2. Power Dissipation (Watt) vs. Drain Current (mA) at $V_{GS} = 0V$

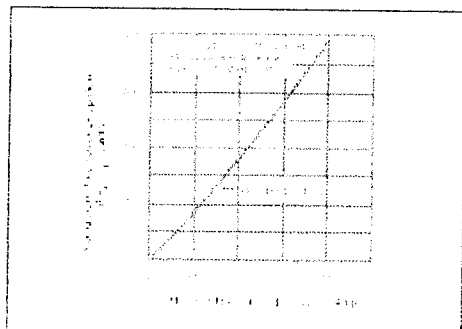


Figure 3. Power Dissipation (Watt) vs. Drain Current (mA) at $V_{GS} = 4V$

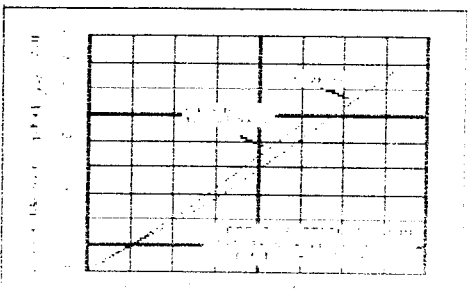


Figure 4. Power Dissipation (Watt) vs. Drain Current (mA) at $V_{GS} = 4V$

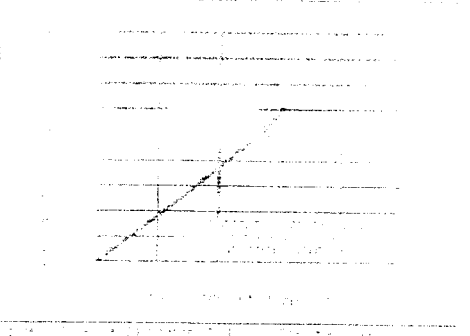
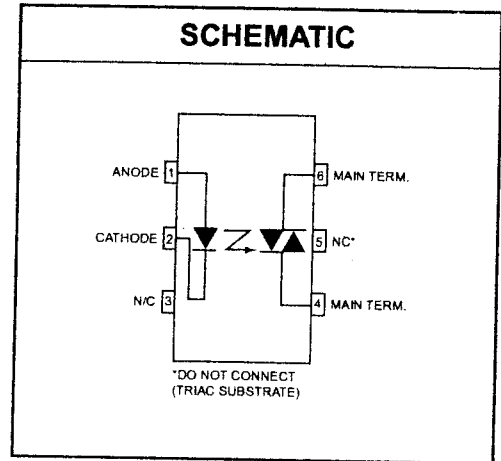
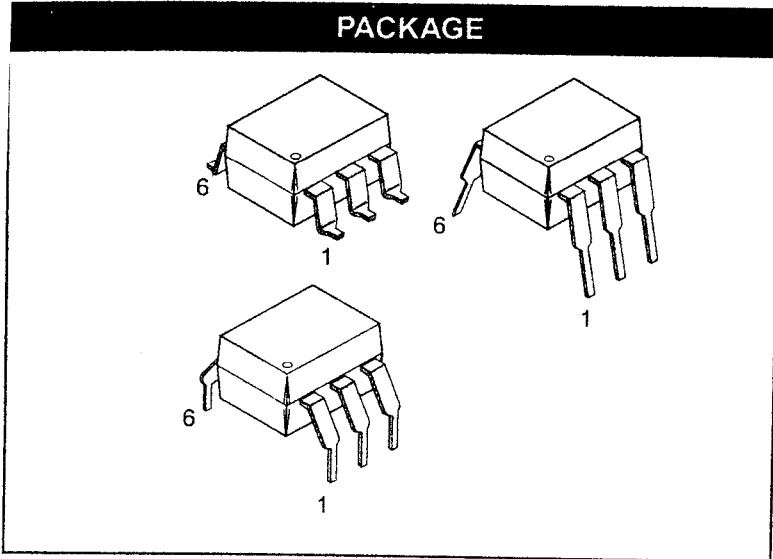


Figure 5. Power Dissipation (Watt) vs. Drain Current (mA) at $V_{GS} = 4V$

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M



DESCRIPTION

The MOC301XM and MOC302XM series are optically isolated triac driver devices. These devices contain a GaAs infrared emitting diode and a light activated silicon bilateral switch, which functions like a triac. They are designed for interfacing between electronic controls and power triacs to control resistive and inductive loads for 115 VAC operations.

FEATURES

- Excellent I_{FT} stability—IR emitting diode has low degradation
- High isolation voltage—minimum 5300 VAC RMS
- Underwriters Laboratory (UL) recognized—File #E90700
- Peak blocking voltage
 - 250V-MOC301XM
 - 400V-MOC302XM
- VDE recognized (File #94766)
 - Ordering option V (e.g. MOC3023VM)

APPLICATIONS

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| • Industrial controls | • Solenoid/valve controls |
| • Traffic lights | • Static AC power switch |
| • Vending machines | • Incandescent lamp dimmers |
| • Solid state relay | • Motor control |
| • Lamp ballasts | |

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)				
Parameters	Symbol	Device	Value	Units
TOTAL DEVICE				
Storage Temperature	T_{STG}	All	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{OPR}	All	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Lead Solder Temperature	T_{SOL}	All	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	All	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (peak AC voltage, 60Hz, 1 sec duration)	V_{ISO}	All	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$ Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	All	330 4.4	mW mW/ $^\circ\text{C}$
EMITTER				
Continuous Forward Current	I_F	All	60	mA
Reverse Voltage	V_R	All	3	V
Total Power Dissipation 25 $^\circ\text{C}$ Ambient Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	All	100 1.33	mW mW/ $^\circ\text{C}$
DETECTOR				
Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	MOC3010M/1M/2M MOC3020M/1M/2M/3M	250 400	V
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	I_{TSM}	All	1	A
Total Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$ Ambient Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	All	300 4	mW mW/ $^\circ\text{C}$

Note

1. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

**6-PIN DIP RANDOM-PHASE
OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT
(250/400 VOLT PEAK)**

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameters	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
EMITTER							
Input Forward Voltage	$I_F = 10 \text{ mA}$	V_F	All		1.15	1.5	V
Reverse Leakage Current	$V_R = 3 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	I_R	All		0.01	100	μA
DETECTOR							
Peak Blocking Current, Either Direction	Rated $V_{\text{DRM}}, I_F = 0$ (note 1)	I_{DRM}	All		10	100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{\text{TM}} = 100 \text{ mA peak}, I_F = 0$	V_{TM}	All		1.8	3	V

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
LED Trigger Current	Voltage = 3V (note 3)	I_{FT}	MOC3020M			30	mA
			MOC3010M			15	
			MOC3021M			10	
			MOC3011M			10	
			MOC3022M			10	
			MOC3012M			5	
			MOC3023M			5	
Holding Current, Either Direction		I_H	All		100		μA

Note

1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. This is static dv/dt . See Figure 5 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.
3. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT} . Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (30 mA for MOC3020M, 15 mA for MOC3010M and MOC3021M, 10 mA for MOC3011M and MOC3022M, 5 mA for MOC3012M and MOC3023M) and absolute max I_F (60 mA).

