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

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR (KWH METER) DIGITAL 3 FASA YANG DIKOMUNIKASIKAN DENGAN PC PADA PANEL HUBUNG UTAMA ITN MALANG

SKRIPSI

Disusun Oleh :

VERY SUKARELA
01.12.135

MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

SEPTEMBER 2006

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR (KWH METER) DIGITAL 3 FASA YANG DIKOMUNIKASIKAN DENGAN PC PADA PANEL HUBUNG UTAMA ITN MALANG

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Energi listrik

Disusun Oleh :

VERY SUKARELA

NIM : 01.12.135

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Ir. Sidik Noertjahjono,MT)	(Joseph Deddy Irawan,ST,MT)
NIP.1028700167	NIP.132315178

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)

NIP.P 1039500274

KONSENTRASI ENERGI LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S - 1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama	:	Very Sukarela
NIM	:	01.12.135
Jurusan	:	Teknik Elektro
Konsentrasi	:	Teknik Energi Listrik S1
Judul Skripsi	:	Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur (KWH Meter) Digital 3 Fasa yang Dikomunikasikan Dengan PC Pada Panel Hubung Utama ITN Malang

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S1) Pada:

Hari	:	Sabtu
Tanggal	:	23 September 2006
Dengan Nilai	:	83.25 (A)

Ketua Mejelis Penguji

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
NIP. P. 1018100036

Sektetaris Majelis Penguji

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

Penguji I

(Ir.I.Made Wartana, MT)
NIP. 131.991.182

Penguji II

(Ir.Yusuf Ismail Nakhoda,MT)
NIP.Y.101.8800189

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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : VERY SUKARELA
2. NIM : 01.12.135
3. NIRM : 01320211021135
4. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
5. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
6. Judul Skripsi :

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR (KWH METER) DIGITAL 3 FASA YANG DIKOMUNIKASIKAN DENGAN PC PADA PANEL HUBUNG UTAMA ITN MALANG

7. Tanggal Mengajukan Skripsi : 1 Juli 2006
8. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 28 Sepetember 2006
9. Dosen Pembimbing I : Ir. Sidik Noertjahjono, MT
10. Telah dievaluasi dengan nilai : 83 (Delapan Puluh tiga)
11. Dosen Pembimbing II : Ir. Joseph Deddy Irawan ST,MT
12. Telah dievaluasi dengan nilai : 90 (Sembilan Puluh)

Malang, September 2006

Disetujui

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir.Sidik Noertjahjono,MT	Joseph Deddy Irawan ST,MT
NIP.1028700167	NIP.132315178

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

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

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 23 September 2006
Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : VERY SUKARELA
2. NIM : 01.12.135
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR (KWH METER) 3 FASA YANG DIKOMUNIKASIKAN DENGAN PC PADA PANEL HUBUNG UTAMA ITN MALANG

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Tujuan harus lebih jelas targetnya tidak sekedar alat monitoring.	
2.	Perlu ada kontribusi sesungguhnya apa?	
3.	Cara pengujian untuk menunjukkan validasi hasil pengukuran yang dimonitor perlu disajikan.	
4.	Kesimpulan diambil dari hasil pengujian	
5.	Tata tulis disempurnakan	

Anggota Penguji

Ir. Made Wartana, MT
Penguji Pertama

Ir.Yusuf Ismail Nakhoda,MT
Penguji Kedua

Dosen Pembimbing I

Ir. Sidik Noertjahjono,MT
NIP.1028700167

Dosen Pembimbing II

Joseph Deddy Irawan ,ST,MT
NIP.132315178

Bismillahirrohmannirrohimi

Dengan Menyebut Nama Alloh Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang

Katakanlah : "Dialah Allah, Yang Maha Esa. Hanya kepada-Nya tempat bergantung. Dia tidak beranak dan diperanakkan. Dan tidak ada satupun yang menyamai-Nya. (QS-Al Ikhlas)

Tidakkah Kami lapangkan dadamu untukmu? Dan Kami lepaskan bebanmu dari padamu. Yang memberatkan punggungmu. Dan Kami meninggikan bagi dirimu. Sebab sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai urusan dunia maka bersungguh sungguhlah dalam beribadah. Kepada Tuhanmu berharaplah. (QS-Alam Nasyroh)

" Ya Allah . . .
jangan Engkau hukum kami jika kami lupa atau salah.

Ya Allah . . .
jangan Engkau bebankan kepada kami beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang – orang sebelum kami.

Ya Allah . . .
jangan Engkau pikulkan kepada kami apa yang tak sanggup kami memikulnya,
maafkan jika kami melakukan salah,
ampuni kami jika khilaf dan dosa,
dan rahmatilah kami,
Engkaulah penolong kami,
maka tolonglah kami terhadap kaum kafir dan api neraka "
"Salawat serta salam kami haturkan pada junjungan Nabi Muhammad SAW"

KUPERSEMBAHKAN UCAPAN TERIMA KASIH YANG SEBESAR – BESARNYA BUAT SEMUA ORANG YANG TELAH MEWARNAI KEHIDUPANKU SELAMA KULIAH DAN YANG TELAH BANYAK MEMBANTU

- Bapak dan Ibuku Muhammad Islam Karaeng Duni,SH di Sawojajar yang telah memberikan Kasih sayangnya selama ini dan juga teruntuk saudara angkatku disana Mas Taufik,Mas Arul dan Bak Ida,Bak Irma dan Keluarga,Mas Aslam,Mas Raha,dan Hairul (Cimot).Terima kasih banyak yang udah menganggap aku bagian dari keluarga.Laris Manies buat Depot Coto Makassar Paraikatte!!!
- Bapak dan Ibuku keluarga Hosen Di Araya yang juga telah Memberikan kasih sayangnya selama ini,Terima kasih banyak juga karena sudah menganggap aku bagian dari keluarga.Teruntuk juga Mas One,bak Tantin,Mas Tudi,bak Ida,dan Mas Risky.Mari bangkit bersama membangun pabrik kembali!!! Tak lupa juga Kru Pabrik yang sudah menjadi bagian dari perjalanan hidupku di Malang Buat mas Yus dan nyonya,Mas Sus,Wartono,Topa,Andyk,Nanang dan Pak Man
- Bapak – Bapakku semua Dosen Elektro yang tergabung Dalam TPE,Bapakku Ir.Taufik Hidayat,MT,Bapakku yang satu ini sudah aku anggap orang tua sendiri, Yang sudah banyak memberikan bantuan dan kesempatan kepada saya,terima kasih telah memperjuangkan saya dalam proyek pembangunan Itn.Bapakku

  Ir.Sidik Noertjahjono,MT, Bapak Yang satu ini adalah pembimbing Skripsiku yang baik,biar apa kata orang dia adalah terbaik untukku,terima kasih atas semua Ilmu yang sudah Bapak berikan selama ini,kalo aku pulang kampung Bapakku yang satu ini tidak pernah lupa memberi uang saku,,,waduh jadi sungkan nih!!! Kalo main kerumahnya tidak lepas dari suguhan makan sampai kenyang dan juga es criem tumapel hehehehehehe,,,,,,!!!.Bapakku

  Ir.Eko Nurcahyo.Bapak yang satu ini adalah Bapakku paling baik hati,ramah,kocak dan cakep lhooo,,,, pokoknya beres pak!!!.Terima kasih atas persewaan Labnya pak,tapi yang terpenting kan kompensasinya,,,,!!! Hehehehe.....!!!! Bapakku

  Ir.Yusuf Ismail Nakhoda,MT.Bapakku yang satu ini baik lho orangnya Cuma terkadang agak galak,,hehehehehe,,,,, terima kasih atas semua nasihatnya pak!!! Terima kasih buat AKDSTnya pak!!! Terima kasih juga buat baju dan sarungnya pak!!!

  Ir.Choirul Saleh,MT Bapakku yang satu ini sangat sabar orangnya,terima kasih banyak pak atas kepercayaannya terhadap saya selama ini,, mohon maaf pak untuk praktikumnya agak ngadat dikit karena saya harus menyelesaikan tugas

utama(kuliah) disamping saya sendiri kesulitan dalam membuat format karena tidak mempunyai acuan.

Ir.Widodo Mulyanto,MT, Bapakku yang satu ini juga sangat pinter,pengalamannya sangat banyak,Dia juga tidak luput dari sasaran konsultasiku,terima kasih pak atas ilmunya,dan referensinya selama ini,jangan bosan – bosan ya pak!!! Maaf kalo saya agak cerewet dan ngeyel, karena saya tidak bisa membuang sifat penasaran saya, kapan bisa nginep dirumh bapak lagi???

Ir.Abdul Hamid,MT Bapakku yang satu pada dasarnya baik, tapi gak tahu sih kata temen – temen akhir –akhir ini katanya agak berubah gak seperti biasanya, apa ada masalah?? Saya sendiri gak ngerti, maaf ya pak!!! Kalo waktu itu jawaban ujian saya agak nyeleneh,tapi terima kasih telah memberi nilai B,hehehe,,

Ir.Yudi Limpraptono,MT Bapakku yang satu ini adalah seorang Kajur teknik Elektro S-1,orangnya tuh sangat baik,gak banyak bicara,yang jelas udah banyak membantu saya dalam menyelesaikan Skripsi,Terima kasih atas semua kemudahan yang sudah diberikan kepada saya dalam pengurusan administrasi jurusan. Pak displaynya kapan dilanjutin??? Saya kan udah lulus pak!!! Hehehe...!!!

Yoseph Deddy Irawan ST,MT Bapakku yang satu ini sangat mahir dalam program Delphi,Dia adalah pembimbing II ku dalam Skripsi, Terima kasih pak sudah memberi program serial Rs232 nya,terima kasih juga sudah memberi nilai bimbingan 90 sehingga saya bisa the best,, hehehhe...!!!! Maaf ya pak sudah melanggar kebijaksanaan bapak sendiri yang mana seorang mahasiswa tidak diperbolehkan kerumah Bapak,, tapi terima kasih sudah mengijinkan saya malam – malam harus mengganggu istirahat bapak hanya untuk minta tandatangan,,,

Ir.Teguh Herbasuki,MT. Bapakku yang satu ini dulu sempat baik kepada saya selama penyelesaian proyek pembangunan gedung elektro,dulu hampir tiap hari saya kerumah pak teguh,,, terima kasih ya pak sudah memberi say banyak masukan dalm pengalaman Bapak,terima kasih juga sudah membantu nilai kuliah saya,,hehehe!!!

- *Terima kasih juga buat Bapak – Bapak dan Ibu – Ibu dosen dan Karyawan lain yang sangat membantu dalam terselesainya kuliah saya,Pak Ibrahim mator kasoon pak nilai Matek dan kendali,Bu Irine Budi, makasih buk yang udah sering ngasi saya camilan, maaf ya buk labnya belum selesai 100%, Pak Ashar, Makasih ya pak buat nilai Algoritmanya!!! Pak setyo,pak Cahyoo, Bu puji makasi ya bu sudah memberi kemudahan dalam ngurus DPA dan administrasi lainnya, Pak Jayeng Kesruh, terima kasih banyak ya pak sudah banyak membantu dalam pengurusan administrasi jurusan, maaf ya pak kalo saya agak lalai dalam melaksanakan tugas dari bapak!! Terima kasih atas kesabarannya dalam menghadapi sikap, maaf juga karena makalah saya harus bolak – balik telat.kemasjid Bareng terus ya sama*

saya!!! Salam juga buat pak sugeng, Bu Mimin yang baik yang makasih Rl nya ya bu!! Makasih atas semua kemudahan yang udah diberikan pada saya, Bu Irma makasih File TAnya ya bu!! Juga CD Blank Gratisnya,Bu Watik Perpus makasi pinjaman bukunya yang gak pakai jaminan,hehehe,,, juga buat pak budi, Power supplynya nyusul ya pak!!! Buat seluruh Kru Pengajaran yang baik Pak Diglam Makasi informasi kuliahnya,pak marjo dan karno,, Buat seluruh kru parkiran makasih banyak yang sudah memberi tiket gratisan setiap kali masuk kampus,, seluruh Kru Satpam kampus II yang sudah mengijinkan saya tinggal di lab sampai malam,, Makasi juga buat kru Cleaning service, maaf ya kalo saya sering membuat kotor ruangan!!!

- *Ucapan banyak terima kasih buat Adek – adekku yang udah ngisi kehidupanku, Buat Adek kusnul Kotimah,maksih ya doa dan kasih sayangnya!!! Terima kasih atas kesetiannya!!! Adek Nanny yang muanizz,, makasi ya udah sering nemeni aqu melekan meski hanya lewat telpon dan sms,, Ayo semangt dek!!! Yang rajin belajarnya!!! Cepetan kuliahnya, udah banyak yang nunggu lho bu Bidan!!! Adek Ardelina yang Caem!!! Yang sukanya meletin lidah,,hehehe!!! Cepetean kuliahnya!!! Bdw kapan Pkn dek??? Makasi ya semangat dan doanya!! Makasi udah menghiasi kehidupanku dalam penyelesaian Skripsi,Makasi udah memberi kesempatan aqu untuk lebih mengenal Adek!!! Buat adek faiz pooh yang Ayu Makasi banyak ya udah memberikan kesempatan untuk mengenal Adek!!! Oh ya kapan nih bisa keluar bareng lagi??? Oke deh kapan-kapan tak cari rumahnya ke Bojonegoro sana,,!!! Salam aja buat Ainun dan Uul,,, Gimana kabarnya Santi??? Buat Adek Arie dan Ais di jember sana, Yang rajin lho sekolahnya!!! Raihlah cita-citamu dengan semangat dan Do'a.Tetap dijaga persaudaraan kita ya!!!*
- *Thanks for Denraka kompeni (Denraka corp) Ayo den dilanjutin gak proyek kincirnya???? Trims Banyak ya atas semua Dukungan dan masukannya,,, Met berbahagia yo,,,, engkok tak susul wes,,,, jogo sing apik yo lya!!!! Mudah – mudahan pernikahannya langgeng selalu sampai kaken-kaken dan nenen nenen...*
- *Buat Saudara-saudaraku seluruh kru Laboratorium!!! Makasih buat seluruh kru lab Workshop Gus Andyk makasi ya udah buatin panelku Perjuangan masih panjang Gus,hari,Ucil dan DIII lainnya yang udah sering membantu dan nemeni Aku selama di workshop.Kru Lab Telekomunikasi Mas Nanang makasi ya atas semua bantuannya!!! Yang udah dengan ikhlas buatin aqu gambar dan buatin Sladeku,udah nemeni aqu kemana aja selama ini, Buat hairi (Iyi) Makasi banyak lho atas semuanya mulai dari minjemin aqu Flash disk,minjemi Hp,dan buatin Aqu software Delphi untuk Skripsiku pokoknya dia banyak deh bantuin aqu,buat Wawan,Ardi,Able,Nurcahyo,Itia,Hesti,Ina dan kru lab Siskom lainnya.Kru Lab pemeliharaan dan perancangan yang udah banyak membantu dalam penyelesaian Alatku,buat Dito makasi ya semua masukan dan softwarenya, Rico yang udah*

buatin Program untuk Alatku,,, Makasi banyak ya!! Setelah ini kita lanjutin kembali ya!!! Buat Sony prasetyo makasi atas semua bantuannya!! Khususan buat Bos Faisol makasi banyak bos bantuannya ya!!! Udah buatin aqu gambar dan banyak masukan kalo udah kerjanya enak jangan lupa ya ajak-ajak!!! Mau mroyek apa bos??Jonathan Makasi ya yang kadang udah banyak menghiburku, Tya makasi ya atas semua Info dan Nasihatnya dan juga udah sering mengingatkanku,Adek kusnul Sayang makasi ya udah editin Skripsiku dan makasi udah nyetrika bajuku!!! Pokoknya aqu ucapin terima kasih khusus deh buat kru lab perancangan dan perawatan iniyang udah aqu anggap saudara semua,oh iya ketinggalan satu buat Neal aji makasi ya udah ikhlas bantuin aqu dalam pengujian alatku yang udah rela bantuin gotong dan nunggoki, Buat Kru Lab Elka Digital yang udah banyak bantuin aqu,Khususan Buat Pak de,maksi banyak ya!!! Kapan-kapan deh tak pijit lagi,Si Dodoy,Irawan,Sundoro,vivi,lupi, Eko,hafis,Bak temi,Mas kris,dan lainnya yang baru-baru yang aqu gak hafal,

- *Terima kasih buat teman – teman kru 2001 khusus buat kru puskopad buat kepala suku gus jay,gimana kabarnya mak beta???,buat mba selamat atas kelulusannya,buat Mprit,Hemo,Nemo,Dian,Sapi,Syafak,Suep,,Kapan lulus nih? Kebersamaan kita akan terus berkesan dalam hidupku,mulai kita makan bersama,melekan bersama,nonton bareng di cafee dan juga kenangan lain yang gak dapat aku sebutkan satu – persatu,aku hanya berdoa semoga persahabatan kita tetap langgeng selalu.Khusus buat gus ja'i akhirnya aku wisuda bareng denganmu gus,,,,,,, makasi ya dukungan dan semangatnya,makasi juga atas dukungannya pdkt dengan adek (Ardelina),oh ya jangan lupa sampaikan salmku sama mak beta ya,,,,, ayo gus kapan dolan nang Magetan kono,tak anterno wesss,,,,,*
- *Terima kasih buat teman – teman dikomplek kost kampus II ITN,,,,, Holil Endut,Hermawan,Padang,Imron rosidi,Santoso,Afan,Imam,Noviek,dan lain2,,, ayo rek cepet lulus!!!!!!*
- *Terima kasih juga pada semua pihak yang udah membantu dalam terselesaikannya kuliah saya yang tidak dapat disebutin satu persatu,terima kasih semuanya!!!!!!*

ABSTRAK

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR (KWH METER)DIGITAL 3 FASA YANG DIKOMUNIKASIKAN DENGAN PC PADA PANEL HUBUNG UTAMA ITN MALANG

(Very Sukarela,01.12.135,Teknik Elektro S.1/Energi listrik)
(Dosen Pembimbing I : Ir.Sidik Noertjahjono,MT)
(Dosen Pembimbing II : Joseph Deddy Irawan ST,MT)

Kata Kunci : Alat Ukur energi listrik,KWH Meter,Mikrokontroller,Alat ukur digital,Sensor Arus,sensor tegangan,LCD,PC.

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia sehari – hari, kita tahu energi listrik yang ada di Indonesia merupakan energi listrik yang dihasilkan dari tenaga uap,air,gas,diesel,dan lain – lain.Semua energi tersebut merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui,maka perlu adanya program penghematan pemakaian.Dalam laboratorium teknik Elektro,pemakaian energi listrik biasanya tidak terkontrol dan tidak teratur sehingga dapat mengalami pembengkakan pemakaian energi listrik.

Maka dari itu pada skripsi ini dibuat suatu alat untuk memonitoring suatu energi listrik yang terpakai,tanpa harus mencatat setiap waktu dibutuhkan.Untuk kelanjutannya alat ukur ini dapat digunakan sebagai alat untuk memonitoring pada suatu proses audit energi.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat-Mu Ya Allah yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perencanaan dan pembuatan alat ukur (KWH Meter) yang dikomunikasikan dengan PC pada panel hubung utama ITN Malang" ini dengan lancar. Skripsi ini merupakan persyaratan kelulusan Studi di Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi listrik ITN Malang dan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Keberhasilan peyelesaian laporan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Ka. Laboratorium Telekomunikasi
3. Bapak Joseph Deddy Irawan ST,MT selaku Dosen Pembimbing II dan Ka. Laboratorium Elektronika Digital.
4. Ayah dan Ibu serta saudara-saudara kami yang telah memberikan do'a restu, dorongan, semangat, dan biaya.
5. Rekan-rekan Instruktur di Laboratorium Perancangan Elektronika, Workshop,dan Telekomunikasi.
6. Semua yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan meyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelasaikan laporan ini. Untuk itu penyusun

mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Harapan penyusun semoga laporan skripsi ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pembaca.

Malang, September 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PERSETUJUAN ii

ABSTRAK iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR TABEL xiii

BAB I 1

PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3. Kontribusi penelitian 3

1.4. Tujuan Perancangan 3

1.5. Batasan Masalah 3

1.6. Metodologi Penelitian 4

1.7. Sistematika Penulisan 5

BAB II 6

TEORI DASAR 6

2.1. Besar Energi Listrik 6

2.2. Daya Listrik 7

2.3. KWH Meter 7

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PERSETUJUAN ii

ABSTRAK iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR TABEL xiii

BAB I 1

PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3. Kontribusi penelitian 3

1.4. Tujuan Penelitian 3

1.5. Batasan Masalah 3

1.6. Metodologi Penelitian 4

1.7. Sistematika Penulisan 5

BAB II 6

TEORI DASAR 6

2.1 Besar Energi Listrik 6

2.2. Daya Listrik 7

2.3. KWH Meter 7

2.4. Metode Kalibrasi KWH Meter Satu Fasa 9

2.5 Daya Kompleks 11

2.6. Faktor Daya 12

2.7. Transformator 13

2.8. Transformator Tegangan 16

2.9. Transformator Arus (CT) 16

2.10. Pengkondisi Sinyal *Zero Crossing Detector.* 17

2.11. Phasa Comparator (Fasa Detector) TC5081BP 19

2.12. ADC (Analog To Digital Converter) 21

2.13. Successive Approximation 22

2.14. ADC 0808 23

2.15 Mikrokontroller AT89S8252 25

2.16. Figure Serta Tata Letak Pin-Pin Mikrokontroller 26

2.17. SFR Pada AT89S8252 30

2.18. Data Memori (EEPROM) dan RAM 36

2.19. Programmable Watchdog Timer (WDT) 37

2.20. *LCD (Liquid Crystal Display)* 43

2.21. Iterface RS 232 45

2.22. Push Button Switch 49

2.23. Bahasa Pemrograman *Delphi* 50

BAB III 52

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT 52

3.1. Gambaran Umum 52

3.2 Diagram Blok 52

3.3 Perencanaan Hardware 54

3.3.1. Perencanaan Sensor Tegangan 54

3.3.2. Perancangan Rangkaian *Zero Crossing Detector.* 57

3.3.3. Perancangan rangkaian penyearah 59

3.3.4. Perancangan *Phasa Comparator* (*Fasa Detector*) 59

3.3.5. Perancangan Rangkaian *Analog To Digital Conventer* (ADC) 61

3.3.6. Perancangan Minimum system Mikrokontroller AT89S8252 63

3.3.7. Perancangan Tampilan (*Display*) Rangkaian LCD 65

3.3.8. Rangkaian Clock Internal 66

3.3.9. Rangkaian *Reset* 67

3.3.10. Perancangan *Push Botton* Pemilih Tampilan 68

3.4 Perencanaan *software* 69

3.4.1. Tampilan *Energy Meter* Dalam PC 69

3.4.2. Diagram Alir (*flow Chart*) Keseluruhan Sistem 70

BAB IV **71**

PENGUJIAN ALAT **71**

4.1. Pengujian sensor 71

4.1.1. Pengujian sensor arus 71

4.1.2. Pengujian sensor tegangan 73

4.2. Pengujian detektor melintas nol 74

4.2.1 Tujuan 74

4.3 Pengujian *phasa comparator* (Detektor fasa) 75

4.3.1 Tujuan 75

4.4 Pengujian ADC 78

4.5 Pengujian LCD tampilan 82

4.6 Pengujian Tampilan Pada PC 83

BAB V **84**

PENUTUP **84**

5.1 Kesimpulan 84

5.2 Saran 85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Konstruksi kWh[9] 8

Gambar 2.2. Rangkaian arus bolak – balik[A] 11

Gambar 2.3. Diagram fasor arus yang berbeda fasa dengan tegangannya[A] 12

Gambar 2.4. Segitiga daya dari segitiga impedansi[A] 12

Gambar 2.5. a. Bagian Transformator 14

Gambar 2.6. Diagram Hubungan Transformator Tegangan 3 Phasa 16

Gambar 2.7. Diagram Hubungan Trafo Arus 3 Phasa 17

Gambar 2.8. Hasil Perubahan Dari Zero Crossing Detector 18

Gambar 2.9. Rangkaian Crossing Detector Dengan IC LM741 19

Gambar 2.11. Bentuk keluaran sinyal dari TC5081BP 20

Gambar 2.12. Struktur Pin IC ADC 0808 25

Gambar 2.14. Letak SFR Pada Mikrokontroller AT89S8252 30

Gambar 2.15. Koneksi SPI Master dan Slave 35

Gambar 2.18. Timer 2 Pada Mode Auto Reload DCEN = 0 40

Gambar 2.20. Timer 2 Sebagai Baud Rate Generator 42

Gambar 2.21. Timer 2 Dalam Clock Out Mode 43

Gambar 2.23. Konfigurasi Pin IC MAX232 47

Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem Pengukuran KWH Meter Digital 52

Gambar 3.2. Diagram Hubungan Transformator Tegangan 3 Phasa 55

Gambar 3.3. Diagram Hubungan Trafo Arus 3 Phasa 56

Gambar 3.4. Hasil Perubahan Sinyal Dari Zero Crossing Detector 57

Gambar 3.6 penyearah jembatan..... 59

Gambar 3.9. Rangkaian ADC 0808 62

Gambar 3.10. Konfigurasi Kaki Mikrokontroller AT89S8252 65

Gambar 3.11. Rangkaian LCD..... 66

Gambar 3.12. Rangkaian Clock..... 67

Gambar 3.13. Rangkaian Reset..... 67

Gambar 3.14. Perancangan Push Botton Pemilih..... 68

Gambar 3.15 Rangkaian RS 232..... 68

Gambar 3.16. Tampilan Energi Meter Dalam PC..... 69

Gambar 3.17. Diagram Alir Keseluruhan Sistem 70

Gambar 4.1 . Tampilan sinyal dari outputan CT..... 72

Gambar 4.2. Bentuk sinyal keluaran sensor tegangan 74

Gambar 4.3. Perbandingan sinyal inputan dan outputan zero crossing detektor 75

Gambar 4.4. Outputan sinyal zero crossing detektor..... 75

Gambar 4.5. Beda fasa antara Arus dan tegangan beban resitif 76

Gambar 4.6. Beda fasa antara arus dan tegangan beban induktif..... 76

Gambar 4.7. Sinyal keluaran komponen phasa Comparator beban resitif..... 77

Gambar 4.8. Sinyal keluaran komponen Phasa comparator beban induktif..... 77

Gambar 4-9. Diagram Blok Pengujian ADC 78

Gambar 4-10. Rangkaian Pengujian ADC..... 79

Gambar 4-6. Foto Pengujian ADC pada tegangan masukan 2.137 V 80

Gambar 4-7. Foto Pengujian ADC pada tegangan masukan 993 mV 81

Gambar 4.8. Tampilan Awal Saat Dinyalakan 82

Gambar 4.9. Tampilan tegangan tiap fasa 82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Register Pada Mikrokontroler 31

Tebel 2.2. Fungsi Pin Pada Mikrokontroler 31

Tabel 2.3. Komposisi Data 32

Tabel 2. 4. Pemetaan Memori 33

Tabel 2.5. Pewaktuan I.C. 8252 39

Tabel 4.1. Hasil dan Analisis Pengujian Sensor Arus 72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin hari semakin berkembang dengan pesat,maka tidak menutup kemungkinan semua pekerjaan manusia akan menjadi semakin mudah dan praktis.seperti pada halnya system instalasi listrik pada gedung Laboratorium dan gedung Kuliah Elektro Institut Teknologi Nasional Malang yang menggunakan sistem smart building yang diistilahkan dengan Building Automation System (BAS) yang mana pada sistem ini semua peralatan dan komponen listrik dapat dikendalikan dari satu tempat melalui Personal Computer (PC).Pada system ini banyak sasaran yang diinginkan diantaranya untuk mempermudah pengontrolan dan untuk mencapai suatu sistem instalasi yang hemat dan andal,hal ini dikarenakan pada system ini digunakan suatu sensor cahaya dan timing yang mana pada sensor cahaya ini bekerja berdasarkan pengaturan fluks yang diinginkan pada suatu ruangan,sedangkan timing sendiri memberi pewaktuan pada beban yang dilayani dan untuk pengaturan ini dapat diatur lewat personal computer untuk semua beban yang dilayani.

Bila kita tinjau pada salah satu tujuan dari BAS ini ada satu tujuan yang sangat signifikan yaitu pada penghematan,yang mana pada penghematan ini tentunya kaitannya dengan pemakaian Energi listrik . Seperti telah diungkapkan diatas bahwa system Smart Buiding ini merupakan suatu control terpusat yang tentunya juga mempunyai titik cabang yang disebut dengan Switching Panel. Pada Switching Panel ini merupakan kontak

penghubung dari kontrol kebeban yang akan mempengaruhi dari pemakaian daya. Yang menjadi persoalan disini adalah bagaimana kita mengembangkan suatu system instalasi yang ada menjadi lebih baik dengan penambahan suatu system yang lebih andal dan layak jual.

Pada skripsi ini kami mencoba megembangkan sytsem ini dengan suatu tambahan alat untuk memonitoring Energi yang terpakai pada gedung Laboratorium Elektro ITN MALANG,yang mana sampai sejauh ini untuk tujuan penghematan yang diinginkan pada system ini belum termonotoring,sehingga untuk pemakaian Energi Listrik pada Gedung Laboratorium Tidak terditeksi seberapa besar Energi Listrik yang terpakai.

Berdasarkan pertimbangan diatas,maka penulis mencoba mengangkat masalah tersebut dalam suatu skripsi kami yang berjudul "PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR (KWH METER) DIGITAL 3 FASA YANG DIKOMUNIKASIKAN DENGAN PC PADA PANEL HUBUNG UTAMA ITN MALANG"

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah di jabarkan pada bagian sebelumya, maka permasalahannya adalah bagaimana merancang dan membuat alat ukur energi listrik secara digital dan sederhana yang dapat digunakan dimana saja untuk keperluan mengontrol pemakaian Energi listrik.Sehingga pada pengembangan selanjutnya alat ini dapat digunakan dimana saja pada suatu perusahaan besar ataupun instansi – instansi yang membutuhkan alat untuk memonitoring energi yang terpakai yang selanjutnya

dengan diketahuinya energi yang terpakai dengan waktu tertentu suatu perusahaan dapat mengembangkan dengan audit energi listrik.

.

1.3. Kontribusi penelitian

Adapun kontribusi dari perencanaan dan pembuatan alat pengukur Energi listrik 3 fasa yang dikomunikasikan dengan PC adalah suatu upaya untuk pengembangan dari sistem yang ada pada system instalasi otomatis yang ada pada gedung laboratorium dan gedung kuliah Elektro ITN Malang.yang selanjutnya juga dapat dikembangkan untuk pemasangan instalasi – instalasi gedung lain.Selain itu alat ini juga dapat dimanfaatkan sebagai pengontrol pemakaian Energi Listrik untuk kebutuhan audit energi.

1.4. Tujuan Perancangan

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring pemakaian energi listrik yang terpakai pada gedung laboratorium ELEKTRO ITN MALANG dengan tampilan LCD dan PC.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini diperlukan suatu batasan masalah agar tidak menyimpang dari ruang lingkupyang akan dibahas,batasan masalah ini meliputi:

1. Hanya membahas tentang alat ukur energi Listrik 3 fasa secara digital
2. Panel yang dimonitoring adalah Main Distribusi Panel (MDP) pada gedung laboratorium Elektro ITN MALANG
3. Mikrokontroler yang digunakan AT89S8252

4. Mikrokontroller dengan PC menggunakan komunikasi serial
5. Tidak membahas masalah gedung dan instalasi keseluruhan
6. Tidak membahas power supply yang digunakan
7. Tidak membahas tentang bentuk alat yang digunakan.
8. Software yang dipakai pada PC menggunakan Program Delphi

1.6. Metodologi Penelitian

Metodologi yang dipakai dalam pembuatan skripsi ini adalah :

1. **Studi Literatur**

   Dengan mencari referensi-referensi yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan alat yang dibuat.

2. **Field Research**

   Dengan melakukan penelitian secara langsung mengenai objek-objek yang berhubungan langsung dengan perencanaan alat yang akan dibuat.

3. **Design dan pembuatan alat**

   Yaitu meliputi pembuatan PCB,perakitan komponen,bentuk design fisik alat,penempatan alat dan pembuatan perangkat lunak.

4. **Pengujian Alat**

   Dengan melakukan pengujian perblok dan kerja seluruh system pada alat tersebut.

5. **Penyusunan Laporan Skripsi**

   Membuat laporan yang terdiri dari: Pendahuluan, Landasan Teori, Perencanaan dan Pembuatan Alat, Pengujian Alat dan Penutup.

1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Membahas teori dasar penunjang perancangan dan pembuatan alat

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas tentang perancangan alat yang terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak

BAB IV PENGUJIAN ALAT

Membahas tentang pengujian peralatan perblok dan peralatan secara keseluruhan dan juga menganalisa hasil pengujian.

BAB V PENUTUP

Berisikan kesimpulan dari perencanaan dan pembuatan alat.Serta saran – saran untuk penyempurnaan alat.

BAB II

TEORI DASAR

2.1. Besar Energi Listrik

Besar energi listrik dapat diukur saat terjadinya perubahan energi listrik menjadi energi kalor. Salah satu perangkat untuk mengetahui besar energi listrik adalah kalorimeter. Pada percobaan Joule, sebuah kalorimeter berisi air dipanaskan dengan energi listrik yang berasal dari sebuah akumulator dengan kuat arus, tegangan, dan waktu tertentu. Perubahan energi listrik menjadi energi panas ditunjukkan oleh kenaikan suhu air pada skala termometer.

Dari percobaan dapat diketahui bahwa kenaikan suhu air sebanding dengan tegangan, kuat arus, dan waktu. Hal ini berarti besarnya energi listrik yang dikeluarkan oleh sumber tegangan sebanding dengan energi kalor yang diterima oleh air. Dengan demikian, besar energi listrik sebanding dengan tegangan (V), kuat arus (I), dan waktu (t). secara matematis hubungan tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$W = V \cdot I \cdot t \quad \text{.....(2.1)}$$

W = Energi listrik dengan satuan joule (J)

V = Tegangan dengan satuan volt (V)

I = Kuat arus dengan satuan ampere (A)

t = Waktu dengan satuan sekon (s)

Menurut hukum Ohm: $V = I \cdot R$ sehingga :

$$W = (I \cdot R) \cdot I \cdot t \quad \text{atau} \quad W = I^2 \cdot R \cdot t \quad \text{.....}$$

2.2. Daya Listrik

Karena lamanya penggunaan arus listrik (energi listrik) untuk menjalankan sebuah alat listrik berbeda-beda untuk berbagai keperluan, penggunaan konsep daya (energi per satuan waktu) sangatlah penting. Jika daya suatu alat diketahui, kita dapat menghitung energi yang digunakan selama waktu tertentu, misalnya selama 1 jam, atau 1 hari, atau selang waktu lain. Daya dapat dikatakan sebagai energi yang digunakan (atau yang diubah, atau yang dihasilkan) per satuan waktu.jika daya listrik kita beri lambang P, dan suatu alat listrik dalam waktu t sekon menggunakan energi listrik sebesar W joule, maka:

$$P = \frac{W}{t} \; joule / sekon \quad \text{.....(2.3)}$$

Joule/sekon lebih sering disebut *watt*, disingkat W. Satuan energi listrik dapat dan sering dinyatakan dalam bentuk satuan daya, yaitu watt-sekon (Ws), kilowatt jam (kWh).

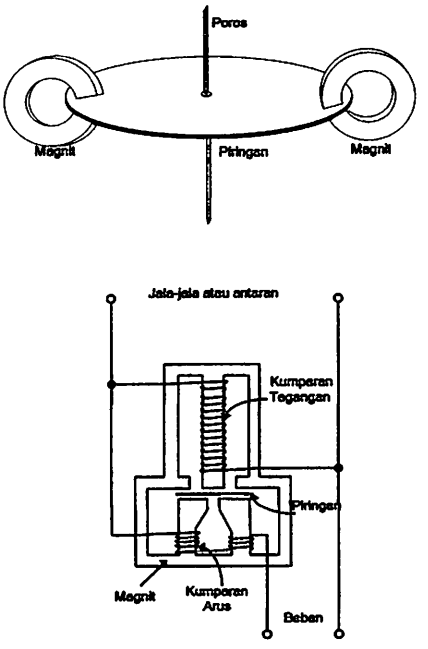
1 Ws = 1 J/s x s = 1 J. .....(2.4)

1 Wh = 3600 joule.

1 kWh = 3600 kJ

2.3. KWH Meter

KWH meter adalah suatu suatu alat yang digunakan untuk pengukuran dan menentukan besarnya pemakaian daya dan energi listrik dalam satuan kilowatt/jam.



Gambar 2.1. Skema Konstruksi kWh[9]

Prinsip kerja kWh meter berdasarkan atas induksi elektromagnetik, terdapat dua kumparan yang terpisah yaitu kumparan arus dan kumparan tegangan.

Ciri khas kedua kumparan ini adalah :

1. Kumparan arus, kawat yang digunakan berpenampang besar dan sedikit gulungan kumparannya.
2. Kumparan tegangan, kawat yang digunakan berpenampang kecil tetapi gulungan kumparannya banyak.

Arus beban I akan melalui kedua kumparan, pada kumparan arus akan menghasilakan fluxi magnit di dalam terasnya. Sedangkan pada kumparan tegangan arus I akan menghasilkan fluxi magnet juga. Akibat kedua gaya inilah, resultan dari kedua flux pada kedua piringan alumunium akan timbul suatu momen (*torsi*) atau putaran. Torsi yang dibangkitkan sebanding dengan kuat medan kumparan tegangan dan arus pusar di dalam piringan yang berturut-turut adalah fungsi kuat medan kumparan arus. Flux dari

magnet permanen berfungsi sebagai peredam putaran dari piringan alumunium. Arus-arus pusar ini bereaksi dengan medan magnit dari magnit-magnit permanen kecil dan meredam gerakan piringan. Dengan cara transformasi suatu sistem mekanis tertentu, maka jumlah putaran dan piringan dibantu dengan alat penunjuk berupa roda angka akan menunjukkan jumlah energi yang terukur dalam kWh.

2.4. Metode Kalibrasi KWH Meter Satu Fasa

Menentukan kesalahan kWh meter dengan membandingkannya terhadap watt meter dan pengukur waktu (stop watch) adalah standar (cara mutlak). Jumlah energi yang dicatat oleh kWh meter pada sejumlah piringan putaran n, adalah : n/c (kWh) dimana c adalah konstanta meter dalam putaran/kWh. Nilai kWh sebenarnya adalah perkalian daya (P) yang ditunjukkan oleh watt meter dan waktu (t) yang diperlukan untuk n putaran piringan. Nilai t ditunjukkan oleh stop watch. Jika kWh meter tidak mempunyai kesalahan maka waktu yang diperlukan untuk n putaran piringan disebut waktu dasar atau t_d.

kWh meter satu fasa, daya disini adalah perkalian antara arus (I), tegangan (V), dan faktor daya (Cos φ).

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \text{.....(2.5)}$$

Energi (kWh meter) = daya (watt meter) x t (stop watch)

$$\frac{n}{c} = \frac{V.I.\cos\varphi.td}{1000.3600} \quad \text{.....(2.6)}$$

Catatan:

1 kWh = 1000 Wh

1 jam = 3600 detik

$$t_d = \frac{n.3600000}{c.V.I.\cos\varphi} \det ik \quad \text{.....(2.7)}$$

Dimana:

V = tegangan kalibrasi dalam volt

I = arus dalam ampere

C = konstanta kWh meter

$\cos\varphi$ = faktor daya

t_d = waktu dalam detik

Dari sini dapat dihitung kesalahan kWh meter dalam (%) dengan rumus:

$$S = \frac{td - t}{t} x100\% - s_1 \quad \text{.....(2.8)}$$

Dimana:

S = kesalahan meter dalam %

t = waktu yang diperlukan untuk n putaran piringan diukur dengan Stop watch

T_d = waktu yang diperlukan untuk n putaran piringan jika kWh meter tidak mempunyai kesalahan (waktu dasar)

S_1 = kesalahan penunjukan watt meter standar dalam %

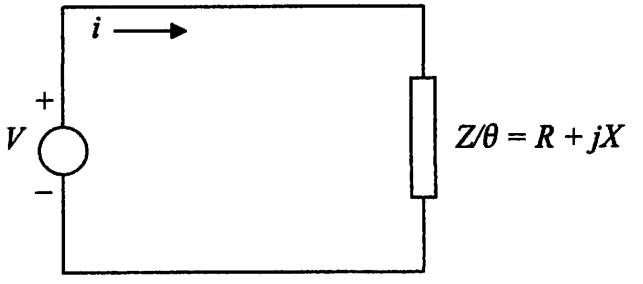
2.5 Daya Kompleks

Jika suatu arus i mengalir dalam suatu rangkaian yang mengandung sebuah resistansi R dan sebuah reaktansi X, seperti pada gambar 2.2, maka tenaga yang diberikan oleh sumber akan diubah menjadi panas dalam resistor tersebut dan dipertukarkan antara sumber dengan medan dalam reaktansinya. Daya rata – rata yang hilang dalam resistor, daya nyata P dalam rangkaian, adalah :

$$P = I^2 . R$$

Sedangkan daya reaktifnya (Q) adalah :

$$Q = V_X I = I^2 X$$



Gambar 2.2. Rangkaian arus bolak – balik[A]

Dengan memberikan lambang S untuk mewakili daya kompleks, diperoleh :

$$S = P + jQ \quad \text{.....(2.1)}$$

Besar daya kompleks tersebut adalah sama dengan besar daya semu. [Mismail, 1995]

Dari persamaan 2.1. diatas tampak bahwa :

$$P = \text{Re}[S] = VI \cos \varphi$$

Maka diperoleh persamaan sebagai berikut :

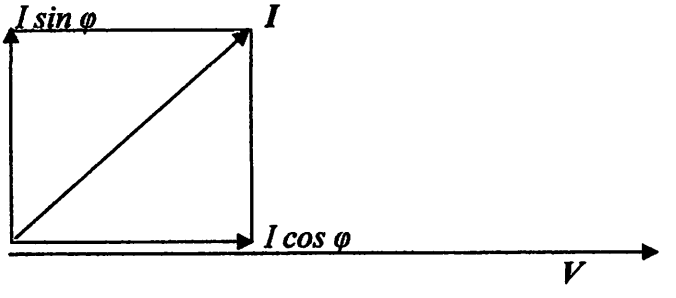
$$Q = \text{Im}\,[S] = VI \sin \varphi$$

2.6. Faktor Daya

Perbandingan antara daya nyata atau daya aktif dengan daya semu disebut faktor daya, yang sering ditulis dalam singkatan *pf (power faktor)*.

