

**MONITORING DAN PENGUKURAN DAYA
PADA INSTALASI LISTRIK
BERBASIS MIKROKONTROLLER DAN PC**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**



Disusun oleh:

Nama : Rahmawati Wida Kusuma

No Mahasiswa : 02 524 033

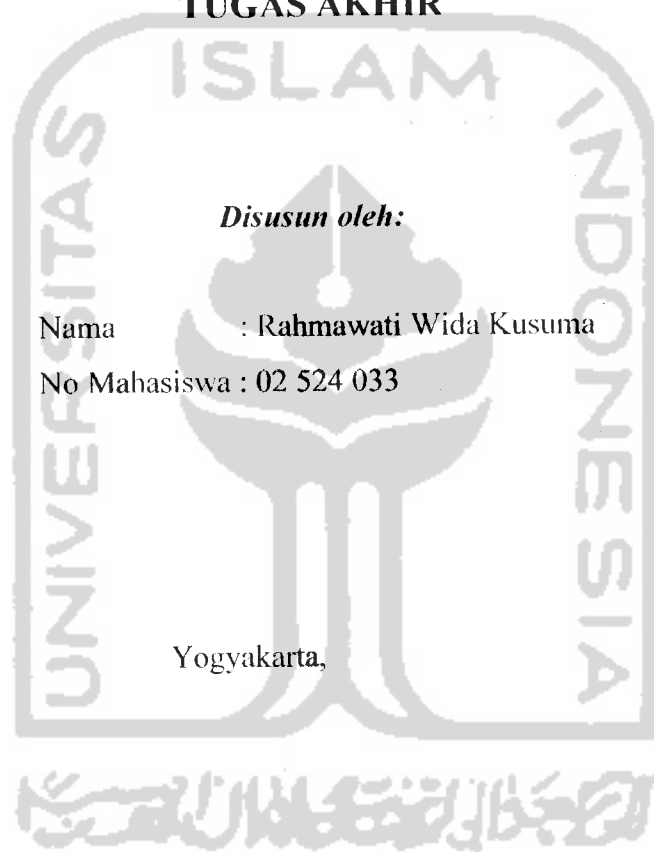
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2007

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**MONITORING DAN PENGUKURAN DAYA
PADA INSTALASI LISTRIK
BERBASIS MIKROKONTROLLER DAN PC**

TUGAS AKHIR



Disusun oleh:

Nama : Rahmawati Wida Kusuma

No Mahasiswa : 02 524 033

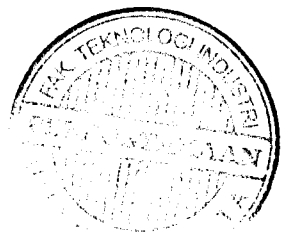
Yogyakarta,

Pembimbing I,

(Wahyudi Budi Purnomo,ST)

Pembimbing II,

(Medilla Kusriyanto,ST)



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
MONITORING DAN PENGUKURAN DAYA
PADA INSTALASI LISTRIK
BERBASIS MIKROKONTROLLER DAN PC
TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Rahmawati Wida Kusuma
No Mahasiswa : 02 524 033

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

Tim Penguji.