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

Fig. 1 LED Forward Voltage vs. Forward Current

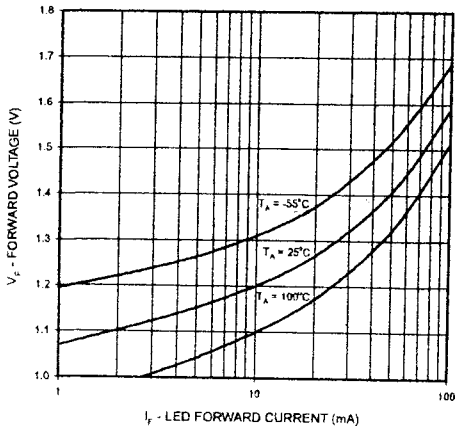


Fig. 2 On-State Characteristics

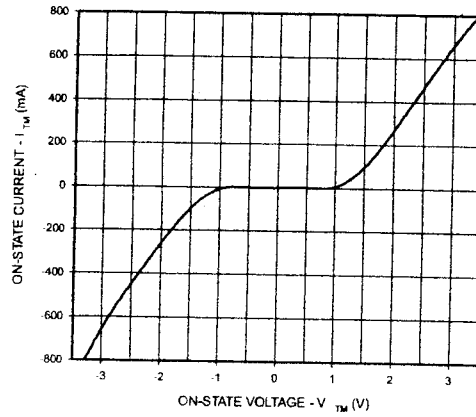


Fig. 3 Trigger Current vs. Ambient Temperature

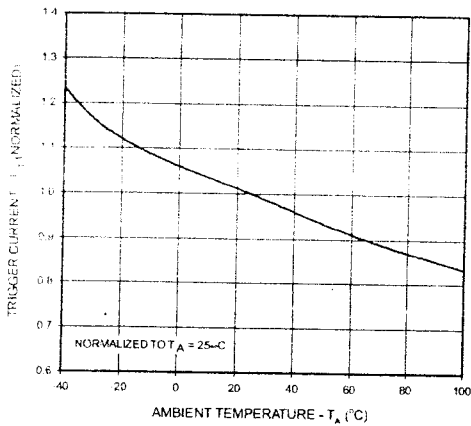


Fig. 4 LED Current Required to Trigger vs. LED Pulse Width

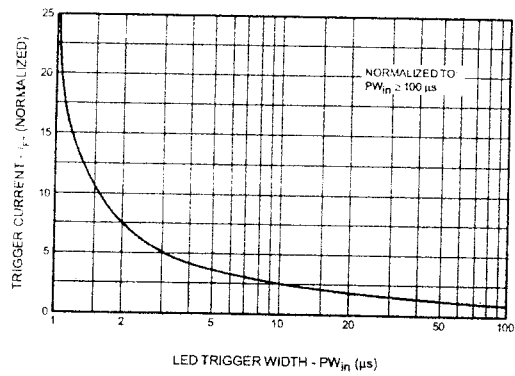


Fig. 5 dv/dt vs. Temperature

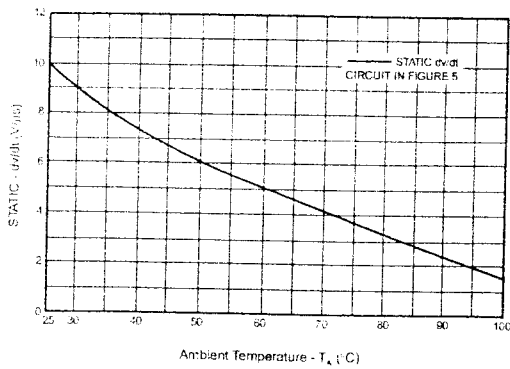
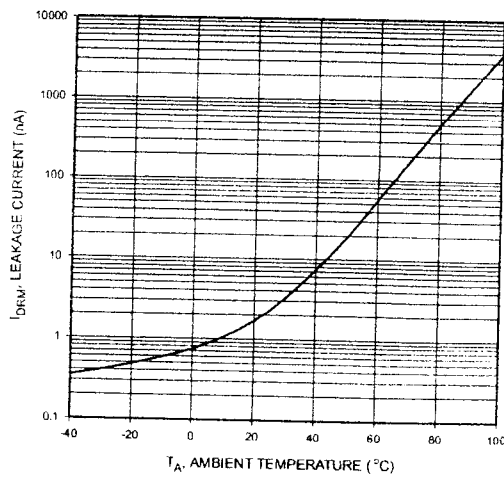


Fig. 6 Leakage Current, I_DRM vs. Temperature



AT89C51 In-Circuit Programming



8-Bit Microcontroller with Flash

Application Note

This application note illustrates the in-circuit programmability of the Atmel AT89C51 Flash-based microcontroller. It defines the addition of in-circuit programmability to AT89C51 applications and presents along with an application example and the modifications to be required to support in-circuit programming. A method is then shown by which the AT89C51 microcontroller in the application can be reprogrammed remotely, over a commercial telephone line. The circuitry described in this application note supports five volt programming only, requiring the use of an AT89C51-XX-5. The standard AT89C51 requires 12 volts for programming.

The software for this application may be obtained by downloading from Atmel's Website: (408) 436-4309.

General Considerations

The circuitry added to support AT89C51 in-circuit programming should appear transparent to the application when programming is not taking place.

\overline{VPP} must be held high during programming. In applications which do not utilize external program memory, this pin may be permanently strapped to V_{CC} . Applications utilizing external program memory require that this pin be held low during normal operation.

\overline{RST} must be held active during programming. A means must be provided for overriding the application reset circuit, which typically asserts \overline{RST} only briefly after power is applied.

\overline{SEN} must be held low during programming, but must not be driven during normal operation.

$\overline{PE/PROG}$ is pulsed low during programming, but must not be driven during normal operation.

During programming, AT89C51 I/O ports are used for the application of mode select, addresses and data, possibly requiring that the controller be isolated from the application circuitry. How this is done is application dependent and will be addressed here only in general terms.

Port Used for Input

During programming, the controller must be isolated from signals sourced by the application circuitry. A buffer with three-state outputs might be inserted between the application circuitry and the controller, with the buffer outputs three-stated when programming is enabled. Alternatively, a multiplexer might be used to select between signal sources, with signals applied to the controller by either the application circuitry or the programmer circuitry.

Port Used for Output

No circuit changes are required if the application circuitry can tolerate the state changes which occur at the port during programming. If the prior state of the application circuitry must be maintained during programming, a latch might be inserted between the controller and the application circuitry. The latch is enabled during programming, preserving the state of the application circuitry.

An Application Example

The AT89C51 application shown in Figure 1 is an implementation of a moving display. This application was selected for its simplicity and ability to show graphically the results of in-circuit reprogramming. The text to be displayed is programmed into the controller as part of its firmware, and cannot be changed without reprogramming the device.

0287D-B-9/97



displayed text is presented in one of two modes selected by the four-position DIP switch. In the first mode, one character at a time enters the display from the right and moves quickly to the left through each element of the display to its final position in the assembled message. In the second mode, the message moves through the display, from right to left, with the display acting as a window onto the message. This mode is familiar as the method often used in displays of stock prices.

The output consists of four DL1414T, four-digit, 17-segment alphanumeric displays with integral decoders and drivers. This yields 16 total display elements, each capable of displaying digits 0-9, the upper case alphabet, and some punctuation characters. The displayable character codes are ASCII 20H-5FH.

A power-on reset circuit and a 6-MHz crystal oscillator complete the application. Neither external program memory nor external data memory is used.

Modifications to the Application to Support In-Circuit Programming

Figure 2 shows the application modified for in-circuit programming.

It is assumed that the programmer, when inactive, will neither drive nor excessively load the application.

Since the application does not use external program memory, \overline{EA}/VPP on the controller is connected to V_{CC} . This meets the requirement for programming.

The reset circuit has been modified by the addition of two resistors, which allow RST on the controller to be forced high by the programmer.

\overline{EN} and $ALE/PROG$, unused in the basic application, are under the direct control of the programmer.

Programming requires programmer access to all of the four AT89C51 I/O ports, as documented in the data sheet. The programmer is connected directly to those controller pins which are unused by the application, while access to pins used by the application requires special treatment, as explained in the following paragraphs.

The least significant four bits of the address generated by the programmer are multiplexed onto port one of the controller with the data from the DIP switch. Note that the four resistors added at the switch are not required in the basic application, since the AT89C51 provides internal pull-ups on port one.

During the normal operation of the application, controller ports zero and two provide data and control signals (respectively) to the displays. During programming and program verification, the programmer asserts control of port zero and part of port two. The programmer is connected to ports zero and two without buffering, since, when inactive, its presence does not affect the normal operation of the application.