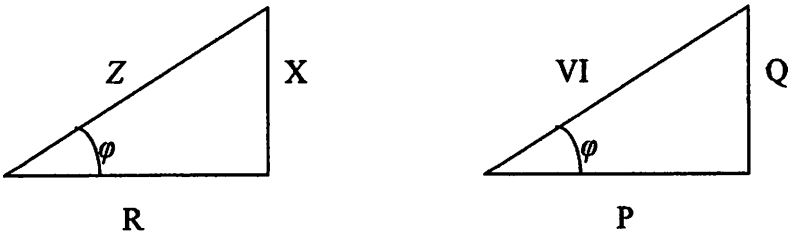
$$Pf = \frac{VI\cos\theta}{VI} = \cos\theta$$

Suatu rangkaian dengan arus yang mengalir di dalamnya tertinggal dari tegangannya (yaitu suatu rangkaian induktif) dikatakan mempunyai faktor daya tertinggal. Dan suatu rangkaian yang arusnya mendahului tegangannya dikatakanmempunyai faktor daya mendahului.



Gambar 2.3. Diagram fasor arus yang berbeda fasa dengan tegangannya[A]

Gambar 2.3. memperlihatkan diagram fasor untuk *V* dan *I*. Tampak bahwa arus fasor dapat diuraikan menjadi dua komponen, *I cos φ*. Komponen *I cos φ* sefasa dengan *V* dan hasil kalinya menghasilkan daya nyata *P*. Di sisi yang lain *I sin φ*, yang berbeda fasa 90^0 dari *V*, menghasilkan daya reaktif *Q*.



Gambar 2.4. Segitiga daya dari segitiga impedansi[A]

Seringkali lebih mudah untuk memahami daya kompleks dengan meninjau segitiga impedansinya seperti yang diperlihatkan di dalam gambar 2.4. Tampak bahwa beban dalam diagram tersebut bersifat induktif (faktor daya tertinggal). Karena X positif maka Q juga positif.

2.7. Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik kerangkain listrik yang lain,melaui suatu gandengan maknet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Kerja transformator berdasarkan induksi magnet antara rangkaian primer dan rangkaian sekunder. Gandengan magner nerupa inti besi tempat melakukan fluk bersama.

Apabila sebuah transformator tanpa beban dengan kumparan primer dihubungkan pada sumber tegangan V_1 akan mengalirkan arus primer I_0 dengan pada belitan N_1 reaktif murni. Arus primer I_0 menimbulkan Fluks (ϕ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoid.

$\phi = \phi_{Maxs} \sin\omega t$

Fluks yang sinusoid ini akan menghasilkan tegangan induksi e_1 (Hukum Farraday)

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$e_1 = -N_1 \frac{d(\phi_{\max s} \sin \omega t)}{dt} = -N_1 \omega \phi_{Maxs} \cos \omega t$$

Harga efektifnya

$$E1 = \frac{N_1 2\pi f \phi_{\max s}}{\sqrt{2}} = 4.44\, N_1 f \phi_{\max s}$$

Pada rangkaian sekunder. Fluks (ϕ) bersama tadi menimbulkan

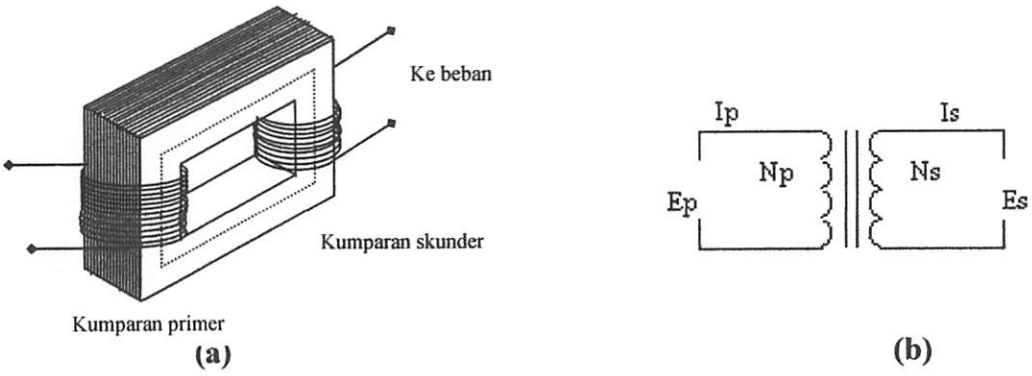
$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$e_2 = -N_2 \omega \phi_{\max s} \cos \omega t$$

$$E2 = 4.44\, N_2 f \phi_{\max s}$$

Sehingga:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}$$



Gambar 2.5. a. Bagian Transformator
b. Simbol Transformator[2]

Seperti dijelaskan keberadaan transformator diatas, maka transformator disini difungsikan sebagai penurun tegangan yang diperuntukkan untuk memberi tegangan pada komponen-komponen pengontrol.

Setiap trafo memiliki prinsip kerja yang sama yaitu:

- Arus bolak-bolik dalam lilitan primer membangkitkan fluks dalam intinya.
- Garis-garis gaya magnet memotong lilitan primer dan lilitan sekunder.
- Tegangan (ggl) diinduksier dalam lilitn primer dan sekunder.
- $Ep = 4{,}44.\ Ø.Np.f.10^{-8}$: $Es = 4{,}44.Ø.Ns.f.10^{-8}$ Volt

Dimana:

Ep = tegangan yang diinduksier pada lilitan primer

Es = tegangan yang diinduksier pada lilitan sekunder

Ø = fluk (garis-garis gaya magnet)……..Maxwell

Np = lilitan primer

Ns = lilitan sekunder

F = frekuensi abb……Hz

Sesuai dengan fungsinya transformator dapat dibedakan antara lain :

- Step-Up Transformator
- Step-Down Transformator
- Trafo dengan bermacam-macam tegangan sekunder
- Trafo Kopling

Trafo banyak sekali digunakan pada rangkaian listrik maupun elektronika misalnya pada pesawat radio, gardu-gardu listrik dan lain-lain.

Berdasarkan frekuensi trafo dapat dibagi 3, yaitu:

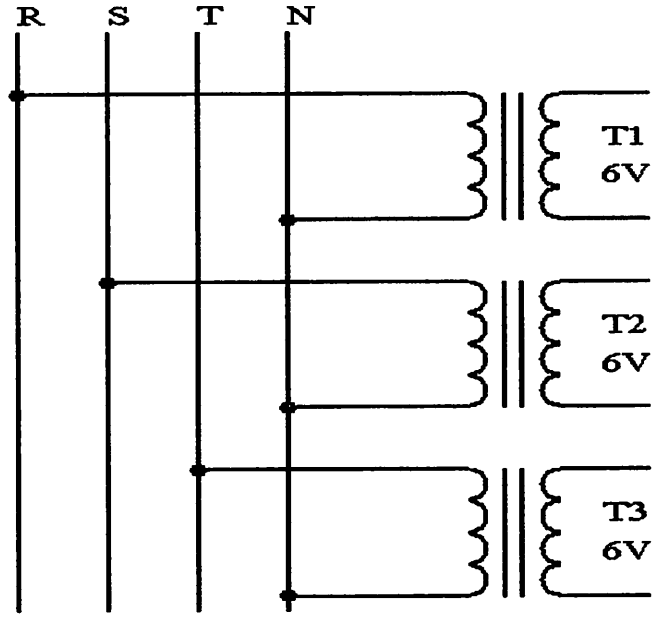
- Trafo frekuensi rendah
- Trafo frekuensi menengah
- Trafo frekuensi tinggi

Yang termasuk kedalam trafo frekuensi rendah yaitu:

- Trafo tenaga
- Trafo input dan trafo output

2.8. Transformator Tegangan

Karena tegangan yang diukur adalah tegangan 220/380 V, dimana pada alat ukur daya 3 fasa disini membutuhkan 2 atau 3 sensor tegangan yang berupa sebuah trafo step down yang besar kecilnya disesuaikan dengan kemampuan dari komponen pemerosesnya. Blok ini berfungsi untuk menerima tegangan AC jala-jala PLN yang masuk kebeban. Blok pengukuran tegangan terdiri dari transformator penurun tegangan, Transformator penurun tegangan yang digunakan mampu menurunkan tegangan yang di terima sebesar 50 kali, misalkan tegangan jala-jala yang di terima transformator sebesar 220 Vac maka tegangan keluaran dari transformator diingikan sebesar 3 Vac. dengan hubungan Y pada sisi primer dan sisi sekundernya.

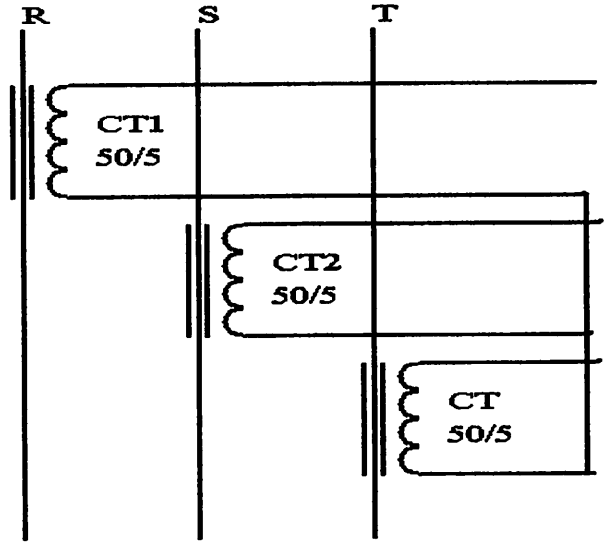


Gambar 2.6. Diagram Hubungan Transformator Tegangan 3 Phasa

2.9. Transformator Arus (CT)

Pada sensor arus disini juga berupa sebuah trafo arus (current Transformer) yang mempunyai perbandingan 50/5 A.CT disini digunakan sebagai pengukur arus listrik

secara tidak langsung Untuk trafo arus disini juga dihubungkan bintang pada sisi sekundernya.Besarnya arus pada sisi sekunder CT dikonversikan menjadi besarnya tegangan dengan memberi sebuah tahanan pada sisi sekunder CT.Namun pada CT yang terpasang ini sudah tidak menambah tahanan lagi karena dalam CT tersebut sendiri sudah terdapat tahanan.Untuk besarnya tegangan yang keluar pada CT sebanding dengan perubahan arus sesuai dengan perbandingan dari CT.

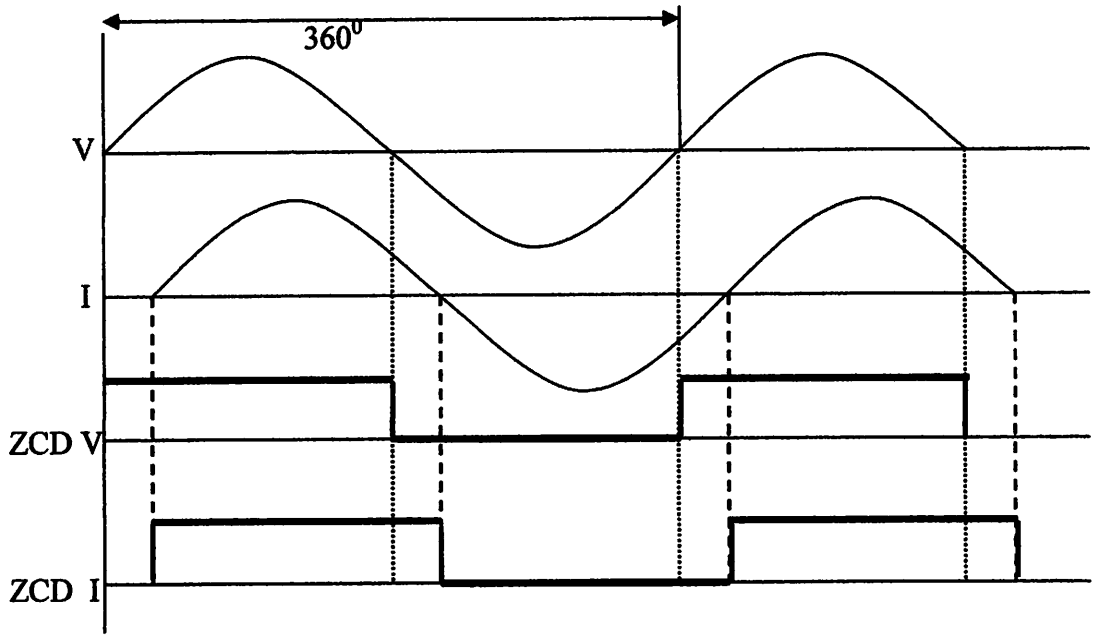


Gambar 2.7. Diagram Hubungan Trafo Arus 3 Phasa

2.10. Pengkondisi Sinyal *Zero Crossing Detector.*

Rangkaian *zero crossing detector* ini berfungsi sebagai pengubah bentuk gelombang sinusoida menjadi bentuk pulsa, karena sinyal yang keluar dari sensor arus dan tegangan masih berbentuk gelombang sinusoida.Dengan sinyal sinusioda ini maka suatu phasa comparator akan kesulitan untuk mengolah sinyal ini.Untuk itu,untuk mempermudah pemerosesan maka dari sinyal analog yang berupa gelombang sinusioda

terlebih dahulu dirubah dalam bentuk kotak hasil perubahan dari sinyal ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.8. Hasil Perubahan Dari Zero Crossing Detector

Karena alat ukur energi listrik ini 3 fasa maka tentunya mempunyai 3 buah sensor arus dan 3 buah sensor tegangan,untuk itu dalam perancangan rangakian *zero crossing detector* ini juga dibutuhkan 6 rangkaian,yaitu 3 rangakian sebagai pengubah sinyal arus dan 3 lagi sebagai pengubah sinyal tegangan.

Karena dalam satu gelombang sinusoida mempunyai nilai 360^0 dalam frekuensi jala – jala maka dapat disimpulkan bahwa dalam waktu :

$$T = \frac{1}{F}$$

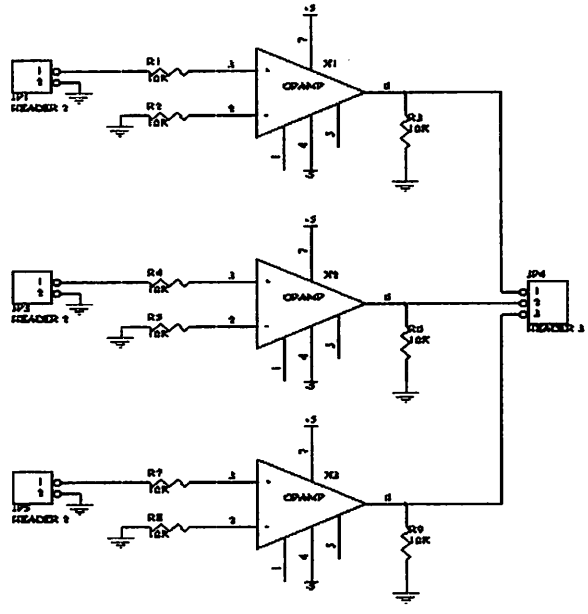
$$T = \frac{1}{50} \longrightarrow t = 0{,}02 \text{ dt}$$

Maka dalam waktu 0,02 dt terdapat satu gelombang penuh dengan sudut 360^0,

jadi setiap seperderajat dari gelombang $\frac{0,02}{360^0} = 5,5 \cdot 10^{-5}$

$= 55\ \mu S$

adapun bentuk rangkaian *crossing detector* adalah sebagai berikut :

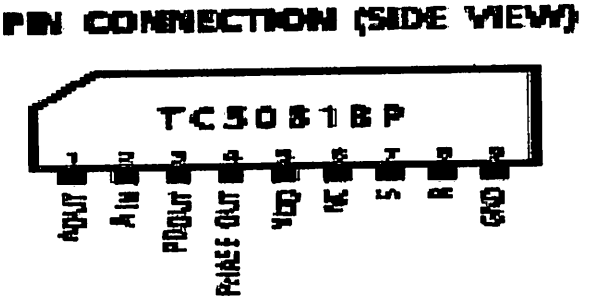


Gambar 2.9. Rangkaian Crossing Detector Dengan IC LM741

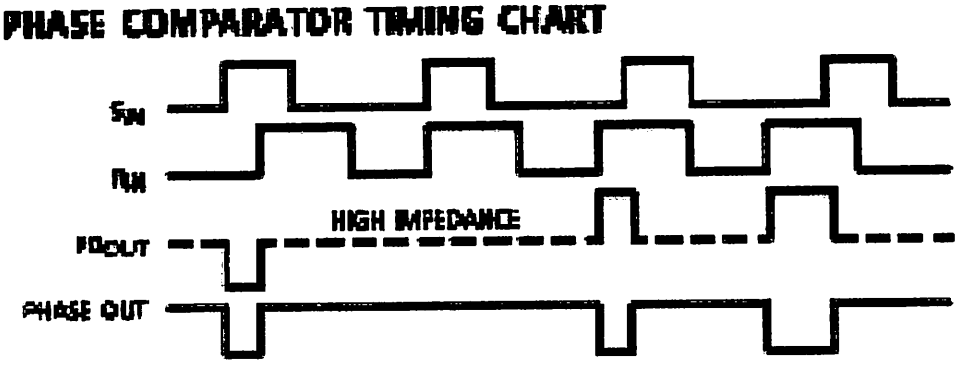
2.11. Phasa Comparator (Fasa Detector) TC5081BP

Fasa detector disini berfungsi sebagai pembanding antara sensor arus dan sensor tegangan untuk mengetahui factor daya (cosQ) dari beban yang terpakai.Yang mana pada rumus daya kita membutuhkan 3 unsur yaitu tegangan,arus dan factor daya.Faktor daya disini akan dihasilkan dari pebandingan antara arus dan tegangan yang ada,pada alat ini dipakai sebuah IC Phasa comparator TC5081BP produksi Thosiba.TC5081BP disini mempunyai banyak kelebihan.Yang mana TC5081BP ini merupakan pembanding fasa pada frekwensi tinggi yang terdiri dari pembanding fasa digital dan dapat digunakan

sebagai penguat untuk low pass filter. TC5081 merupakan IC Cmos yang dapat mendeteksi perbandingan antara dua masukan sinyal fasa yang berbeda.Pada keluaran pulsa positif dan negatifnya sebanding dengan *Pout*,jika Masukan kedua pulsa sama,maka *PDout* mempunyai impedansi yang tinggi.Karena IC ini termasuk Cmos maka impedansi *input* dari filter untuk penguat sangat tinggi dan IC ini juga mempunyai karakteristik yang sangat baik.IC ini mempunyai satu baris tunggal yang terdiri dari 9 pin,Adapun pin – pin dalam IC TC5081BP adalah sebagai berikut :



Gambar 2.10. Susunan pin pada IC TC5081BP



Gambar 2.11. Bentuk keluaran sinyal dari TC5081BP

2.12. ADC (Analog To Digital Converter)

Mikrokontroler hanya dapat mengolah (memproses) data dalam bentuk *biner* saja, atau lebih sering disebut *digital*, oleh sebab itu setiap data *analog* yang akan diproses oleh mikrokontroler harus dirubah terlebih dahulu kedalam bentuk kode *biner* (*digital*). Jadi untuk menghubungkan sistem *analog* yang ada diluar mikrokontroler kedalam mikrokontroler, dibutuhkan suatu pengubah atau konversi *analog* ke *digital*.

Fungsi dasar dari pengubah *analog* ke *digital* adalah mengubah tegangan *analog* kedalam bentuk kode-kode *biner* (*digital*) sehingga dapat diproses oleh mikrokontroler. Tegangan *analog* yang merupakan masukan dari ADC yang berasal dari sensor arus dan tegangan, rangkaian ini mempuyai *range* tertentu dan disebut *analog*. Kode *biner* hasil konversi ini dipakai data untuk diolah oleh mikrokontroler yang kemudian ditampilkan melalui LCD.

Pengubah *analog* ke *digital* merupakan jantung dari sistem data akusisi yang berfungsi mengubah data dalam bentuk kontinyu kedalam *digital* yang *diskrit*, sehingga cocok untuk diproses oleh mikrokontroler. ADC lebih banyak variasi bentuknya bila dibandingkan dengan DAC, karena dalam ADC karakteristik yang dibutuhkan jauh lebih banyak.

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen ADC, antara lain :

- ***Resolution*** **(Resolusi)**

Merupakan spesifikasi terpenting untuk ADC, yaitu jumlah langkah dari sinyal skala penuh yang dibagi dan juga ukuran dari langkah-langkah. Boleh juga dinyatakan

dalam *bit* yang ada dalam satu *word*, ukuran LSB (angka terkecil) sebagai persen dari skala penuh atau dapat juga LSB dalam mV (untuk skala penuh yang diberikan).

- ***Accuracy* (Ketelitian)**

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

- **Waktu Konversi**

Waktu yang dibutuhkan untuk mengkonversikan *analog* ke *digital* setiap sampel atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu konversi. Disini tidak akan dijelaskan keseluruhan dari jenis ADC, tetapi hanya dititik beratkan pada ADC jenis *Successive Approximation*. Karena dalam perencanaan pembuatan alat digunakan ADC jenis ini. *Successive Approximation* ADC merupakan golongan ADC medium. ADC tipe ini dapat dikatakan merupakan perpaduan yang baik antara kecepatan (kecepatan menengah) dan tingkat kerumitan rangkaian (menengah). Waktu konversi ADC ini selalu tetap, tidak tergantung pada besarnya sinyal *analog* (*input*), tetapnya waktu konversi ini merupakan keuntungan penggunaan ADC tipe ini.

2.13. Successive Approximation

ADC jenis ini dibentuk dari beberapa komponen DAC (*Digital To Analog Converter*), *Comparator* dan beberapa *register* serta rangkaian kontrol.

Teknik konversi yang dipakai adalah dengan melakukan perbandingan antara tegangan *input* yang tidak diketahui dengan tegangan *output* yang dihasilkan oleh DAC. DAC diatur oleh *shift register* dan rangkaian logika untuk kontrol dan hasil konversi

dapat diambil dari *register* keluaran. Konversi dimulai dengan memberikan sinyal *input start convertion*. Dengan sinyal *start convertion* tersebut mengakibatkan input DAC akan dibuat aktif sehingga MSB sama dengan 1 dan *bit* yang lainnya berharga 0. Output DAC akan terjadi setengah *full scale* dibandingkan dengan *input analog* yang dikonversi. Dari *output* komparator dapat diketahui mana yang lebih besar, bila tegangan *output* DAC lebih besar maka *bit* MSB tetap, sedangkan bila *output* DAC lebih kecil maka MSB berubah menjadi 0. Kemudian *bit* berikutnya (*bit* lebih rendah dari MSB) dibuat sama dengan 1 dengan keadaan MSB tetap seperti proses perbandingan pertama tadi. Dari keadaan *input digital* ini akan dihasilkan *output analog* (dari DAC) yang juga akan dibandingkan lagi dengan tegangan *input* untuk menentukan lagi apakah keadaan *bit* kedua akan diubah atau tidak. Proses diatas berlangsung terus sampai LSB, sehingga diperoleh *output* dari input DAC yang terakhir. Proses pergeseran *bit* dari MSB sampai LSB dilakukan oleh *shift register* yang waktunya diatur oleh pulsa *clock*. Jika proses konversi telah selesai *output status bit* akan mengeluarkan "*End Of Convertion*" yang menyatakan bahwa *output digital* ADC dapat diambil sebagai besaran *digital* yang mewakili *input analog* yang dikonversikan.

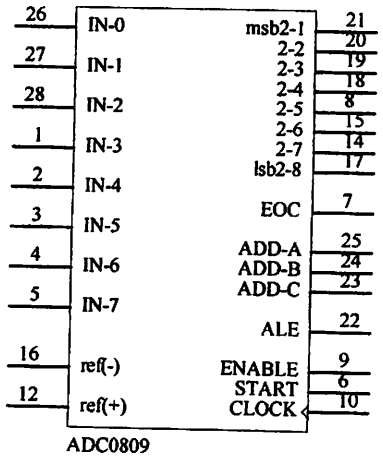
2.14. ADC 0808

Analog To Digital Converter (ADC) 0808 dikemas dalam IC *monolitik*, ADC ini menggunakan metode pengubah berturut-turut (*Successive Approximation Register*) dengan 8 saluran *input analog* dan dilengkapi beberapa kontrol logika sesuai dengan standar mikroprosesor. Blok diagram ADC 0808 memperlihatkan bahwa ADC 0808 terdiri dari 3 bagian utama yaitu :

- MUX *Analog* 8 *chanel.*
- *Analog To Digital Converter* (ADC) 8 *bit.*
- *Three State Buffer* (penyangga terkunci 3 kanal).

Multiplexer analog 8 *chanel* berfungsi untuk mengolah *input analog* secara bergantian. Untuk memilih *input* mana yang dikehendaki *output multiplexer* disediakan 3 *bit* kontrol pemilih saluran *input* A, B, C yang dalam perencanaan nantinya semua *input* tersedia. *Analog To Digital Converter* (ADC) merupakan *Successive Approximation Register* 8 *bit* yang terdiri dari komparator, *SAR*, dan *Clock Tree-state Latch Buffer* berfungsi untuk menampung keluaran ADC 8 *bit.*

ADC ini merupakan level tegangan terbatas untuk sinyal *input*-nya yang tergantung pada *input referensi* positif Vref (+) dan tegangan negatif Vref (-). Jika *input referensi* diberi tegangan negatif dan *input referensi* positif diberi tegangan positif sehingga tegangan *input analog* dapat berharga diantara kedua tegangan referensi tadi dan ini disebut bipolar, artinya kedua inputnya mempunyai polaritas positif dan negatif. Jika input referensi positif diberi tegangan positif dan referensi negatif diberi tegangan 0 volt, maka dapat disebut unipolar karena *analog*-nya berada diatas 0 volt (berharga positif aja). ADC yang dipakai dalam sistem ini dirancang untuk jenis unipolar. Gambar struktur pin ADC 0808 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.12. Struktur Pin IC ADC 0808

2.15 Mikrokontroller AT89S8252

Mikrokontroller AT89S8252 merupakan pengembangan dari mikrokontroller standard MCS-51. yang mana mikrokontroller AT89S8252 memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dari mikrokontroller MCS-51.

Fitur dari mikrokontroller AT89S8252 sebagai berikut :

a. 8K *byte Downloadable flash memori*

b. 2K byte EEPROM

c. 3 level program *memori lock*

d. 256 *byte RAM internal*

e. 32 I/O yang dapat dipakai semua

f. 3 buah *timer/counter* 16 bit

g. *Programmable UART (serial port)*

h. *SPI serial Interface*

i. *Programmable Watchdog Timer*

j. Dual Data *Pointer*

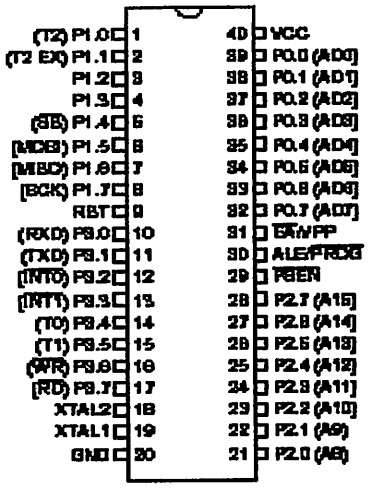
k. Frekuensi kerja 0 sampai 24 MHz

l. Tegangan operasi 2.7 Volt samapai 6 Volt

Terlihat bahwa mikrokontroller AT89S8252 memiliki banyak fitur yang menguntungkan. Dipakainya *downloadable flash* memori memungkinkan mikrokontroller ini bekerja sendiri tanpa diperlukan tambahan chip lainnya. Sementara flash memorinya mampu diprogram hingga seribu kali. Hal lain yang menguntungkan adalah system peemrograman menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan rangkaian yang rumit seperti rangkaian MCS-51.

Timer/counter bertambah dari standar 2 buah pada MCS-51 menjadi 3 buah pada mikrokontroller ini. Selain itu frekuensi kerja yang lebar dan rancangan static sangat membantu untuk proses debugging. Dengan adanya beberapa fitur tambahan ini, maka akan mengakibatkan bertambahnya *SFR* (*Special Function Register*).

2.16. Figure Serta Tata Letak Pin-Pin Mikrokontroller .



Gambar 2.13. Mikrokontroller AT89S8252

Mikrokontroller AT89S8252 memiliki 40 buah pin yang umumnya kemasan mikrokontroller ini adalah *DIP(Dual In Line Packaged)*, namun ada juga yang kemasannya PLCC dengan 44 buah pin.

Masing-masing dari mikrokontroller ini memiliki kegunaan sebagai berikut :

a. Port 1

Port 1 merupakan I/O dua arah *(bi-directional)* yang telah dilengkapi dengan pull-up internal. Port ini dapat menerima 4 masukan *TTL(Transistor-Transistor Logic)*. Pada port terdapat beberapa fungsi khusus yaitu :

Port Pin	Fungsi Khusus
P1.0	T2 (masukkan luar untuk *timer/counter* 2)
P1.1	*T2EX(Timer/counter 2 capture/reload tringger* dan control arah.
P1.2	-
P1.3	-
P1.4	*SS (Slave port select input)*
P1.5	MOSI(*Master* data *output, Slave* data input kanal SPI
P1.6	MISO(*Master* data *input, Slave* data *output* kanal SPI
P1.7	SCK(*Master clock output, Slave clock input* kanal SPI

b. *RESET* (RST)

Masukkan untuk Reset. Suatu logika tinggi selama dua siklus pada pin *reset* akan menyebabkan terjadinya proses *reset.*

c. Port 3

Port 3 merupakan port 8 bit dua arah dengan *pull up internal.* Selain sebagai *port parallel* biasa, port 3 juga memiliki fungsi khusus sebagai berikut ini :

Port	Fungsi Khusus
P3.0	RXD(masukan port serial UART)
P3.1	TXD(keluaran port serial UART)
P3.2	INT0(masukan interupsi luar 0)
P3.3	INT1(masukan interupsi luar 1)
P3.4	T0(masukan luar timer/counter 0)
P3.5	T1(masukan luar timer/counter 1)
P3.6	WR(pulsa penulisan data memori luar)
P3.7	RD(pulsa pembacaan data memori luar)

d. XTAL1

Masukan untuk penguat *inverting osilator* dan masukan rangkaian *clock internal.*

e. XTAL2

Keluaran dari penguat *inverting osilator.*

f. GND

Ground system

g. Port 2

Port 2 merupakan port parallel 8 bit yang bersifat dua arah dan memiliki *pull up internal.port* 2 mengirimkan byte tinggi dari alamat selama pengaksesan

dari program memori luar dan selama penulisan ke data memori luar yang menggunakan alamat 16 bit.

h. PSEN

Program Store Enable adalah pulsa pengaktif untuk membaca program memori luar. Saat mikrokontroller melaksanakan instruksi dari program memori luar, PSEN akan diaktifkan dua kali tiap siklus mesin, kecuali pada saat mengakses data memori luar.

i. ALE

Address Latch Enable merupakan suatu pulsa keluaran untuk mengaitkan (*latch*) byte bawah dari alamat selama mengakses memori luar.

j. EA

External Access Enable. EA harus dihubungkan dengan *ground* jika ingin mengakses dari program memori luar dengan alamat 0000H sampai FFFFH. EA harus dihubungkan dengan VCC jika menggunakan program memori *internal.*

k. Port 0

Port 0 merupakan port 8 bit yang bersifat *open drain* dua arah. Sebagai keluaran, tiap pin dapat menerima 8 masukkan TTL. Saat logika 1 dituliskan pada port, pin port dapat digunakan sebagai masukkan dengan impedansi tinggi.

l. VCC

Dihubungkan dengan tegangan kerja +5 Volt.

2.17. SFR Pada AT89S8252

SFR(*Special Function Register*) pada AT89S8252 memiliki tambahan dari SFR MCS-51 yang gunanya untuk mengontrol alat tambahan pada mikrokontroller.

SFR tambahan ini meliputi : T2CON(Timer 2 *register* dengan alamat 0C8H), T2MOD(Timer 2 Mode dengan alamat 0C9H), WMCON(*Watchdog and Memory Control Register* dengan alamat 96H), SPCR(SPI Control Register dengan alamat D5H), SPSR(SPI Status *Register* dengan alamat AAH), SPDR(SPI Data *Register* dengan alamat 86H). Gambar berikut akan menjelaskan letak masing-masing SFR

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000					SPCR 000001XX			0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000		SPSR 00XXXXXX						0AFH
0A0H	P2 11111111								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111						WMCON 00000010		97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	SPDR XXXXXXXX	PCON 0XXX0000	87H

Gambar 2.14. Letak SFR Pada Mikrokontroller AT89S8252

2.17.1. SFR Untuk Timer 2

Pada *timer/counter* 2 ini dikendalikan oleh *special function register* yang bernama T2CON(Timer 2Control), T2MOD(Timer 2 Mode) dan sepasang *register* RCAP2H, RCAP2L merupakan *register capture/reload* untuk timer 2 dalam 16 bit *capture mode* atau *auto reload mode*.

Register R2CON yang beralamat di 0C8H memiliki bit-bit sebagai berikut:

Tabel 2.1. Register Pada Mikrokontroler

MSB							LSB
TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2

Tebel 2.2. Fungsi Pin Pada Mikrokontroler

Bit	Keterangan
TF2	Bendera overflow timer 2, diset oleh timer 2 dan harus diclear lewat software. TF2 tidak akan diset jika RCLK = 1 atau TCLK = 1.
EXF2	Bendera luar timer 2 diset saat suatu *capture* atau *reload* disebabkan oleh transisi negative pada T2EX dan EXEN2 = 1. jika sela timer 2 diaktifkan, EXF2 = 1 akan menyebabkan CPU mencabang ke rutin sela timer 2. EXF2 harus diclear dengan software. EXF2 tidak menyebabkan sela pada *mode up/down counter* (DCEN = 1).
RCLK	*Receive clock enable*. Jika diset menyebabkan serial port menggunakan pulsa overflow tmer 2 sebagai detak penerimaan pada serial port untuk mode 1 dan 3. Jika RCLK = 0 menyebabkan pulsa *overflow* timer 1 yang digunakan sebagai detak.
TCLK	*Transmit Clock enable*. Jika diset menyebabkan serial port menggunakan pulsa *overflow timer* 2 sebagai detak pengiriman. Jika TCLK = 0 menyebabkan pulsa *overflow timer* 1 yang digunakan sebagai detak pengiriman.

EXEN2	*Timer* 2 *eksternal enable*. Jika diset memungkinkan *capture atau reload* terjadi sebagai hasil dari transisi negative pada pin T2EX jika timer 2 sedang tidak digunakan sebagai *baud rate generator* untuk serial port. Jika EXEN2 = 0 menyebabkan timer 2 akan melakukan apa-apa kejadian pada pin T2EX.
TR2	Bit untuk mengatur *start/stop* untuk timer 2. jika TR2 = 1 *timer* akan aktif.
C/T2	Bit pemilih *timer* atau *counter* untuk timer 2. Jika C/T2 = 0 maka terpilih fungsi timer. C/T2 = 1 untuk fungsi *counter*.
CP/RL2	Pemilihan *Capture/Reload*. Jika diset maka proses *capture* akan terjadi pada transisi negative pada pin T2EX jika EXEN = 1. jika bit ini *diclear* maka proses *reload* otomatis akan terjadi saat timer 2 overflow atau transisi negative terjadi pada pin T2EX saat bit EXEN2 = 1. jika bit RCLK atau TCLK diset maka bit ini menjadi tidak diperhitungkan(ignore). Hal ini karena timer 2 dipakai sebagai *baut rate* generator pada serial port.

SFR ini memiliki nilai pada saat reset : 0000 0000B

Timer 2 juga memiliki SFR yang bernama T2MOD(*Timer* 2 *Mode Control Register*) yang beralamat di 0C9H dan memiliki nilai pada saat reset xxxx xx00B. bit-bit pada T2MOD adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Komposisi Data

MSB							LSB
-	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN
Bit	Keterangan						
T2OE	*Timer 2 Output Enable bit*						
DCEN	Jika diset memungkinkan *timer/counter* sebagai *up/down counter*						

2.17.2. SFR untuk Watchdog dan Memori

Untuk menggunakan *watchdog timer* atau memori, maka dapat dilakukan dengan mengatur SFR yang bernama *WMCON* dengan alamat 96H. Bit-bit pada SFR ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

Nilai SFR ini pada saat reset adalah 0000 0000B.

Tabel 2. 4. Pemetaan Memori

MSB							LSB
PS2	PS1	PS0	EEMWE	EEMEN	DPS	WDTTRST	WDTEN

Bit	Keterangan
PS2 PS1 PS0	Ketiga bit ini merupakan bit *prescaler* untuk *watchdog timer*. Jika ketiga bit diclear maka periode watchdog timer adalah 16 ms. Jika ketiga bit diatas diset maka nominal periode waktu *watchdog timer* adalah 2048 *ms*.
EEMWE	Bit pengaktif penulisan EEPROM data memori. Bit ini harus diset sebelum penulisan ke EEPROM dengan instruksi *movx*. Setelah selesai penulisan maka bit ini harus diclear.
EEMEN	Bit pengaktif pengaksesan internal EEPROM. Saat EEMEN = 1 intruksi movx dengan DPTR akan mengakses internal EEPROM bukan pada data memori luar. Jika EEMEN = 0 instruksi movx dengan DPTR akan mengakses data memori luar.
DPS	*Data Pointer Register Select*. Jika bit ini diclear akan memilih bank pertama dari data *pointer register*(DP0). Jika bit ini diset akan terpilih *bank* kedua (DP1).
WDTRST	*Watchdog timer reset* dan bit bendera EEPROM *ready/busy*. Tiap saat bit ini diset ke 1 oleh *software* pengguna, suatu pulsa akan dihasilkan untuk *mereset watchdog timer*. Bit ini kemudian secara otomatis akan diclear. Bit ini bersifat hanya untuk ditulisi. Bit ini juga sebagi bit

2.1.2.2. SFR untuk Watchdog dan Memori

Untuk mengguna kan watchdog timer atau memori, maka dapat dilakukan dengan mengatur SFR yang bernama WDTCON dengan alamat 9A1. Bit-bit pada SFR ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

Nilai SFR ini pada saat reset adalah 0000 0000B.

Tabel 2.4. Pewaktu Memori

Bit	Keterangan							
MSB								LSB
PS2	PS1	PS0	EEMWE	EEMEN	DPS	WDTRST	WDTEN	
PS2								
PS1								
PS0	Ketiga bit ini merupakan bit prescaler untuk watchdog timer. Jika ketiga bit diclear maka periode watchdog timer adalah 16 ms. Jika ketiga bit diset maka nominal periode waktu watchdog timer adalah 2048 ms.							
EEMWE	Bit pengakif penulisan EEPROM data memori. Bit ini harus diset sebelum penulisan ke EEPROM dengan instruksi movx. Setelah selesai penulisan maka bit ini harus diclear.							
EEMEN	Bit pengakif pengaksesan internal EEPROM. Saat EEMEN = 1 instruksi movx dengan DPTR akan mengakses internal EEPROM bukan pada data memori luar. Jika EEMEN = 0 instruksi movx dengan DPTR akan mengakses data memori luar.							
DPS	Data Pointer Register Select. Jika bit ini diclear akan memilih bank pertama dari data pointer register(DP0). Jika bit ini diset akan terpilih bank kedua (DP1).							
WDTRST	Watchdog timer reset dan bit bendera EEPROM ready/busy. Tiap saat bit ini diset ke 1 oleh software pengguna, suatu pulsa akan dibangkitkan untuk mereset watchdog timer. Bit ini kemudian secara otomatis akan diclear. Bit ini berfungsi hanya untuk ditulisi. Bit ini juga sebagai bit							

	bendera *ready/busy* pada *mode read only* selama penulisan EEPROM. RDY/BSY = 1 berarti bahwa EEPROM siap untuk diprogram. Selama operasi pemrograman berlangsung, bit ini akan berlogika '0' dan secara otomatis akan direset ke '1' saat pemrograman selesai.
WDTEN	Bit pengaktif *watchdog timer*. Jika WDTEN = 1 akan mengaktifkan *watchdog timer*, jika WDTEN = 0 akan melumpuhkannya.

2.17.3. SFR Pengontrol SPI

Berbeda dengan MCS-51, mikrokontroller AT89S8252 memiliki fasilitas SPI(*Serial Peripheral Interface*). Fasilitas ini memungkinkan transferdata kecepatan tinggi secara sinkron antara mikrokontroller AT89S8252 dengan *peripheral* atau anta mikrokontroller AT89S8252.

Fitur SPI pada AT89S8252 meliputi :

a. *Full duplek*, 3 kawat dengan transfer data secara *sinkron*.

b. Operasi *Master atau Slave*.

c. *Frekuensi maksimum* 6 MHz.

d. Sistem data *transfer MSB* dahulu atau *LSB*.

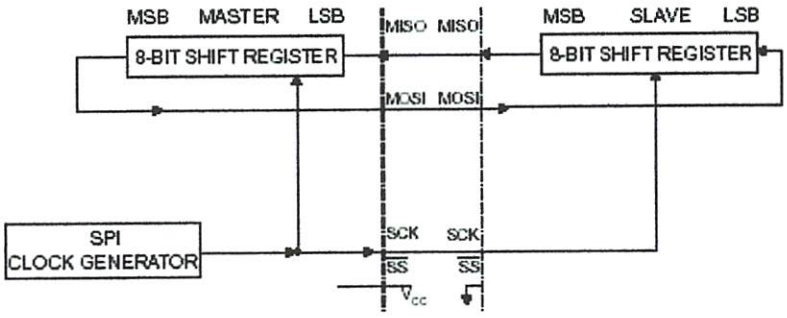
e. 4 *bit rate* terprogram.

f. Bendera sela pada akhir transmisi.

g. *Write Collision Flag Protection.*

h. Bangun dari *mode idle* (hanya untuk *mode slave*).