Wahyudi Budi Purnomo, ST

Ketua



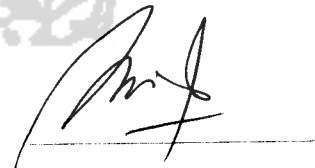
Medilla Kusriyanto, ST

Anggota I



Dwi Ana Ratna Wati, ST

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri



Yuwono, ST, M.Sc.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya yang diberikan kepada penyusun, tak lupa shalawat dan salam ku panjatkan untuk Rosulullah dan para sahabat, sehingga tugas akhir yang berjudul “ Monitoring dan Pengukuran Daya pada Instalasi Listrik Berbasis Mikrokontroller dan PC “ berjalan dengan baik.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penyusun telah banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu saya ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bpk Tito Yuwono, ST. M.Sc. selaku Kajar Teknik Elektro Fakultas Tegnologi Industri Universitas Islam Indonesia
2. Bpk Wahyudi Budi Purnomo, ST. selaku Dosen Pembimbing I
3. Bpk Medilla Kusriyanto, ST. selaku Dosen Pembimbing II
4. Seluruh Dosen Teknik Elektro UII
5. Ibu, Bapak, Papa, dan Bu'e yang selalu mendoakanku
6. Mbak nana n Dewi
7. *Nggilanze Crew*, Adoel, M Mufid, *Lheaniera*, mb Rimbul, dll, dst, dsb.
8. Smua tmen2 (ma'aci y doa n bantuannya).
9. Dan untuk seseorang yang aku cintai

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan mengingat keterbatasan yang ada, untuk itu penulis mengharap kritik yang membangun terhadap Tugas Akhir ini.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini memberi manfaat yang baik bagi semua pihak Amin.

Waaslamaualaikum Wr.Wb



Yogyakarta , 2007

Penyusun

2.2.1.3. Beban Bersifat Kapasitif.....	9
2.3. Sensor.....	10
2.4. Relay.....	11
2.5. IC Max 232.....	12
2.6. Mikrokontroller.....	13
2.6.1. Arsitektur ATmega8535.....	14
2.6.2. Deskripsi Pin.....	16
2.7. Delphi.....	17
2.7.1. Tipe Data.....	18
2.7.2. Data Variabel dan Operator.....	18
2.7.3. Struktur Program.....	19
2.7.4. Statement Perulangan.....	20
2.7.5. Array.....	20
BAB III PERANCANGAN SISTEM.....	22
3.1. Perancangan Hardware.....	22
3.1.1. PC.....	23
3.1.2. Sistem Minimum ATmega8535.....	23
3.1.3. Interface Antara PC dan Mikrokontroller.....	25
3.1.4. Driver.....	25
3.1.5. Pengkondisi Isyarat.....	27
3.1.6. Zero Crossing.....	28
3.1.7. Trafo Arus.....	29

ABSTRAKSI

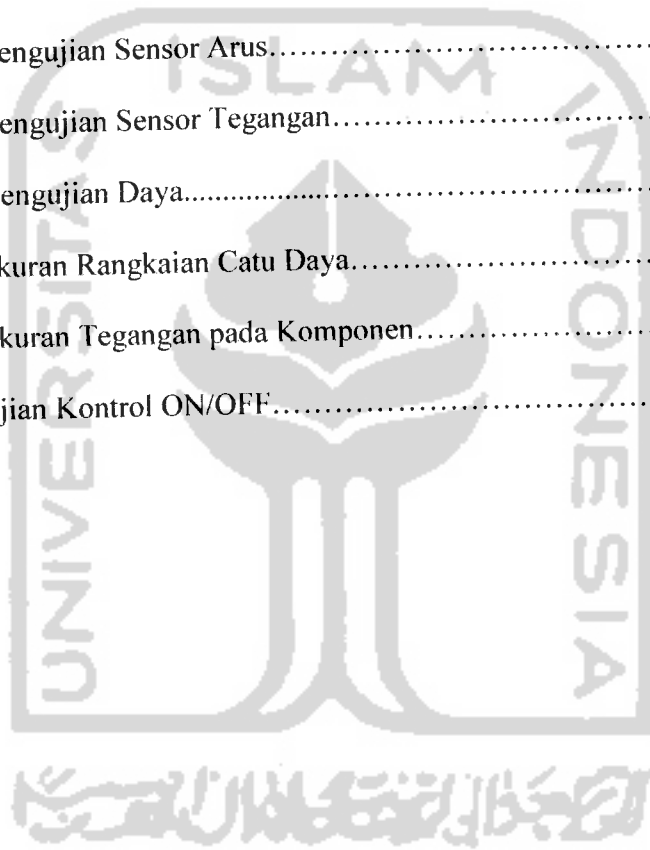
Tugas Akhir ini merupakan pembuatan alat dengan judul “MONITORING DAN PENGUKURAN DAYA PADA INSTALASI LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLLER DAN PC”. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengontrol on/off beban, serta memonitoring daya yang digunakan pada setiap *channel*. Dalam pembuatannya terdiri dari perancangan *hardware* dan *software*. Pada perancangan *hardware* yaitu dengan membuat sistem instalasi dengan *driver load* untuk 2 beban dan *relay* sebagai saklar on/off beban. Untuk mengetahui nilai arus dan tegangan menggunakan sensor arus (trafo arus) dan sensor tegangan (trafo tegangan). Konversi output analog dari sensor tersebut kebentuk digital menggunakan ADC internal pada ATmega8535. Pengukuran beda fase antara I (arus) dan V (tegangan) menggunakan rangkaian *zerocrossing* yang kemudian diproses oleh ATmega8535. Pada perancangan *software* yaitu dengan membuat program menggunakan bahasa C pada mikrokontroller ATmega8535 sebagai kendali dan delphi digunakan sebagai visual pada komputer serta kontrol perintah on/off beban oleh pengguna. Hasil percobaan menunjukkan pada saat beban on, terdapat error pengukuran dengan prosentase error rata-rata pada arus yaitu 5,81%, tegangan 1,13%, $\cos\theta$ 0,5%, dan daya 5,57%.