A transparent latch has been added between port two of the controller and the display control inputs. The latch holds the display control signals inactive during programming, which eliminates erratic operation of the displays due to programmer activity on ports zero and two. No isolation of the display data inputs is required, since data applied to the inputs is ignored when the control signals are inactive.

The AT89C51 reset circuit, input multiplexer and output latch are controlled by a single signal generated by the programmer. During programming, reset is asserted, the multiplexer switches inputs, and the latch freezes the display control lines.

To ensure that the display control lines are in a known state before they are latched, an AT89C51 external interrupt is used to allow the programmer to signal the application before asserting reset. The application firmware responds to the interrupt by displaying a message and deactivating the display control lines.

After programming, when reset is deasserted, the controller ports are high as the latch becomes transparent. Since the display control inputs are inactive high, the display contents are not disturbed until the new program writes the display.

Although not essential to this application, it might be imperative in some applications that the state of the peripheral circuitry not be disturbed during programming.

The Programmer

The programmer (Figure 3) generates the addresses, data and control signals necessary to program the AT89C51 embedded in the application.

The programmer circuitry consists of an AT89C51 and an RS-232 level translator. The controller runs at 11.0592 MHz, which allows the serial port to operate at a number of standard baud rates. A Maxim MAX232 line driver/receiver produces RS-232 levels at the serial interface while requiring only a five volt supply.

Many of the signals generated by the programmer are connected directly, without buffering, to the AT89C51 in the application. These signals, when inactive, are not three-stated, but are pulled high. The AT89C51 has internal pull-ups of approximately three Kohms on ports one, two and three. Because port zero does not have internal pull-ups, external pull-ups of ten Kohms have been added to permit proper operation of program verification mode. The sample application operates correctly in this environment. If required for compatibility with an application, programmer signals may be buffered with three-state buffers similar to the 74xx125.

The AT89C51 in the programmer does not utilize external program or data memory, which would require sacrificing needed I/O pins. This requires that program code and I/O buffers be kept small enough to fit in on-chip memory.

ote Programming Over a Commercial Phone Line

programmer and display application described previously are connected to a phone line via a modem at a remote site. Using a personal computer with a modem, a user can upload a new program containing a new message, which is programmed into the AT89C51 embedded in the application. When programming is complete, the application executes the new program, which displays the new message.

Local Station

The local station in the test configuration consists of an IBM AT-class computer connected to a Hayes-compatible, Prometheus 1200 baud modem. The modem was selected because it was inexpensive and available. A faster modem could be used if desired, although once the file transmission time is reduced below one minute, further reductions in transmission time do not further reduce connect time savings. A possible advantage to higher transmission speeds is the automatic error detection and correction available in some high speed modems.

Procomm Plus version 2.01, a commercial data communications package, is used to configure the modem, set up communications parameters, and establish a link with the remote modem. Procomm Plus includes a macro language called ASPECT, which allows the user to write and compile scripts which implement custom file transfer protocols. A sample ASPECT script was written to read the contents of a program file and upload it to the remote programmer.

The file transfer protocol (FTP) implemented is a simple send-and-wait, packet-oriented protocol. The transmit and receive modes of the FTP are illustrated by the flowcharts in Figures 4 and 5, respectively. The transmitter sends each packet without flow control and waits for a response. The programmer (the receiver) reads and dissects the packet while calculating a checksum. If the calculated checksum is correct, the programmer acknowledges the packet by sending an ACK. If the checksum is in error, the programmer negatively acknowledges the packet by sending a NAK. Upon receipt of an ACK, the transmitter sends the next packet. If the transmitter receives a NAK, it resends the same packet. Transmission proceeds in this manner until the entire file has been transferred.

The programmer might respond to a packet by sending a NAK, which indicates that a non-recoverable error has occurred and that the transmitter should immediately abort the file transfer. If the programmer fails to respond to a packet within a limited period of time, the transmitter will resend the same packet. The transmitter will continue to resend the same packet until a valid response is received or until the allowed number of attempts is exceeded, at which time the file transfer is aborted.

After each packet is received and validated by the programmer, the data contained in the packet is programmed into the AT89C51 controller in the application. After programming, the data is read back from the controller and verified against the received packet data. Successful verification indicates successful programming, causing the programmer to send ACK to the transmitter. If programming fails, the programmer sends CAN to signal the transmitter to abort the file transfer.

The simplicity of the FTP reduces the amount of AT89C51 program memory used in the programmer. The send-and-wait nature of the FTP allows inter-packet delays due to AT89C51 program and erase times to be easily absorbed. Support for program verification is transparent, requiring no explicit command or result codes, or additional data transfers.

The files which are uploaded to the programmer are created with the tools in the Intel MCS-51 Software Development Package for the IBM PC. Included in the package are the MCS-51 Macro Assembler, MCS-51 Relocator and Linker, and a useful utility, OH. OH converts an absolute 8051 object file to an equivalent ASCII hexadecimal object file.

The records in the hex file produced by the OH utility serve, unchanged, as the packets in the FTP described above; no service fields need to be added. The colon which begins each record serves as the packet signature field. The load address field serves as the packet sequence number. A checksum is provided as the last field in each record. Since seven-bit ASCII coding is utilized, the eighth bit of each byte is available to be used for parity checking.

Because the AT89C51 in the programmer does not utilize external data memory, necessary packet buffering must be done using internal RAM. Limited memory precludes the use of conventional FTPs which utilize packets of 128 bytes and larger. The hex packet format used in this application limits packet data fields to 16 or fewer entries, requiring little memory for buffering.

The ready availability of a utility for creating the packetized program file, combined with small packet size and adequate error checking, makes the hex packet format a near ideal solution for this application. A disadvantage is the use of ASCII, which requires each program data byte to be expressed as two hex characters. This demands that nearly twice as many bytes be transferred as might otherwise be required. This is not a severe limitation, however, since typical file transfer times are less than one minute. Overall, the simplicity of the custom FTP/hex packet format implementation outweighs the drawbacks.

Remote Station

The remote station in the test configuration consists of the display application and programmer circuits, described previously, connected to a Hayes-compatible, Prometheus

baud modem. During normal operation, the application executes its internal program while the modem and programmer monitor the phone line for incoming calls.

If a call has been detected and a connection established, the programmer forces the application to suspension of its program. The new program is then downloaded and programmed into the AT89C51 embedded in the application. When programming is complete, the application is allowed to begin execution of its new program, the programmer returns to monitoring the phone line for the next call.

The programmer powers up with its programming control signals inactive, allowing the application to run normally. When configuring the modem to answer incoming calls, the programmer puts itself to sleep. The programmer will not disturb the application until a new program is to be downloaded.

The programmer controls the modem by sending ASCII command strings over the serial interface, to which the modem responds with Hayes-style ASCII numeric codes. The software is designed for use with Hayes-compatible modems, which includes the Prometheus ProModem 1200 described here.

The serial interface, through which the programmer connects to the modem, supports two handshaking signals, RTS and DSR. On power up, the programmer asserts RTS, to which the modem responds by asserting DSR. If the modem should fail to respond to any command, including the command to hang up, the programmer deasserts RTS, which forces the modem to drop the line.

The modem monitors the phone line while the programmer sleeps, waiting for an incoming call. When a call is detected, the modem answers and attempts to establish communication with the caller. If a connection is established, the modem sends a code to the programmer, waking it up. The programmer verifies the connect code and begins polling for a valid packet header.

Incoming packets must arrive fewer than thirty seconds after the reset, or the modem drops the line (hangs up) and the programmer returns to sleep, waiting for the next call. If the modem hangs up, the thirty second period must expire before the next call will be answered. Calls incoming during the reset delay period are ignored.

If a valid packet header is received prior to the expiration of the reset delay period, the programmer will attempt to read and validate the incoming packet. At any time during packet reception, an invalid character, parity error or time-during character reception will cause the partial packet to be declared invalid and discarded.