Gambar berikut menunjukkan hubungan antara CPU *master dan slave.*



Gambar 2.15. Koneksi SPI Master dan Slave

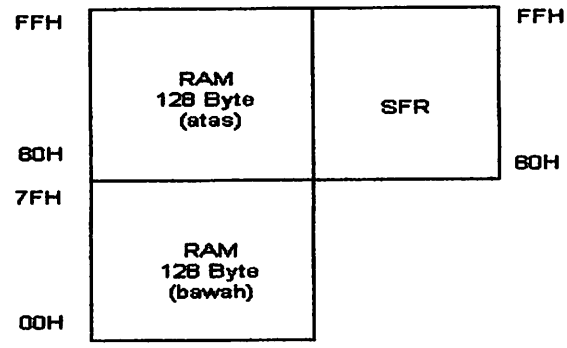
Sumber: At 89S8252 Data Sheet (http://www.atmel.com)

Pin SCK adalah keluaran detak pada *mode master*, tetapi merupakan detak masukkan pada *mode slave*. Menulis ke SPI data register pada CPU master akan memulai SPI *clock generator*, dan data yang ditulis digeser keluar pada pin MOSI dan menuju pin *MOSI* pada *CPU slave*.

Setelah menggeser 1 *byte*, *SPI clock generator* akan berhenti, dan akan mengaktifkan bendera(*flag*) selesai pengiriman(*SPIF*). Jika kedua bit pengaktif sela SPI dan bit pengaktif *serial port* (ES) diset, suatu sela akan dibutuhkan.

Bit pemilih *slave select*(SS) pada port 1 pin 4(P1.4) dibuat rendah untuk memilih suatu alat *SPI individual* sebagai *slave*. Jika pin ini tinggi, maka port SPI tidak diaktifkan dan pin *MOSI*(P1.6) dapat digunakan sebagai masukkan.

Sedangkan *special function register* untuk mengontrol penggunaan SPI adalah *SPCR(SPI Control Register)* dengan alamat D5H dan SPSR(*SPI Status Register*) dengan alamat AAH.



Gambar 2.16. Alamat *internal RAM* dan *SFR*

2.19. Programmable Watchdog Timer (WDT)

Pada mikrokontroller AT89S8252 dilengkapi dengan *Watchdog timer*. *Watchdog timer* ini menggunakan detak sendiri. Untuk mengatur rentang waktu (*periode*) pada *WDT* ini maka terdapat bit prescaler yang dapat mengatur rentang waktu yang dibutuhkan.

Bit prescaler ini adalah bit PS0, PS1 dan PS2 pada register *WMCON*. Perioda waktu pada WDT ini berkisar dari 16 *ms* sampai 2048 *ms*. Karena bit prescalernya ada tiga, maka akan ada 8 buah kemungkinan seperti yang tertera dibawah ini.

PS2	PS1	PS0	Perioda
0	0	0	16 mili detik
0	0	1	32 mili detik
0	1	0	64 mili detik
0	1	1	128 mili detik
1	0	0	256 mili detik
1	0	1	512 mili detik
1	1	0	1024 mili detik
1	1	1	2048 mili detik

2.18. Data Memori (EEPROM) dan RAM

Mikrokontroller AT89S8252 dilengkapi dengan data memori yang berupa *EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)*. *EEPROM* yang ditanamkan ini sebesar 2 K byte dan dapat dipakai untuk menyimpan data.

EEPROM on-chip ini diakses dengan mengeset bit *EEMEN* pada register *WMCON* pada alamat 96H. Alamat *EEPROM* ini adalah 000H sampai 7FFH. Instruksi movx digunakan untuk mengakses *EEPROM internal* ini. Namun jika ingin mengakses data memori luar dengan menggunakan *instruksi movx* ini maka bit *EEMEN* harus dibuat '0'.

Bit *EEMWE* pada register *WMCON* harus diset ke 1 sebelum sembarang lokasi pada *EEPROM* dapat ditulisi. Program pengguna harus mereset bit *EEMWE* ke '0' jika proses penulisan ke *EEPROM* tidak diperlukan lagi. Proses penulisan ke *EEPROM* dapat dilihat dengan membaca bit RDY/BSY pada *SFR WMCON*. Jika bit ini berlogika rendah maka berarti penulisan *EEPROM* sedang berlangsung, jika bit ini berlogika tinggi berarti penulisan sudah selesai dan penulisan lain dapat dimulai lagi.

Sedangkan RAM yang ada pada mikrokontroller AT89S8252 ini berkapasitas 256 byte. *RAM(Random Accses Memory)* merupakan memori yang bersifat sementara dan mudah terhapus isinya jika aliran listrik diputuskan. Karena itu RAM tidak digunakan sebagai penyimpan program tetapi untuk menyimpan data sementara. Peta dari RAM internal pada AT89S8252 adalah sebagai berikut :

Watchdog timer dilumpuhkan oleh *power on reset* (*POR*) dan selama *power down*. WDT diaktifkan dengan menseting bit *WDTEN* pada *SFR WMCON* (alamat 96H). jika perhitungan waktu WDT telah selesai(*time out*) tanpa ada reset atau dilumpuhkan, maka suatu pulsa *reset internal* akan dihasilkan untuk mereset CPU.

2.19.1. Timer

Pada mikrokontroller ini terdapat tambahan *timer* yaitu *timer* 2. timer yang lainya *timer* 1 dan *timer* 0 penggunaanya sama dengan pada MCS-51.

Hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa *timer/counter* dapat digunakan sebagai generator *baud rate* untuk *serial port*. Selain menggunakan *timer* 1 untuk menghasilkan *baud rate* maka bisa digunakan pula timer 2 untuk menghasilkan *baut rate* untuk *serial port*.

Timer 2 ini merupakan *timer/counter* yang berukuran 16 bit yang dapat beroperasi sebagi *timer* atau penghitung kejadian dengan detak dari luar. Untuk mengatur fungsi ini dilakukan dengan mengatur bit C/T2 pada *SFR T2CON*. Terlihat bahwa jika bit tinggi maka akan terpilih fungsi *counter*, tetapi jika bit ini rendah maka akan terpilih fungsi timer 2.

Timer ini memiliki 3 mode operasi yaitu *capture*, *auto reload(up dan down counting*) dan *baud rate generator*. Untuk memilih mode ini dengan mengatur bit pada *SFR T2CON*(*Timer 2 Control Register*).berikut ini *mode* operasi yang dapat dijalankan oleh *timer* 2.

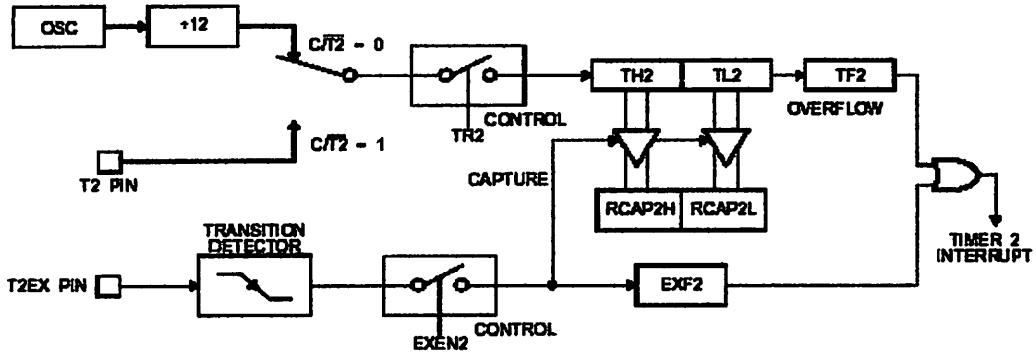
Tabel 2.5. Pewaktuan I.C. 8252

RCLK+TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16 *bit auto reload*
0	1	1	16 *bit capture*
1	X	1	*Baud rate generator*
X	X	0	*Off*

2.19.2. Mode Capture

Pada *mode* ini dua pilihan dipilih oleh bit EXEN2 pada *SFR T2CON*. Jika *EXEN2* = 0, *timer* 2 merupakan 16 bit *timer* atau *counter* yang jika telah *overflow* akan mengeset bit TF2 pada T2CON.

Bit ini kemudian dapat digunakan untuk menghasilkan sela. Jika EXEN2 = 1, timer 2 akan berlaku sama, tetapi suatu transisi tinggi ke rendah(1 to 0) pada pin T2EX(P1.1) akan menyebabkan nilai sekarang pada TH2 dan TL2 untuk ditangkap dan disimpan ke RCAP2H da RCAP2L. sebagai tambahan transisi tinggi ke rendah pada T2EX menyebabkan bit EXF2 pada T2CON diset. Bit EXF2 sama halnya dengan bit TF2 dapat menghasilkan sela.

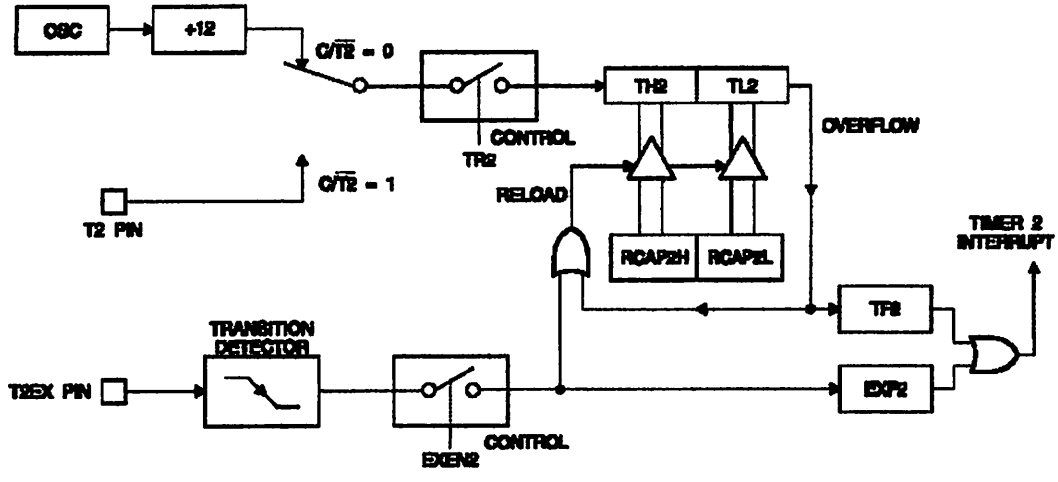


Gambar 2.17. Timer 2 Pada *Mode Capture*

2.19.3. *Auto Reload* (*Up atau Down Counter*)

Timer 2 dapat diprogram untuk menghitung naik atau menghitung mundur jika dikonfigurasikan sebagai mode 16 bit *auto reload.* Fitur ini dapat dimatikan dengan mengatur bit DCEN(*Down Counter Enable*) pada SFR T2MOD. Pada saat reset DCEN akan berlogika rendah maka timer 2 akan memiliki default untuk menghitung maju(*up counter*). Jika bit DCEN diset, timer 2 dapat menghitung maju atau mundur tergantung pada nilai logika pada pin T2EX.

Pada gambar berikut timer 2 secara otomatis menghitung naik saat DCEN = 0. pada mode ini, 2 pilihan dipilih oleh bit EXEN2 pada SFR T2CON. Jika EXEN2 = 0, *timer* 2 akan naik menjadi 0FFFFH dan kemudian akan mengeset bit TF2 jika telah *overflow*. *Overflow* juga menyebabkan terjadinya register timer diisi kembali dengan nilai 16 bit dari RCAP2H dan RCAP2L.



Gambar 2.18. Timer 2 Pada Mode Auto Reload DCEN = 0

2.19.4. *Baud Rate Generator*

Timer 2 dapat dipilih sebagai *baud rate generator* dengan menseting TCLK dan RCLK pada SFR T2CON. *Baud rate* untuk pengiriman dan penerimaan sementara *timer* 1 digunakan untuk tugas lain.

Baud rate generator secara teknis sama *mode auto reload*, dimana pelimpahan TH2 menyebabkan *register timer* 2 diisi kembali dengan 16 bit pada register RCAP2H dan RCAP2L yang telah diisi(*present*) oleh pemakai.

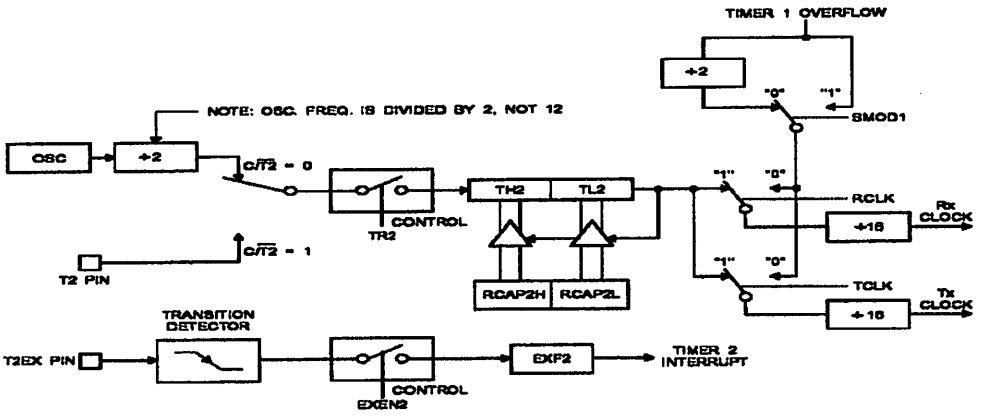
Baud rate pada *mode* 1 dan 3 ditentukan oleh *rate overflow timer* berdasarkan persamaan :

$$\text{Baud rate (mode 1,3)} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

Timer dapat dikonfigurasikan sebagai *operasi* timer atau *counter*. Pada kebanyakan pemakai adalah difungsikan *timer* dimana bit CP/T2 dibuat '0'. Operasi *timer* adalah berbeda jika timer 2 difungsikan sebagai *baud rate generator*. Secara normal sebagai timer, akan naik setiap siklus mesin (pada $_{1/12}$ *frekwensi osilator*). Sebagai *baud rate generator* akan dinaikkan tiap state time (pada ½ *frekuensi osilator*). Rumus untuk baud rate adalah sebagai berikut :

$$\text{Baud rate (mode 1,3)} = \frac{\text{Frekuensi Osilator}}{32 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]}$$

Dimana (RCAP2H, RCAP2L) adalah isi dari register RCAP2H dan RCAP2L yang diambil sebagai 16 bit integer tak bertanda.



Gambar 2.20. Timer 2 Sebagai Baud Rate Generator

2.19.5. Programmable Clock Out

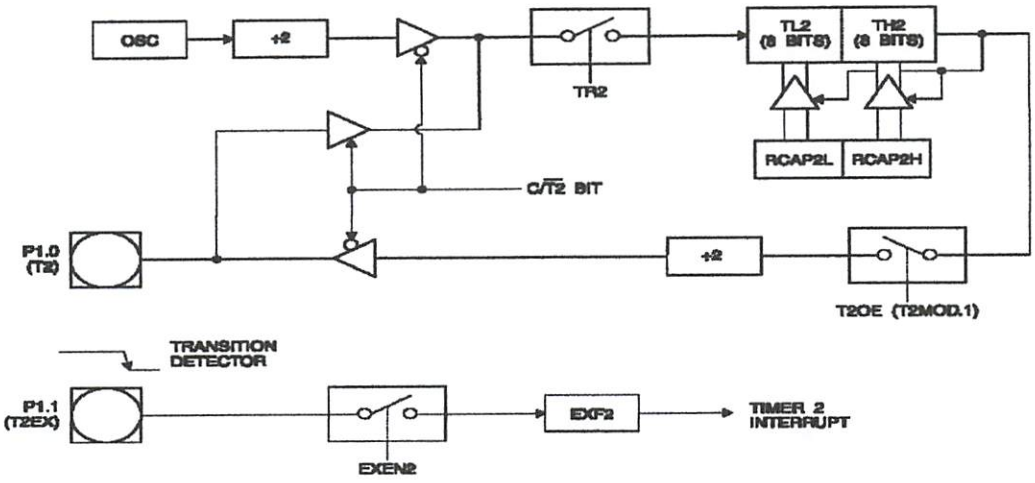
Fungsi terakhir dari timer 2 adalah untuk menghasilkan suatu detak(*clock*). Detak dengan siklus tugas 50% dapat diprogramkan sehingga keluaran dari P1.0. pin ini selain sebagai I/O biasa juga mempunyai dua fungsi alternatif. Dia dapat diprogram sebagai pin masukkan untuk *eksternal clock timer/counter* 2 atau sebagai penghasil *clock* dengan siklus 50% dengan rentang dari 61 Hz sampai 4 MHz jika dipakai 16 MHz kristal sebagai *frekwensi* mikrokontroller.

Untuk membuat *timer/counter* 2 sebagai generator detak, bit C/T2 (T2CON.1) harus dibuat rendah dan bit T2OE (T2MOD.1) harus diset. Bit TR2 (T2CON.2) sebagai *start timer*.

Frekuensi detak yang dihasilkan bergantung kepada frekuensi osilator yang dipakai dan nilai reload pada capture register timer 2 (RCAP2H, RCAP2L) seperti pada persamaan berikut :

$$\text{Frekuensi clock-out} = \frac{\text{Frekuensi Osilator}}{4 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]}$$

Gambar berikut menunjukkan timer 2 sebagai clock out generator :



Gambar 2.21. Timer 2 Dalam Clock Out Mode

Sumber: At 89S8252 Data Sheet (http://www.atmel.com

2.20. *LCD (Liquid Crystal Display)*

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah papan informasi / tampilan atau biasa disebut Display. Dengan konsumsi daya yang rendah yang disusun dari dot matrik dan dikontrol oleh internal ROM / RAM generator karakter dan RAM data display.

Semua fungsi display dikontrol dengan instruksi dan LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan MCU / MPU.

Karakteristik dari LCD dot matrik yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 16 x 2 karakter dengan 5 x 7 dot matrik + kursor.
- ROM generator karakter dengan 192 tipe karakter.
- RAM generator karakter – karakter dengan 8 tipe karakter (untuk program write).
- 80 x 8 bit RAM data display.
- Dapat di interfacekan dengan kemungkinan MPU 4 bit atau 8 bit.

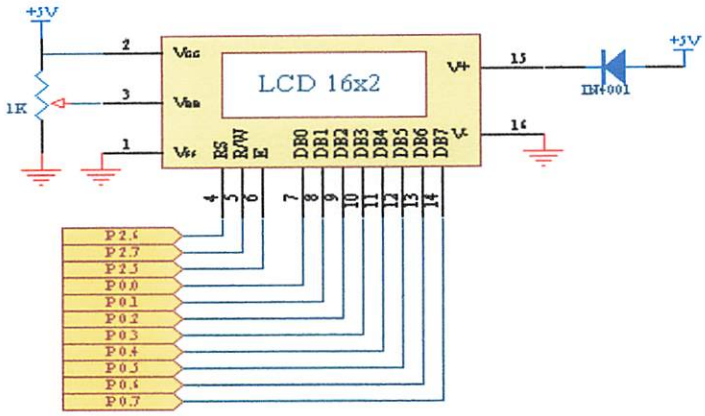
- RAM data atau RAM generator karakter yang dapat dibaca oleh MPU.
- + 5 Volt single power supplay.
- Power On Reset.
- Rangkaian temperature operasi 0°c sampai dengan 50°c.
- Beberapa fungsi instruksi yaitu display clear, cursor home, display ON/OFF, cursor ON/OFF, display blink, cursor shift, dan display shift.

Display LCD mempunyai 16 terminal yang masing masing mempunyai fungsi sebagai berikut :

NO	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION	
1	Vss	-		0 V (GND)
2	Vcc	-		5 V ±10%
3	Vee	-		For LCD Drive
4	RC	H/L	H : Data Input	L : Instruction Input
5	R/W	H/L	H : Read	L : Write
6	E	H	Enable signal	
7	DB0	H/L	Data bus	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+BL	-	Back light supplay	4 – 4.2 V 50 – 200 mA
16	V-BL	-		0 V (GND)

LCD ini dapat menampilkan karakter yang ada pada ROM generator karakter, yang sudah berisi 190 jenis karakter, dengan cara memberikan kode generator. Untuk tiap

– tiap karakter yang diinginkan pada bus data dan dengan menggunakan sinyal kontrol E, RS, R/W, dapat diatur berbagai program yang diberikan pada LCD dot matrik.



Gambar 2.22. Rangkaian LCD 16 x 2

2.21. Iterface RS 232

2.21.1. Interface

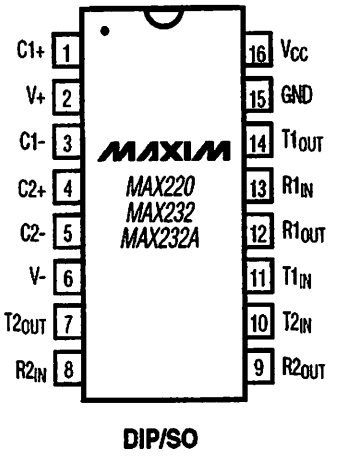
Istilah *interface* kalau diterjemahkan, mengandung arti sebagai penghubung. Namun bagi mereka yang awam dalam dunia komputer arti diatas mungkin sulit dicerna. Dalam suatu system komputer, kejadian dialat diluar komputer yang sedang dihubungkan dengan komputer mungkin dapat mengganggu komputer itu sendiri. Sinyal-sinyal yang tak dikenal seperti itu tidak diperkenankan untuk merusak rangkaian komputer yang ada. Untuk itu dibutuhkan alat perantara yang berfungsi sebagai penghubung dua lingkungan yang berbeda. Alat tersebut dinamakan *interface*. Karena *interface* merupakan semacam pintu gerbang maka *interface* sering disebut port I/O.

2.21.2. *IC MAX 232*

RS 232 merupakan salah satu jenis antarmuka (*interface*) dalam proses transfer data antar komputer dalam bentuk serial transfer. RS 232 merupakan kependekan dari *Recommended Standart num*ber 232. Alat ini dibuat oleh *Electronic Industry Assosiation*, untuk *interface* antara peralatan terminal data dan peralatan komunikasi data, dengan menggunakan data biner serial sebagai data yang ditransmisikan. IC Max 232 merupakan konverter tegangan dari level-level TTL Cmos ke level RS 232. IC Max 232 ini mempunyai empat buah bagian konverter yaitu dua buah *driver receiver* dan dua buah *driver transmitter*.

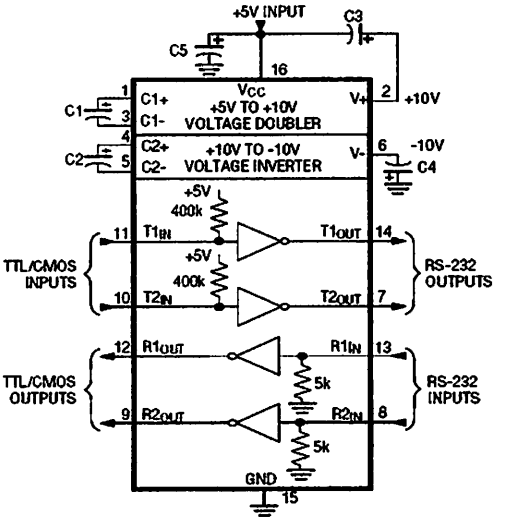
Saluran data pada *port* seri *PC* menggunakan *standard* RS232, dimana logic 0 (*low*) dinyatakan sebagai tegangan antara +3 *Volt* sampai +10 *Volt* dan logic 1 (*high*) dinyatakan sebagai tegangan antara -3 *Volt* sampai -10 *Volt*. Level tegangan ini tidak sesuai dengan level tegangan yang dipakai pada *port* seri AT89S51 yang menggunakan standard *TTL (Transistor Transistor Logic)*, yaitu level tegangan baku dalam rangkaian – rangkaian digital.

Dalam standar *TTL* logic 0 (*low*) dinyatakan sebagai tegangan antara 0 *Volt* sampai 0.8 *Volt*, dan logic 1 (*high*) dinyatakan sebagai tegangan antara 3.5 *Volt* sampai 5 *Volt*. Karena perbedaan tegangan tersebut, agar *port* seri PC tidak merusak *port* seri AT89S51 antara keduanya dipasangkan IC MAX232 sebagai penyesuai tegangan.



Gambar 2.23. Konfigurasi Pin IC MAX232

Rangkaian dasar dari MAX 232 dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.24.

Rangkaian Operasi MAX 232
Sumber: http://www.maxim-ic.com

2.21.3. Dasar-Dasar Serial *Interface*

Proses transfer serial dengan menggunakan EIA RS 232 antara dua terminal biasanya memerlukan sebuah DTE (*Data Terminal Equipment*) untuk masing-masing terminal, kadang diperlukan seperangkat peralatan untuk komunikasi yang lebih kompleks misalnya dengan memanfaatkan modem. Perangkat tersebut sering disebut dengan DCE (*Data Communication Equipment*). Pada prinsipnya proses transfer data menggunakan sebuah serial *interface* ini sangat sederhana. Data yang ditransfer dari suatu terminal akan diterima oleh terminal lainnya.

Jenis data yang ditransfer adalah dalam bentuk biner (bit perbit transfer) dengan bantuan baud untuk kecepatan proses transfernya (bit per detik). Dalam proses transfer ini harus terdapat suatu peralatan yang berfungsi sebagai *hand-shake* (jabat tangan) yang sebagai pemantau status yang diterima untuk memberikan suatu respon yang sesuai. Dalam merancang *softwere* serial, *hand-shake* disempurnakan dengan menambahkan karakter pengendali dalam deretan atau jumlah bit data data yang ditransfer yang biasa disebut sebagai start bit dan stop bit. Konektor dari kabel-kabel ini sebenarnya bersifat pasif karena yang mengendalikan semua itu adalah sebuah alat yang disebut UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) yang dihubungkan dengan RS 232 untuk trasnsmisi data. Secara praktis untuk kebutuhan transfer data/komunikasi data terdapat dua macam konektor RS 232, jenis 25 pin dan 9 pin. Untuk tabel ekuivalen DB 9 ke DB 25 dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.1. Sinyal-Sinyal RS 232

DB-9	DB-25	NAMA SINYAL
1	8	DCD, DATA CARRIER DETECT
2	3	RD, RECEIVER DATA
3	2	TD, TRASMIT DATA
4	20	DTR, DATA TERMINAL READY
5	7	SG, SIGNAL GROUND
6	6	DSR, DATA SET READY
7	4	RTS, REQUEST TO SEND
8	5	CTS, CLEAR TO SEND
9	22	RI, RING INDICATOR

2.22. Push Button Switch

Pada dasarnya *Push button switch* mempunyai dua kondisi yaitu kondisi normally open dan normally close dan bekerja seperti saklar pada umumnya. Dalam hal ini yang dipakai adalah *Push button switch* dengan kondisi *normally open.* Kondisi ini berarti jika tidak dalam posisi ditekan maka keadaan akan stand by.dan jika salah satu tombol ditekan maka akan menampilkan Tegangan RST,Arus RST,dan Faktor daya RST sesuai yang kita inginkan.

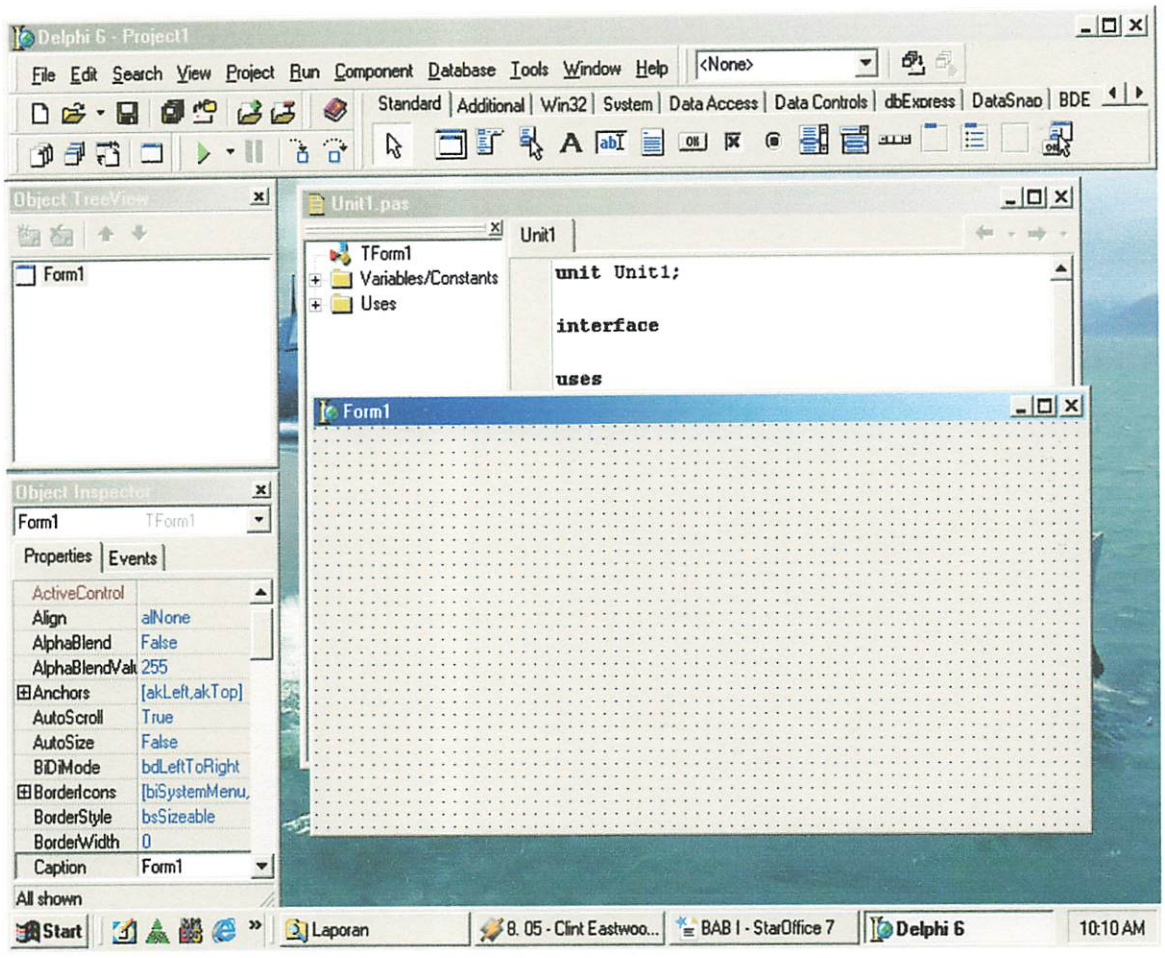
Gambar 2.25. *Push button switch* [1]

2.23. Bahasa Pemrograman *Delphi*

Borland Delphi merupakan suatu bahasa pemograman yang memberikan berbagai fasilitas pembuatan aplikasi visual. Keunggulan bahasa pemograman ini terletak pada produktifitas, kualitas, pengembangan perangkat lunak, kecepatan kompilasi, pola desain yang menarik serta diperkuat dengan program yang terstruktur. Keunggulan lain dari *Delphi* ini adalah dapat digunakan untuk merancang program aplikasi yang memiliki tampilan seperti program aplikasi lain yang berbasis *Window*.

Khusus untuk pemrograman *database, Borland Delphi* menyediakan fasilitas objek yang kuat dan lengkap yang memudahkan *programmer* dalam membuat program.

Lingkungan pengembangan terpadu atau *Integrated Development Environment* (IDE) dalam program *Delphi* terbagi menjadi delapan bagian utama, yaitu *Main Window, ToolBar, Component palette, Form Designer,Code Editor, Object Inspector, Exploring dan Object TreeView*. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 12 dibawah:



Gambar 2.26. Lembar Kerja Delphi

IDE merupakan sebuah lingkungan dimana semua tombol perintah yang diperlukan untuk mendesain aplikasi, menjalankan dan menguji sebuah aplikasi disajikan dengan baik untuk memudahkan pegembangan program.

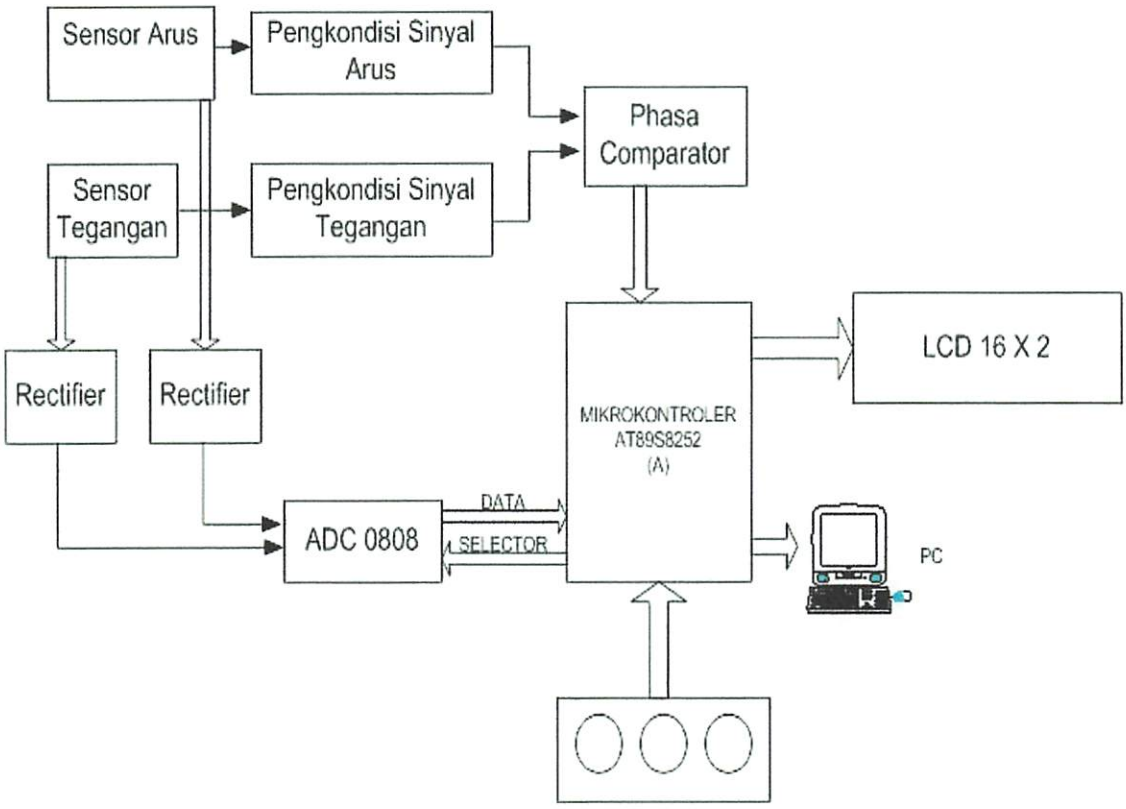
BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Gambaran Umum

Alat ukur energi listrik 3 fasa ini mengukur tegangan,arus,dan beda fasa antara sinyal tegangan dan sinyal arus yang dikalikan dengan waktu (t).Jadi pada intinya untuk menghasilkan Pengukuran Energi listrik dibutuhkan unsur besarn listrik yang sangat dominan yaitu Tegangan V,Arus I,dan Faktor daya Cosφ.

3.2 Diagram Blok



Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem Pengukuran KWH Meter Digital

- Sensor tegangan disini untuk mendeteksi besarnya tegangan yang mengalir lewat jala – jala listrik pada sensor ini terdiri dari 3 buah Transformator yang dihubung bintang pada sisi primer maupun sekundernya
- Sensor arus disini berupa 3 buah *transformator* Arus (CT) yang outputannya dihubung bintang.sensor disini untuk mendeteksi besarnya arus yang mengalir tiap fasa pada beban.
- Pengkondisi sinyal disini berupa rangakaian *Zero Crossing* Detektor untuk merubah bentuk gelombang sinus menjadi gelombang kotak agar bisa diproses dalam komponen pembanding fasa.
- Penyearah disini sebagai pengubah tegangan AC menjadi DC yang mana dimaksudkan untuk mempermudah pemerosesan data yang masuk ke dalam ADC.
- ADC disini berfungsi sebagai pengubah dari sinyal – sinyal analog yang dikirim sensor – sensor menjadi sinyal – sinyal digital.ADC disini selain sebagai pengubah sinyal juga difungsikan sebagai selektor pemilih (*multiplexer*) dari sinyal yang dikirim dari sensor – sensor.
- *Phasa Comparator* sebagai pembanding antara sinyal tegangan dan sinyal arus yang akan diperoleh beda fasa yang kemudian dikonversi menjadi factor daya .
- Mikrokontroller AT89S8252 sebagai pemilih data dari sensor arus,tegangan,dan cosφ.selain itu pada blok ini juga sebagai pengolah data dari inputan ADC dan TC5081BP.Pada blok ini juga berfungsi sebagai pengirim data ke PC dan tampilan LCD.
- LCD disini sebagai media penampil untuk V,I dan Cosφ.
- RS 232 salah satu komponen standart untuk komunikasi ke PC secara serial.

- Personal Computer (PC) disini berfungsi sebagai penerima data yang dikirim dari Mikrokontroller yang selanjutnya diproses untuk menampilkan energi yang terpakai selain juga menampilkan Tegangan,cosφ,Arus dan daya perfasa.

3.3 Perencanaan Hardware

Perencanaan dan pembuatan alat ukur energi listrik ini mencakup rancangan unit Sensor tegangan, Sensor arus, rancangan *phasa comparator* untuk factor daya,unit multiplekser, unit pengolahan sinyal analog ke digital, unit pemrosesan dan unit tampilan (*display*).

Pada unit sensor tegangan disini digunakan transformator *step down non central tap* (ct) dengan kapasitas arus 350 mA.Pada unit sensor arus disini digunakan transformator arus (CT) dengan perbandingan arus 50/5 A.Pada unit phasa Comparator disini digunakan suatu komponen IC TC5081AP yang sudah dimodifikasi. Pada unit pengubah sinyal analog kedigital disini digunakan komponen ADC.Pada unit pemerosesan disini digunakan mikrokontroller AT89S8252.Untuk unit penampilnya *(display)* disini menggunakan *seven segmen* dan juga dilanjutkan dengan pengiriman data ke *personal computer* (pc) dan menampilkannya di pc.

3.3.1. Perencanaan Sensor Tegangan

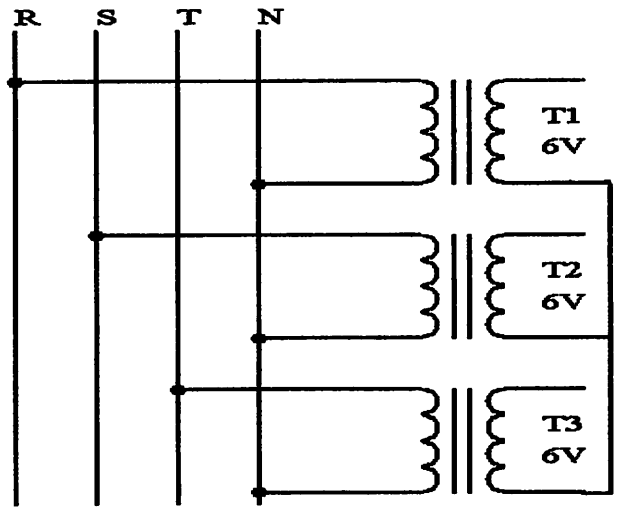
3.3.1.1. Transformator Tegangan

Karena tegangan yang diukur adalah tegangan 220/380 V, dimana pada alat ukur daya 3 fasa disini membutuhkan 2 atau 3 sensor tegangan yang berupa sebuah trafo step down yang besar kecilnya disesuaikan dengan kemampuan dari komponen pemerosesnya. Blok ini berfungsi untuk menerima tegangan AC jala-jala PLN yang

masuk kebeban. Blok pengukuran tegangan terdiri dari transformator penurun tegangan, Transformator penurun tegangan yang digunakan mampu menurunkan tegangan yang di terima sebesar 50 kali, misalkan tegangan jala-jala yang di terima transformator sebesar 220 Vac maka tegangan keluaran dari transformator di ingikan sebesar 3 Vac. dengan hubungan Y pada sisi primer dan sisi sekundernya.

3.3.1.2. Perencanaan Sensor Tegangan

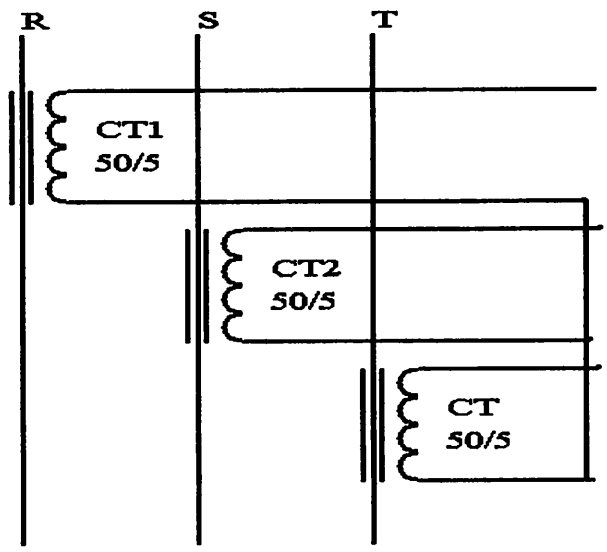
Karena Daya yang diukur dalam alat ini merupakan 3 fasa,maka disini juga dibutuhkan 3 buah trafo step down dengan tegangan output sebesar 3 Volt.