3.	2.2.1.3. Beban Bersifat Kapasitif.....	9
3	2.3. Sensor.....	10
3.2.	2.4. Relay.....	11
3	2.5. IC Max 232.....	12
3	2.6. Mikrokontroller.....	13
BAB IV	2.6.1. Arsitektur ATmega8535.....	14
4.1.	2.6.2. Deskripsi Pin.....	16
4	2.7. Delphi.....	17
4	2.7.1. Tipe Data.....	18
4	2.7.2. Data Variabel dan Operator.....	18
4	2.7.3. Struktur Program.....	19
4	2.7.4. Statement Perulangan.....	20
4	2.7.5. Array.....	20
4	BAB III PERANCANGAN SISTEM.....	22
4	3.1. Perancangan Hardware.....	22
4	3.1.1. PC.....	23
BAB VI	3.1.2. Sistem Minimum ATmega8535.....	23
5.1.	3.1.3. Interface Antara PC dan Mikrokontroller.....	25
5.2.	3.1.4. Driver.....	25
DAFTAR	3.1.5. Pengkondisi Isyarat.....	27
LAMPIR	3.1.6. Zero Crossing.....	28
	3.1.7. Trafo Arus.....	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tipe Data Pascal.....	18
Tabel 2.2. Daftar Operator.....	19
Tabel 4.1. Data Pengujian Driver Relay.....	41
Tabel 4.2. Data Pengujian Sensor Arus.....	41
Tabel 4.3. Data Pengujian Sensor Tegangan.....	42
Tabel 4.4. Data Pengujian Daya.....	44
Tabel 4.5. Pengukuran Rangkaian Catu Daya.....	45
Tabel 4.6. Pengukuran Tegangan pada Komponen.....	46
Tabel 4.7. Pengujian Kontrol ON/OFF.....	46



DAFTAR GAMBAR

Induktif	Gambar 2.1. Segitiga Daya.....	6
	Gambar 2.2. Beda Fase V dan I pada Beban Induktif.....	9
	Gambar 2.3. Beda Fase V dan I pada Beban Kapasitif.....	9
	Gambar 2.4. Trafo Arus.....	10
	Gambar 2.5. Relay NO.....	12
	Gambar 2.6. ICMax232.....	12
	Gambar 2.7. Arsitektur ATmega8535.....	14
	Gambar 2.8. Deskripsi Pin ATmega8535.....	16
	Gambar 3.1. Blok Sistem Perancangan Hardware.....	22
	Gambar 3.2. Visualisasi pada Komputer.....	23
	Gambar 3.3. System Minimum ATmega8535.....	24
	Gambar 3.4. Rangkaian RSMMax232.....	25
	Gambar 3.5. Rangkaian Driver Relay.....	26
	Gambar 3.6. Penguat Non Inverting.....	27
	Gambar 3.7. Rangkaian Zerocrossing.....	28
	Gambar 3.8. Sensor Arus.....	29
	Gambar 3.9. Sensor Tegangan.....	30
	Gambar 3.10. Flowchart Mikrokontroller.....	32
	Gambar 3.11. Flowchart Pemrograman Delphi.....	36
	Gambar 4.1. Chanel 1 dan 2 OFF.....	46