Two packet types are defined: data and end-of-file. A data packet contains five fields in addition to the packet header, one of which is a variable length data field. The data field contains program data to be written into the AT89C51 con-

troller in the application. The load address field contains the address at which the data is to be written. The end-of-file packet contains the same fields as the data packet, except that the data field is empty. This packet type has special meaning to the programmer, as explained below.

Any packet which contains an invalid record type, record length or checksum is invalid. Program data accumulated during the processing of an invalid packet is discarded. The programmer sends a NAK to the transmitter to signal reception of an invalid packet and resumes polling for a valid packet header.

Receipt of the first valid data packet causes the programmer to interrupt the application controller. The controller responds to the interrupt by abandoning execution of its usual program and displaying a message indicating that programming is taking place. If this is the first valid data packet since power was applied or an end-of-file packet was received, the programmer asserts the control signals necessary to erase the program memory in the application controller. The programmer then places the controller in programming mode.

The first and subsequent valid data packets are dissected as they are received and the data which they contain is programmed into the application controller at the address indicated in the packet load address field. After programming, the data is read back from the controller and verified against the received packet data. Successful verification indicates that programming was successful, causing the programmer to send ACK to the transmitter. The programmer then resumes polling for a valid packet header, subject to the thirty second reset delay.

If programming fails, the programmer sends CAN to signal the transmitter to abort the file transfer. The modem drops the line and the programmer returns to sleep, waiting for the next call. The application controller is left in programming mode, preventing it from executing the incomplete or invalid program which it contains.

It is important to note that invalid packets are NEVER programmed into the application controller. To do so would require that the program memory in the controller be completely erased before the error could be corrected, causing the non-recoverable loss of all previous program data.

Upon receipt of an end-of-file packet, the programmer returns its control outputs to the inactive, power on state, allowing the application controller to begin execution of the new program. The programmer then resumes polling for a valid packet header, subject to the thirty second reset delay.

If a valid packet is received prior to the expiration of the thirty second delay, another programming cycle begins, which can only be terminated by the reception of a valid end-of-file packet.

If the reset delay expires prior to the reception of a valid end-of-file packet, the modem will drop the line and the programmer will return to sleep, waiting for the next call. In this case, the application controller is left in programming mode, preventing it from executing its program. To return the application to normal operation, another call must be received, and a valid program file uploaded, terminated by an end-of-file packet.

Setting Up the Hardware

Local Station

Connect the IBM PC to the ProModem 1200 through one of the system COM ports. Connect the modem to an analog telephone line and set the modem switches as indicated below.

Switch settings:

1	ON
2	ON
3	OFF
4	ON
5	OFF
6	ON
7	OFF
8	OFF
9	OFF
10	OFF

Remote Station

Connect the display application/programmer to the second ProModem 1200 through the programmer serial port. Connect the modem to an analog telephone line and set the modem switches as indicated below.

Turn the modem on and apply power to the display application/programmer. The application will begin executing its program, if it contains one. The programmer will initialize the modem, as shown by the activity on the modem status indicators.

Switch settings:

1	ON
2	ON
3	ON
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	OFF
9	OFF
10	OFF

Installing and Configuring Procomm Plus, Version 2.01

Install Procomm Plus as instructed in the User Manual. When prompted to specify the modem in use, select 'Prometheus ProModem 1200' from the list.

Run Procomm Plus and create a dialing directory entry for the remote station. The baud rate must be set to 1200, parity to EVEN, number of data bits to 7, number of stop bits to 1, plex to HALF.

Enter the Setup utility (ALT-S). Select 'PROTOCOL OPTIONS', then 'EXTERNAL PROTOCOL OPTIONS' from the menus and modify the entry for 'EXTERNAL PROTOCOL 1' as indicated below.

EXTERNAL PROTOCOL 1:

A - NAME:	<any name>
B - TYPE:	ASPECT
C - UPLOAD COMMAND:	ATX.ASX

Note: 'ATX.ASX' is the filename of the compiled ASPECT script to be associated with External Protocol 1.

Save the changes and exit the Setup utility.

Creating a Hex File

The hex files which are uploaded to the programmer are created with the tools in the Intel MCS-51 Software Development Package for the IBM PC. In the example below, the 8051 assembler source file is called 'TEST.ASM'.

Assemble the source file 'TEST.ASM' and create the object file 'TEST.OBJ':

```
ASM51 TEST.ASM
```

Link and locate the object file 'TEST.OBJ' and create the absolute object file 'TEST.ABS':

```
RL51 TEST.OBJ TO TEST.ABS
```

Convert the absolute object file 'TEST.ABS' to the hex file 'TEST.HEX':

```
OH TEST.ABS TO TEST.HEX
```

The resulting file, 'TEST.HEX' is ready to be uploaded.

Note: ASM51 is version 2.3; RL51 is version 3.1; OH is version 1.1.

Uploading a Hex File

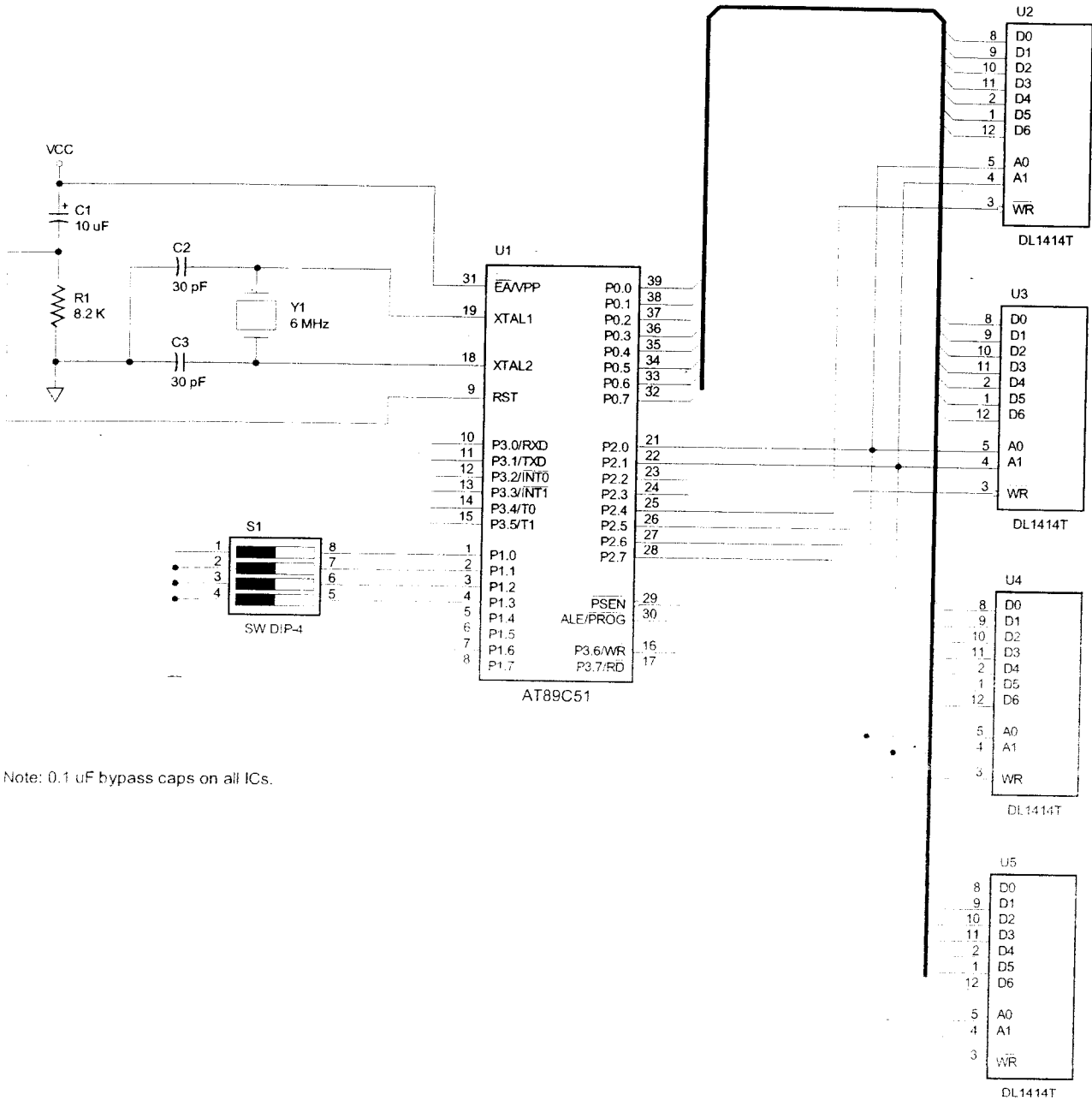
Run Procomm Plus and use the proper dialing directory entry to dial the remote station.