Gambar 3.2. Diagram Hubungan Transformator Tegangan 3 Phasa

3.3.1.3. Perancangan Sensor Arus

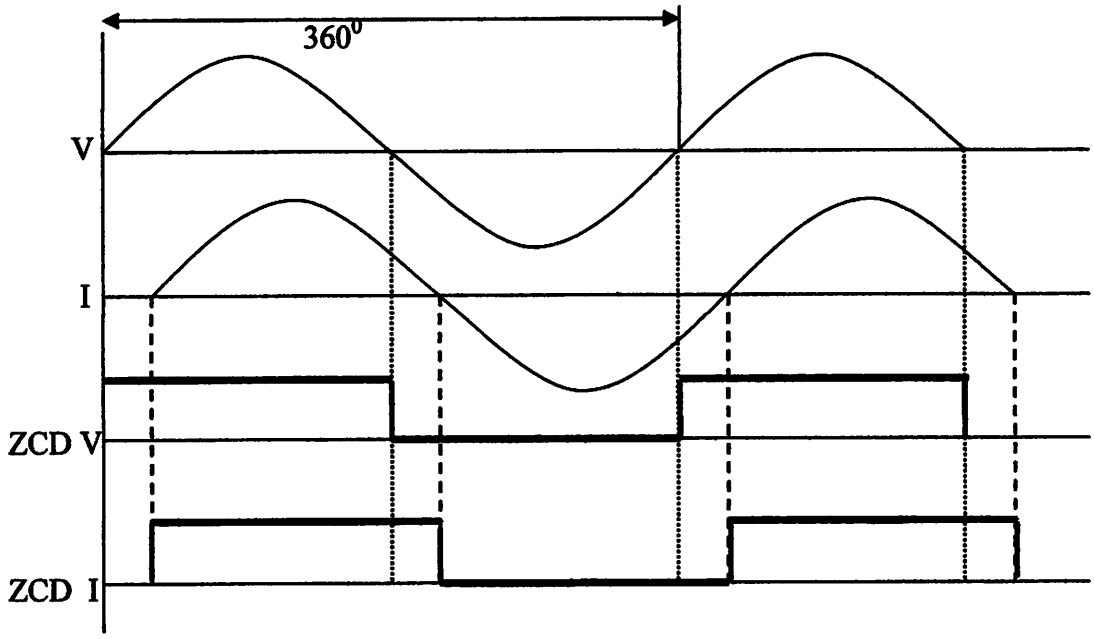
Pada sensor arus disini berupa 3 buah trafo arus (*Current Transformer*) yang mempunyai perbandingan 50/5 A.CT disini digunakan sebagai pengukur arus listrik secara tidak langsung Untuk trafo arus disini juga dihubungkan bintang pada sisi sekundernya.Besarnya arus pada sisi *sekunder* CT dikonversikan menjadi besarnya tegangan dengan memberi sebuah tahanan pada sisi *sekunder* CT.Namun pada CT yang terpasang ini sudah tidak menambah tahanan lagi karena dalam CT tersebut sendiri sudah terdapat tahanan.Untuk besarnya tegangan yang keluar pada CT sebanding dengan perubahan arus sesuai dengan perbandingan dari CT.



Gambar 3.3. Diagram Hubungan Trafo Arus 3 Phasa

3.3.2. Perancangan Rangkaian *Zero Crossing Detector.*

Rangkaian *zero crossing detector* ini berfungsi sebagai pengubah bentuk gelombang sinusoida menjadi bentuk pulsa, karena sinyal yang keluar dari sensor arus dan tegangan masih berbentuk gelombang sinusoida.Dengan sinyal sinusioda ini maka suatu komponen ADC dan *phasa comparator* akan kesulitan untuk mengolah sinyal ini.Untuk itu,untuk mempermudah pemerosesan maka dari *sinyal analog* yang berupa gelombang sinusioda terlebih dahulu dirubah dalam bentuk kotak,hasil perubahan dari sinyal ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.4. Hasil Perubahan Sinyal Dari Zero Crossing Detector

Karena alat ukur energi listrik ini 3 fasa maka tentunya mempunyai 3 buah sensor arus dan 3 buah sensor tegangan dan 3 buah sensor arus,untuk itu dalam perancangan rangakian *zero crossing detector* ini juga dibutuhkan 6 rangkaian,yaitu 3 rangakian sebagai pengubah sinyal arus dan 3 lagi sebagai pengubah sinyal tegangan.

Karena dalam satu *gelombang sinusoida* mempunyai nilai 360^0 dalam frekuensi jala – jala maka dapat disimpulkan bahwa dalam waktu :

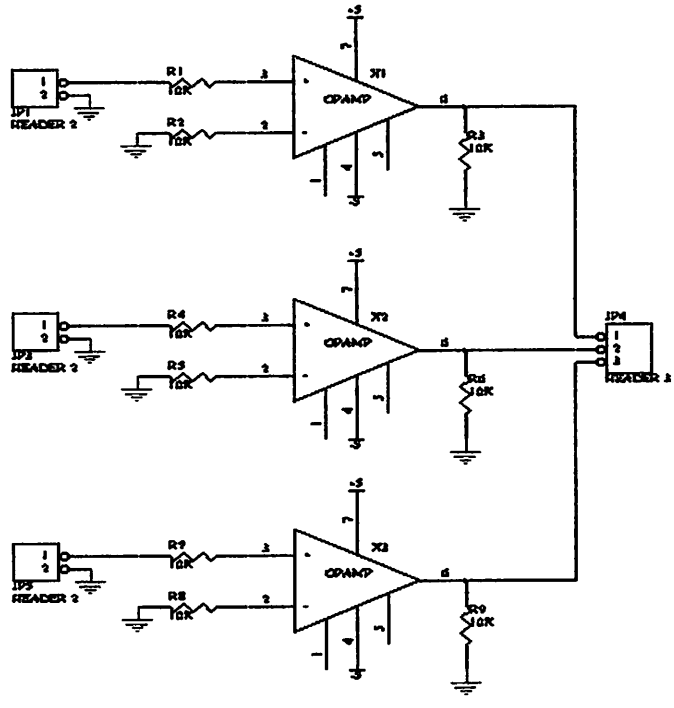
$$T = \frac{1}{F}$$

$$T = \frac{1}{50} \longrightarrow t = 0{,}02 \text{ dt}$$

Maka dalam waktu 0,02 dt terdapat satu gelombang penuh dengan sudut 360^0, jadi setiap seperderajat dari gelombang $\frac{0{,}02}{360^0} = 5{,}5 \,.\, 10^{-5}$

$$= 55 \ \mu S$$

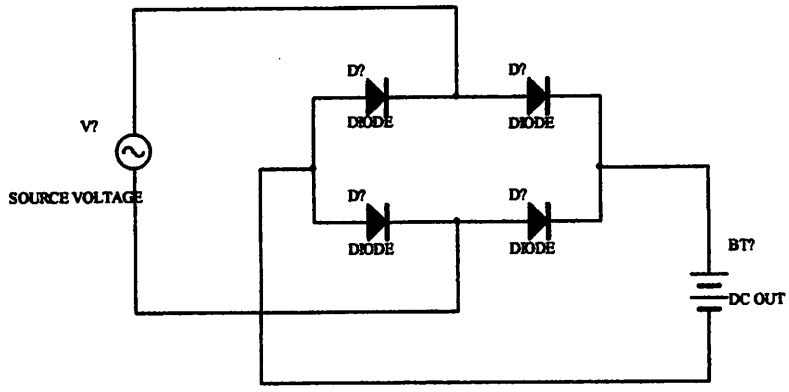
adapun bentuk rangkaian *crossing detector* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5. Rangkaian *Zero crossing Detector* Dengan IC LM741

3.3.3. Perancangan rangkaian penyearah

Penyearah disini menggunakan suatu Penyearah jembatan dengan menggunakan dioda IN4001,yang outputannya diparalel dengan suatu kapasitor 100 nF. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



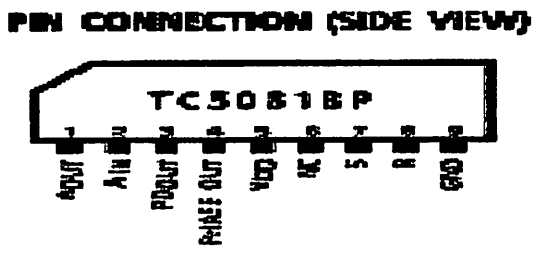
Gambar 3.6 penyearah jembatan

3.3.4. Perancangan *Phasa Comparator* (*Fasa Detector*)

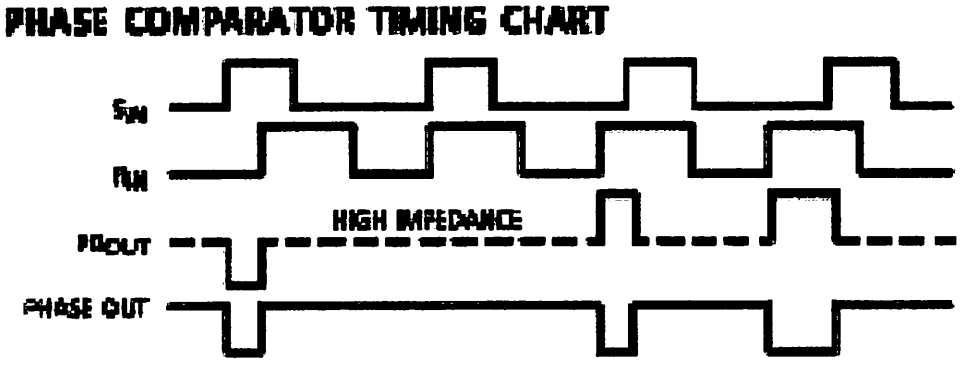
Fasa detector disini berfungsi sebagai pembanding antara sensor arus dan sensor tegangan untuk mengetahui beda fasa yang dikonversikan menjadi factor daya (cosφ) dari beban yang terpakai.Yang mana pada rumus daya kita membutuhkan 3 unsur yaitu tegangan,arus dan factor daya.Faktor daya disini akan dihasilkan dari pebandingan antara arus dan tegangan yang ada,pada alat ini dipakai sebuah IC Phasa comparator TC5081BP produksi Thosiba.TC5081BP.Yang mana TC5081BP ini merupakan pembanding fasa pada frekwensi tinggi yang terdiri dari pembanding fasa digital dan dapat digunakan sebagai penguat untuk low pass filter. TC5081 merupakan IC Cmos yang dapat mendeteksi perbandingan antara dua inputan sinyal fasa yang berbeda.Pada outputan

pulsa positif dan negatifnya sebanding dengan *Pout*,jika inputan kedua pulsa sama,maka *PDout* mempunyai impedansi yang tinggi.Karena IC ini termasuk *Cmos* maka impedansi input dari filter untuk penguat sangat tinggi dan IC ini juga mempunyai karakteristik yang sangat baik.IC ini mempunyai baris tunggal yang terdiri dari 9 pin,Adapun pin – pin yang dipakai dalam alat ini yaitu:

- Pin ke 7 sebagai inputan tegangan dari keluaran *zero crossing detector* tegangan.
- Pin ke 8 sebagai inputan Arus dari outputan *zero crossing detector* arus
- Pin ke 4 sebagai outputan yang sudah berupa beda fasa antara arus dan tegangan
- Pin ke 5 sebagai *VDD* inputan DC 5 Volt.
- Pin ke 9 sebagai *ground.*



Gambar 3.7. Susunan pin pada IC TC5081BP



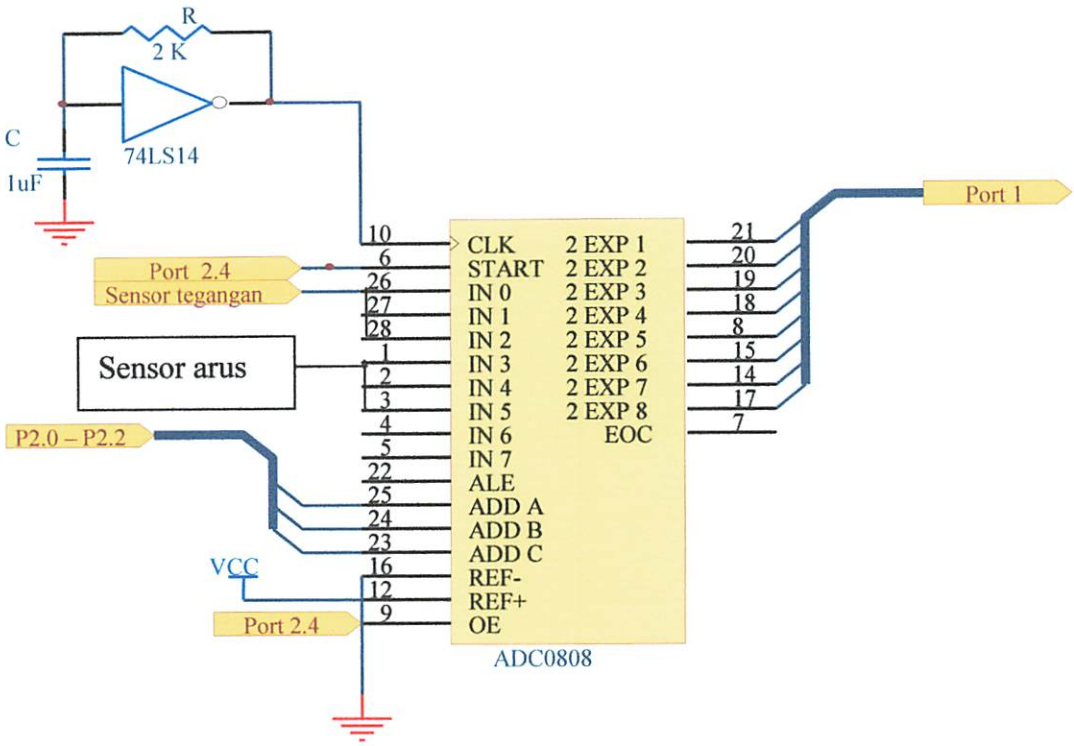
G

Gambar 3.8. Bentuk keluaran sinyal dari TC5081BP

Pada keluaran sinyal dari IC TC5081BP ini sudah berupa keluaran sinyal digital,jadi sudah dapat diproses di Mikrokontroller dan disini yang diproses berupa lebar pulsa dalam satuan waktunya.Yang kita proses disini adalah Δt nya yaitu lebar pulsa dari t1 ke t2.Karena sistem pengukuran disini merupakan unsur 3 fasa maka pada blok ini juga dibutuhkan 3 unsur komponen pembanding fasa.

3.3.5. Perancangan Rangkaian *Analog To Digital Conventer* (ADC)

Pada perancangan rangkaian konversi rangkaian konversi *analog* ke *digital* ini menggunakan ADC 0808, yang mempunyai 8 input yang dimultipleks dengan masing-masing input mempunyai *address* yang berbeda. Bentuk kemasaanya adalah DIP *(Dual Inline Package)* dengan 28 pin. Type ADC ini menggunakan metode konversi *Successive Approximation.* Salah satu dari kedelapan masukan tersebut dapat di pilih menjadi masukan signal analog.ADC 0808 memiliki 8 buah input, tetapi pada alat ini hanya dipakai enam buah *input* yaitu IN1-IN6. ADC disini juga difungsikan sebagai Multiplexer untuk memilih inputan dari sensor Tegangan RST dan sensor Arus RST yang akan diproses.



Gambar 3.9. Rangkaian ADC 0808

Adapun pembagian pin-pin ADC pada alat ini yaitu:

- Pin ke 26 sebagai masukan Arus R
- Pin ke 27 sebagai masukan Arus S
- Pin ke 28 sebagai masukan Arus S
- Pin ke 1 sebagai masukan Tegangan R
- Pin ke 2 sebagai masukan Tegangan S
- Pin ke 3 sebagai masukan Tegangan T
- Pin ke 25,24,dan ke 23 sebagai *addressing*
- Pin ke 9 sebagai *output enable* yang dikontrol dari port 2.3
- Pin ke 22 dan 6 sebagai permulaan konversi yang di kontrol dari port 2.4
- Pin ke17,14,15,8,18,19,20,21 berturut -turut sebagai data keluaran dari ADC.

- Pin ke 11 inputan VCC 5 volt DC
- Pin ke 13 sebagai *ground*

Dalam perancangan ini tegangan referensi yang diberikan pada ADC adalah 5 volt. Dimana tingkat resolusi ADC 0808 adalah :

$$\text{Resolusi} = \frac{Vref}{(2^8 - 1)} \quad \text{.....(3.1)}$$

$$\text{Resolusi} = \frac{5V}{255} = 19{,}6 \text{ mV}$$

Jadi besarnya resolusi adalah sebagai berikut : 19,6 mV

Untuk membuat ADC 0808 dapat bekerja, maka diperlukan sebuah sumber pulsa. Pada ADC 0808 dapat menggunakan sebuah pembangkit *Schmitt Trigger* IC 74LS14. Frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian ini sebesar :

$$F = \frac{1}{1{,}1.R.C} \quad \text{.....(3.1)}$$

$$F = \frac{1}{1{,}1x2000x1.10^{-9}}$$

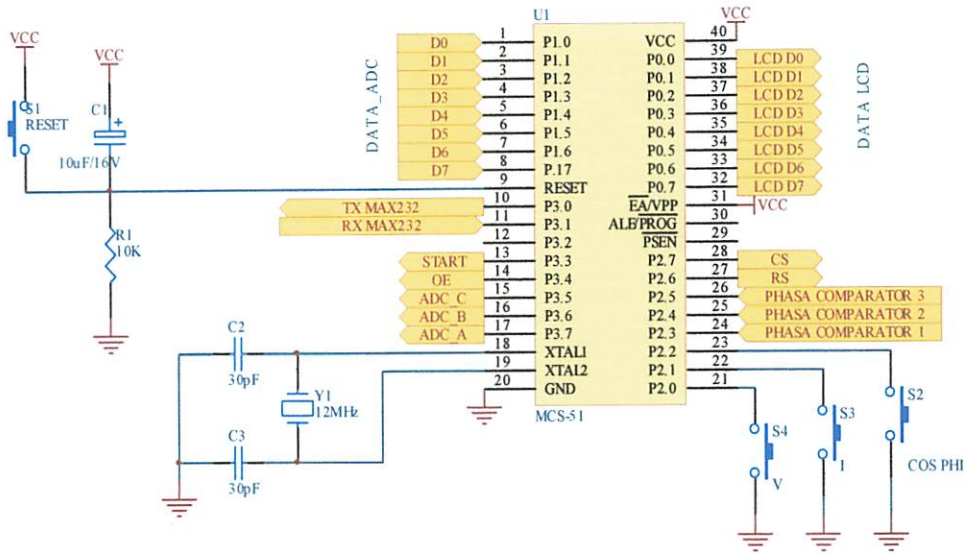
$$= 454545 = \pm 454.5 \text{ KHz}$$

3.3.6. Perancangan Minimum system Mikrokontroller AT89S8252

Mikrokontroller disini menjadi komponen utama dalam perancangan alat ukur energi listrik ini,komponen ini mempunyai multi fungsi dalam berbagai bentuk aplikasi,termasuk dalam perancangan alat ini kami menggunakan [illegible] AT89S8252yang termasuk dalam keluarga MCS-51.Mikrokontroller ini mempunyai banyak kelebihan seperti yang telah tertulis pada Bab II dalam penulisan skripsi ini.dari

berbagai fungsi pin pada mikrokontroller ini hampir semua pin terpakai dalam pembuatan alat ini adapun pembagiannya sebagai berikut:

- Port 0.0 sampai Port 0.7 : Data LCD
- Port 2.6 sampai Port 2.7 : Kontrol LCD
- Port 1.0 sampai port 1.7 : Masukan data dari ADC 0808
- Port 2.0 sampai port 2.2 : Sebagai masukan dari *push botton* pemilih tampilan untuk Tegangan,Arus,dan Faktor daya
- Port 2.3 sampai port 2.5 : Sebagai inputan dari [illegible]
- Port 2.6 sampai port 2.7 : Sebagai kontrol dari tampilan (LCD)
- Port 3.0 dan port 3.1 : Sebagai komunikasi RS232
- Port 3.3 : Sebagai permulaan konversi ADC
- Port 3.4 : Sebagai *output Enable* dari ADC
- Port 3.5 sampai port 3.7 : Sebagai *Addressing* ADC
- Pin 9 sebagai *input reset*
- Pin 18 dan 19 sebagai *oscilator*



Gambar 3.10. Konfigurasi Kaki Mikrokontroller AT89S8252

3.3.7. Perancangan Tampilan (*Display*) Rangkaian LCD

Pada lembaran data sheet modul LCD M1632 *SEIKO INSTRUMENT INC.* disebutkan bahwa :

Power supply LCD meliputi :

Vss **= 0 V (GND)**

Vcc = 5 V ± 10% (2mA)

Vee = Vcc - 13,3 V sampai Vcc + 0,3 V (1mA pada Vee = 0,25 V)

Power supply Back Light LCD :

V + BL = 4 V sampai 4,2 V (50 sampai 200 mA)

V – BL = 0 V (GND)

Untuk memenuhi ketentuan diatas, maka digunakan sebuah Variabel resistor dengan tujuan membuat tegangan variable untuk *input* Vee.

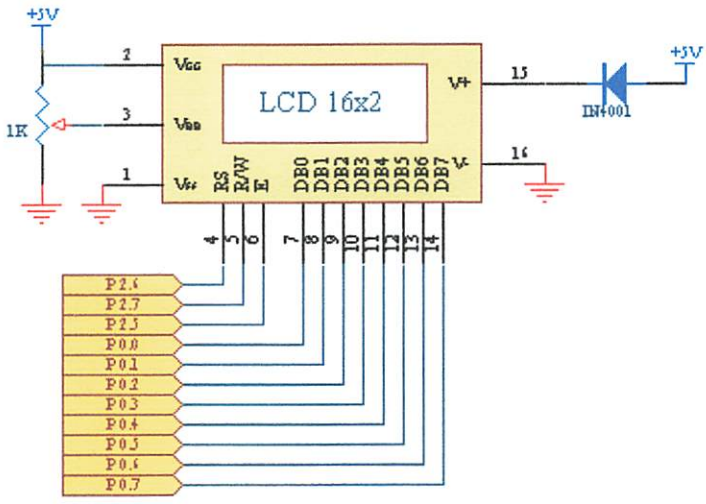
Pada input V + BL dipasang sebuah dioda IN4001 (bahan silicon dengan Vd = 0,65 V sampai 0,7 V). Tujuannya adalah didapatkan tegangan V + BL sebesar 4,3 V dengan perhitungan sebagai berukut :

$$Vcc = Vd + (V+BL)$$

$$5 = 0,7 + (V+BL)$$

$$(V+BL) = 5 - 0,7 = 4,3 \text{ V}$$

Dipilih dioda IN4001 karena arus maksimum yang bisa dilewatkan oleh dioda sebesar 1A. Berikut ini adalah rangkaian lengkap modul LCD yang digunakan dalam perancangan, yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.11. Rangkaian LCD

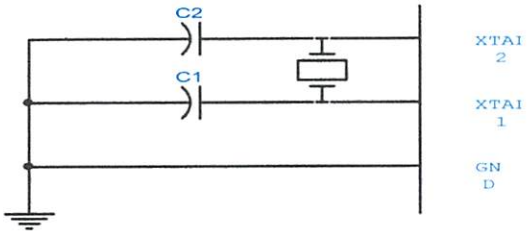
3.3.8. Rangkaian Clock Internal

Mikrokontroler AT89S8252 ini memiliki *internal clock* generator yang berfungsi sebagai sumber *clock*, tetapi masih diperlukan rangkaian tambahan untuk mendapatkan *clock* tersebut. Rangkaian ini terdiri dari 2 buah kapasitor dan sebuah kristal dengan ketentuan:

C1 dan C2 = 20 pF – 40 pF untuk kristal

= 30 pF – 50 pF untuk keramik resonator

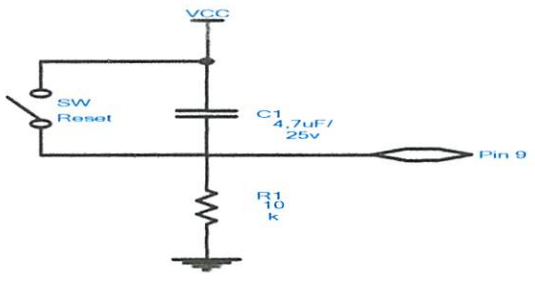
Dalam perencanaan rangkain mikrokontroller ini digunakan kapasitor sebesar 30 pF sampai dengan 10 pF.



Gambar 3.12. Rangkaian Clock

3.3.9. Rangkaian *Reset*

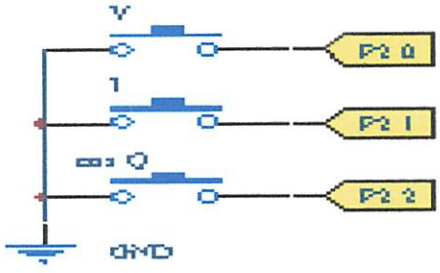
Rangkaian *Reset* digunakan untuk mereset atau mengembalikan ke keadaan awal dari mikrokontroller AT89S52. Rangkaian ini digunakan [illegible] untuk [illegible] mikrokontroller pada keadaan [illegible] Reset. Untuk menjalankan reset maka pin reset (pin no.9) pada mikrokontroller diberi sinyal *high* (1), rangkaian reset ini dapat ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 3.13. Rangkaian Reset

3.3.10. Perancangan *Push Botton* Pemilih Tampilan

Untuk perancangan *push botton* pemilih tampilan disini digunakan enam buah push botton yang terhubung sebagai berikut:

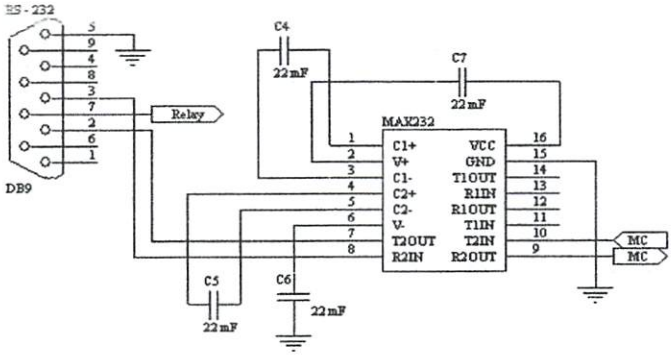


Gambar 3.14. Perancangan Push Botton Pemilih

Dari push botton pemilih tampilan disini disediakan 6 buah push botton untuk memilih tampilan Tegangan (V),Arus (I),Faktor daya (CosQ) tampilan masing -- masing fasa R,S dan T.

3.3.11. Perancangan Rangkaian RS 232

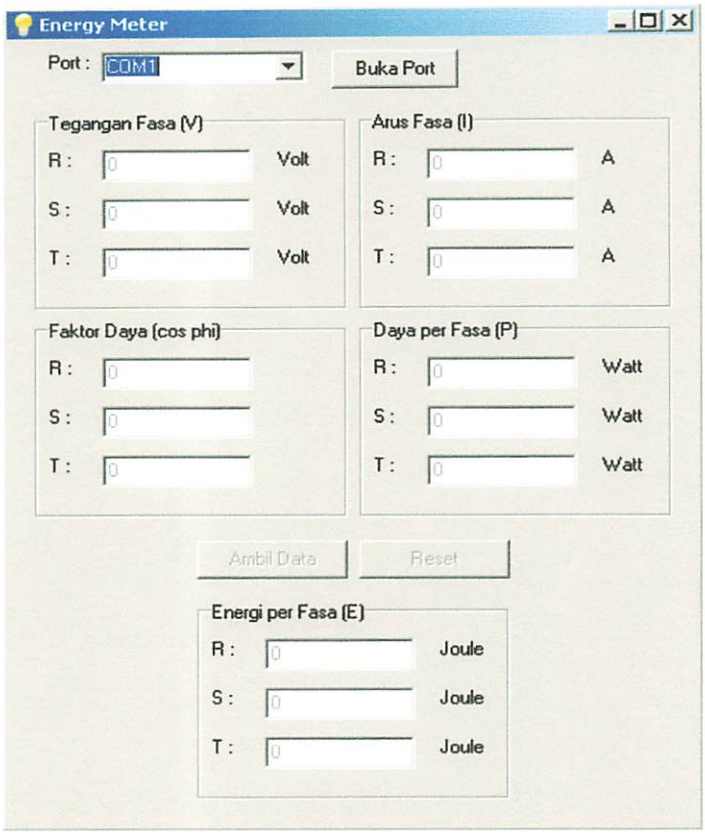
IC MAX 232 dalam sistem ini digunakan untuk *interface hardware* yang di buat untuk di komunikasikan ke komputer



Gambar 3.15 Rangkaian RS 232

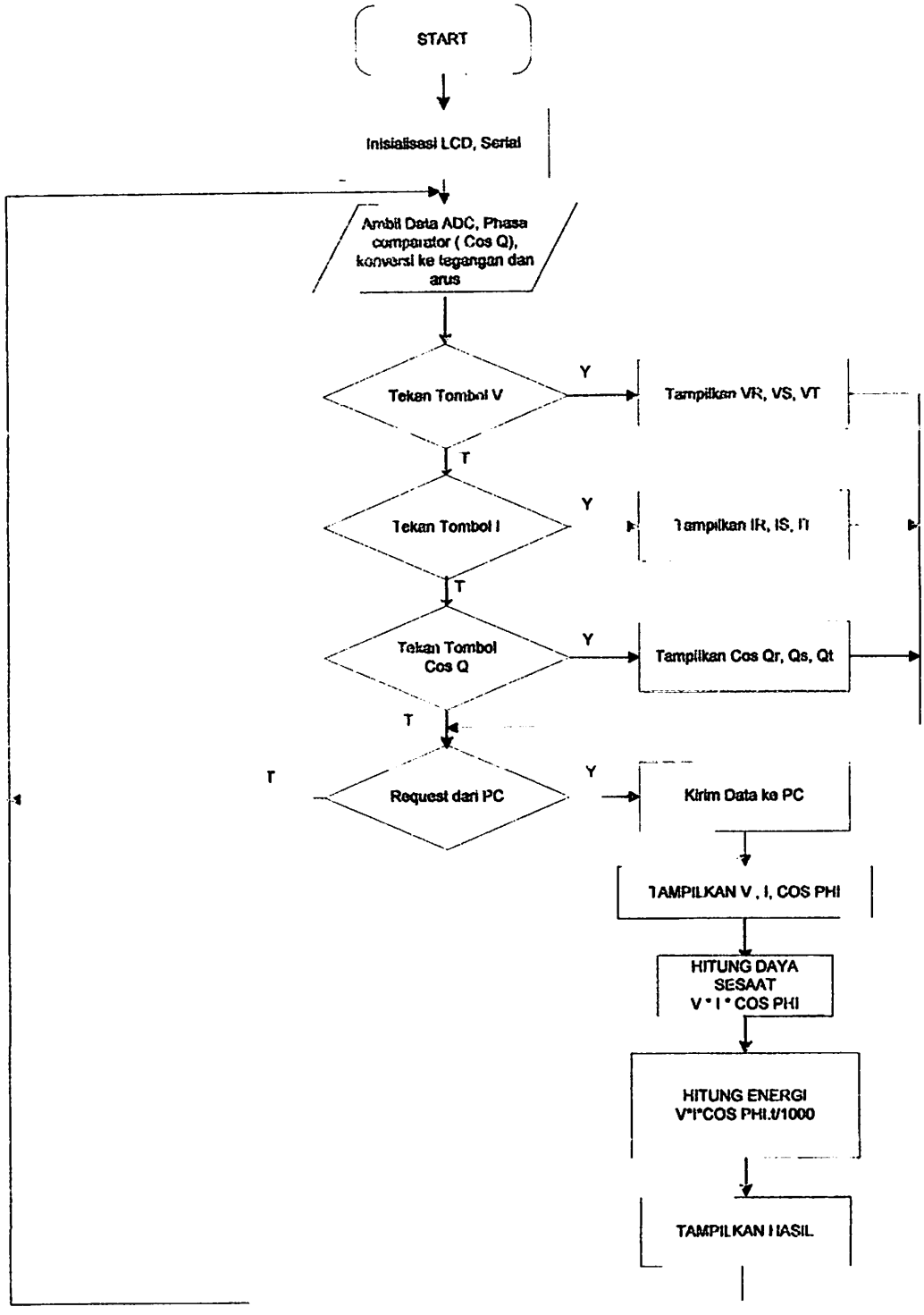
3.4 Perencanaan *software*

3.4.1. Tampilan *Energy Meter* Dalam PC



Gambar 3.16. Tampilan Energy Meter Dalam PC

3.4.2. Diagram Alir (*flow Chart*) Keseluruhan Sistem



Gambar 3.17. Diagram Alir Keseluruhan Sistem

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

Untuk menguji alat ukur energi listrik 3 fasa secara keseluruhan maka diperlukan pengujian masing – masing komponen dan masing – masing blok rangkaian. Pengujian. Masing – masing blok rangkaian ini bertujuan untuk memudahkan dalam menganalisa pengolahan sinyal yang diterima oleh sensor arus dan sensor tegangan,selain itu dimaksudkan untuk memudahkan dalam pencarian kesalahan apabila alat tidak bekerja dengan semestinya. Setelah masing – masing blok rangkaian diuji dan telah bekerja dengan baik maka dilakukan pengujian *system* keseluruhan beserta perangkat lunaknya.

4.1. Pengujian sensor

4.1.1. Pengujian sensor arus

4.1.1.1. Tujuan

Untuk mengetahui tegangan keluaran dari sensor arus yang berupa *Current Transformator* (CT)

4.1.1.2. Peralatan yang diperlukan

1. Osiloscop type HP 54600A
2. *Multimeter type Sanwa CD 800*
3. Sumber tegangan AC 220/380V.
4. Beban listrik

4.1.1.3. Prosedur pengujian

1. Menghubungkan rangkaian dengan beban listrik yang berbeda-beda.
2. Sumber tegangan AC diaktifkan.
3. Mengamati dan mencatat nilai arus beban dan tegangan output CT

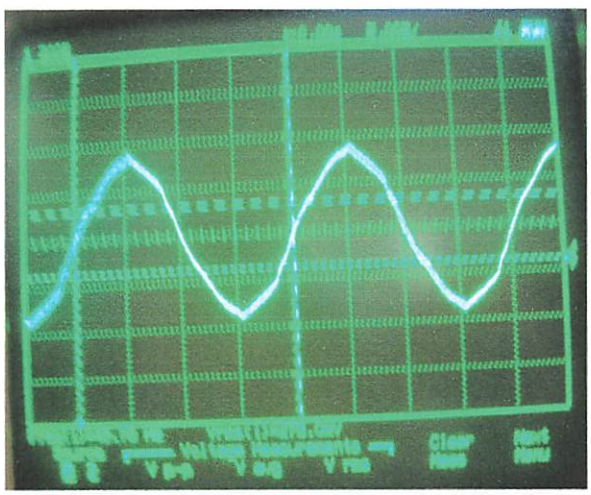
4. Mengulangi prosedur 3,4 dan dengan beban yang berbeda.

4.1.1.4. Hasil pengujian

$$\text{Prosentase kesalahan} = \frac{|\text{tegangan pengukuran rata-rata - tegangan perhitungan}|}{\text{Tegangan perhitungan}} \times 100\%$$

Tabel 4.1. Hasil dan Analisis Pengujian Sensor Arus

No	Arus (A)	Vout Hasil Pengukuran (mV)				Vout Hasil Perhitungan (mV)	Prosentase kesalahan (%)
		I	II	III	Rata-rata		
1	0.7	8.6	8.5	8.4	8.5	7	0,2
2	1,59	19,9	19,1	19,1	19,36	15,9	0,22
3	2,2	27	28	28	27,66	22	0,26
4	2,9	38	38	34	36,66	29	0,264
5	4,95	58	59,2	58,6	5,86	49,5	0,2
6	6,7	74,2	74,3	74	74,16	67	0,11
7	9,05	106,9	106,6	110,5	108	90,5	0,2
						Kesalahan rata-rata	0,21



Gambar 4.1 . Tampilan sinyal dari outputan CT

4.1.2. Pengujian sensor tegangan

4.1.2.1. Tujuan

Untuk mengetahui level tegangan dari sensor

4.1.2.2. Peralatan yang diperlukan

1. *Multimeter Digital type Sanwa* CD 800
2. *Osiloscop type* HP 54600A
3. Sumber tegangan AC

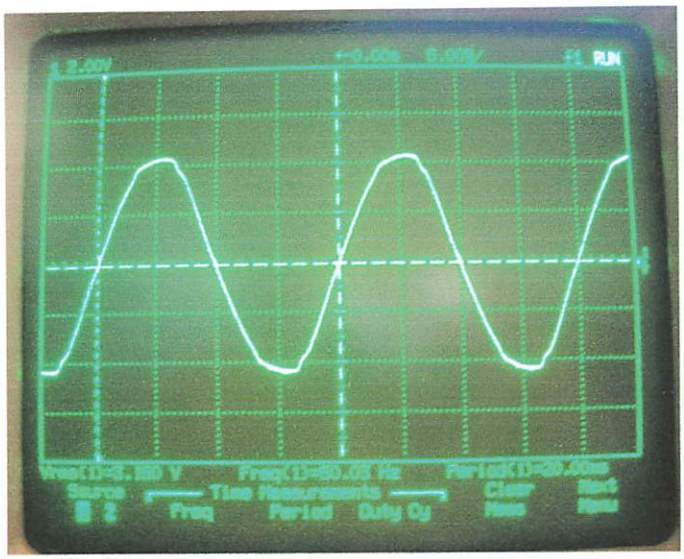
4.1.2.3. Prosedur pengujian

1. Menghubungkan sisi Primer Transformator dengan sumber tegangan
2. Menghubungkan alat ukur volt meter dan Osciloscope pada sisi sekunder *Transformator* (PT)
3. Mengamati dan mencatat nilai tegangan yang tertera pada *multimeter* dan *Osciloscope*
4. Mengamati tampilan sinyal dari sensor Tegangan.

$$\text{Prosentase kesalahan} = \frac{|\text{Tegangan perhitungan-tegangan pengukuran rata-rata}|}{\text{Tegangan perhitungan}} \times 100\%$$

4.1.2.4 Hasil pengujian

No	V_{in} (V)	V_{out} Pengukuran (V)				V_{out} Perhitungan (V)	Prosentase kesalahan (%)
		I	II	III	Rata-Rata		
1	219	3,32	3,32	3,32	3,32	3,49	0,048
2	220	3,33	3,32	3,33	3,32	3,5	0,05
3	221	3,4	3,39	3,39	3,39	3,51	0,034
4	222	3,4	3,4	3,4	3,4	3,52	0,034
5	224	3,42	3,42	3,43	3,42	3,54	0,033
						Kesalahan rata-rata	0,1 %



Gambar 4.2. Bentuk sinyal keluaran sensor tegangan

4.2. Pengujian detektor melintas nol

4.2.1 Tujuan

Untuk mengetahui respon sinyal blok detektor melintas nol.

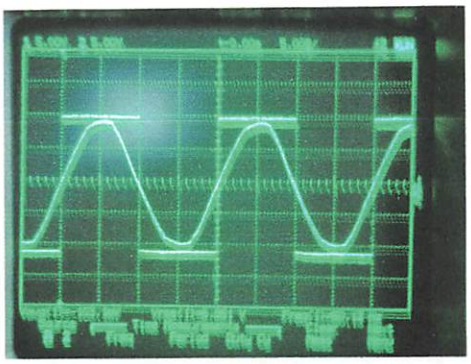
4.2.1.1 Peralatan yang diperlukan.

1. *Oscilloscope* tipe 54600A HP
2. Sensor tegangan dan sensor arus
3. Rangkaian *zerro crossing detector*

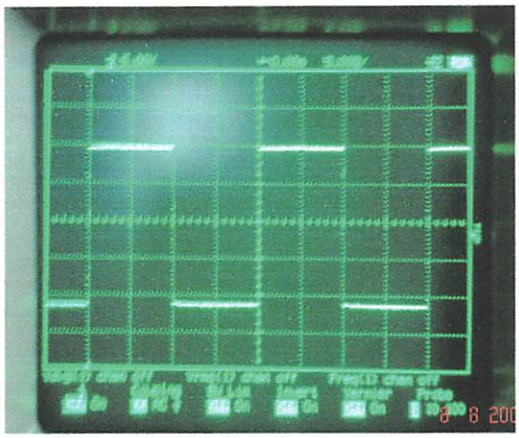
4.2.1.2 Prosedur pengujian

1. Menghubungkan rangkaian untuk sinyal tegangan dan arus dengan *probe Osciloscope*,*probe* ke 1 untuk masukan dan *probe* ke 2 untuk keluaran.
2. Mengamati sinyal keluaran rangkaian dibandingkan sinyal masukan.

4.2.1.3 Hasil pengujian



Gambar 4.3. Perbandingan sinyal input dan output zero crossing detektor



Gambar 4.4. Output sinyal zero crossing detektor

4.3 Pengujian *phasa comparator* (Detektor fasa)

4.3.1 Tujuan

Untuk mengetahui perubahan sinyal dari detector pembanding fasa (phasa Comparator)

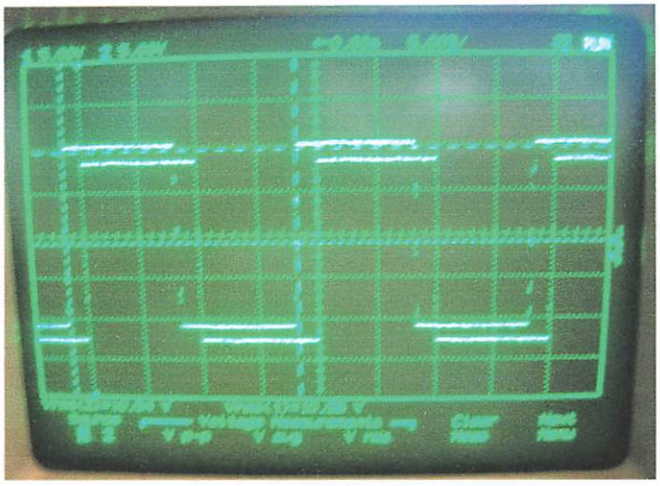
4.3.1.1 Peralatan yang diperlukan.