3.1.8. Trafo Tegangan.....	30
3.1.9. Beban (Load).....	30
3.2. Perancangan Software.....	30
3.2.1. Pemrograman Mikrokontroller.....	31
3.2.2. Pemrograman Delphi.....	35
BAB IV HASIL PENGAMATAN.....	40
4.1. Pengujian.....	40
4.1.1. Pengujian Driver Relay.....	41
4.1.2. Pengujian Sensor Arus.....	41
4.1.3. Pengujian Sensor Tegangan.....	42
4.1.4. Pengujian Daya.....	43
4.1.5. Pengujian Catu Daya.....	45
4.1.6. Pengujian Tegangan Pada Komponen.....	46
4.1.7. Pengujian Kontrol ON/OFF 1 Beban.....	46
4.1.8. Pengujian Kontrol ON/OFF 2 Beban.....	47
4.1.9. Pengujian Beda Fase.....	47
BAB V PENUTUP.....	49
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	52

Gambar 4.2. Gambar 4.2 (a) Chanel 1 ON dan Chanel 2 OFF
(b) Chanel 1 OFF dan Chanel 2 ON.....46

Gambar 4.3 Gambar 4.5. (a) Beda Fase pada Beban Induktif
(b) Beda Fase pada Beban Resistif.....47



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kemajuan teknologi digital pada saat ini, pengendalian sistem instalasi listrik dapat dilakukan dengan sistem kendali mikroprosesor dan PC (*personal computer*). Dengan adanya sistem kendali tersebut maka kemampuan pengontrolan (*monitoring*) penggunaan listrik maupun pengukuran pemakaian listrik dapat lebih ditingkatkan lagi. Dari penelitian sebelumnya mengenai pengukuran pemakaian listrik, sistem hanya dapat mengukur berapa besar daya yang sedang digunakan, pengguna belum diberikan kemudahan untuk mengontrol on/off beban dalam satu sistem. Dari kurangnya fasilitas tersebut maka penulis terinspirasi untuk membuat sistem instalasi listrik yang dapat mengontrol on/off beban serta mengukur daya yang sedang digunakan.

Agar dapat menciptakan pengukuran daya yang lebih akurat, diperlukan perancangan alat ukur dengan tingkat error (kesalahan) rendah. Pengukuran secara digital banyak digunakan karena pengukuran ini mampu memberikan banyak kemudahan, yaitu pembacaan yang lebih teliti dan mudah dibaca. Sehingga pengukuran secara digital dapat memperkecil error. Pengolahan data secara digital juga lebih mudah dilakukan, walaupun ada beberapa bagian yang memang tidak bisa mengabaikan kemampuan rangkaian analog.

Alat ukur tidak bisa disebut baik jika tidak dikalibrasi dengan referensi yang baik. Kalibrasi yang baik dilakukan dengan menentukan referensi yang tepat.

Referensi harus diuji dengan membandingkan besaran-besaran yang diukur dengan rumus yang telah baku, di samping membandingkannya dengan beberapa referensi yang lain. Kalibrasi sangat mempengaruhi pengukuran. Alat ukur digital biasanya menggunakan pengubah analog ke digital (ADC, *Analog to Digital Converter*). Berkembangnya mikroprosessor yang fiturnya lebih lengkap ini memudahkan programmer, karena pada mikroprosessor yang digunakan terdapat ADC di dalamnya.