After the connection with the remote station is established, press the 'PgUp' key and select '1' (External Protocol 1) from the menu of upload protocols. This will execute the ASPECT script associated with External Protocol 1.

When prompted, enter the name of the file to be uploaded, including the extension and path, if required.

When the upload is complete, press ALT-H to hang up and ALT-X to exit Procomm Plus and return to DOS.

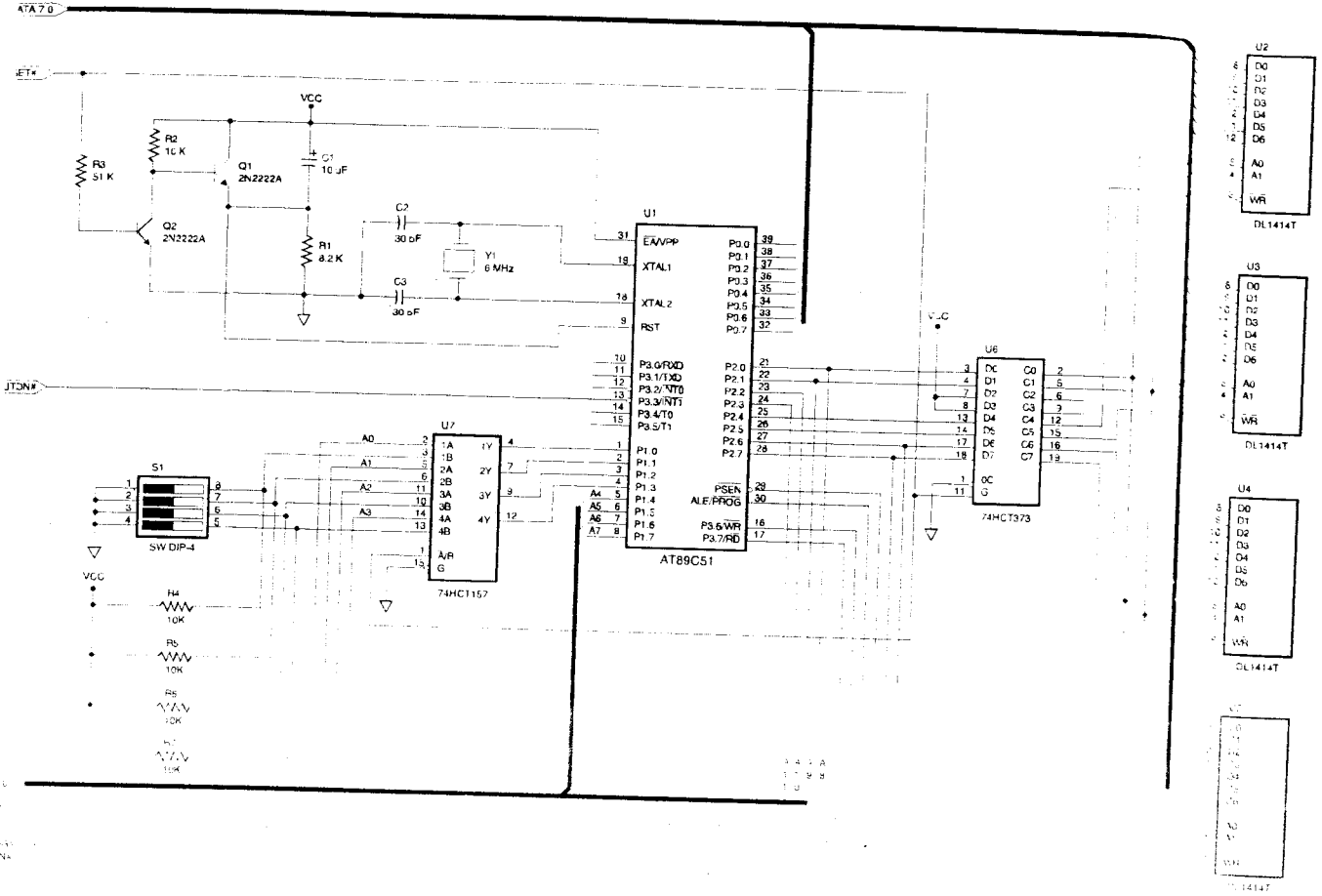
Figure 1. AT89C51 Moving Display Application Example



Note: 0.1 uF bypass caps on all ICs.

Microcontroller

Figure 2. AT89C51 Moving Display Application Modified for In-Circuit Programming

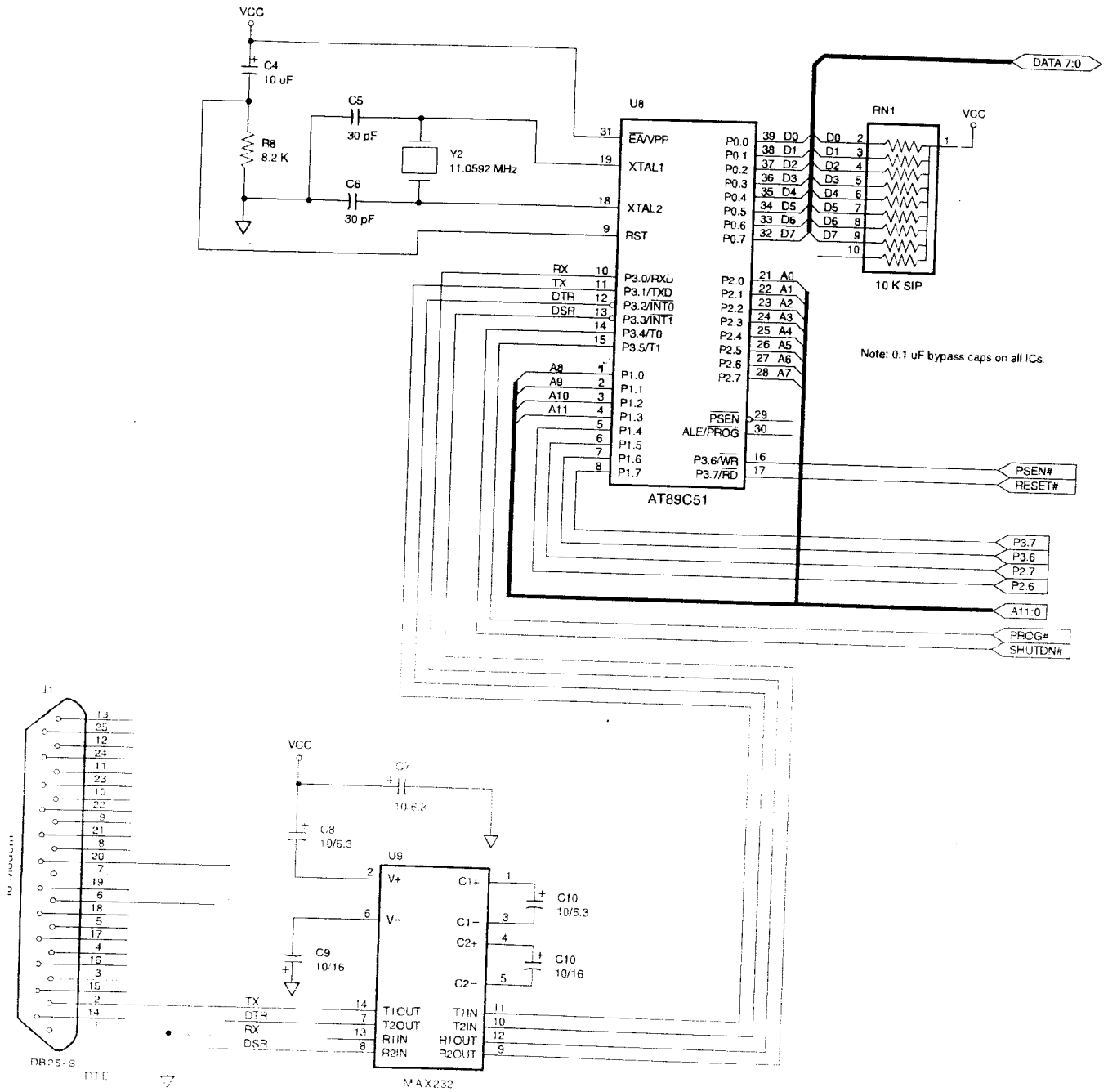


Note: 0.1 μF bypass caps on VCC.