1. *Oscilloscope* tipe 54600A HP
2. Rangkaian zerro crossing detektor untuk arus dan tegangan
3. Beban induktif (motor listrik)

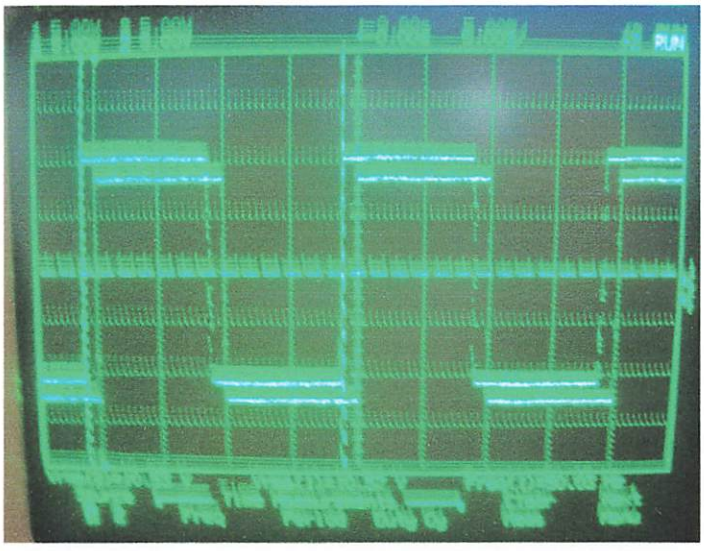
4. Beban resitif (lampu pijar)

4.3.1.2 Prosedur pengujian.

1. Hubungkan rangakaian *zero crossing detector* untuk tegangan ke kaki pin 7 dan pin 8 untuk *zero crossing detector* arus.
2. Amati hasil sinyal keluaran dari IC TC5081BP
3. Bandingkan perubahan sinyal dengan beban *resitif dan induktif.*



Gambar 4.5. Beda fasa antara Arus dan tegangan beban resitif



Gambar 4.6. Beda fasa antara arus dan tegangan beban induktif

Gambar 4.7. Sinyal keluaran komponen Phasa Comparator beban resitif

Gambar 4.8. Sinyal keluaran komponen Phasa comparator beban induktif

4.4 Pengujian ADC

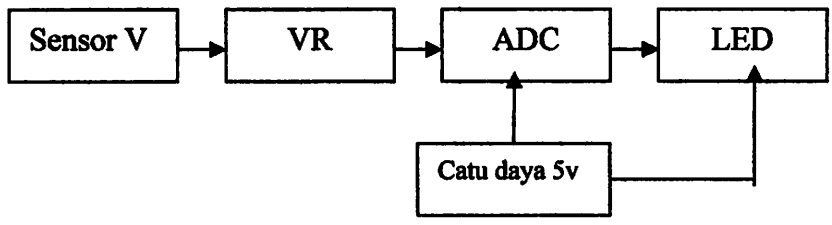
4.4.1 Pengujian Rangkaian ADC

4.4.1.1. Tujuan.

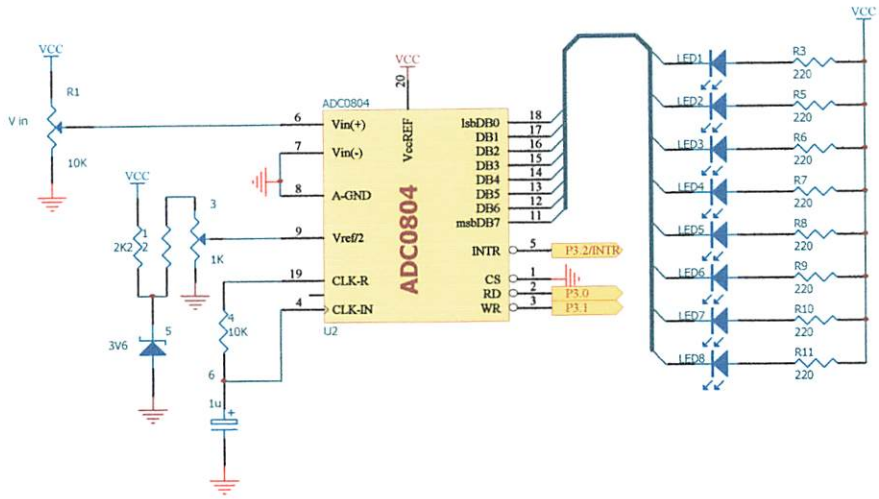
Untuk mengetahui hasil konversi tegangan analog ke digital setiap kenaikan 1 digit hasil konversi.

4.4.1.2 Peralatan Yang Digunakan.

1. Variabel Resistor 10 KΩ.
2. Digital Multimeter.
3. Catu Daya 5 Volt.
4. Rangkaian ADC
5. Delapan bit rangkaian indikator LED.



Gambar 4-9. Diagram Blok Pengujian ADC



Gambar 4-10. Rangkaian Pengujian ADC

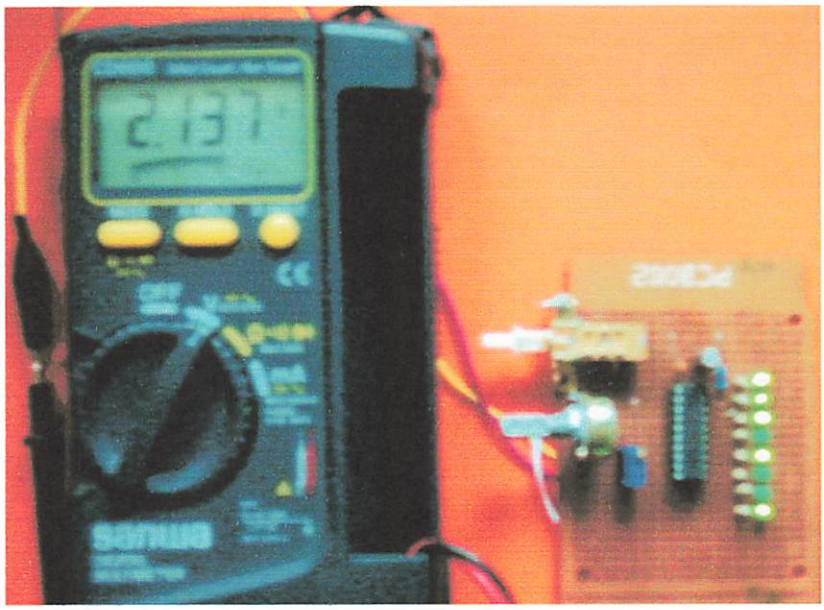
4.4.1.3 Langkah Pengujian.

1. Memasang 8 buah LED dengan resistor 220Ω pada keluaran ADC
2. Memberikan Catu Daya 5 Volt pada rangkaian ADC
3. Memberikan masukan analog dari sensor tegangan
4. Mengatur variabel resistor untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan.
5. Mencatat data biner 8 bit pada keluaran ADC

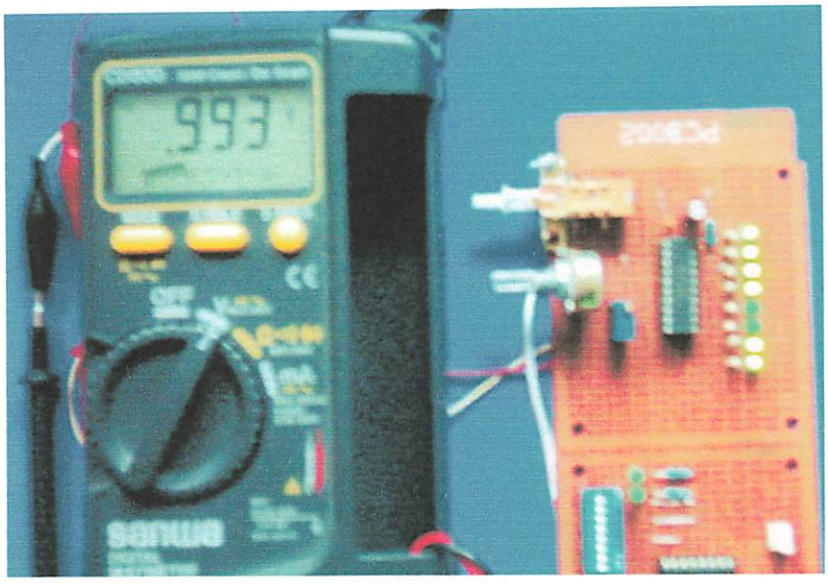
4.4.1.4 Hasil Pengujian.

Tabel 4-2. Hasil Pengujian ADC dengan LED indikator.

Vin (Volt)	Output							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
1	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**1**
2	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**
3	**1**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**
4	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**
5	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**



Gambar 4-6. Foto Pengujian ADC pada tegangan masukan 2.137 V



Gambar 4-7. Foto Pengujian ADC pada tegangan masukan 993 mV

Perubahan tegangan tiap bit ADC sebesar 19,6 mV. Untuk memperoleh hasil tersebut dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\textbf{1 bit} = \frac{V}{StepADC} = \frac{5}{255} = 19{,}6mV$$

maka diperoleh : $\frac{1Volt}{5} = \frac{x}{255}$

5x = 255

x = 51 Desimal

x = 33 Heksadesimal

Jadi tegangan 1 Volt = 00110011 Biner

4.5 Pengujian LCD tampilan

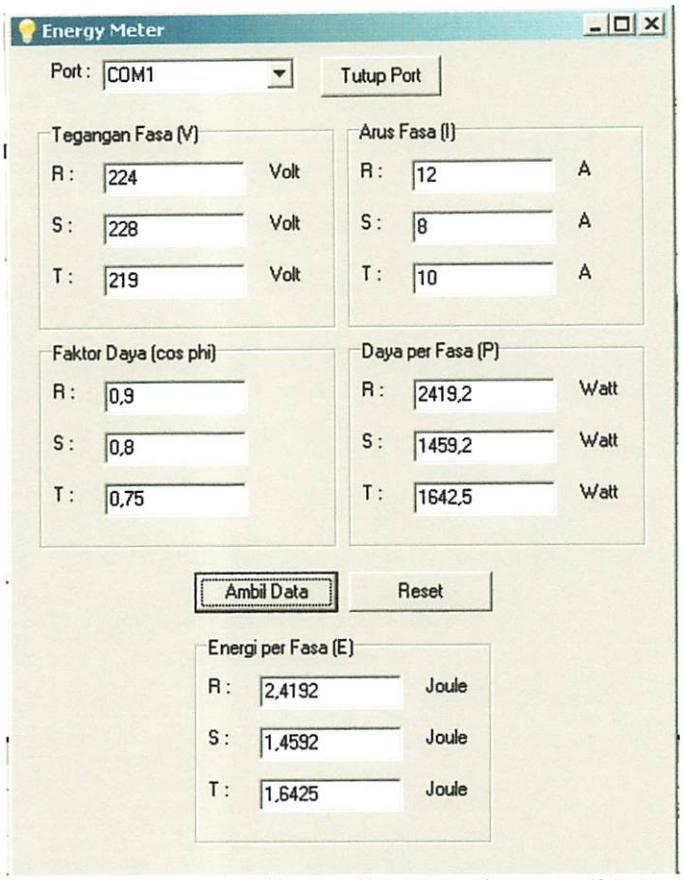
Gambar 4.8. Tampilan Awal Saat Dinyalakan

Gambar 4.9. Tampilan tegangan tiap fasa

Gambar 4.10. Tampilan arus tiap fasa

Gambar 4.11. Hasil pengukuran tegangan pada beban

4.6 Pengujian Tampilan Pada PC



Gambar 4.12. Hasil tampilan energi meter di PC

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan dan pembuatan alat Energi Meter Digital 3 fasa ini dapat ditarik Beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian sensor arus,dapat diketahui bahwa Trafo arus yang ada dipasaran untuk keluarannya sudah dikonversi dalam bentuk tegangan (V) tanpa harus menambah Resistansi.Besarnya tegangan outputan dari sensor arus sebanding dengan besarnya perbandingan dari transformator arus itu sendiri.Bila arus yang mengalir sebesar 5A maka dikonversi menjadi tegangan 5 mv
2. Dari hasil pengujian sensor maka bila titik netral sensor arus (CT) dan sensor tegangan (PT) dijadikan satu akan terjadi derau (*noise*) yang cukup besar.
3. Dari hasil pengujian,alat ukur ini dapat dipergunakan untuk mengukur beban besar tergantung dari besarnya perbandingan sensor arus.Dengan arus outputan dari CT maksimal 5A.
4. Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi dapat dilakukan dari hardware dengan VR dan juga dapat dengan software.
5. Dari hasil pengujian sensor tagangan dan arus didapatkan error 0,1 % untuk tegangan dan 0,21 % untuk arus.

5.2 Saran

1. Untuk memperoleh hasil pengukurun dengan hasil yang lebih presisi dan lebih baik diperlukan suatu komponen yang berkualitas baik, untuk komponen yang ada dipasaran masih memiliki toleransi yang cukup besar.
2. Untuk penempatan komponen sebaiknya dipilih penempatan yang lebih baik agar tidak terpengaruh dari berbagai factor gangguan
3. Untuk pengambilan data yang falit seharusnya dikalibrasi dari software.

DAFTAR PUSTAKA

1 Coughlin,Robert F,Soemitro Herman W,***Penguat Operasonal dan Rangkaian Terpadu Linier***,Edisi Kedua,Erlangga,Jakarta,1992.

2 Mikrocontroller ATmega8 Data Sheet,Atmel,2005

3 H. Hyatt, Jr, William, E.Kemmerly,Jack, Silaban Pantur,***Rangkaian Listrik Jilid I***,Edisi Keempat, Erlangga,Jakarta,1991.

4 Panduan Praktikum Sistem komunikasi,***ED electronic***,2006

5 Warsito S, ***Vademekum Elektronika*** Edisi kedua, PT Gramedia, Jakarta,1995.

6 Daryanto, ***Teknik Elektronika***,Bumi Aksara Jakarta,2001.

7 Widodo puji Mulyanto,Ir,MT, ***Gambar perencanaan Instalasi Listrik Gedung Laboratorium dan Kuliah Elektro ITN Malang***,2004

8 Http://.www.maxim-ic.com, RS 232 Data Sheets.

9 Http://www.Datasheetarchive.com, TC5081BP

10 Http://www.Datasheetarchive.com, ADC0808/0809

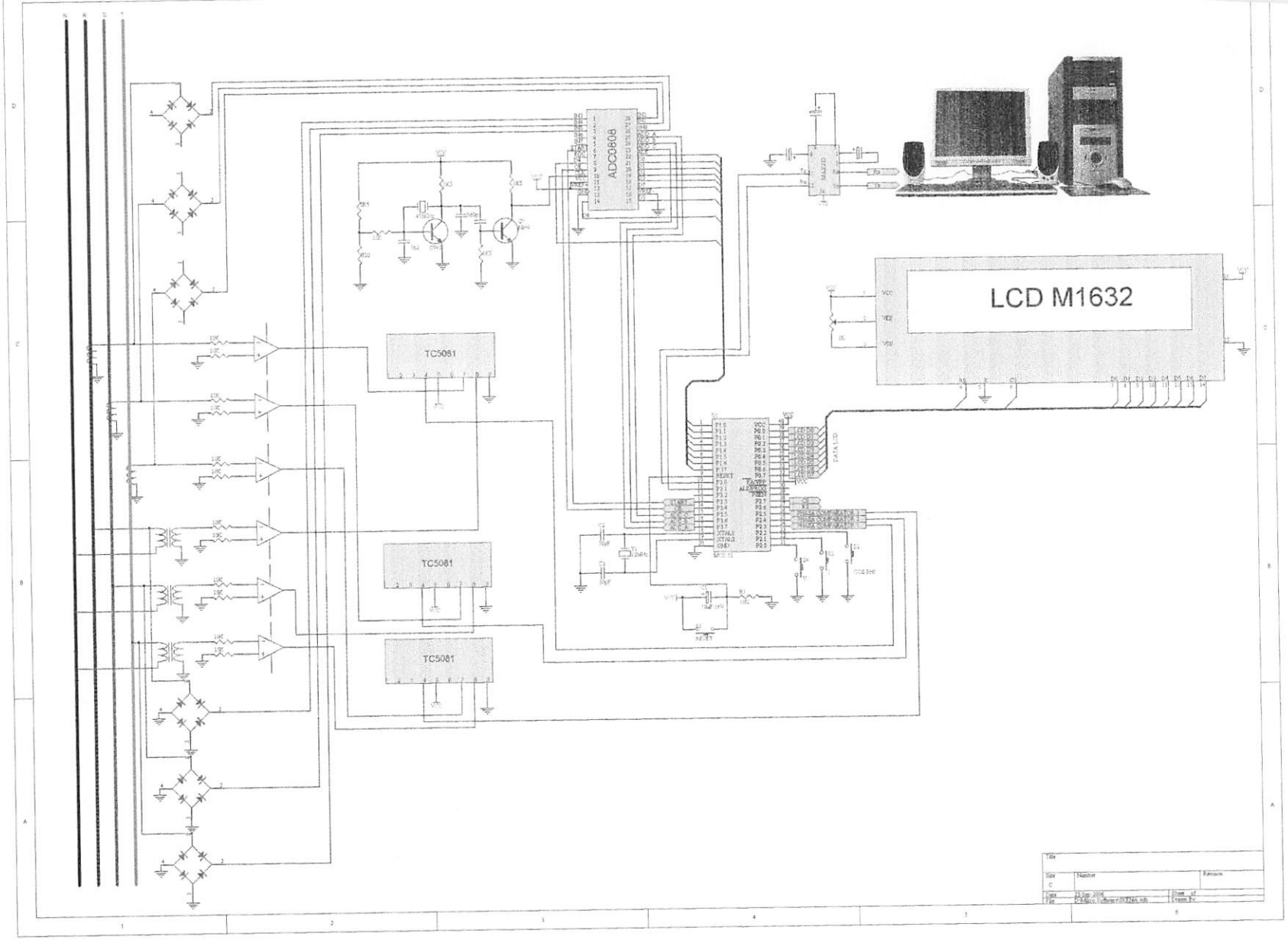
LAMPIRAN

```
/*==================================/
/ Alat Ukur Tegangan, Arus, Dan Cos Phi 3 Fasa /
/                Name: Very Sukarela          /
/               Phone: 081333007286           /
/=================================== /
#include<at89s8252.h>
#include "arusr.c"
#include "aruss.c"
#include "arust.c"
#include "teganganr.c"
#include "tegangans.c"
#include "tegangant.c"
#include "cosphir.c"
#include "cosphis.c"
#include "cosphit.c"
#define adc_a P3_7
#define adc_b P3_6
#define adc_c P3_5
#define adc_oe P3_4
#define adc_start P3_3
#define adc_eoc P3_2
#define tombol_1 P2_5
#define tombol_2 P2_4
#define tombol_3 P2_3
#define rs P2_6
#define cs P2_7
sbit     cs2 = 0x92;

void delay (long int tunggu)
{
 while (tunggu>0)
 tunggu--;
}
void input_1()  // sub rutin input tegangan R
{
 delay(50);
 adc_a=0;
 adc_b=0;
 adc_c=0;
 adc_oe=0;
 adc_start=0;
 delay(50);
 adc_start=1;
 delay(50);
 adc_oe=1;
}
void input_2()   // sub rutin input tegangan S dan T
{
 delay(50);
 adc_a=1;
 adc_b=0;
 adc_c=0;
```

```
adc_oe=0;
adc_start=0;
delay(50);
adc_start=1;
delay(50);
adc_oe=1;
}

void input_3()  // sub rutin input arus R
{
delay(50);
adc_a=0;
adc_b=1;
adc_c=0;
adc_oe=0;
adc_start=0;
delay(50);
adc_start=1;
delay(50);
adc_oe=1;
}

void input_4()  // sub rutin input arus S
{
delay(50);
adc_a=1;
adc_b=1;
adc_c=0;
adc_oe=0;
adc_start=0;
delay(50);
adc_start=1;
delay(50);
adc_oe=1;
}

void input_5()  // sub rutin input arus T
{
delay(50);
adc_a=0;
adc_b=0;
adc_c=1;
adc_oe=0;
adc_start=0;
delay(50);
adc_start=1;
delay(50);
adc_oe=1;
}

void input_6()  // sub rutin cos phi R
{
```

```
delay(50);
adc_a=1;
adc_b=0;
adc_c=1;
adc_oe=0;
adc_start=0;
delay(50);
adc_start=1;
delay(50);
adc_oe=1;
}

void input_7()  // sub rutin cos phi S
{
delay(50);
adc_a=0;
adc_b=1;
adc_c=1;
adc_oe=0;
adc_start=0;
delay(50);
adc_start=1;
delay(50);
adc_oe=1;
}

void input_8()  // sub rutin cos phi T
{
delay(50);
adc_a=1;
adc_b=1;
adc_c=1;
adc_oe=0;
adc_start=0;
delay(50);
adc_start=1;
delay(50);
adc_oe=1;
}

void LCD_data(unsigned char c,unsigned char dat,unsigned bit LCD) // sub rutin untuk
menampilkan data ke lcd
{
        rs = c;
        P0 = dat;
        if (LCD==0)
        {
                cs = 1;         cs = 0;
        }
        else
        {
                cs2 = 1;                cs2 = 0;
```

```
        }
        delay(20);
}

void Tulis_LCD(unsigned char a,unsigned char* dat) // sub rutin untuk menuliskan ke lcd
{
        char i = 0;
        LCD_data(0,a,0);
        while(dat[i] != 0)
        {
                LCD_data(1,dat[i],0); i++;
        }

}

void main (void)
{
 while(1)
  {
   delay(5);
   LCD_data(0,0x3F,0); LCD_data(0,0x0C,0);
   Tulis_LCD(0x80,"1:Ampere  2:Volt");
   Tulis_LCD(0xC4,"3:Cos Phi");
  while (tombol_2==0)
   {
    input_8();
     teganganr();
    input_7();
     tegangant();
   }

  while (tombol_1==0)
   {
   . input_5();
     arusr();
    input_4();
     aruss();
    input_6();
     arust();
   }

  while (tombol_3==0)
   {
    input_2();
     cosphir();
    input_1();
     cosphis();
    input_3();
     cosphit();
   }
  }
}
```


ADC0808
LCD M1632
TC5081
TC5081
TC5081

19-1298; Rev 2; 3/99

MAXIM

±15kV ESD-Protected, 3.0V to 5.5V, Low-Power, up to 250kbps, True RS-232 Transceivers

MAX3222E/MAX3232E/MAX3241E†

General Description

The MAX3222E/MAX3232E/MAX3241E are 3V-powered EIA/TIA-232 and V.28/V.24 communications interfaces with low power requirements, high data-rate capabilities, and enhanced electrostatic discharge (ESD) protection. All transmitter outputs and receiver inputs are protected to ±15kV using IEC 1000-4-2 Air-Gap Discharge, ±8kV using IEC 1000-4-2 Contact Discharge, and ±15kV using the Human Body Model.

The transceivers have a proprietary low-dropout transmitter output stage, delivering true RS-232 performance from a +3.0V to +5.5V supply with a dual charge pump. The charge pump requires only four small 0.1µF capacitors for operation from a +3.3V supply. Each device is guaranteed to run at data rates of 250kbps while maintaining RS-232 output levels.

The MAX3222E/MAX3232E have two receivers and two drivers. The MAX3222E features a 1µA shutdown mode that reduces power consumption and extends battery life in portable systems. Its receivers can remain active in shutdown mode, allowing external devices such as modems to be monitored using only 1µA supply current. Both the MAX3222E and MAX3232E are pin, package, and functionally compatible with the industry-standard MAX242 and MAX232, respectively.

The MAX3241E is a complete 3-driver/5-receiver serial port ideal for notebook or subnotebook computers. It also features the 1µA shutdown mode (in which all receivers can remain active) and includes two noninverting receiver outputs that are always active, allowing external devices to be monitored without forward biasing the protection diodes in circuitry that may be powered down.

The MAX3222E and MAX3232E are available in space-saving SO, SSOP, and TSSOP packages. The MAX3241E is available in SO and SSOP packages.

Applications

Notebook, Subnotebook, and Palmtop Computers	Hand-Held Equipment
Battery-Powered Equipment	Peripherals
	Printers

Selector Guide

PART	NO. OF DRIVERS/ RECEIVERS	LOW-POWER SHUTDOWN	GUARANTEED DATA RATE (kbps)
MAX3222E	2/2	✔	250
MAX3232E	2/2	—	250
MAX3241E	3/5	✔	250

Features

- ESD Protection for RS-232 I/O Pins:
  - ±15kV—Human Body Model
  - ±8kV—IEC 1000-4-2, Contact Discharge
  - ±15kV—IEC 1000-4-2, Air-Gap Discharge
- Latchup Free
- 300µA Supply Current
- 1µA Low-Power Shutdown with Receivers Active (MAX3222E/MAX3241E)
- 250kbps Guaranteed Data Rate
- 6V/µs Guaranteed Slew Rate
- Meet EIA/TIA-232 Specifications Down to 3.0V
- Guaranteed Mouse Driveability (MAX3241E)

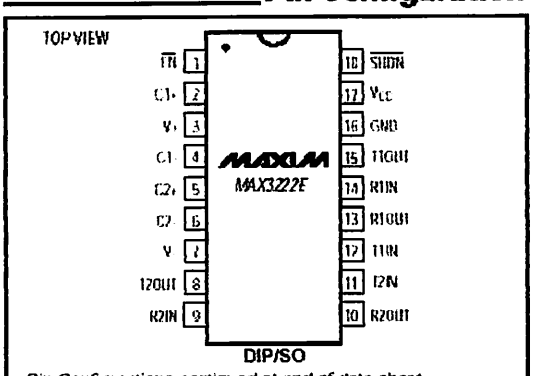
Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX3222ECUP	0°C to +70°C	20 TSSOP
MAX3222ECAP	0°C to +70°C	20 SSOP
MAX3222ECWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX3222ECPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX3222EC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX3222EEUP	-40°C to +85°C	20 TSSOP
MAX3222EEAP	-40°C to +85°C	20 SSOP
MAX3222EEWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX3222EEPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP

Ordering Information continued at end of data sheet.
**Dice are tested at T_A = +25°C, DC parameters only.*

Typical Operating Circuits appear at end of data sheet.

Pin Configuration



Pin Configurations continued at end of data sheet.

†Covered by U.S. Patent numbers 4,636,930; 4,679,134; 4,777,577; 4,797,899; 4,809,152; 4,897,774; 4,999,761; and other patents pending.

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800. For small orders, phone 408-737-7600 ext. 3468.

±15kV ESD-Protected, 3.0V to 5.5V, Low-Power, up to 250kbps, True RS-232 Transceivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{CC} to GND ..... -0.3V to +6V
V+ to GND (Note 1) ..... -0.3V to +7V
V- to GND (Note 1) ..... +0.3V to -7V
V+ + |V-| (Note 1) ..... +13V
Input Voltages
T_IN, $\overline{EN}$, $\overline{SHDN}$ to GND ..... -0.3V to +6V
R_IN to GND ..... ±25V
Output Voltages
T_OUT to GND ..... ±13.2V
R_OUT, R_OUTB (MAX3241E) ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_OUT to GND ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
16-Pin SSOP (derate 7.14mW/°C above +70°C) 571mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
20-Pin TSSOP (derate 7.0mW/°C above +70°C) 559mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
Operating Temperature Ranges
MAX32_ _EC_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX32_ _EE_ _ ..... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 1: V+ and V- can have maximum magnitudes of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3V to +5.5V, C1–C4 = 0.1µF, tested at 3.3V ±10%; C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, tested at 5.0V ±10%; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
DC CHARACTERISTICS (V_{CC} = +3.3V or +5V, T_A = +25°C)						
Supply Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC}, no load			0.3	1	mA
Shutdown Supply Current	$\overline{SHDN}$ = GND			1	10	µA
LOGIC INPUTS						
Input Logic Threshold Low	T_IN, $\overline{EN}$, $\overline{SHDN}$				0.8	V
Input Logic Threshold High	T_IN, $\overline{EN}$, $\overline{SHDN}$	V_{CC} = 3.3V	2.0			V
		V_{CC} = 5.0V	2.4			
Transmitter Input Hysteresis				0.5		V
Input Leakage Current	T_IN, $\overline{EN}$, $\overline{SHDN}$			±0.01	±1	µA
RECEIVER OUTPUTS						
Output Leakage Current	R_OUT (MAX3222E/MAX3241E), $\overline{EN}$ = V_{CC}, receivers disabled			±0.05	±10	µA
Output Voltage Low	I_{OUT} = 1.6mA				0.4	V
Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		V_{CC} - 0.6	V_{CC} - 0.1		V
RECEIVER INPUTS						
Input Voltage Range			-25		+25	V
Input Threshold Low	T_A = +25°C	V_{CC} = 3.3V	0.6	1.2		V
		V_{CC} = 5.0V	0.8	1.5		
Input Threshold High	T_A = +25°C	V_{CC} = 3.3V		1.5	2.4	V
		V_{CC} = 5.0V		1.8	2.4	
Input Hysteresis				0.5		V
Input Resistance	T_A = +25°C		3	5	7	kΩ

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3V to +5.5V, C1-C4 = 0.1µF, tested at 3.3V ±10%; C1 = 0.047µF, C2-C4 = 0.33µF, tested at 5.0V ±10%; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TRANSMITTER OUTPUTS					
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground	±5	±5.4		V
Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0, transmitter output = ±2V	300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current				±60	mA
Output Leakage Current	V_{CC} = 0 or 3V to 5.5V, V_{OUT} = ±12V, transmitters disabled			±25	µA
MOUSE DRIVEABILITY (MAX3241E)					
Transmitter Output Voltage	T1IN = T2IN = GND, T3IN = V_{CC}, T3OUT loaded with 3kΩ to GND, T1OUT and T2OUT loaded with 2.5mA each	±5			V
ESD PROTECTION					
R_IN, T_OUT	Human Body Model		±15		kV
	IEC1000-4-2 Air Discharge		±15		kV
	IEC1000-4-2 Contact Discharge		±8		kV

TIMING CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3V to +5.5V, C1-C4 = 0.1µF, tested at 3.3V ±10%; C1 = 0.047µF, C2-C4 = 0.33µF, tested at 5.0V ±10%; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Maximum Data Rate		R_L = 3kΩ, C_L = 1000pF, one transmitter switching		250			kbps
Receiver Propagation Delay	t_{PHL}	Receiver input to receiver output, C_L = 150pF			0.15		µs
	t_{PLH}				0.15		µs
Receiver Output Enable Time		Normal operation (except MAX3232E)			200		ns
Receiver Output Disable Time		Normal operation (except MAX3232E)			200		ns
Transmitter Skew	$\lvert t_{PHL} - t_{PLH} \rvert$	(Note 2)			100		ns
Receiver Skew	$\lvert t_{PHL} - t_{PLH} \rvert$				50		ns
Transition-Region Slew Rate		V_{CC} = 3.3V, T_A = +25°C, R_L = 3kΩ to 7kΩ, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	C_L = 150pF to 1000pF	6		30	V/µs
			C_L = 150pF to 2500pF	4		30	V/µs

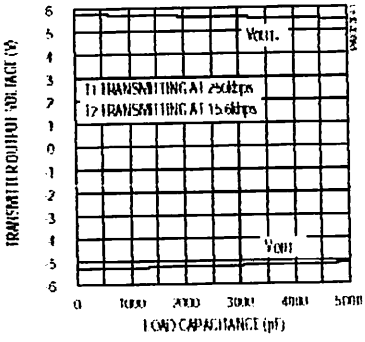
Note 2: Transmitter skew is measured at the transmitter zero cross points.

±15kV ESD-Protected, 3.0V to 5.5V, Low-Power, up to 250kbps, True RS-232 Transceivers

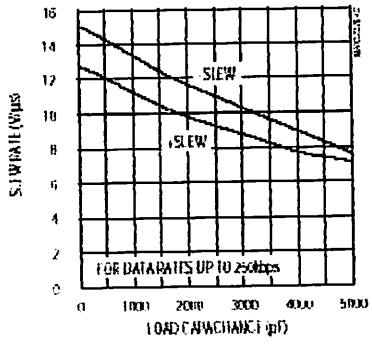
Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, 250kbps data rate, 0.1µF capacitors, all transmitters loaded with 3kΩ and C_L, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

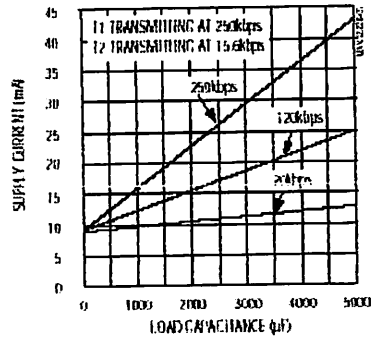
MAX3222E/MAX3232E TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CAPACITANCE



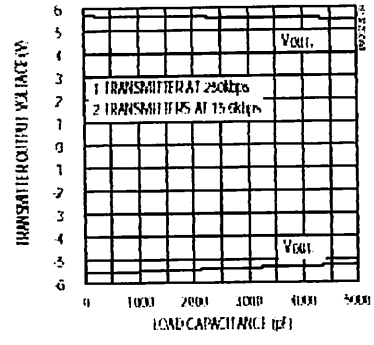
MAX3222E/MAX3232E SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



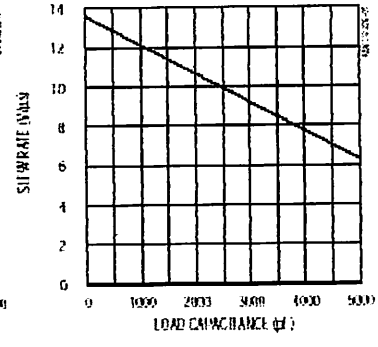
MAX3222E/MAX3232E OPERATING SUPPLY CURRENT vs. LOAD CAPACITANCE



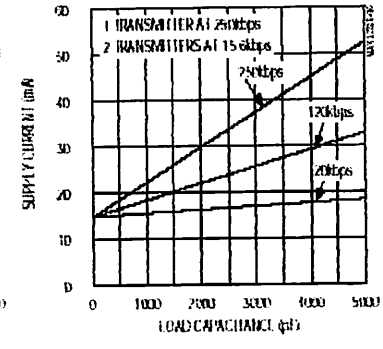
MAX3241E TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CAPACITANCE



MAX3241E SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



MAX3241E OPERATING SUPPLY CURRENT vs. LOAD CAPACITANCE

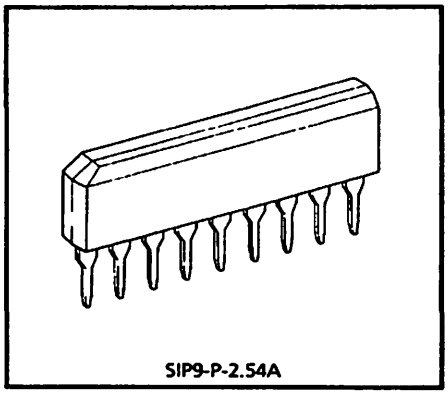


TENTATIVE TOSHIBA CMOS DIGITAL INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

TC5081BP

PHASE COMPARATOR

The TC5081BP is phase comparator for PLL frequency synthesizer type, and consists of a digital phase comparator and an amplifier for active low pass filter.

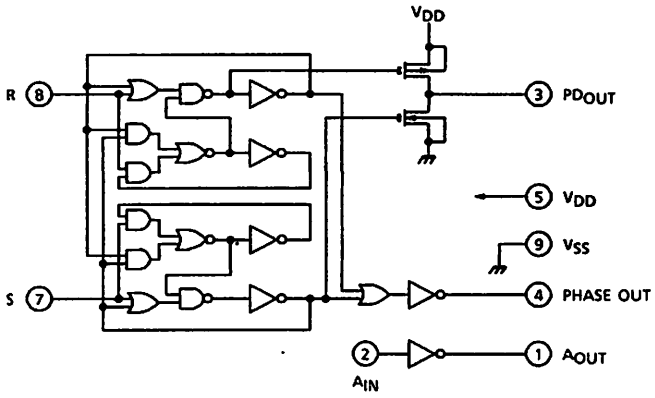


Weight : 0.92g (Typ.)

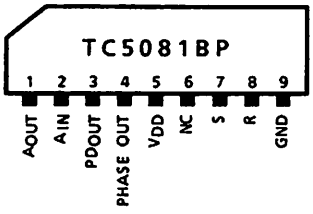
FEATURES

- The phase comparator detects two input pulse phase differences and outputs proportionate positive or negative pulses to PD_{OUT}. When the input pulse phases are the same, PD_{OUT} has high impedance.
- Because the IC is CMOS, the input impedance of the filter for the amp is extremely high and has excellent characteristics.
- TC5081BP comes in a SIP 9 PIN.

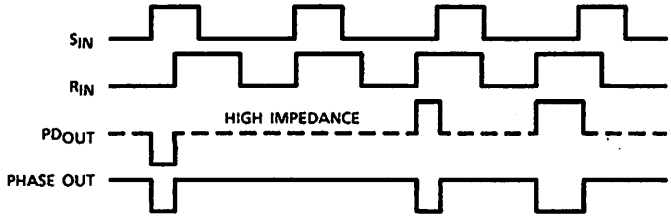
LOGIC DIAGRAM



PIN CONNECTION (SIDE VIEW)



PHASE COMPARATOR TIMING CHART



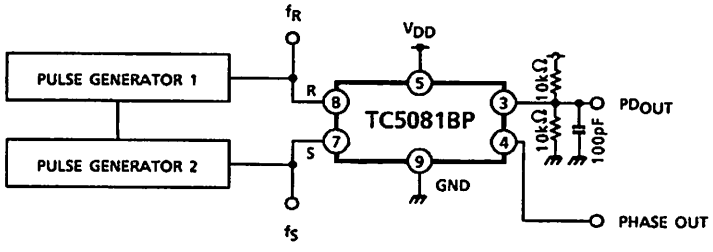
MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Supply Voltage	V_{DD}	15	V
Input Voltage	V_{IN}	$-0.3 \sim V_{DD}+0.3$	V
Operating Temperature	T_{opr}	−30~75	°C
Storage Temperature	T_{stg}	−55~125	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 7.5V, Ta = −30~75°C)

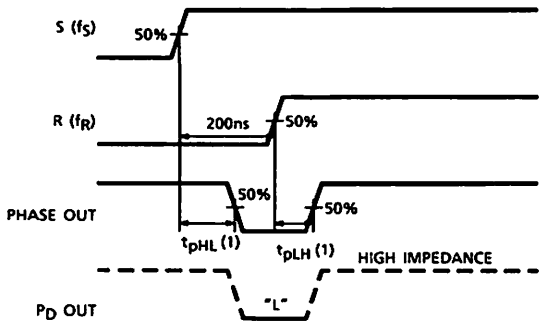
CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CIR-CUIT	TEST CONDITION		MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Operating Supply Voltage		V_{DD}	—	—		4.5	—	12	V
Output Voltage	"H" Level	V_{OH}	—	V_{IH} = 6.6V, V_{IL} = 1.6V	I_{OH} = −50μA	7.3	—	—	V
	"L" Level	V_{OL}			I_{OL} = 50μA	—	—	0.2	V
Quiescent Current		I_{DD}	—	V_{IH} = 7.5V, V_{IL} = 0V		—	—	200	μA
3 State Leak Current	"H" Level	I_{TLH}	—	—		—	—	500	nA
	"L" Level	I_{TLL}				—	—	−500	nA
Filter Amp. Voltage Gain		G_V	3	R①-② = 1MΩ, f_{IN} = 1kHz R_g = 600Ω		—	30	—	dB

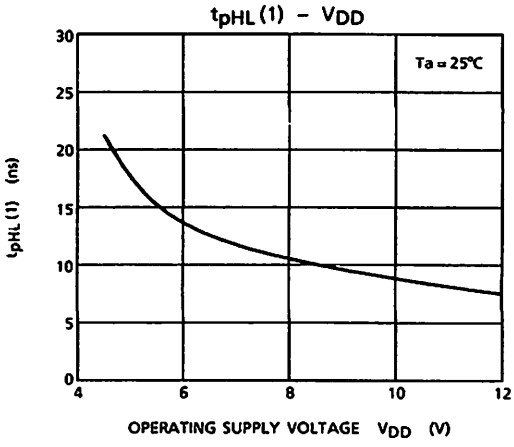
TEST CIRCUIT 1

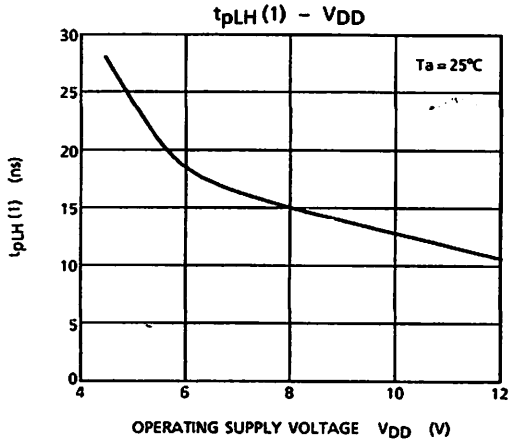


The pulse generator-1 is synchronized with the pulse generator-2.
Then, the phase of f_R and f_S is variable.