Resolusi alat ukur sangat dipengaruhi oleh jumlah bit ADC-nya. ADC yang biasa dipakai adalah ADC 8 bit, sehingga resolusinya hanya 1/256 terhadap referensinya. Pada mikroprosessor tersebut menggunakan ADC 10 bit sehingga resolusinya bisa jauh lebih besar, karena $2^{10} = 1024$, resolusinya menjadi 1/1024 terhadap referensinya. Sebagai pengukur daya listrik terdapat beberapa komponen di dalamnya yaitu tegangan, arus dan sudut fase-nya. Untuk mengukur ketiga komponen itu perlu sensor analog. Sebagai sensor arus dapat digunakan trafo arus dan sebagai sensor tegangan menggunakan trafo tegangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut : “Bagaimana membuat piranti mikrokontroler dan PC yang dapat dimanfaatkan sebagai monitoring dan pengukuran daya pada instalasi listrik?”

1.3 Batasan Masalah

Dengan adanya batasan masalah penulis dapat lebih menyederhanakan dan mengarahkan penelitian dan pembuatan sistem agar tidak menyimpang dari apa yang diteliti dan dikembangkan. Batasan-batasannya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada pembuatan alat monitoring dan pengukuran daya pada instalasi listrik, baik hardware maupun software.
2. Jangkauan pembacaan arus pada alat tidak melebihi 300mA
3. Terdiri dari dua terminal beban
4. Pembuatan software dalam bahasa C untuk program pada Mikroprosesor dan Dhelphi untuk tampilan pada komputer agar dapat mengatur sistem sehingga dapat bekerja sesuai fungsinya.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Dapat membangun suatu sistem pengendali berbasis mikroprosesor dan PC serta menciptakan suatu alat yang dapat memonitoring instalasi listrik. Yaitu mengendalikan ataupun mengontrol ON/OFF instalasi listrik tersebut dan mendeteksi nyala tidaknya suatu instalasi listrik, sekaligus mengukur daya untuk mengetahui besar daya yang dikeluarkan.
2. Meningkatkan efisiensi dalam kehidupan sehari-hari, karena alat ini sangat praktis dan mudah dioperasikan. Sehingga dapat dengan mudah memonitoring suatu instalasi listrik dan juga dapat mengetahui besarnya daya yang dikeluarkan.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan tugas akhir ini diberikan uraian bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya. Pokok-pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi lima bab :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pengantar permasalahan yang dibahas seperti latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Merupakan penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk pemecahan masalah. Memberikan garis besar metode yang digunakan oleh peneliti sebagai kerangka pemecahan masalah.

BAB III : PERANCANGAN SISTEM

Bagian ini menjelaskan metode-metode perancangan yang digunakan, cara mengimplementasikan rancangan dan pengujian sistem yang telah dibuat serta batasan dan hambatan yang ditemui selama proses perancangan dan implementasi sistem.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil sistem yang dibuat dibandingkan dengan dasar teori sistem.

BAB V : PENUTUP

Bab ini merupakan bab terakhir yang berisikan kesimpulan dan saran-saran yang diperoleh dari perancangan, implementasi sistem, juga keterbatasan-keterbatasan yang ditemukan dan asumsi-asumsi yang dibuat selama melakukan tugas akhir.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Teori

Tugas Akhir ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya, yaitu penelitian pada tugas akhir dengan judul 'Monitoring Kwh Secara Digital Berbasis Mikrokontroller AT89C51' oleh Dodik Erwansyah dan 'Penghitung Biaya Pemakaian Listrik Dengan (LCD) Mikrokontroller' oleh Ramadhani. Pada kedua tugas akhir tersebut penelitian hanya menekankan pada monitoring instalasi listriknya saja, dan sebatas mengetahui besaran daya, waktu serta biaya yang digunakan.

Oleh karena itu, tugas akhir ini dirancang untuk memonitoring instalasi listrik dengan menampilkan besaran untuk daya, tegangan, arus serta beda fase yang digunakan, sekaligus dapat difungsikan sebagai kontrol kendali ON/OFF untuk beban tersebut.