re 3. AT89C51 Programmer



re 4. FTP Transmit Mode

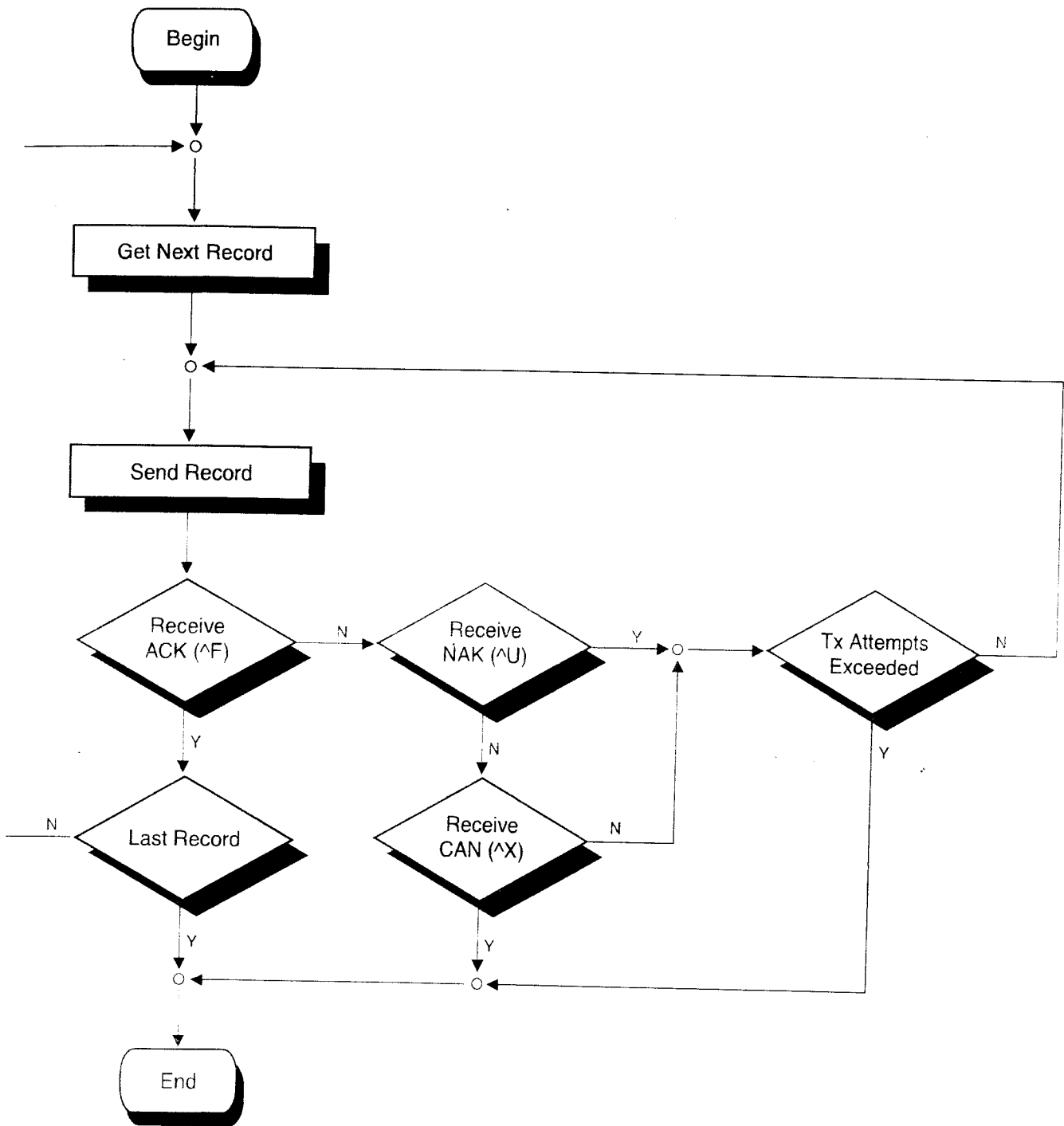
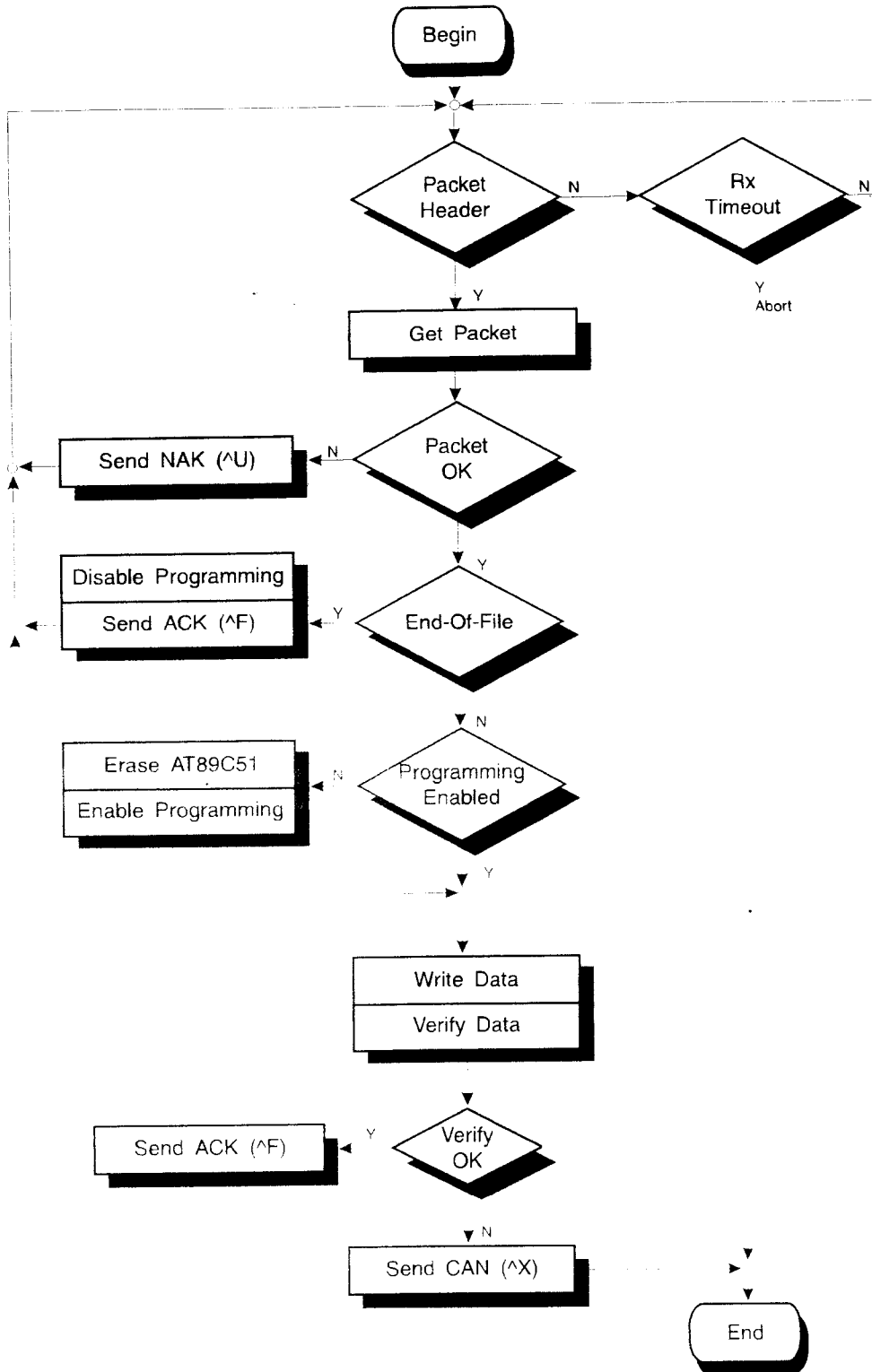


Figure 5. FTP Receive Mode



endix I: Intel Hex File Definition

Decimal object file format (Intel hex) is produced by 80C51 assembler products.