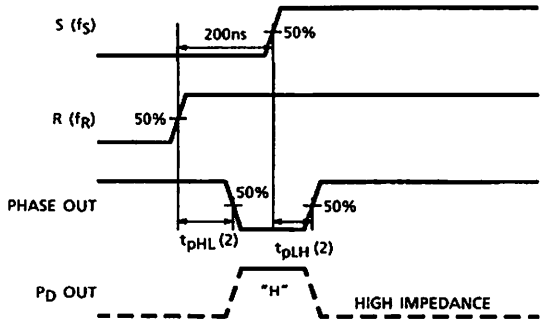
WAVE FORM 1 (The leading phase, $f_S > f_R$)

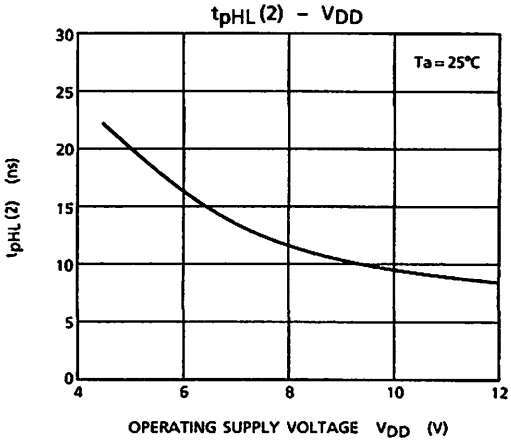


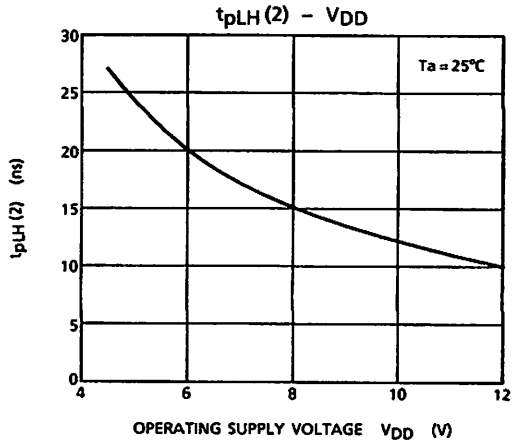




WAVE FORM 2 (The lagging phase, $f_S < f_R$)

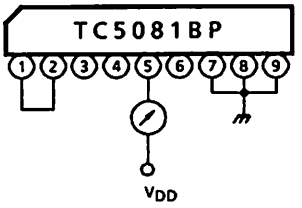






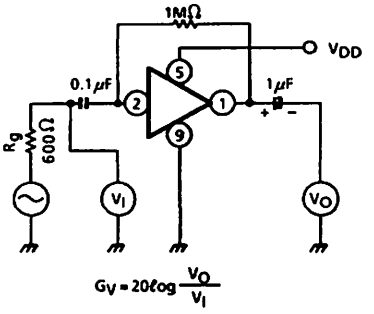
TEST CIRCUIT 2

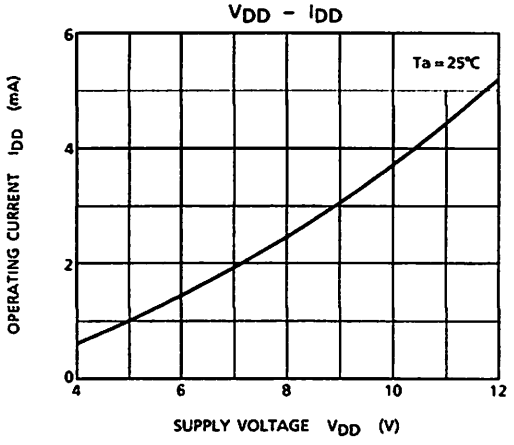
V_{DD}-I_{DD}

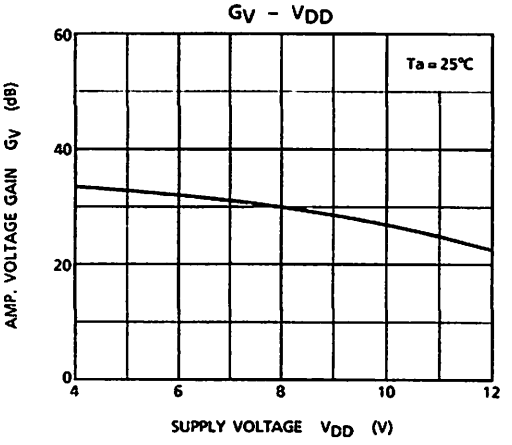


TEST CIRCUIT 3

G_V-V_{DD}

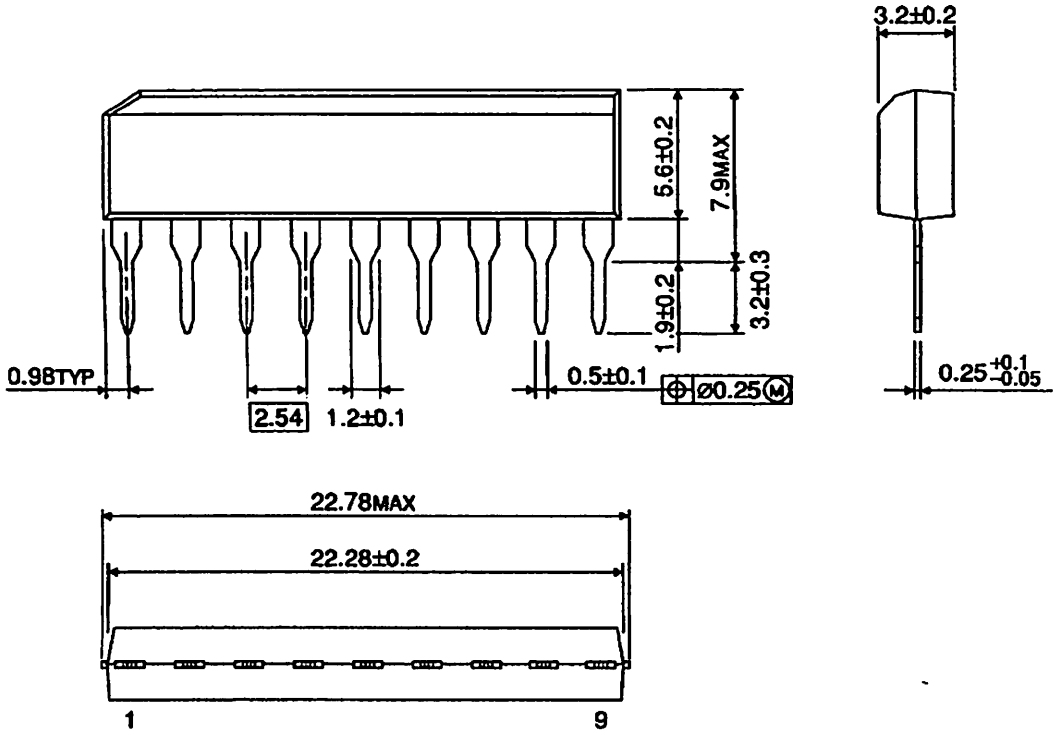






PACKAGE DIMENSIONS
SIP9-P-2.54A

Unit : mm



Weight : 0.92g (Typ.)

RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

000707EBA

- TOSHIBA is continually working to improve the quality and reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to comply with the standards of safety in making a safe design for the entire system, and to avoid situations in which a malfunction or failure of such TOSHIBA products could cause loss of human life, bodily injury or damage to property.
  In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent TOSHIBA products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the "Handling Guide for Semiconductor Devices," or "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" etc..
- The TOSHIBA products listed in this document are intended for usage in general electronics applications (computer, personal equipment, office equipment, measuring equipment, industrial robotics, domestic appliances, etc.). These TOSHIBA products are neither intended nor warranted for usage in equipment that requires extraordinarily high quality and/or reliability or a malfunction or failure of which may cause loss of human life or bodily injury ("Unintended Usage"). Unintended Usage include atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, combustion control instruments, medical instruments, all types of safety devices, etc.. Unintended Usage of TOSHIBA products listed in this document shall be made at the customer's own risk.
- The products described in this document are subject to the foreign exchange and foreign trade laws.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
- The information contained herein is subject to change without notice.

National Semiconductor

November 1995

ADC0808/ADC0809
8-Bit µP Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

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

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

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

Features

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

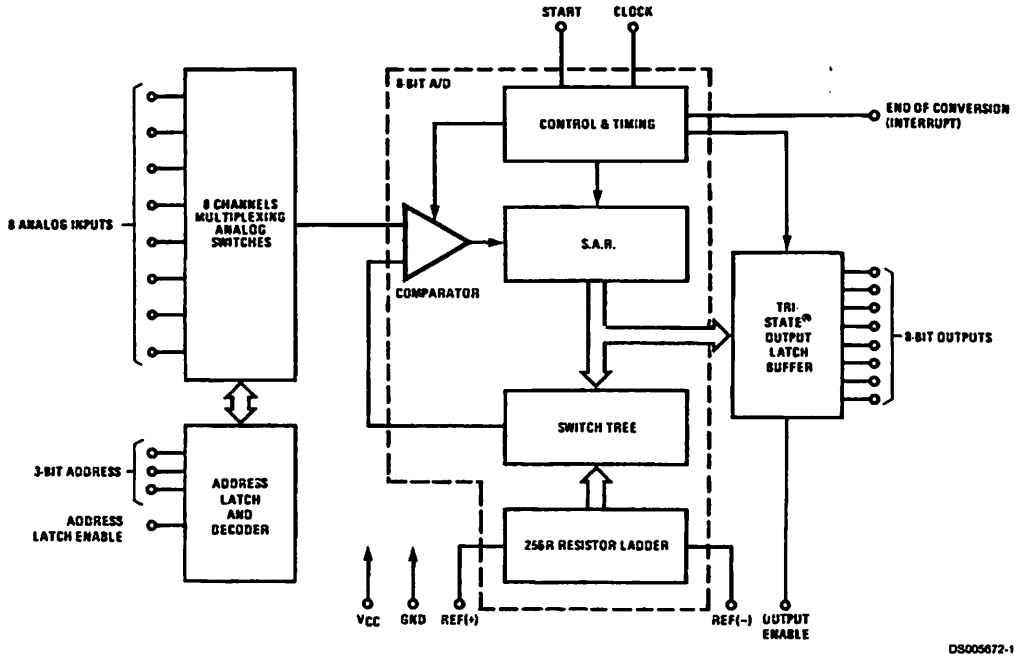
Key Specifications

- Resolution: 8 Bits
- Total Unadjusted Error: ±½ LSB and ±1 LSB
- Single Supply: 5 V_{DC}
- Low Power: 15 mW
- Conversion Time: 100 µs

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

© 1997 National Semiconductor Corporation

Block Diagram



See Ordering Information

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 at Any Pin Except Control Inputs	−0.3V to (V_{CC}+0.3V)
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	−0.3V to +15V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Package Dissipation at T_A=25°C	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 8)	400V

Operating Conditions (Notes 1, 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$
ADC0808CJ	−55°C≤T_A≤+125°C
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN	−40°C≤T_A≤+85°C
ADC0808CCV, ADC0809CCV	−40°C ≤ T_A ≤ +85°C
Range of V_{CC} (Note 1)	4.5 V_{DC} to 6.0 V_{DC}

Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error	25°C			±½	LSB
	(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}			±¾	LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error	0°C to 70°C			±1	LSB
	(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}			±1¼	LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(−)	1.0	2.5		kΩ
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(−)	GND−0.10		V_{CC}+0.10	V_{DC}
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V_{CC}	V_{CC}+0.1	V
$\frac{V_{REF(+)}+V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		V_{CC}/2-0.1	V_{CC}/2	V_{CC}/2+0.1	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(−)	−0.1	0		V
I_{IN}	Comparator Input Current	f_c=640 kHz, (Note 6)	−2	±0.5	2	μA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V≤V_{CC}≤5.5V, −55°C≤T_A≤+125°C unless otherwise noted ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75≤V_{CC}≤5.25V, −40°C≤T_A≤+85°C unless otherwise noted

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

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ $4.5V \le V_{CC} \le 5.5V$, $-55^\circ C \le T_A \le +125^\circ C$ unless otherwise noted ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, $4.75 \le V_{CC} \le 5.25V$, $-40^\circ C \le T_A \le +85^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	I_O=−360 µA	V_{CC}−0.4			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	I_O=1.6 mA			0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	I_O=1.2 mA			0.45	V
I_{OUT}	TRI-STATE Output Current	V_O=5V V_O=0	 −3		3	µA µA

Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{WS}	Minimum Start Pulse Width	(*Figure 5*)		100	200	ns
t_{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(*Figure 5*)		100	200	ns
t_s	Minimum Address Set-Up Time	(*Figure 5*)		25	50	ns
t_H	Minimum Address Hold Time	(*Figure 5*)		25	50	ns
t_D	Analog MUX Delay Time From ALE	R_S=0Ω (*Figure 5*)		1	2.5	µS
t_{H1}, t_{H0}	OE Control to Q Logic State	C_L=50 pF, R_L=10k (*Figure 8*)		125	250	ns
t_{1H}, t_{0H}	OE Control to Hi-Z	C_L=10 pF, R_L=10k (*Figure 8*)		125	250	ns
t_c	Conversion Time	f_c=640 kHz, (*Figure 5*) (Note 7)	90	100	116	µS
f_c	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t_{EOC}	EOC Delay Time	(*Figure 5*)	0		8+2 µS	Clock Periods
C_{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

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

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

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

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

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See *Figure 2*. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See *Figure 13*.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (*Figure "NO TGT: fig NS0592"*). See paragraph 4.0.

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

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Functional Description

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

TABLE 1.

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

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

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

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

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in *Figure 1* are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached +½ LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

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

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

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

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

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

Functional Description (Continued)

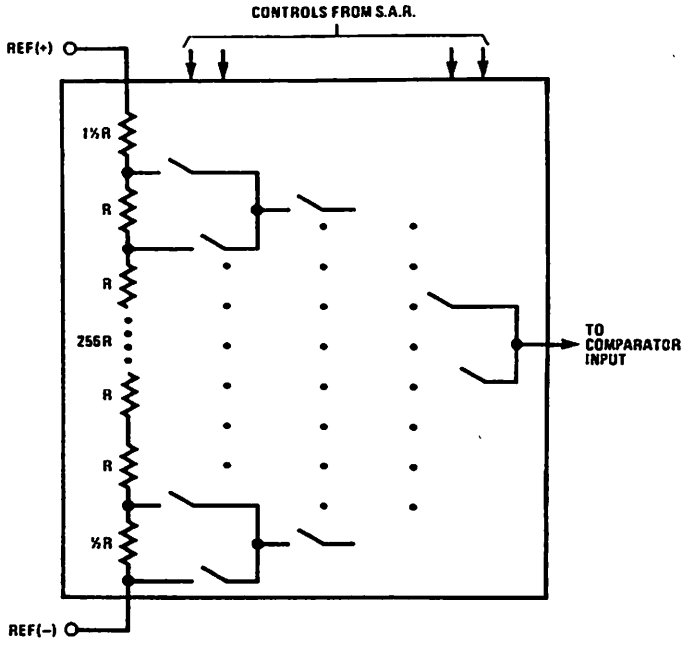


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

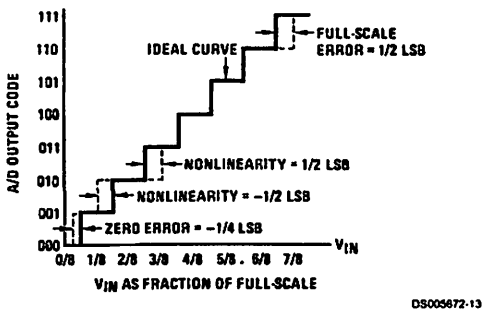


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

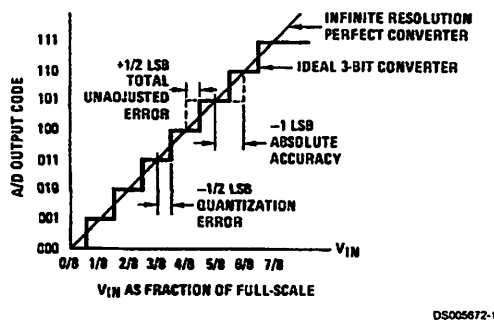


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

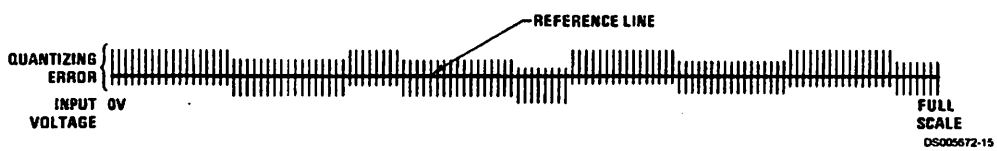
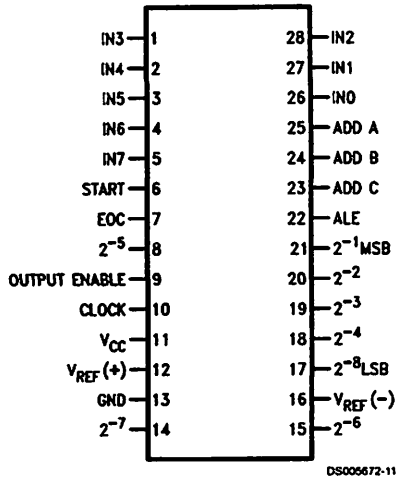


FIGURE 4. Typical Error Curve

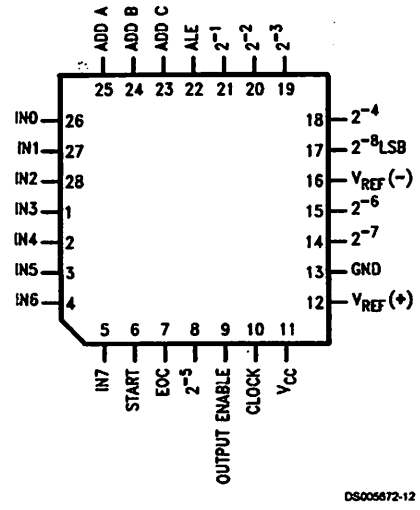
Connection Diagrams

Dual-In-Line Package



Order Number ADC0808CCN, ADC0809CCN, ADC0808CCJ or ADC0808CJ
See NS Package J28A or N28A

Molded Chip Carrier Package



Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
See NS Package V28A

Timing Diagram

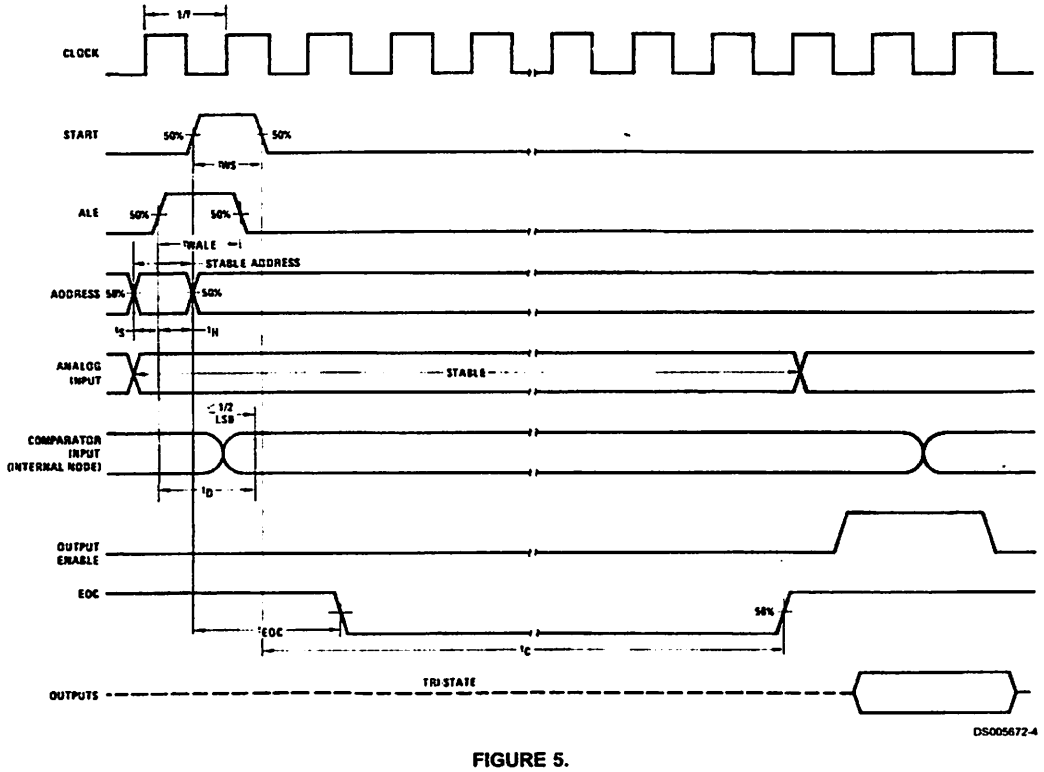


FIGURE 5.

Typical Performance Characteristics

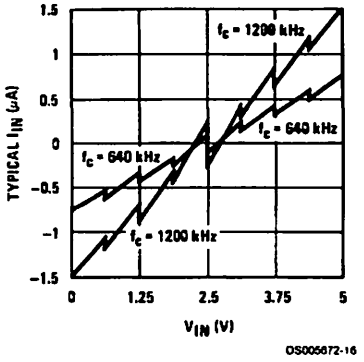


FIGURE 6. Comparator I_{IN} vs V_{IN} (V_{CC}=V_{REF}=5V)

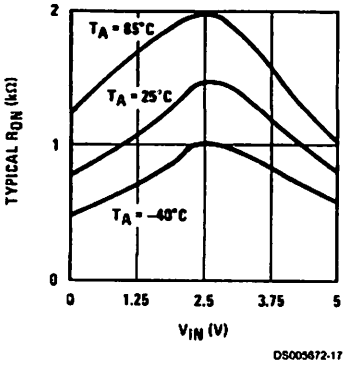


FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN} (V_{CC}=V_{REF}=5V)

TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams

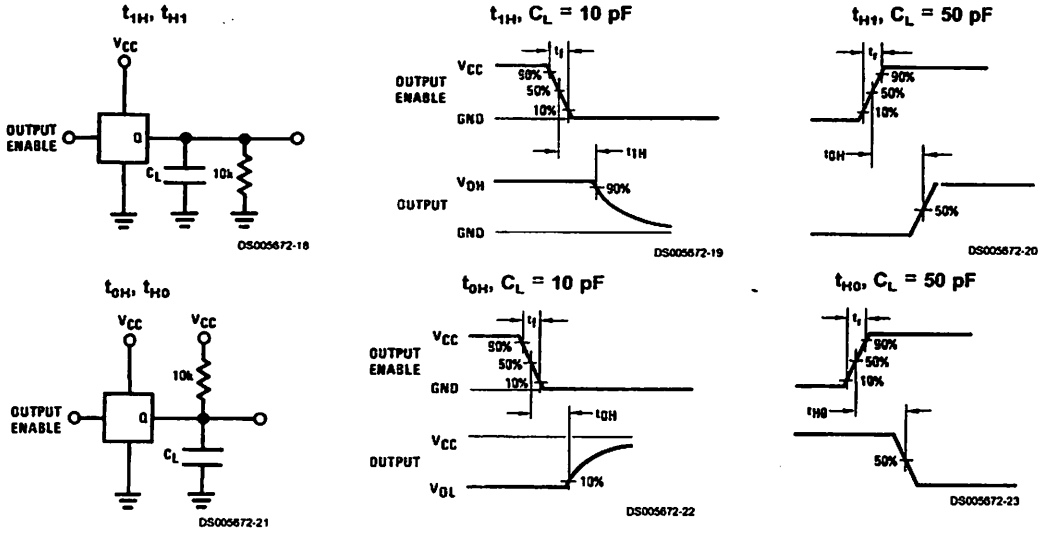


FIGURE 8.

Applications Information

OPERATION

1.0 RATIOMETRIC CONVERSION

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

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

V_{IN}=Input voltage into the ADC0808

V_{fs}=Full-scale voltage

V_Z=Zero voltage

D_X=Data point being measured

D_{MAX}=Maximum data limit

D_{MIN}=Minimum data limit

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

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are

Applications Information (Continued)

suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if $V_{CC}=V_{REF}=5.12V$, then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

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

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

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

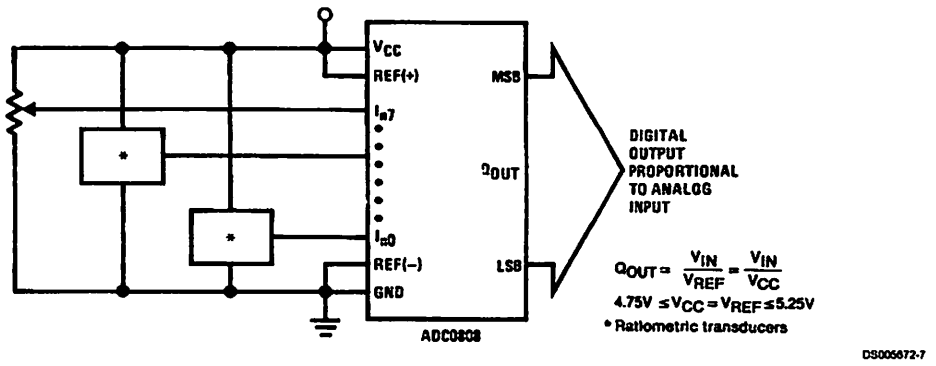
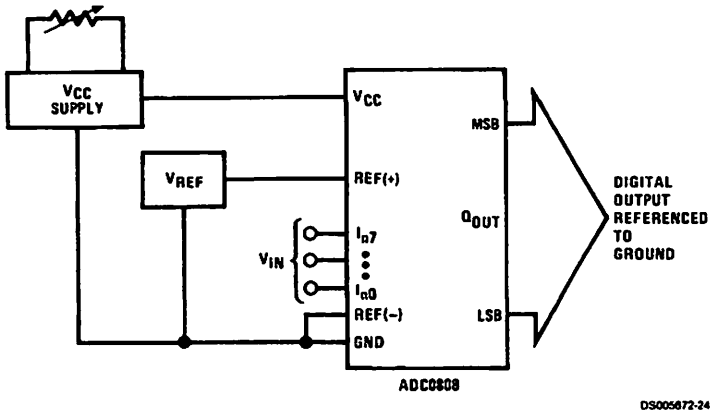


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

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

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

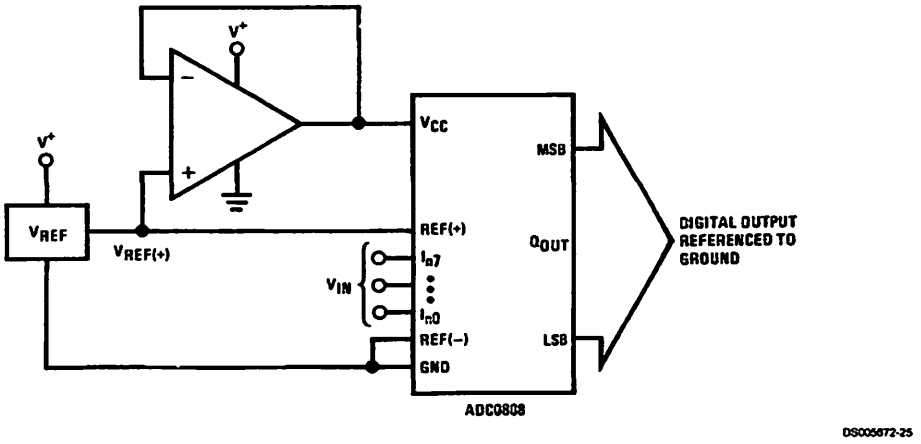
Applications Information (Continued)



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

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

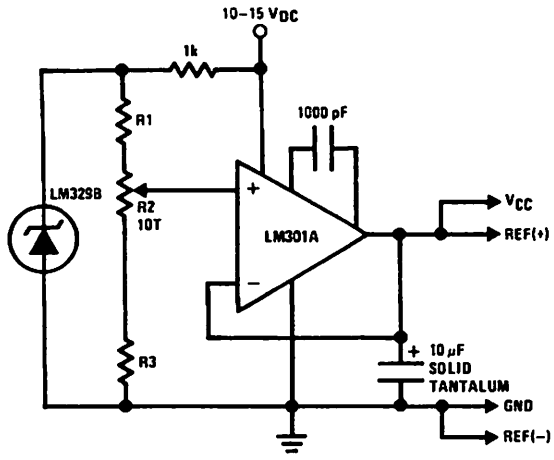
FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply



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

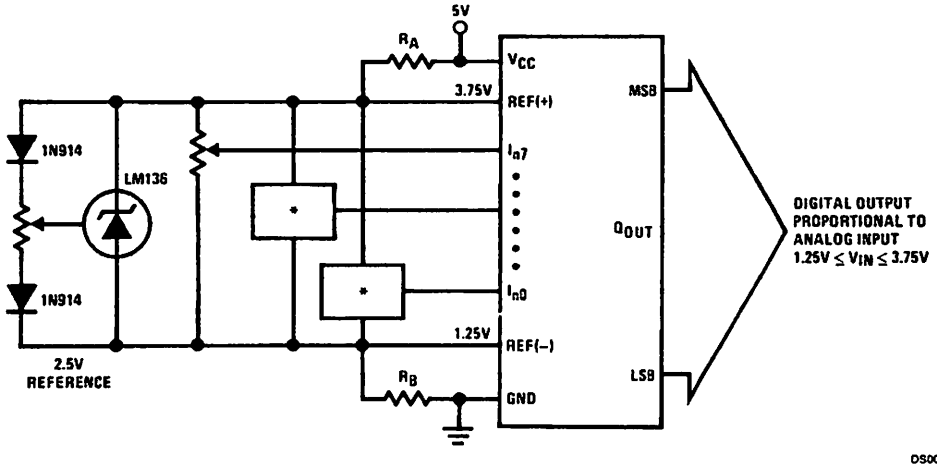
$4.75V \le V_{CC} = V_{REF} \le 5.25V$

FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V_{CC} Supply



DS005672-26

FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit



DS005672-27

$R_A = R_B$
*Ratiometric transducers

FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

3.0 CONVERTER EQUATIONS

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

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

The center of an output code N is given by:

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

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

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

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

Applications Information (Continued)

4.0 ANALOG COMPARATOR INPUTS

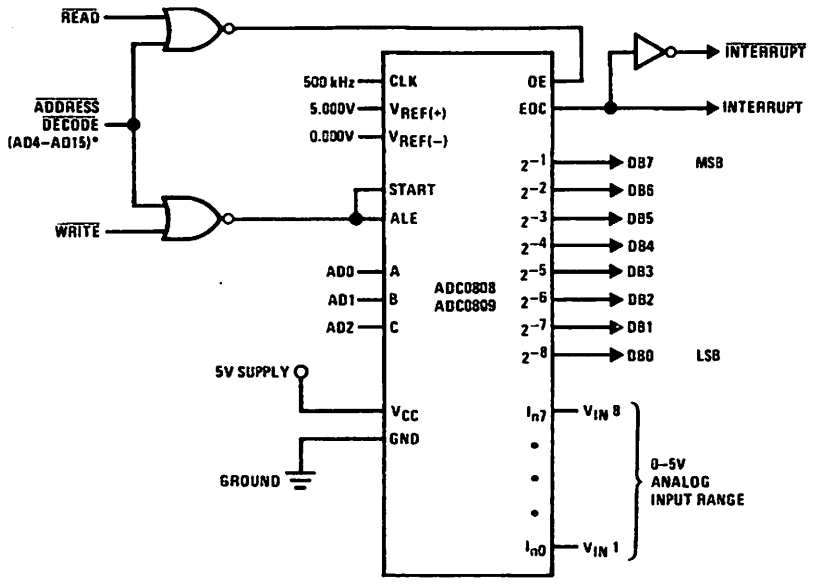
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

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

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

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

Typical Application



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

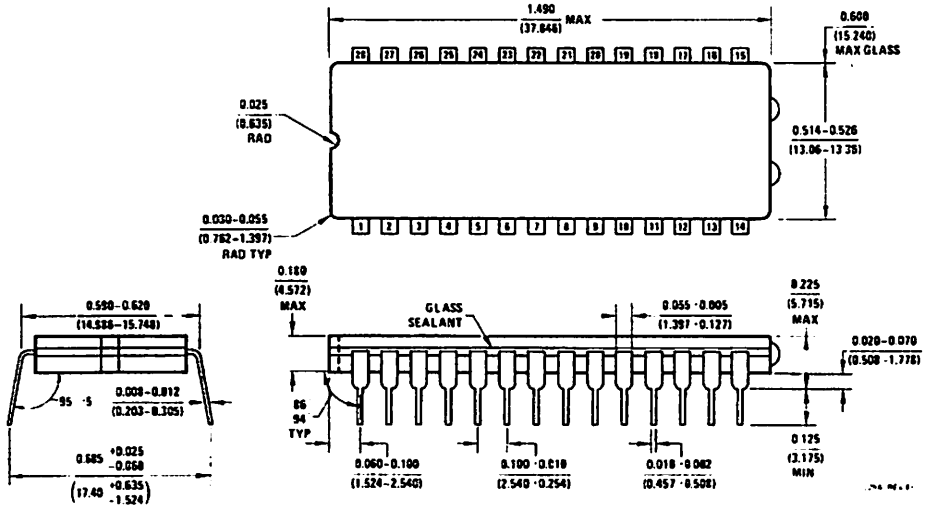
MICROPROCESSOR INTERFACE TABLE

PROCESSOR	$\overline{\text{READ}}$	$\overline{\text{WRITE}}$	INTERRUPT (COMMENT)
8080	$\overline{\text{MEMR}}$	$\overline{\text{MEMW}}$	INTR (Thru RST Circuit)
8085	$\overline{\text{RD}}$	$\overline{\text{WR}}$	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	$\overline{\text{RD}}$	$\overline{\text{WR}}$	$\overline{\text{INT}}$ (Thru RST Circuit, Mode 0)
SC/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA•φ2•R/W	VMA•φ•$\overline{\text{R/W}}$	$\overline{\text{IRQA}}$ or $\overline{\text{IRQB}}$ (Thru PIA)

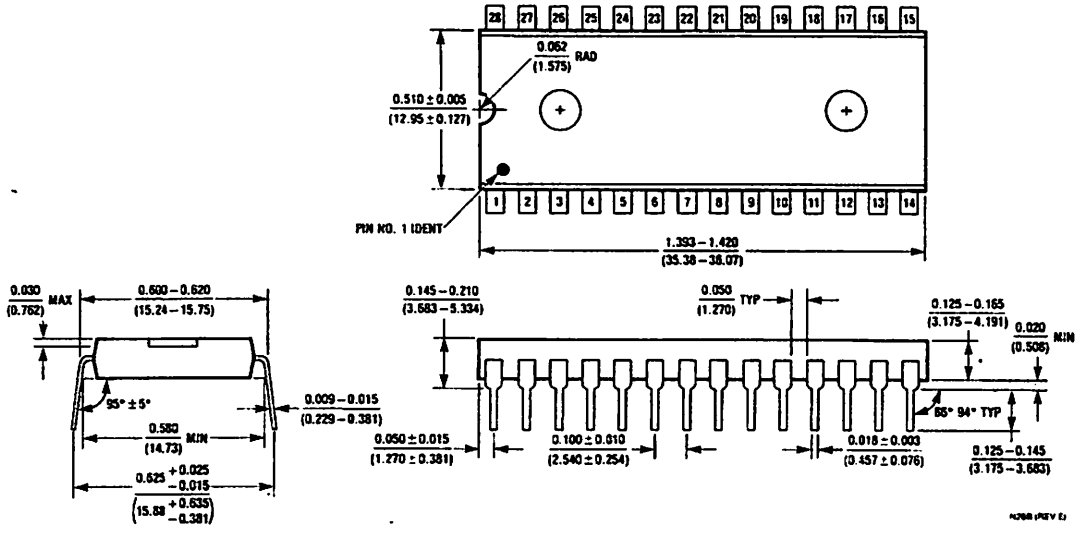
Ordering Information

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

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

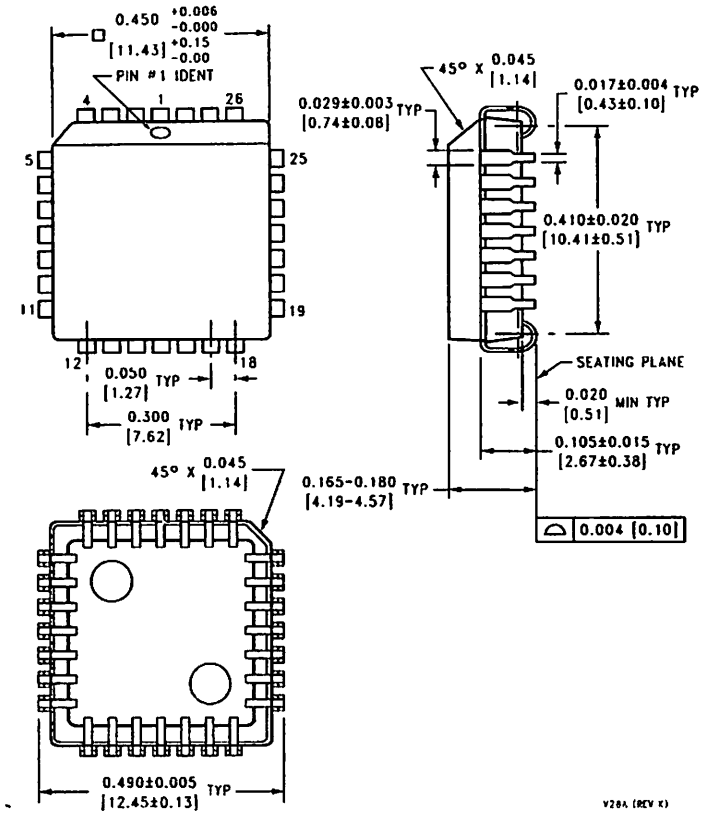


Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number ADC0808CCJ or ADC0808CJ
NS Package Number J28A



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

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



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

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

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

www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5620-6175
Fax: 81-3-5620-6179

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

National Semiconductor

August 2000

LM741
Operational Amplifier

General Description

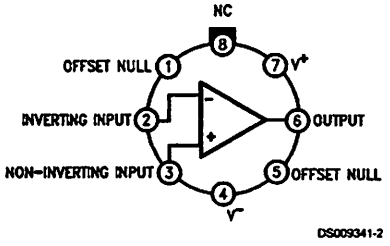
The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C is identical to the LM741/LM741A except that the LM741C has their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of −55°C to +125°C.

Connection Diagrams

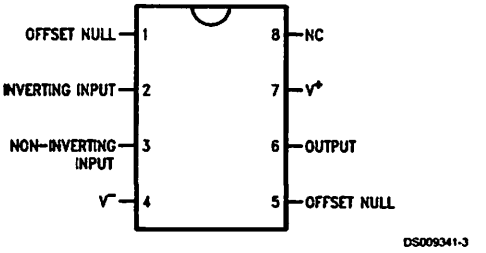
Metal Can Package



Note 1: LM741H is available per JM38510/10101

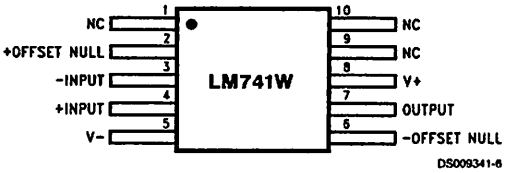
Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 1), LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line or S.O. Package



Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

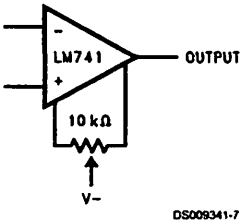
Ceramic Flatpak



Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

Typical Application

Offset Nulling Circuit



© 2000 National Semiconductor Corporation

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

(Note 7)

	LM741A	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 3)	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 4)	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	−55°C to +125°C	−55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	150°C	100°C
Soldering Information			
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C
M-Package			
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

ESD Tolerance (Note 8)	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 5)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	T_A = 25°C										
	$R_S \le 10\ k\Omega$					1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$R_S \le 50\Omega$		0.8	3.0							mV
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$										
	$R_S \le 50\Omega$			4.0							mV
	$R_S \le 10\ k\Omega$						6.0			7.5	mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							μV/°C
Input Offset Voltage Adjustment Range	T_A = 25°C, V_S = ±20V	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	T_A = 25°C		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							nA/°C
Input Bias Current	T_A = 25°C		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	μA
Input Resistance	T_A = 25°C, V_S = ±20V	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		MΩ
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$, V_S = ±20V	0.5									MΩ
Input Voltage Range	T_A = 25°C							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$				±12	±13					V

Electrical Characteristics (Note 5) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	T_A = 25°C, $R_L \geq 2$ kΩ										
	V_S = ±20V, V_O = ±15V	50									V/mV
	V_S = ±15V, V_O = ±10V				50	200		20	200		V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $R_L \geq 2$ kΩ,										
	V_S = ±20V, V_O = ±15V	32									V/mV
	V_S = ±15V, V_O = ±10V				25			15			V/mV
	V_S = ±5V, V_O = ±2V	10									V/mV
Output Voltage Swing	V_S = ±20V										
	$R_L \geq 10$ kΩ	±16									V
	$R_L \geq 2$ kΩ	±15									V
	V_S = ±15V										
	$R_L \geq 10$ kΩ				±12	±14		±12	±14		V
	$R_L \geq 2$ kΩ				±10	±13		±10	±13		V
Output Short Circuit Current	T_A = 25°C	10	25	35		25			25		mA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40							mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$										
	$R_S \leq 10$ kΩ, V_{CM} = ±12V				70	90		70	90		dB
	$R_S \leq 50$Ω, V_{CM} = ±12V	80	95								dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, V_S = ±20V to V_S = ±5V										
	$R_S \leq 50$Ω	86	96								dB
	$R_S \leq 10$ kΩ				77	96		77	96		dB
Transient Response	T_A = 25°C, Unity Gain										
Rise Time			0.25	0.8		0.3			0.3		μs
Overshoot			6.0	20		5			5		%
Bandwidth (Note 6)	T_A = 25°C	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	T_A = 25°C, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/μs
Supply Current	T_A = 25°C					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	T_A = 25°C										
	V_S = ±20V		80	150							mW
	V_S = ±15V					50	85		50	85	mW
LM741A	V_S = ±20V										
	$T_A = T_{AMIN}$			165							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			135							mW
LM741	V_S = ±15V										
	$T_A = T_{AMIN}$					60	100				mW
	$T_A = T_{AMAX}$					45	75				mW

Note 2: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

Electrical Characteristics (Note 5) (Continued)

Note 3: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_j max. (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_j = T_A + (\theta_{jA} P_D)$.