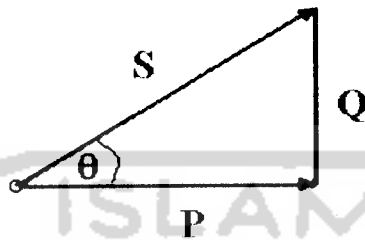
2.2. Jenis Daya

Pengukuran daya pada arus bolak-balik terdiri dari tiga jenis daya yaitu :

- Daya Nyata $P = V.I \cos\theta$ dengan satuan Watt
- Daya Semu $S = V.A = V.I = I^2.Z$ dengan satuan Volt Ampere
- Daya Reaktif $Q = f = V.I. \sin\theta = I^2. X$ dengan satuan VAR



Dari ketiga macam daya diatas, secara vektoris dapat dilukiskan dengan segitiga daya seperti Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Segitiga Daya

Faktor daya ($\cos\theta$) adalah perbandingan antara daya nyata (P) dan daya semu (S)

$$\cos\theta = \frac{P}{S} \dots\dots\dots 2.1$$

$\cos\theta$ yang ideal bernilai 1 yang berarti beban tersebut bersifat resistif murni ($P = S$), Q sama dengan nol. Dan besar geseran sudut fase I dan V sama dengan nol. Untuk beban yang bersifat induktif terjadi pergeseran fase sehingga $\cos\theta$ akan bernilai lebih kecil dari 1.

2.2.1 Jenis Beban pada Rangkaian Listrik

Pada rangkaian listrik terdapat tiga macam jenis beban. Masing-masing beban mempunyai karakteristik berbeda-beda yang akan dijelaskan dibawah ini.

2.2.1.1 Beban Bersifat Resistif

Beban bersifat resistif menurut hukum ohm memiliki persamaan sebagai berikut:

$$V_{(t)} = R \times I_{(t)} \dots\dots\dots 2.2$$

Jika arus pada persamaan disubstitusikan dalam persamaan berikut maka akan diperoleh rumus untuk sinusoidal $V_{(t)}$

$$V_{(t)} = V_m \sin \omega t \dots\dots\dots 2.3$$

Dengan

$$V_m = I \times R_m \dots\dots\dots 2.4$$

Persamaan 2.4 menyatakan bahwa pada beban resistif, arus (I) dan tegangan (V) mempunyai gelombang sama dan tidak mengalami pergeseran fase. Dalam hal ini contoh beban bersifat resistif dapat kita nyatakan dengan lampu pijar, beban tersebut murni tahanan dan tidak mengalami pergeseran fase.

2.2.1.2 Beban Bersifat Induktif

Beban induktif mempunyai sifat induktansi menyebabkan suatu keterlambatan waktu bagi arus untuk mencapai nilai akhirnya.

Pada arus AC arus pada beban induktif adalah

$$I_{(t)} = I_m \sin \omega t \dots\dots\dots 2.5$$

Menurut hukum lenz diketahui V yang mengalir pada induktor adalah sebanding dengan arus yang melalui induktor

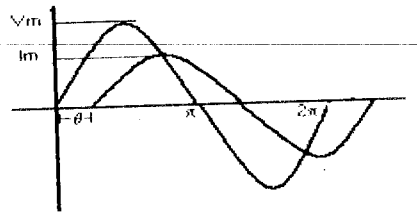
$$V_{(t)} = L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots 2.6$$

$$V_{(t)} = V_m \sin \omega t$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{V_m}{L} \sin \omega t$$

$$I = \int \frac{V_m}{L} \sin \omega t dt$$

$$I = \frac{V_m}{\omega L} -\cos \omega t = \frac{V_m}{\omega L} \sin (\omega t -90^\circ) \dots\dots\dots 2.7$$



Gambar 2.2. Beda Fase V dan I pada Beban Induktif

Dengan demikian arus tertinggal dari tegangan sebesar 90°, sehingga mengakibatkan timbulnya beda fase. Hal ini disebabkan adanya X_L, dengan X_L = ω.L

2.2.1.3 Beban Bersifat Kapasitif

Jika kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan AC kapasitor tersebut akan berisi muatan : Q = C . V