Each record in the file contains the following fields:

<rec length><load address><rec type><data><checksum>

A colon is the record header.

record length field consists of two hex digits, and represents the number of entries in the data field. OH outputs records containing 16 or fewer data field entries.

load address field consists of four hex digits, and indicates the absolute address at which the data in the data field is to be loaded.

The record type field consists of two hex digits, which are always zero in data records.

The data field contains from one to 16 pairs of hex digits.

The last two hex digits are a checksum on the record length, load address, record type, and data fields. The sum of the binary equivalents of these fields and the checksum itself is zero.

Each record in the file is terminated by a carriage return and line feed.

A type one record marks the end of the file. The record always contains the following value: ':00000001FF'.

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

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

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE® output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

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

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

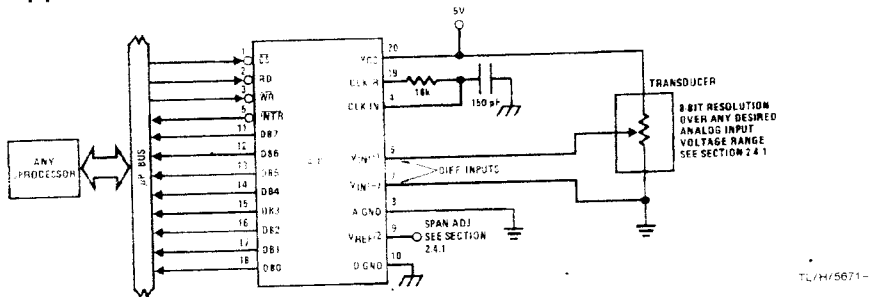
Features

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

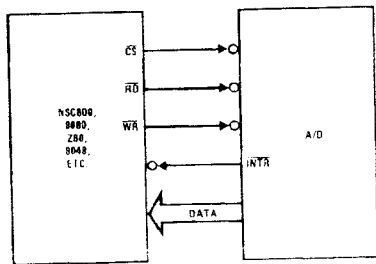
Key Specifications

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

Typical Applications



8080 Interface



Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

Part Number	Full-Scale Adjusted	V _{REF} /2 = 2.500 V _{DC} (No Adjustments)	V _{REF} /2 = No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$+ 1/2$ LSB		
ADC0804		± 1 LSB	
ADC0805			$+ 1$ LSB

TRI-STATE is a registered trademark of National Semiconductor Corp.
Z80 is a registered trademark of Zilog Corp.

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

Supply Voltage (V _{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage	
Logic Control Inputs	0.3V to +18V
At Other Input and Outputs	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	260°C
Dual-In-Line Package (plastic)	300°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	
Surface Mount Package	215°C
Vapor Phase (60 seconds)	220°C
Infrared (15 seconds)	

Storage Temperature Range	65°C to +150°C
Package Dissipation at T _A = 25°C	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1 & 2)

Temperature Range	T _{MIN} = T _A = T _{MAX}
ADC0801/02LJ, ADC0802LJ/883	55°C ≤ T _A ≤ +125°C
ADC0801/02/03/04L CJ	40°C ≤ T _A ≤ +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	40°C ≤ T _A ≤ +85°C
ADC0804LCN	0°C ≤ T _A ≤ +70°C
ADC0802/03/04LCV	0°C ≤ T _A ≤ +70°C
ADC0802/03/04LCWM	0°C ≤ T _A ≤ +70°C
Range of V _{CC}	4.5 V _{DC} to 6.3 V _{DC}

Electrical Characteristics

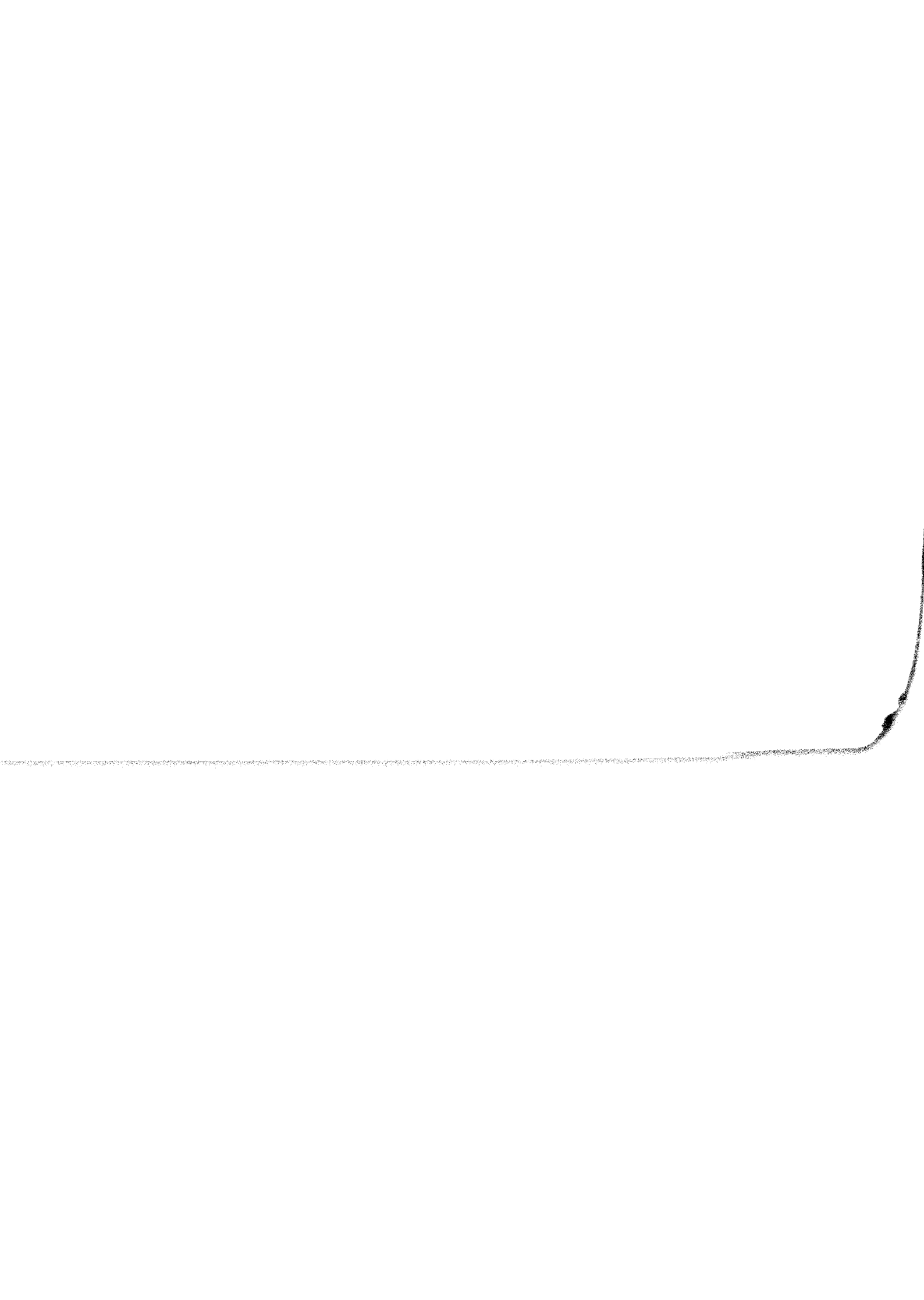
The following specifications apply for V_{CC} = 5 V_{DC}, T_{MIN} = T_A = T_{MAX} and f_{CLK} = 640 kHz unless otherwise specified.