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{jA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{jC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 4: For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

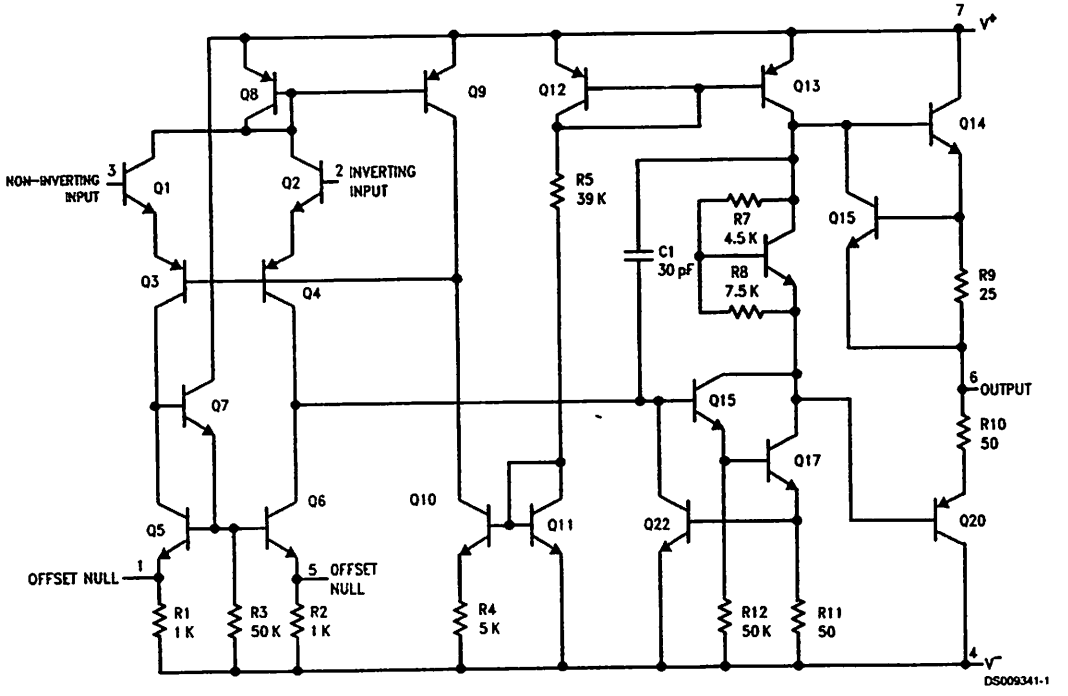
Note 5: Unless otherwise specified, these specifications apply for V_S = ±15V, −55°C ≤ T_A ≤ +125°C (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to 0°C ≤ T_A ≤ +70°C.

Note 6: Calculated value from: BW (MHz) = 0.35/Rise Time(μs).

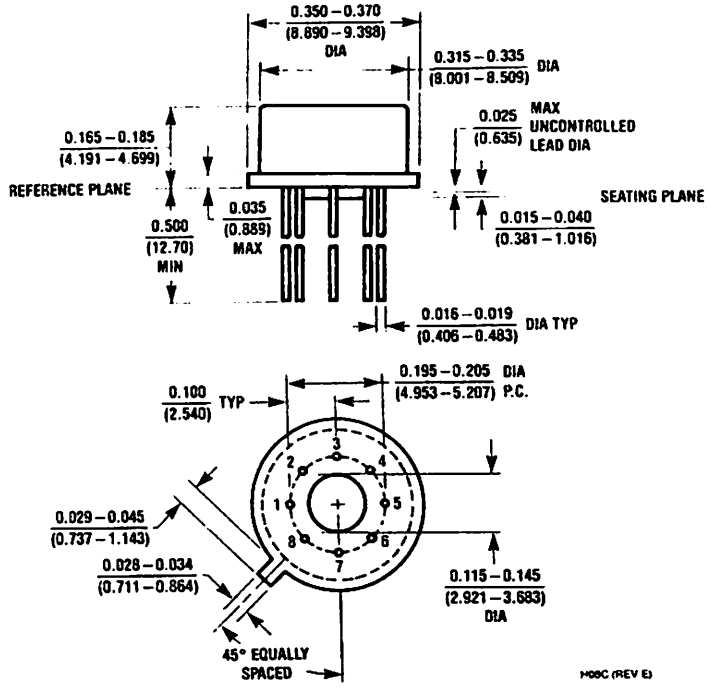
Note 7: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 8: Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

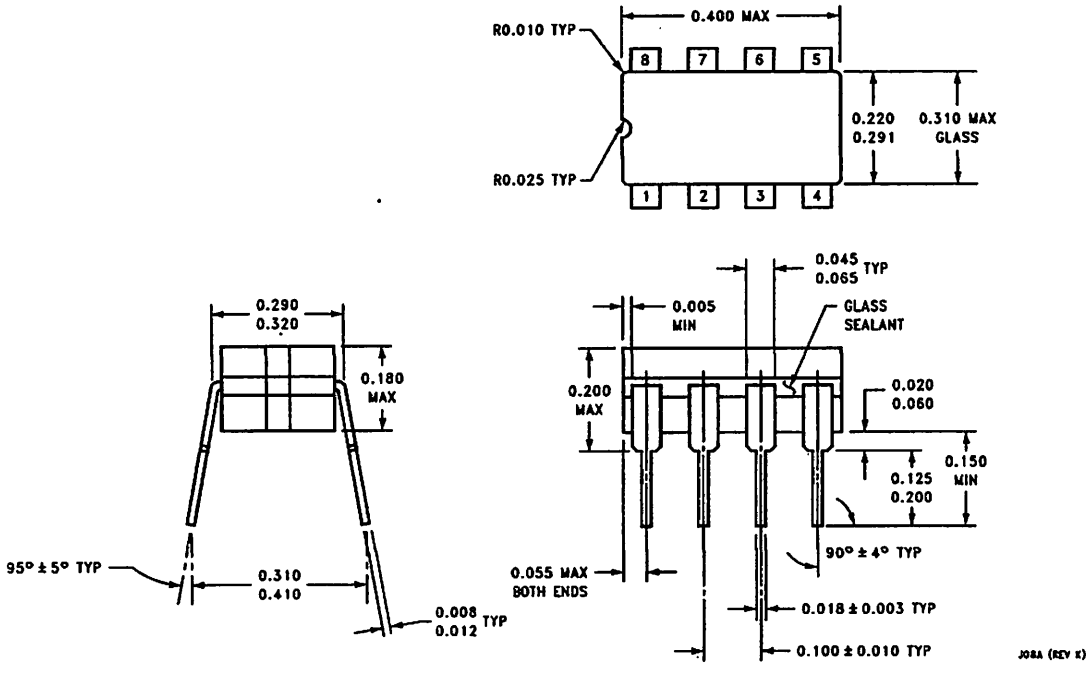
Schematic Diagram



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

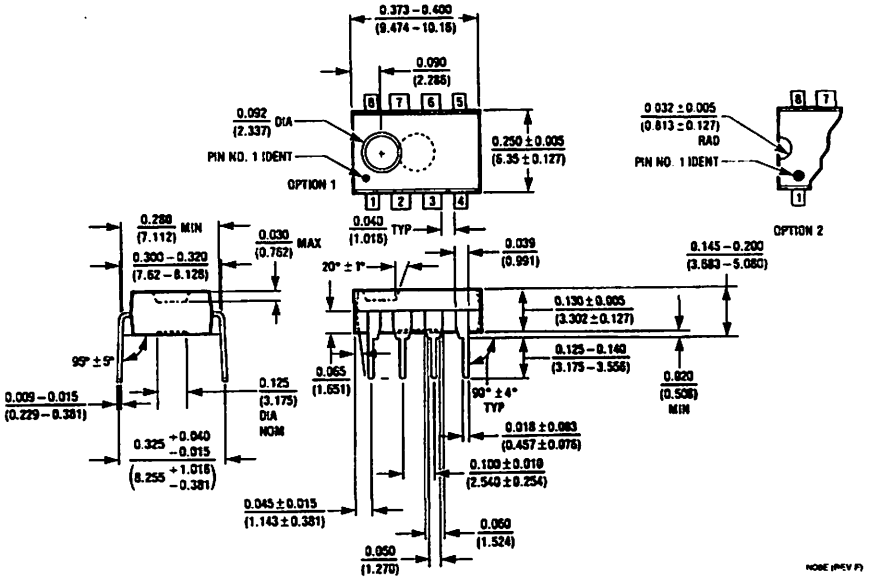


Metal Can Package (H)
Order Number LM741H, LM741H/883, LM741AH/883, LM741AH-MIL or LM741CH
NS Package Number H08C

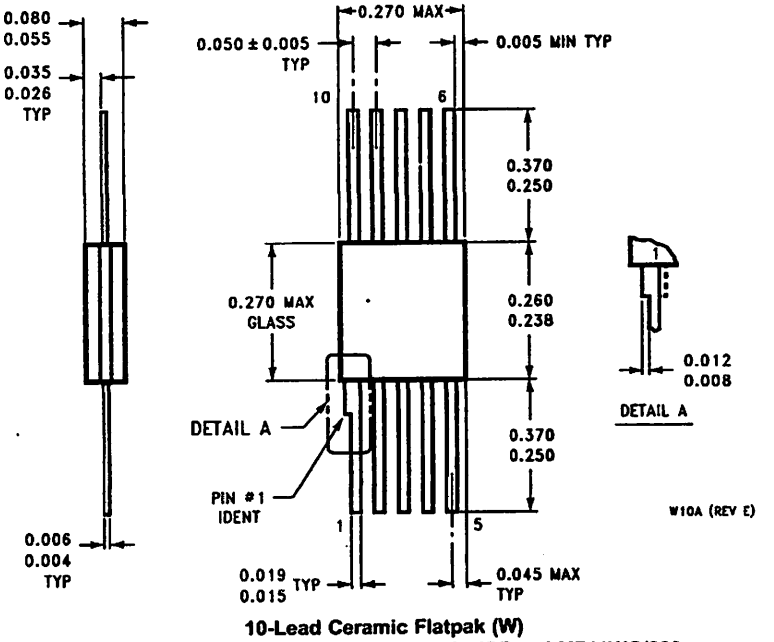


Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741J/883
NS Package Number J08A

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



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM741CN
NS Package Number N08E



10-Lead Ceramic Flatpak (W)
Order Number LM741W/883, LM741WG-MPR or LM741WG/883
NS Package Number W10A

Notes

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

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

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

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

eatures

- Compatible with MCS®51 Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
  - SPI Serial Interface for Program Downloading
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
  - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 4V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89S8252

Description

The AT89S8252 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K bytes of downloadable Flash programmable and erasable read-only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcontroller, which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

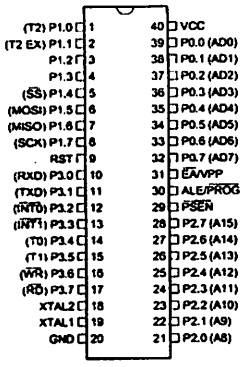
The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.

The downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless lock bits have been activated.

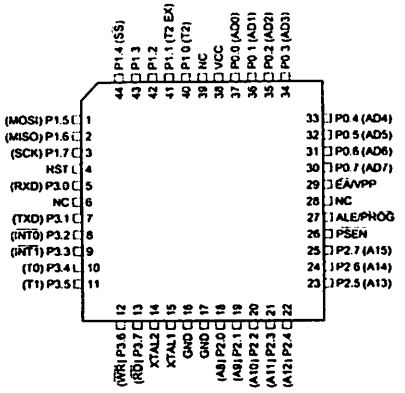
0401F–MICRO–11/03

Pin Configurations

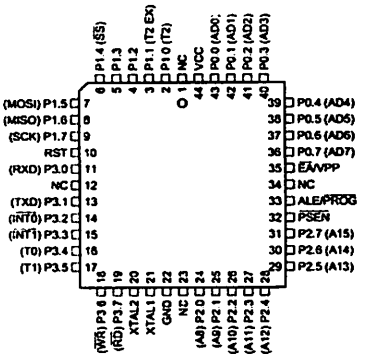
PDIP



TQFP



PLCC



Pin Description

VCC Supply voltage.

GND Ground.

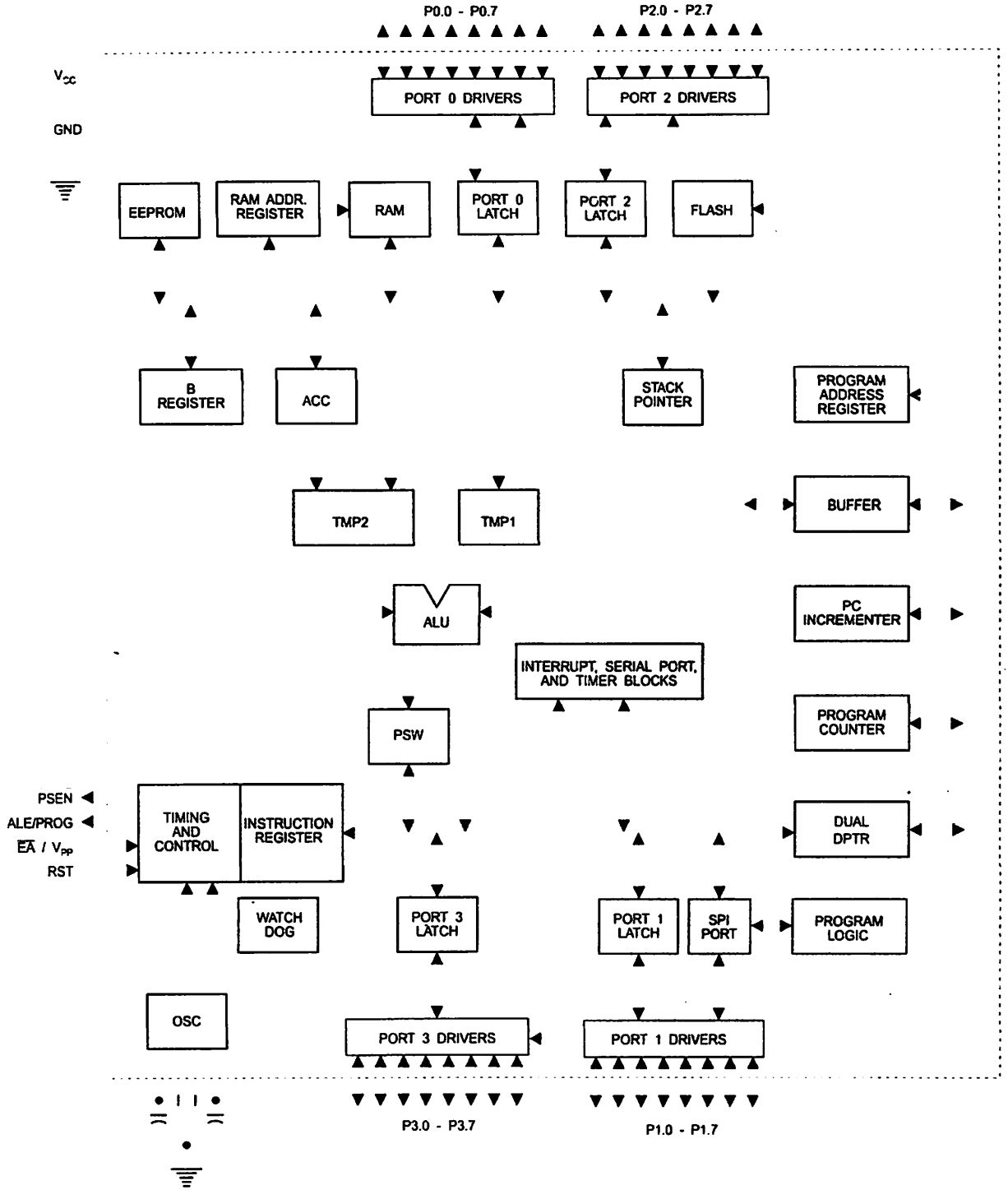
Port 0 Port 0 is an 8-bit open drain bi-didirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

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

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

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

lock Diagram



Some Port 1 pins provide additional functions. P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively.

Furthermore, P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7 can be configured as the SPI slave port select, data input/output and shift clock input/output pins as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.4	$\overline{SS}$ (Slave port select input)
P1.5	MOSI (Master data output, slave data input pin for SPI channel)
P1.6	MISO (Master data input, slave data output pin for SPI channel)
P1.7	SCK (Master clock output, slave clock input pin for SPI channel)

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

'ort 2

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

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

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

'ort 3

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

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

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S8252, as shown in the following table.

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

ST

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

LE/$\overline{PROG}$

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

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

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

$\overline{SEN}$

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

When the AT89S8252 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{A}$/VPP

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

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions. This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

TAL1

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

TAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

pecial Function egisters

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

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

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

Timer 2 Registers Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 9) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

ıble 1. AT89S8252 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DF H
0D0H	PSW 00000000					SPCR 000001XX			0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CF H
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000		SPSR 00XXXXXX						0AFH
0A0H	P2 11111111								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111						WMCON 00000010		97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	SPDR XXXXXXXX	PCON 0XXX0000	87H

Table 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H — Reset Value = 0000 0000B

Bit Addressable

	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/$\overline{T2}$	CP/$\overline{RL2}$
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/$\overline{T2}$	Timer or counter select for Timer 2. C/$\overline{T2}$ = 0 for timer function. C/$\overline{T2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/$\overline{RL2}$	Capture/Reload select. CP/$\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/$\overline{RL2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

'atchdog and Memory Control Register The WMCON register contains control bits for the Watchdog Timer (shown in able 3). The EEMEN and EEMWE bits are used to select the 2K bytes on-chip EEPROM, and to enable byte-write. The PS bit selects one of two DPTR registers available.

able 3. WMCON—Watchdog and Memory Control Register

WMCON Address = 96H — Reset Value = 0000 0010B

	PS2	PS1	PS0	EEMWE	EEMEN	DPS	WDTRST	WDTEN
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
PS2 PS1 PS0	Prescaler Bits for the Watchdog Timer. When all three bits are set to "0", the watchdog timer has a nominal period of 16 ms. When all three bits are set to "1", the nominal period is 2048 ms.
EEMWE	EEPROM Data Memory Write Enable Bit. Set this bit to "1" before initiating byte write to on-chip EEPROM with the MOVX instruction. User software should set this bit to "0" after EEPROM write is completed.
EEMEN	Internal EEPROM Access Enable. When EEMEN = 1, the MOVX instruction with DPTR will access on-chip EEPROM instead of external data memory. When EEMEN = 0, MOVX with DPTR accesses external data memory.
DPS	Data Pointer Register Select. DPS = 0 selects the first bank of Data Pointer Register, DP0, and DPS = 1 selects the second bank, DP1
WDTRST RDY/$\overline{BSY}$	Watchdog Timer Reset and EEPROM Ready/$\overline{Busy}$ Flag. Each time this bit is set to "1" by user software, a pulse is generated to reset the watchdog timer. The WDTRST bit is then automatically reset to "0" in the next instruction cycle. The WDTRST bit is Write-Only. This bit also serves as the RDY/$\overline{BSY}$ flag in a Read-Only mode during EEPROM write. RDY/$\overline{BSY}$ = 1 means that the EEPROM is ready to be programmed. While programming operations are being executed, the RDY/$\overline{BSY}$ bit equals "0" and is automatically reset to "1" when programming is completed.
WDTEN	Watchdog Timer Enable Bit. WDTEN = 1 enables the watchdog timer and WDTEN = 0 disables the watchdog timer.

SPI Registers Control and status bits for the Serial Peripheral Interface are contained in registers SPCR (shown in Table 4) and SPSR (shown in Table 5). The SPI data bits are contained in the SPDR register. Writing the SPI data register during serial data transfer sets the Write Collision bit, WCOL, in the SPSR register. The SPDR is double buffered for writing and the values in SPDR are not changed by Reset.

Interrupt Registers The global interrupt enable bit and the individual interrupt enable bits are in the IE register. In addition, the individual interrupt enable bit for the SPI is in the SPCR register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

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

Power Off Flag The Power Off Flag (POF) is located at bit_4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and reset under software control and is not affected by RESET.

Table 4. SPCR – SPI Control Register

SPCR Address = D5H — Reset Value = 0000 01XXB

	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
SPIE	SPI Interrupt Enable. This bit, in conjunction with the ES bit in the IE register, enables SPI interrupts: SPIE = 1 and ES = 1 enable SPI interrupts. SPIE = 0 disables SPI interrupts.
SPE	SPI Enable. SPI = 1 enables the SPI channel and connects $\overline{SS}$, MOSI, MISO and SCK to pins P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7. SPI = 0 disables the SPI channel.
DORD	Data Order. DORD = 1 selects LSB first data transmission. DORD = 0 selects MSB first data transmission.
MSTR	Master/Slave Select. MSTR = 1 selects Master SPI mode. MSTR = 0 selects Slave SPI mode.
CPOL	Clock Polarity. When CPOL = 1, SCK is high when idle. When CPOL = 0, SCK of the master device is low when not transmitting. Please refer to figure on SPI Clock Phase and Polarity Control.
CPHA	Clock Phase. The CPHA bit together with the CPOL bit controls the clock and data relationship between master and slave. Please refer to figure on SPI Clock Phase and Polarity Control.
SPR0 SPR1	SPI Clock Rate Select. These two bits control the SCK rate of the device configured as master. SPR1 and SPR0 have no effect on the slave. The relationship between SCK and the oscillator frequency, $F_{osc.}$, is as follows: SPR1 SPR0 SCK = $F_{osc.}$ divided by 0 0 4 0 1 16 1 0 64 1 1 128

Table 5. SPSR – SPI Status Register

SPSR Address = AAH — Reset Value = 00XX XXXXB

	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	–
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
SPIF	SPI Interrupt Flag. When a serial transfer is complete, the SPIF bit is set and an interrupt is generated if SPIE = 1 and ES = 1. The SPIF bit is cleared by reading the SPI status register with SPIF and WCOL bits set, and then reading/writing the SPI data register.
WCOL	Write Collision Flag. The WCOL bit is set if the SPI data register is written during a data transfer. During data transfer, the result of reading the SPDR register may be incorrect, and writing to it has no effect. The WCOL bit (and the SPIF bit) are cleared by reading the SPI status register with SPIF and WCOL set, and then accessing the SPI data register.

Table 6. SPDR – SPI Data Register

SPDR Address = 86H — Reset Value = unchanged

	SPD7	SPD6	SPD5	SPD4	SPD3	SPD2	SPD1	SPD0
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Data Memory – EEPROM and RAM

The AT89S8252 implements 2K bytes of on-chip EEPROM for data storage and 256 bytes of RAM. The upper 128 bytes of RAM occupy a parallel space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

The on-chip EEPROM data memory is selected by setting the EEMEN bit in the WMCON register at SFR address location 96H. The EEPROM address range is from 000H to 7FFH. The MOVX instructions are used to access the EEPROM. To access off-chip data memory with the MOVX instructions, the EEMEN bit needs to be set to "0".

The EEMWE bit in the WMCON register needs to be set to "1" before any byte location in the EEPROM can be written. User software should reset EEMWE bit to "0" if no further EEPROM write is required. EEPROM write cycles in the serial programming mode are self-timed and typically take 2.5 ms. The progress of EEPROM write can be monitored by reading the RDY/$\overline{BSY}$ bit (read-only) in SFR WMCON. RDY/$\overline{BSY}$ = 0 means

programming is still in progress and RDY/$\overline{BSY}$ = 1 means EEPROM write cycle is completed and another write cycle can be initiated.

In addition, during EEPROM programming, an attempted read from the EEPROM will fetch the byte being written with the MSB complemented. Once the write cycle is completed, true data are valid at all bit locations.

rogrammable /atchdog Timer

The programmable Watchdog Timer (WDT) operates from an independent internal oscillator. The prescaler bits, PS0, PS1 and PS2 in SFR WMCON are used to set the period of the Watchdog Timer from 16 ms to 2048 ms. The available timer periods are shown in the following table and the actual timer periods (at V_{CC} = 5V) are within ±30% of the nominal.

The WDT is disabled by Power-on Reset and during Power-down. It is enabled by setting the WDTEN bit in SFR WMCON (address = 96H). The WDT is reset by setting the WDTRST bit in WMCON. When the WDT times out without being reset or disabled, an internal RST pulse is generated to reset the CPU.

Table 7. Watchdog Timer Period Selection

WDT Prescaler Bits			
PS2	**PS1**	**PS0**	**Period (nominal)**
0	0	0	16 ms
0	0	1	32 ms
0	1	0	64 ms
0	1	1	128 ms
1	0	0	256 ms
1	0	1	512 ms
1	1	0	1024 ms
1	1	1	2048 ms

imer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S8252 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51 and AT89C52. For further information on the timers' operation, refer to the Atmel web site (http://www.atmel.com). From the home page, select "Products", then "Microcontrollers, then "8051-Architecture". Click on "Documentation", then on "Other Documents". Open the document "AT89 Series Hardware Description".

imer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/$\overline{T2}$ in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 8.

Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected.

Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

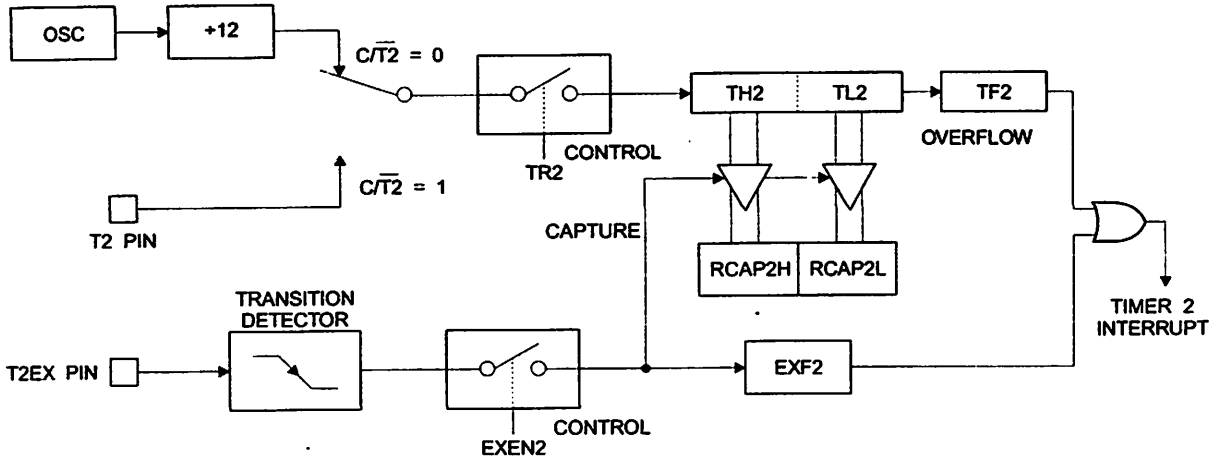
Table 8. Timer 2 Operating Modes

RCLK + TCLK	CP/$\overline{RL2}$	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

apture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a l-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

gure 1. Timer 2 in Capture Mode



ıuto-reload (Up or Down ounter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 9). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

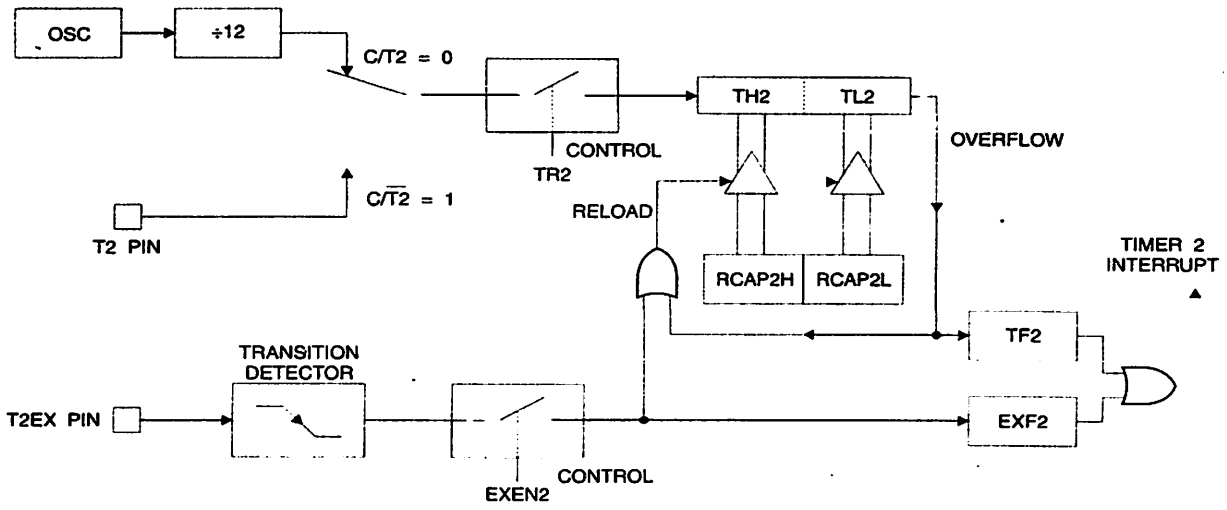
Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in RCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

igure 2. Timer 2 in Auto Reload Mode (DCEN = 0)



ble 9. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

2MOD Address = 0C9H — Reset Value = XXXX XX00B

ot Bit Addressable

	–	–	–	–	–	–	T2OE	DCEN
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

ymbol	Function
	Not implemented, reserved for future use.
2OE	Timer 2 Output Enable bit.
CEN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter.

gure 3. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

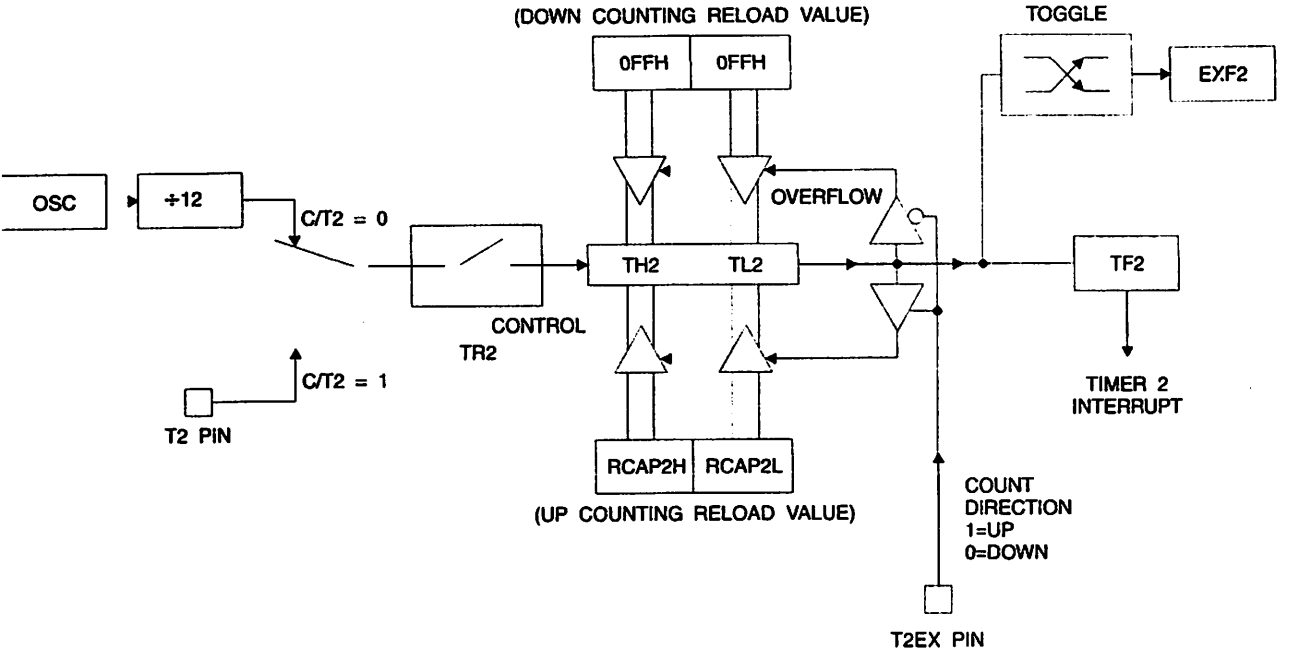
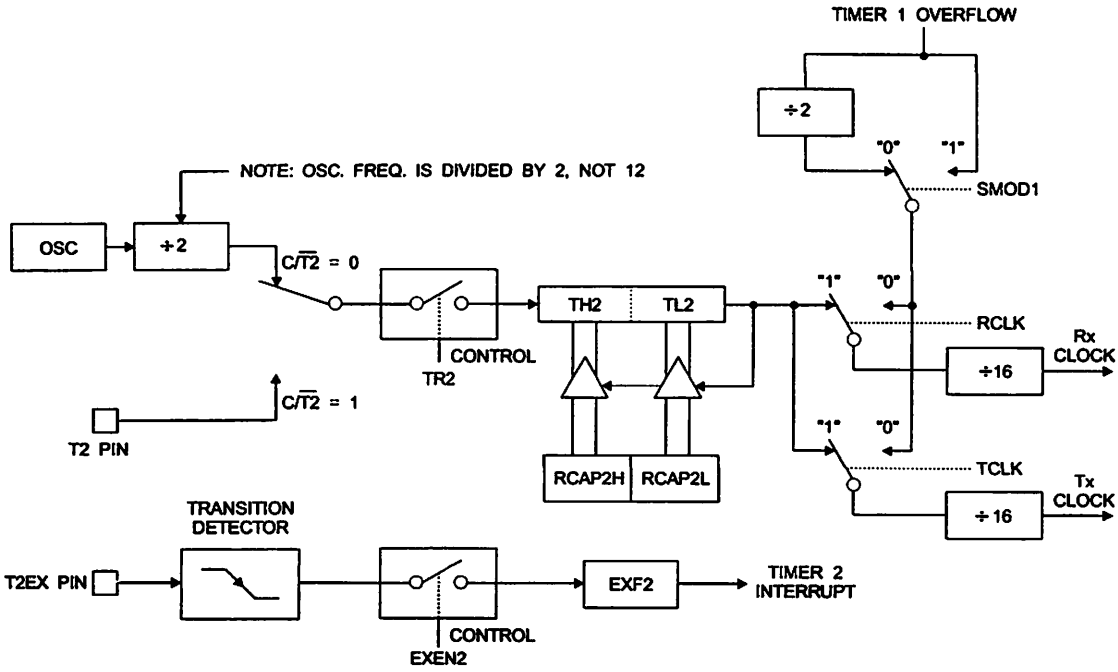


Figure 4. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($CP/\overline{T2} = 0$). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 4. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running (TR2 = 1) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/0 pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz (for a 16-MHz operating frequency).

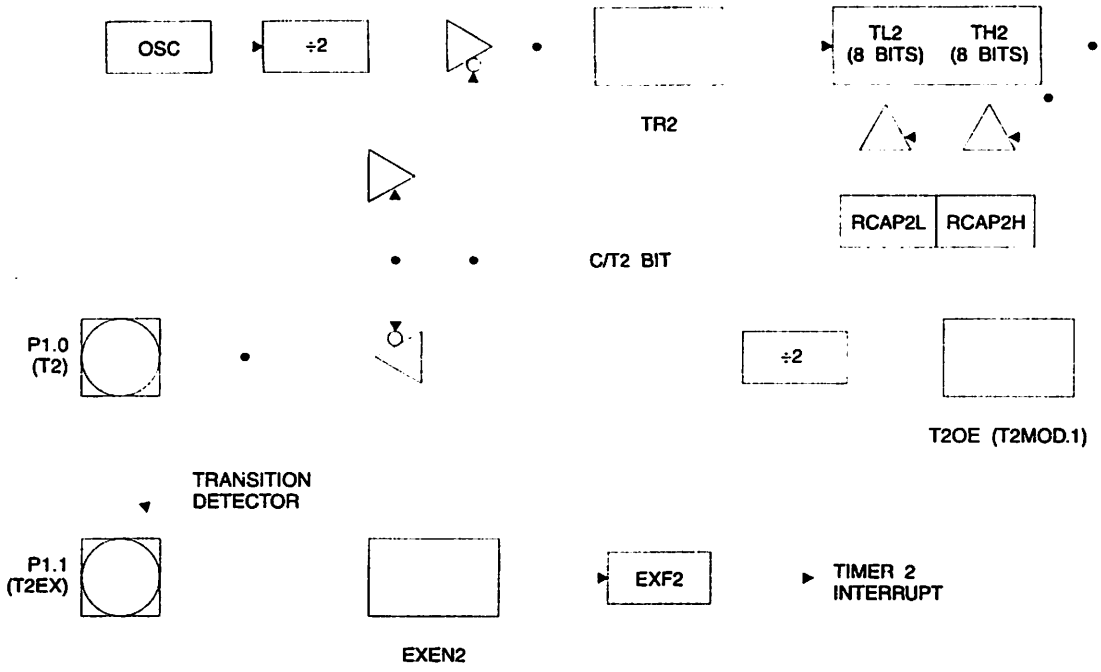
To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit $C/\overline{T2}$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

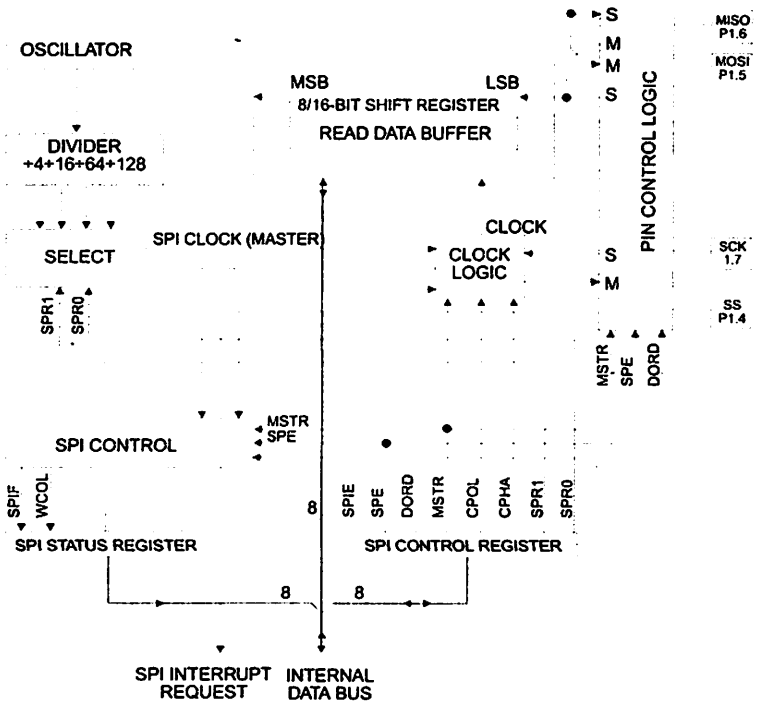
$$\text{Clock Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 rollovers will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

igure 5. Timer 2 in Clock-out Mode



igure 6. SPI Block Diagram



ART

The UART in the AT89S8252 operates the same way as the UART in the AT89C51 and AT89C52. For further information on the UART operation, refer to the Atmel web site (http://www.atmel.com). From the home page, select "Products", then "Microcontrollers, then "8051-Architecture". Click on "Documentation", then on "Other Documents". Open the document "AT89 Series Hardware Description".

erial Peripheral nterface

The serial peripheral interface (SPI) allows high-speed synchronous data transfer between the AT89S8252 and peripheral devices or between several AT89S8252 devices. The AT89S8252 SPI features include the following:

- Full-Duplex, 3-Wire Synchronous Data Transfer
- Master or Slave Operation
- 1.5 MHz Bit Frequency (max.)
- LSB First or MSB First Data Transfer
- Four Programmable Bit Rates
- End of Transmission Interrupt Flag
- Write Collision Flag Protection
- Wakeup from Idle Mode (Slave Mode Only)

The interconnection between master and slave CPUs with SPI is shown in the following figure. The SCK pin is the clock output in the master mode but is the clock input in the slave mode. Writing to the SPI data register of the master CPU starts the SPI clock generator, and the data written shifts out of the MOSI pin and into the MOSI pin of the slave CPU. After shifting one byte, the SPI clock generator stops, setting the end of transmission flag (SPIF). If both the SPI interrupt enable bit (SPIE) and the serial port interrupt enable bit (ES) are set, an interrupt is requested.

The Slave Select input, $\overline{SS}$/P1.4, is set low to select an individual SPI device as a slave. When $\overline{SS}$/P1.4 is set high, the SPI port is deactivated and the MOSI/P1.5 pin can be used as an input.

There are four combinations of SCK phase and polarity with respect to serial data, which are determined by control bits CPHA and CPOL. The SPI data transfer formats are shown in Figure 8 and Figure 9.

igure 7. SPI Master-slave Interconnection

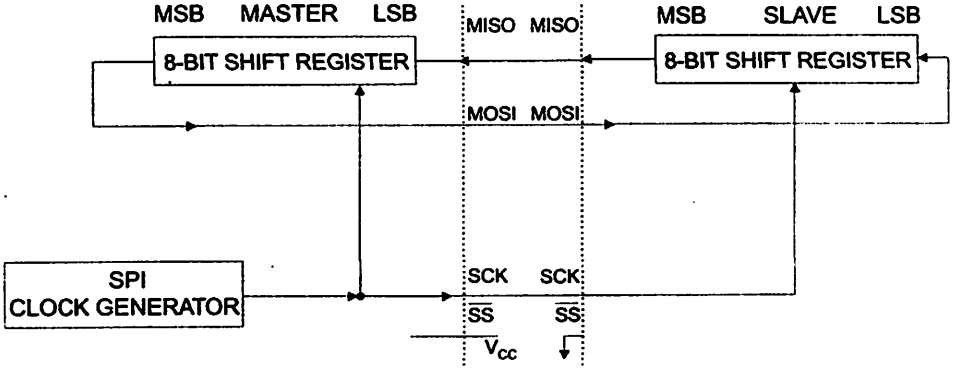
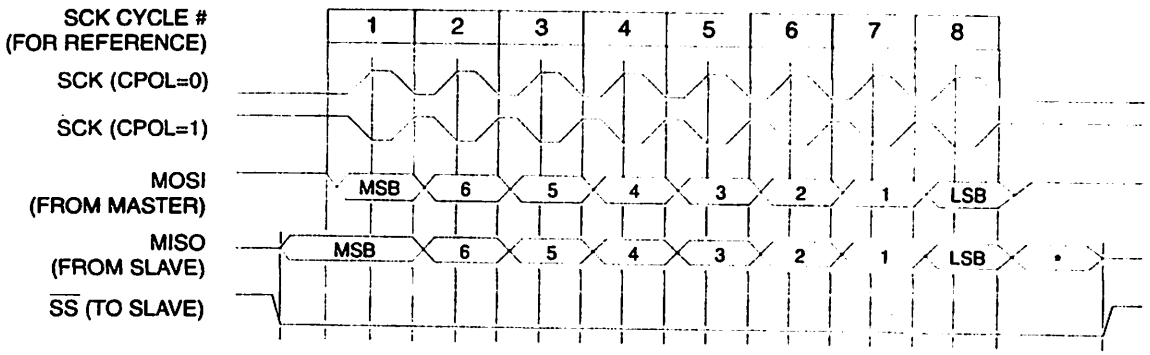
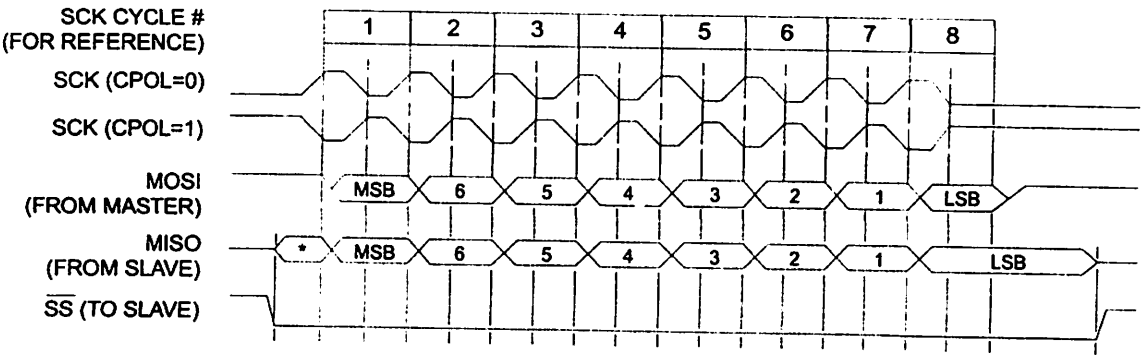


Figure 8. SPI transfer Format with CPHA = 0



Note: *Not defined but normally MSB of character just received

Figure 9. SPI Transfer Format with CPHA = 1



Note: *Not defined but normally LSB of previously transmitted character.

Interrupts

The AT89S8252 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 10.

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

Note that Table 10 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

Table 10. Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)(LSB)

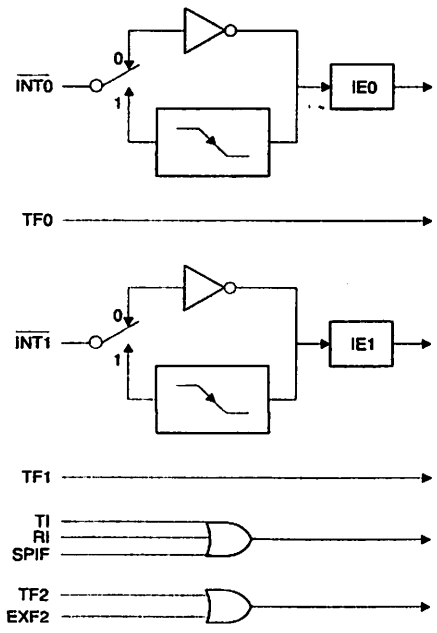
EA	–	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Enable Bit = 1 enables the interrupt.

Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
–	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	SPI and UART interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.
User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.		

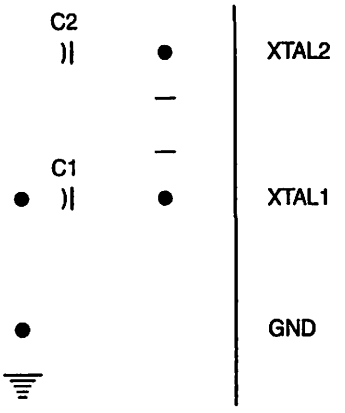
Figure 10. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

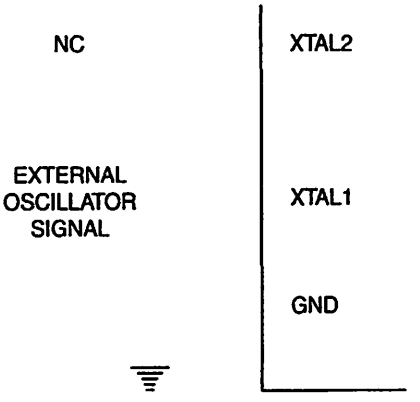
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 11. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 12. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Figure 11. Oscillator Connections



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

Figure 12. External Clock Drive Configuration



lle Mode

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

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

Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

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

'ower-down Mode

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

To exit power-down via an interrupt, the external interrupt must be enabled as level sensitive before entering power-down. The interrupt service routine starts at 16 ms (nominal) after the enabled interrupt pin is activated.

'rogram Memory .ock Bits

The AT89S8252 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

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

Once programmed, the lock bits can only be unprogrammed with the Chip Erase operations in either the parallel or serial modes.

.ock Bit Protection Modes(1)(2)

	Program Lock Bits			
	LB1	LB2	LB3	Protection Type
1	U	U	U	No internal memory lock feature.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory. $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset and further programming of the Flash memory (parallel or serial mode) is disabled.
3	P	P	U	Same as Mode 2, but parallel or serial verify are also disabled.
4	P	P	P	Same as Mode 3, but external execution is also disabled.

Notes: 1. U = Unprogrammed
2. P = Programmed

rogramming the lash and EEPROM

Atmel's AT89S8252 Flash Microcontroller offers 8K bytes of in-system reprogrammable Flash Code memory and 2K bytes of EEPROM Data memory.

The AT89S8252 is normally shipped with the on-chip Flash Code and EEPROM Data memory arrays in the erased state (i.e. contents = FFH) and ready to be programmed. This device supports a High-voltage (12-V V_{PP}) Parallel programming mode and a Low-voltage (5-V V_{CC}) Serial programming mode. The serial programming mode provides a convenient way to reprogram the AT89S8252 inside the user's system. The parallel programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The Code and Data memory arrays are mapped via separate address spaces in the serial programming mode. In the parallel programming mode, the two arrays occupy one contiguous address space: 0000H to 1FFFH for the Code array and 2000H to 27FFH for the Data array.

The Code and Data memory arrays on the AT89S8252 are programmed byte-by-byte in either programming mode. An auto-erase cycle is provided with the self-timed programming operation in the serial programming mode. There is no need to perform the Chip Erase operation to reprogram any memory location in the serial programming mode unless any of the lock bits have been programmed.

In the parallel programming mode, there is no auto-erase cycle. To reprogram any non-blank byte, the user needs to use the Chip Erase operation first to erase both arrays.

Parallel Programming Algorithm: To program and verify the AT89S8252 in the parallel programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:
   Apply power between V_{CC} and GND pins.
   Set RST pin to "H".
   Apply a 3 MHz to 24 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Set $\overline{PSEN}$ pin to "L"
   ALE pin to "H"
   $\overline{EA}$ pin to "H" and all other pins to "H".
3. Apply the appropriate combination of "H" or "L" logic levels to pins P2.6, P2.7, P3.6, P3.7 to select one of the programming operations shown in the Flash Programming Modes table.
4. Apply the desired byte address to pins P1.0 to P1.7 and P2.0 to P2.5.
   Apply data to pins P0.0 to P0.7 for Write Code operation.
5. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V to enable Flash programming, erase or verification.
6. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Code memory array, the Data memory array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes 1.5 ms.
7. To verify the byte just programmed, bring pin P2.7 to "L" and read the programmed data at pins P0.0 to P0.7.
8. Repeat steps 3 through 7 changing the address and data for the entire 2K or 8K bytes array or until the end of the object file is reached.
9. Power-off sequence:
   Set XTAL1 to "L".
   Set RST and $\overline{EA}$ pins to "L".
   Turn V_{CC} power off.

In the parallel programming mode, there is no auto-erase cycle and to reprogram any non-blank byte, the user needs to use the Chip Erase operation first to erase both arrays.

$\overline{\text{Data}}$ Polling: The AT89S8252 features $\overline{\text{DATA}}$ Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a byte write cycle in the parallel or serial programming mode, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on P0.7 (parallel mode), and on the MSB of the serial output byte on MISO (serial mode). Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{\text{DATA}}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{\text{Busy}}$: The progress of byte programming in the parallel programming mode can also be monitored by the RDY/$\overline{\text{BSY}}$ output signal. Pin P3.4 is pulled Low after ALE goes High during programming to indicate $\overline{\text{BUSY}}$. P3.4 is pulled High again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed Code or Data byte can be read back via the address and data lines for verification. The state of the lock bits can also be verified directly in the parallel programming mode. In the serial programming mode, the state of the lock bits can only be verified indirectly by observing that the lock bit features are enabled.

Chip Erase: Both Flash and EEPROM arrays are erased electrically at the same time. In the parallel programming mode, chip erase is initiated by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{\text{PROG}}$ low for 10 ms. The Code and Data arrays are written with all "1"s in the Chip Erase operation.

In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 16 ms.

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

Serial Programming Fuse: A programmable fuse is available to disable Serial Programming if the user needs maximum system security. The Serial Programming Fuse can only be programmed or erased in the Parallel Programming Mode.

The AT89S8252 is shipped with the Serial Programming Mode enabled.

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

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 72H indicates 89S8252

rogramming terface

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

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

;erial Downloading

Both the Code and Data memory arrays can be programmed using the serial SPI bus while RST is pulled to V_{CC}. The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before program/erase operations can be executed.

An auto-erase cycle is built into the self-timed programming operation (in the serial mode ONLY) and there is no need to first execute the Chip Erase instruction unless any of the lock bits have been programmed. The Chip Erase operation turns the content of every memory location in both the Code and Data arrays into FFH.

The Code and Data memory arrays have separate address spaces:

0000H to 1FFFH for Code memory and 000H to 7FFH for Data memory.

Either an external system clock is supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK) frequency should be less than 1/40 of the crystal frequency. With a 24 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 600 kHz.

erial Programming ılgorithm

To program and verify the AT89S8252 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:

   Apply power between VCC and GND pins.

   Set RST pin to "H".

   If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 24 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 40.
3. The Code or Data array is programmed one byte at a time by supplying the address and data together with the appropriate Write instruction. The selected memory location is first automatically erased before new data is written. The write cycle is self-timed and typically takes less than 2.5 ms at 5V.
4. Any memory location can be verified by using the Read instruction which returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal operation.
6. Power-off sequence (if needed):

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

   Set RST to "L".

   Turn V_{CC} power off.

Serial Programming Instruction

The Instruction Set for Serial Programming follows a 3-byte protocol and is shown in the following table:

Instruction Set

Instruction	Input Format			Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	Enable serial programming interface after RST goes high.
Chip Erase	1010 1100	xxxx x100	xxxx xxxx	Chip erase both 8K & 2K memory arrays.
Read Code Memory	aaaa a001	low addr	xxxx xxxx	Read data from Code memory array at the selected address. The 5 MSBs of the first byte are the high order address bits. The low order address bits are in the second byte. Data are available at pin MISO during the third byte.
Write Code Memory	aaaa a010	low addr	data in	Write data to Code memory location at selected address. The address bits are the 5 MSBs of the first byte together with the second byte.
Read Data Memory	00aa a101	low addr	xxxx xxxx	Read data from Data memory array at selected address. Data are available at pin MISO during the third byte.
Write Data Memory	00aa a110	low addr	data in	Write data to Data memory location at selected address.
Write Lock Bits	1010 1100	LB1 LB2 LB3 x x111	xxxx xxxx	Write lock bits. Set LB1, LB2 or LB3 = "0" to program lock bits.

Notes: 1. DATA polling is used to indicate the end of a byte write cycle which typically takes less than 2.5 ms at 5V.
2. "aaaaa" = high order address.
3. "x" = don't care.

'ash and EEPROM Parallel Programming Modes

ode	RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7	Data I/O P0.7:0	Address P2.5:0 P1.7:0
erial Prog. Modes	H	h(1)	h(1)	x						
hip Erase	H	L	⎍ (2)	12V	H	L	L	L	X	X
rite (10K bytes) Memory	H	L	⎍	12V	L	H	H	H	DIN	ADDR
ead (10K bytes) Memory	H	L	H	12V	L	L	H	H	DOUT	ADDR
'rite Lock Bits:	H	L	⎍	12V	H	L	H	L	DIN	X
Bit - 1									P0.7 = 0	X
Bit - 2									P0.6 = 0	X
Bit - 3									P0.5 = 0	X
ead Lock Bits:	H	L	H	12V	H	H	L	L	DOUT	X
Bit - 1									@P0.2	X
Bit - 2									@P0.1	X
Bit - 3									@P0.0	X
Read Atmel Code	H	L	H	12V	L	L	L	L	DOUT	30H
Read Device Code	H	L	H	12V	L	L	L	L	DOUT	31H
Serial Prog. Enable	H	L	⎍ (2)	12V	L	H	L	H	P0.0 = 0	X
Serial Prog. Disable	H	L	⎍ (2)	12V	L	H	L	H	P0.0 = 1	X
Read Serial Prog. Fuse	H	L	H	12V	H	H	L	H	@P0.0	X

Notes:
1. "h" = weakly pulled "High" internally.
2. Chip Erase and Serial Programming Fuse require a 10 ms $\overline{PROG}$ pulse. Chip Erase needs to be performed first before reprogramming any byte with a content other than FFH.
3. P3.4 is pulled Low during programming to indicate RDY/$\overline{BSY}$.
4. "X" = don't care

igure 13. Programming the Flash/EEPROM Memory

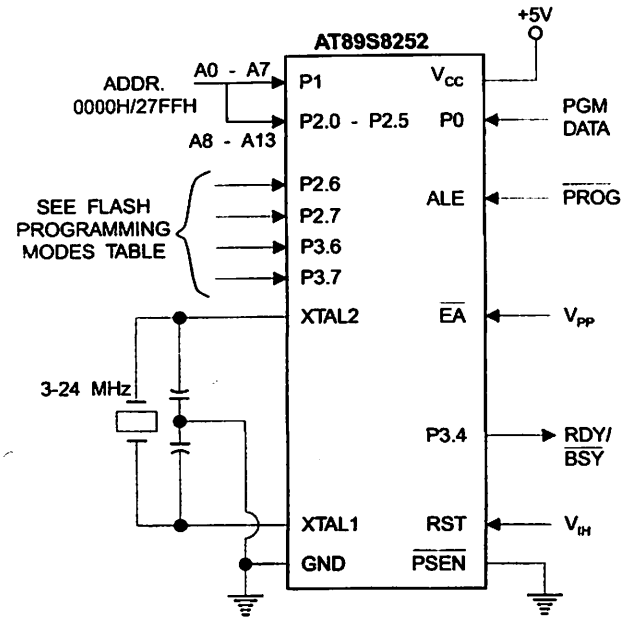


Figure 14. Verifying the Flash/EEPROM Memory

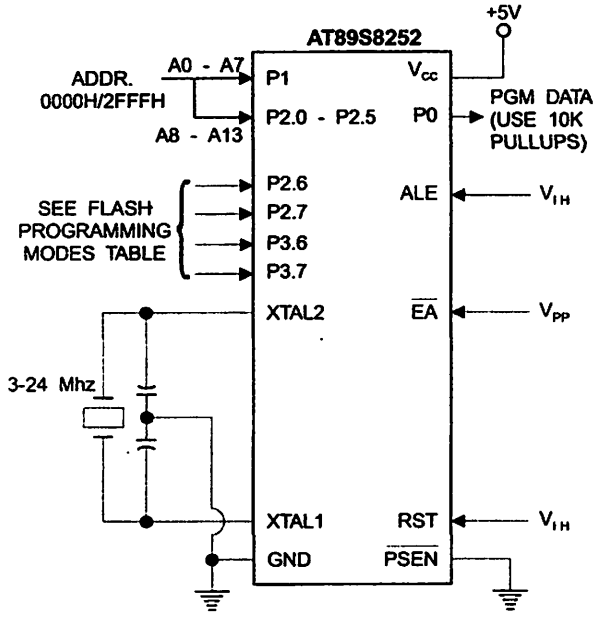
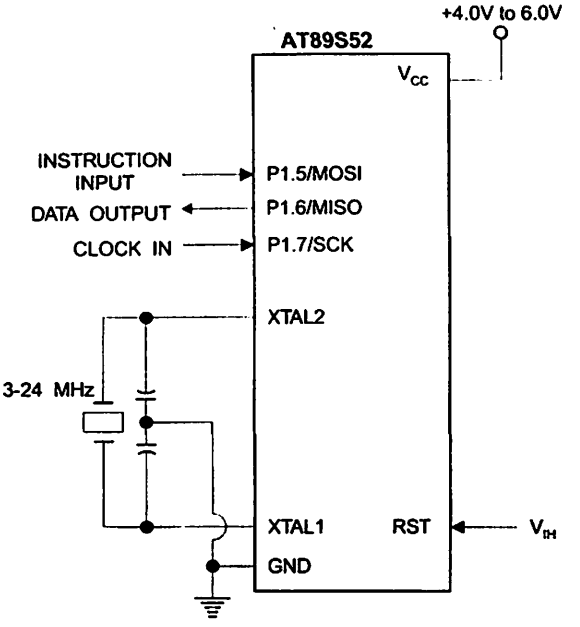


Figure 15. Flash/EEPROM Serial Downloading

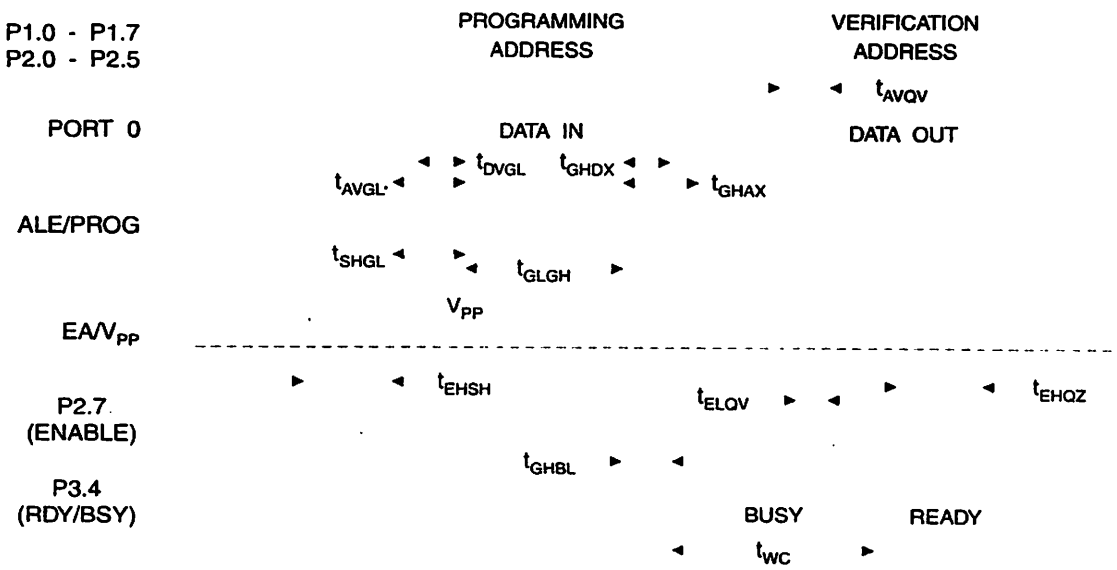


lash Programming and Verification Characteristics – Parallel Mode

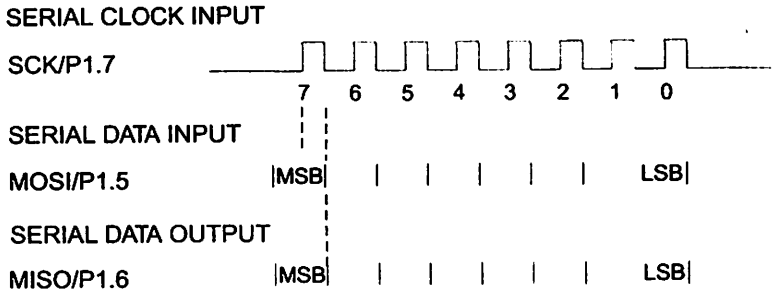
= 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0V ±10%

ymbol	Parameter	Min	Max	Units
PP	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
P	Programming Enable Current		1.0	mA
$/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
VGL	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
HAX	Address Hold after $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
VGL	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
HDX	Data Hold after $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
HSH	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
HGL	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
LGH	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
AVQV	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float after $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Flash/EEPROM Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode



erial Downloading Waveforms



erial Programming Characteristics

igure 16. Serial Programming Timing

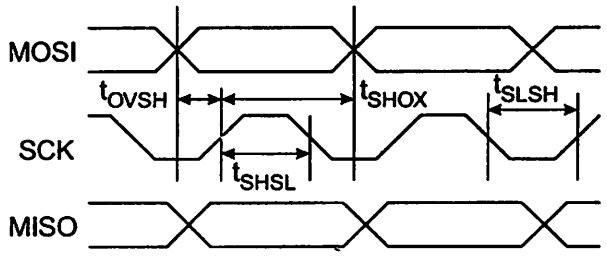


Table 11. Serial Programming Characteristics, T_A = -40° C to 85° C, V_{CC} = 4.0 - 6.0V (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0		24	MHz
t_{CLCL}	Oscillator Period	41.6			ns
t_{SHSL}	SCK Pulse Width High	24 t_{CLCL}			ns
t_{SLSH}	SCK Pulse Width Low	24 t_{CLCL}			ns
t_{OVSH}	MOSI Setup to SCK High	t_{CLCL}			ns
t_{SHOX}	MOSI Hold after SCK High	2 t_{CLCL}			ns

olute Maximum Ratings*

ating Temperature	-55°C to +125°C
ıge Temperature	-65°C to +150°C
ıge on Any Pin Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
imum Operating Voltage	6.6V
Output Current	15.0 mA

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

Characteristics

/alues shown in this table are valid for T_A = -40°C to 85°C and V_{CC} = 5.0V ± 20%, unless otherwise noted.

bol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
	Input Low-voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	V
	Input Low-voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.3	V
	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC} + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC} + 0.5	V
	Output Low-voltage (1) (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.5	V
	Output Low-voltage (1) (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.5	V
	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ±10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
ı	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ±10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, V_{CC} = 5V ±10%		-650	µA
	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
ST	Reset Pull-down Resistor		50	300	KΩ
	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode (2)	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

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

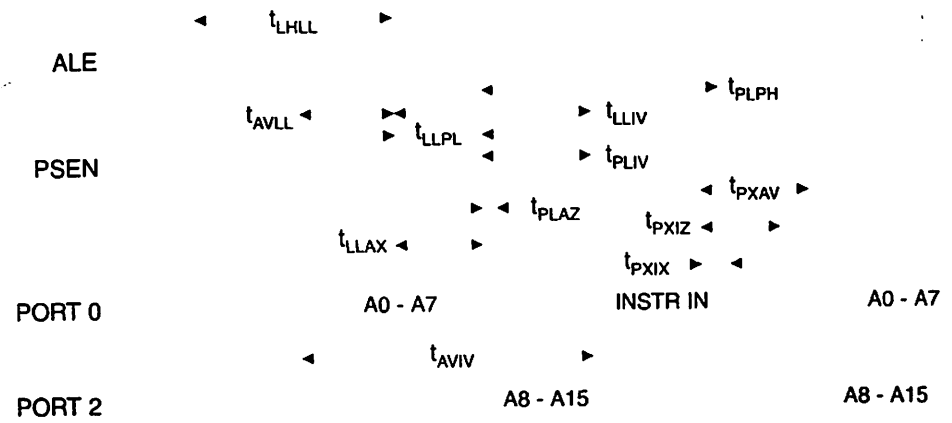
AC Characteristics

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

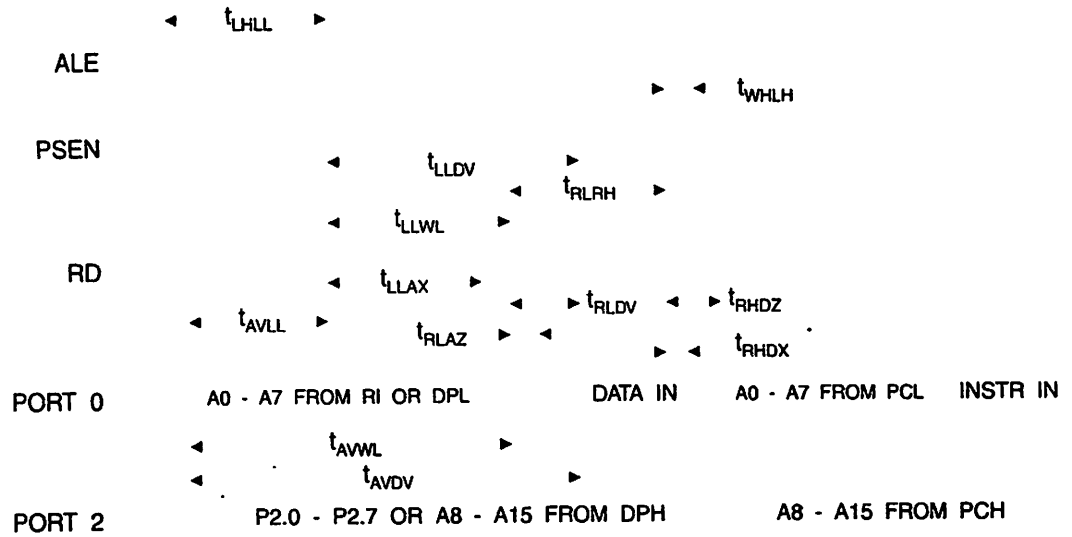
External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	Variable Oscillator		Units
		Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	$2t_{CLCL}$ - 40		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	t_{CLCL} - 13		ns
t_{LLAX}	Address Hold after ALE Low	t_{CLCL} - 20		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		$4t_{CLCL}$ - 65	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	t_{CLCL} - 13		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	$3t_{CLCL}$ - 20		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		$3t_{CLCL}$ - 45	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold after $\overline{PSEN}$	0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float after $\overline{PSEN}$		t_{CLCL} - 10	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	t_{CLCL} - 8		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		$5t_{CLCL}$ - 55	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	$6t_{CLCL}$ - 100		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	$6t_{CLCL}$ - 100		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		$5t_{CLCL}$ - 90	ns
t_{RHDX}	Data Hold after $\overline{RD}$	0		ns
t_{RHDZ}	Data Float after $\overline{RD}$		$2t_{CLCL}$ - 28	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		$8t_{CLCL}$ - 150	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		$9t_{CLCL}$ - 165	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	$3t_{CLCL}$ - 50	$3t_{CLCL}$ + 50	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	$4t_{CLCL}$ - 75		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	t_{CLCL} - 20		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	$7t_{CLCL}$ - 120		ns
t_{WHQX}	Data Hold after $\overline{WR}$	t_{CLCL} - 20		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	t_{CLCL} - 20	t_{CLCL} + 25	ns

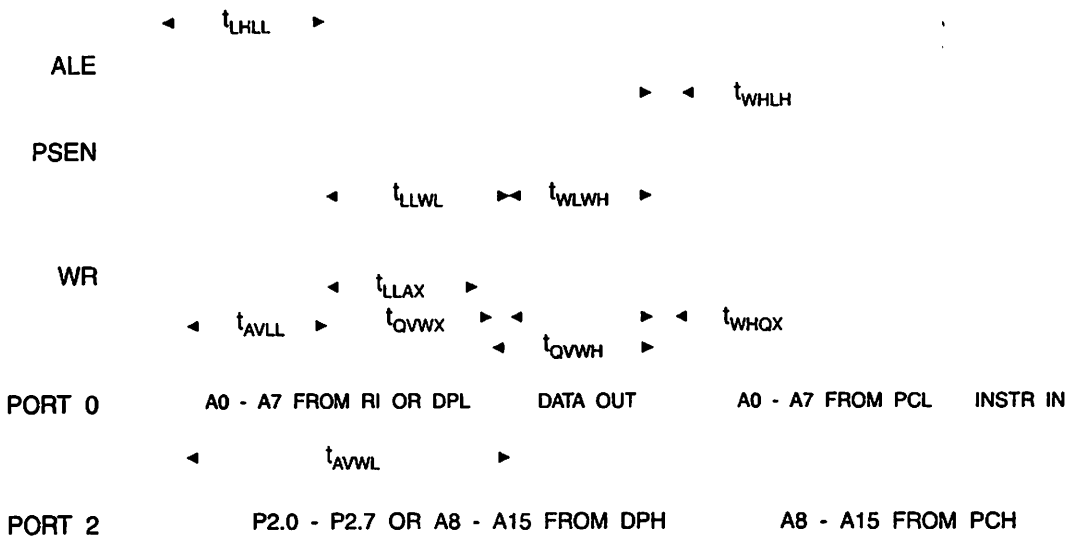
ernal Program Memory Read Cycle



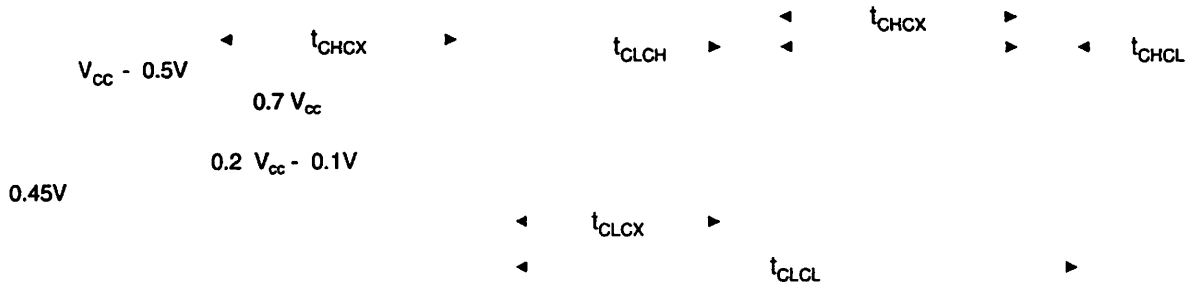
ternal Data Memory Read Cycle



xternal Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

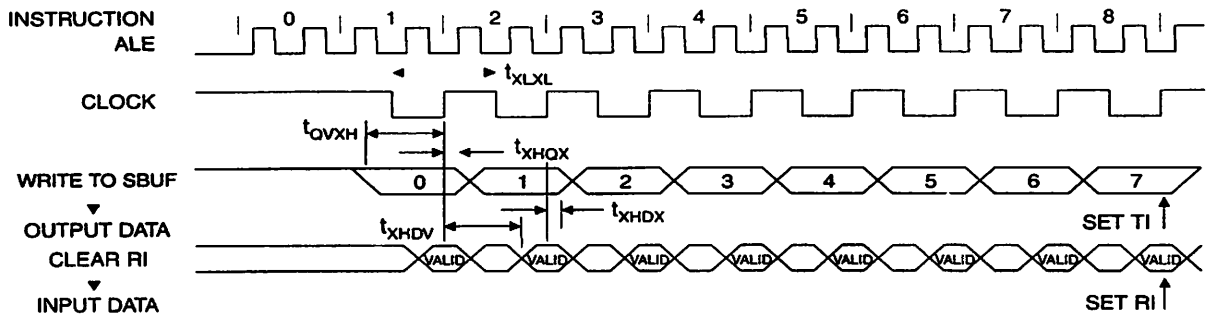
Symbol	Parameter	V_{CC} = 4.0V to 6.0V		Units
		Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

;erial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

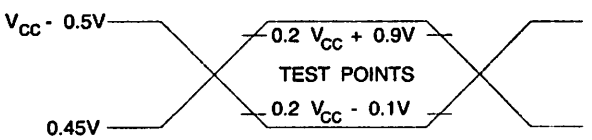
ıe values in this table are valid for V_{CC} = 4.0V to 6V and Load Capacitance = 80 pF.

;ymbol	Parameter	Variable Oscillator		Units
		Min	Max	
;LXL	Serial Port Clock Cycle Time	$12t_{CLCL}$		µs
;VXH	Output Data Setup to Clock Rising Edge	$10t_{CLCL}$ - 133		ns
;HQX	Output Data Hold after Clock Rising Edge	$2t_{CLCL}$ - 117		ns
;HDX	Input Data Hold after Clock Rising Edge	0		ns
;HDV	Clock Rising Edge to Input Data Valid		$10t_{CLCL}$ - 133	ns

hift Register Mode Timing Waveforms

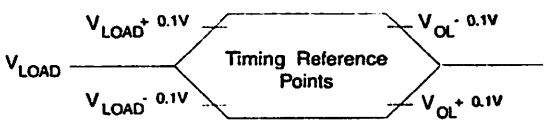


AC Testing Input/Output Waveforms(1)



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

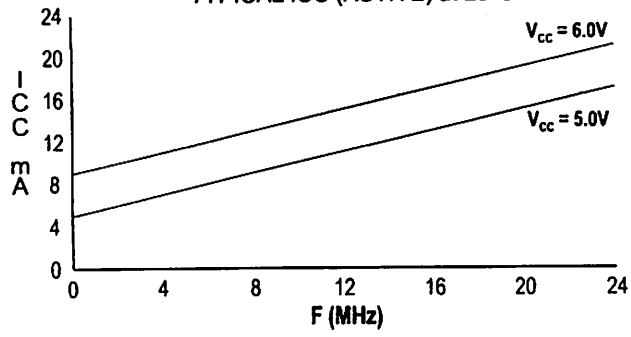
Float Waveforms(1)



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

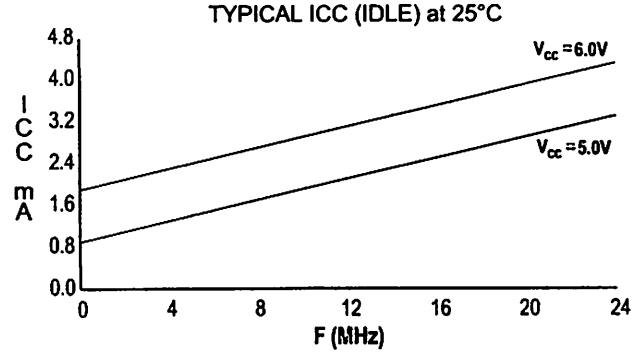
AT89S8252

TYPICAL ICC (ACTIVE) at 25°C



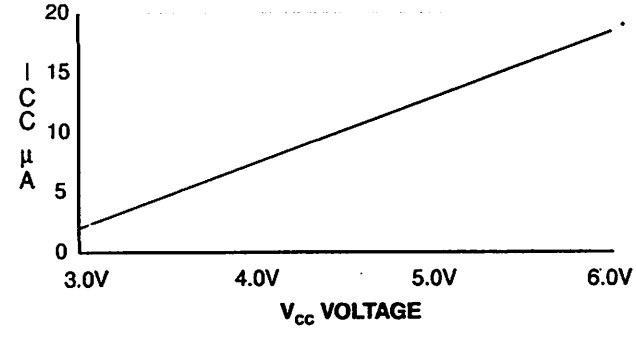
AT89S8252

TYPICAL ICC (IDLE) at 25°C



AT89S8252

TYPICAL ICC vs. VOLTAGE - POWER DOWN (85°C)



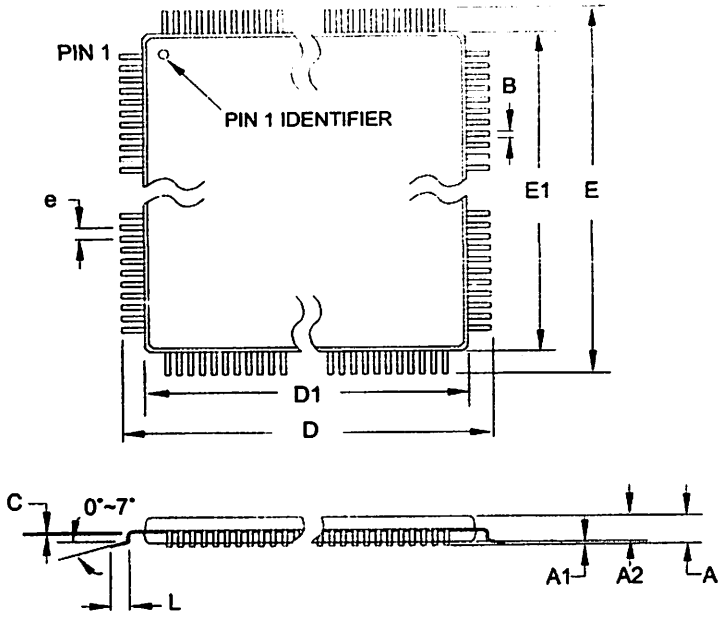
Notes: 1. XTAL1 tied to GND for Icc (power-down)
2. Lock bits programmed

rdering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 6.0V	AT89S8252-24AC AT89S8252-24JC AT89S8252-24PC	44A 44J 40P6	Commercial (0° C to 70° C)
	4.0V to 6.0V	AT89S8252-24AI AT89S8252-24JI AT89S8252-24PI	44A 44J 40P6	Industrial (-40° C to 85° C)

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

A – TQFP



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

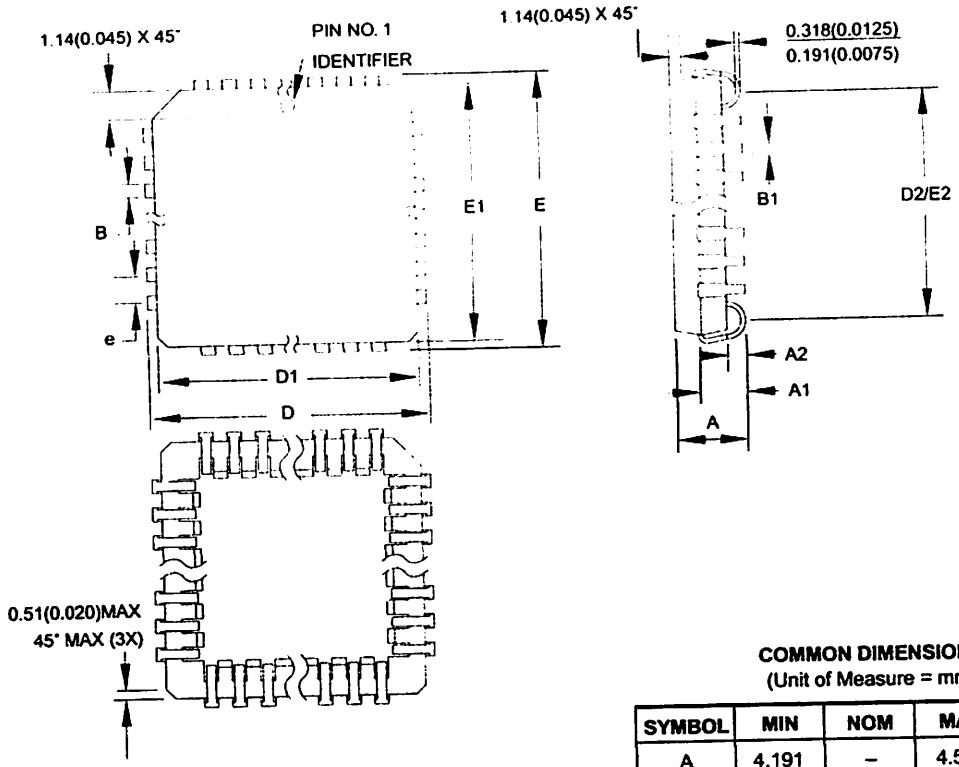
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	1.20	
A1	0.05	–	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	–	0.45	
C	0.09	–	0.20	
L	0.45	–	0.75	
e	0.80 TYP			

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

10/5/2001

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

- PLCC



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

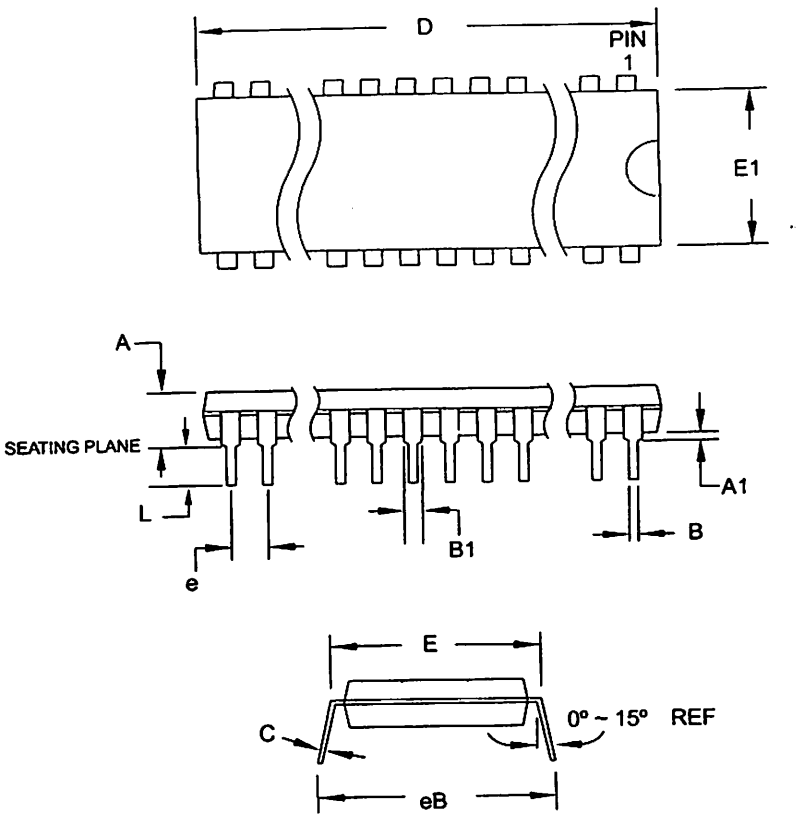
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	4.191	–	4.572	
A1	2.286	–	3.048	
A2	0.508	–	–	
D	17.399	–	17.653	
D1	16.510	–	16.662	Note 2
E	17.399	–	17.653	
E1	16.510	–	16.662	Note 2
D2/E2	14.986	–	16.002	
B	0.660	–	0.813	
B1	0.330	–	0.533	
e	1.270 TYP			

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

10/04/01

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

6 – PDIP



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

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

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

09/28/01

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

tmel Corporation

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

egional Headquarters

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

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

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

Atmel Operations

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Literature Requests
www.atmel.com/literature

Disclaimer: Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

© **Atmel Corporation 2003. All rights reserved.** Atmel® and combinations thereof are the registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. MCS® is a registered trademark of Intel Corporation. Other terms and product names may be the trademarks of others.

Printed on recycled paper.

0401F–MICRO–11/03 xM