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

AC Electrical Characteristics

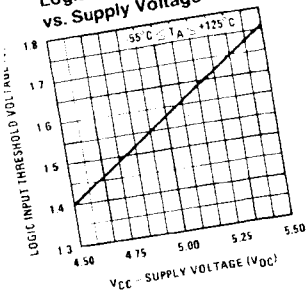
The following specifications apply for V_{CC} = 5 V_{DC} and T_A = 25°C unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T _C	Conversion Time	f _{CLK} = 640 kHz (Note 6)	103		114	μs
T _C	Conversion Time	(Note 5, 6)	66		73	1/f _{CLK}
f _{CLK}	Clock Frequency	V _{CC} = 5V, (Note 5)	100	640	1460	kHz
	Clock Duty Cycle	(Note 5)	40		60	%
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	INTR tied to WR with CS = 0 V _{DC} , f _{CLK} = 640 kHz	8770		9708	conv/s
t _{w(WR)} L	Width of WR Input (Start Pulse Width)	CS = 0 V _{DC} (Note 7)	100			ns
t _{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of RD to Output Data Valid)	C _L = 100 pF		125	200	ns
t _{1H} , t _{0H}	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of RD to Hi-Z State)	C _L = 10 pF, R _L = 10k (See TRI-STATE TEST Circuits)		300	450	ns
t _{wI} , t _{rI}	Delay from Falling Edge of WR or RD to Reset of INTR			5	7.5	pF
C _{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF
C _{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)					
CONTROL INPUTS (Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately)						
V _{IN} (1)	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	V _{CC} = 5.25 V _{DC}	2.0		15	V _{DC}

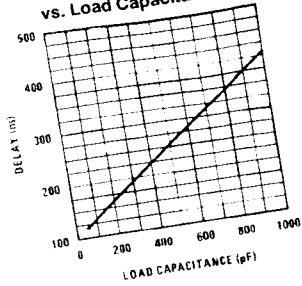


ical Performance Characteristics

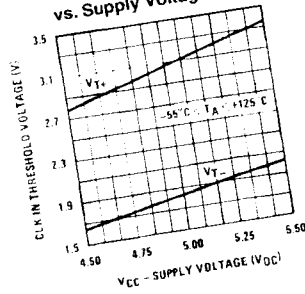
Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



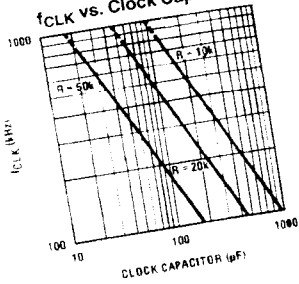
Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs. Load Capacitance



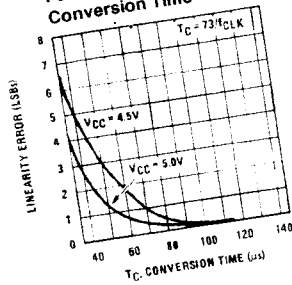
CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



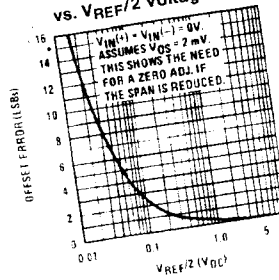
fCLK vs. Clock Capacitor



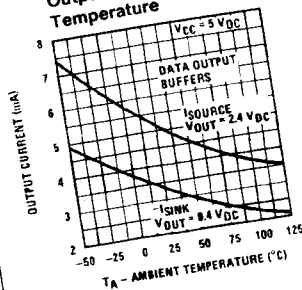
Full-Scale Error vs Conversion Time



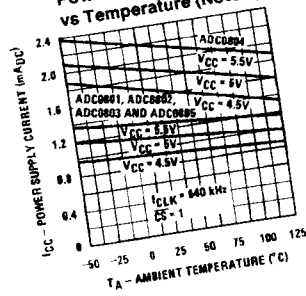
Effect of Unadjusted Offset Error vs. VREF/2 Voltage



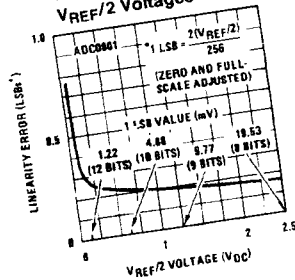
Output Current vs Temperature



Power Supply Current vs Temperature (Note 9)

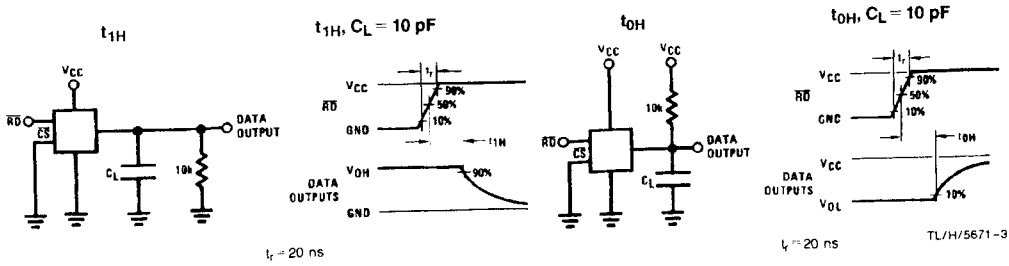


Linearity Error at Low VREF/2 Voltages

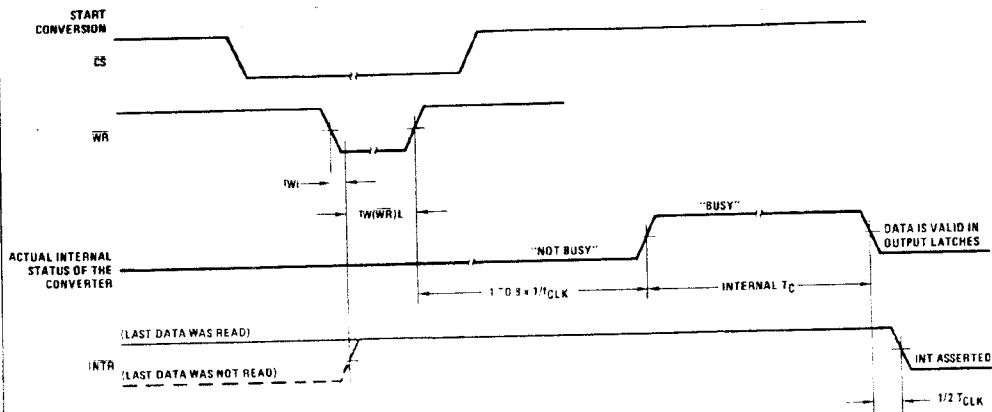


TL/H/5671-2

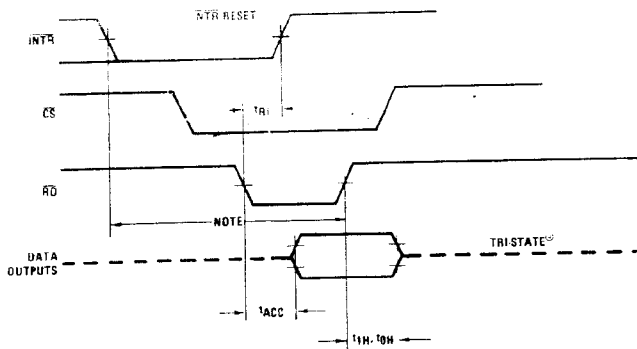
TRI-STATE Test Circuits and Waveforms



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



Output Enable and Reset INTR



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

TL/H/5671-4