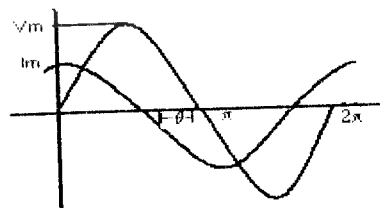
Dimana $V = V_m \cdot \sin \omega t$2.8

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{d(CV)}{dt}$$

$$I = C \left(\frac{d(V_m \cdot \sin \omega t)}{dt} \right) = C V_m \omega \cos \omega t$$

$$I = \frac{V_m}{1/\omega C} \cos \omega t = \frac{V_m}{1/\omega C} \sin (\omega t + 90^\circ) \dots\dots\dots 2.9$$

Sehingga arus mendahului tegangan sebesar 90° karena adanya X_C, dengan X_C = $\frac{1}{\omega C}$



Gambar 2.3. Beda Fase V dan I Pada Beban Kapasitif

2.3 Sensor

Sensor arus maupun tegangan terdiri dari transformator tegangan. Pada sensor arus trafo tegangan difungsikan sebagai transformator arus. Suatu trafo terdiri dari dua koil, yaitu gulungan primer dan gulungan sekunder. Tegangan bolak-balik yang diberikan pada gulungan primer menghasilkan arus bolak-balik, yang menimbulkan fluks magnet bolak-balik di sepanjang inti. Fluks magnet ini menginduksi suatu g.g.l di gulungan sekunder, sebagaimana dijelaskan dalam hukum Faraday, yang mengatakan bahwa ketika suatu konduktor dipotong dengan medan magnet, suatu g.g.l diinduksikan dalam konduktor. Karena kedua gulungan terkait dengan fluks magnet yang sama, g.g.l induksi perputaran akan sama untuk kedua gulungan. Oleh karena itu g.g.l pada kedua gulungan sebanding dengan jumlah perputarannya.

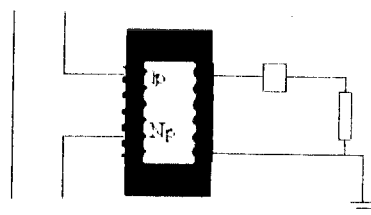
$$\frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s} \dots\dots\dots 2.10$$

Karena keseimbangan antara Ampere dan gulungan maka:

$$I_p \times N_p = I_s \times N_s \dots\dots\dots 2.11$$

Sehingga

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots 2.12$$



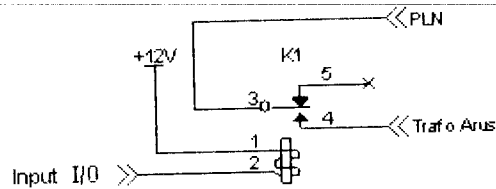
Gambar 2.4. Transformator Arus

Transformator arus digunakan untuk mendeteksi arus yang menuju beban yang terpasang dengan menghubungkan seri dengan beban, sehingga arus akan terdeteksi besarnya.

2.4 Relay

Relay merupakan saklar elektromagnetik yang dapat membuka dan menutup arus listrik, yaitu suatu elektromagnet yang mengoperasikan sejumlah kontak saklar. Ketika arus melewati koil, inti besi lunak menjadi termagnetisasi, menarik anker besi dan menutup kontak saklar. Koil relay secara elektrik terisolasi dari kotak saklar, sehingga relay dapat mensaklar rangkaian yang beroperasi pada tegangan yang berbeda dengan tegangan kerja koil. Arus kecil yang memberi tenaga pada koil juga dapat mensaklar arus yang lebih besar pada kontak saklar.

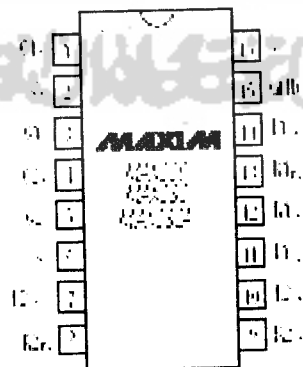
Selain digunakan sebagai saklar, relay juga digunakan sebagai isolator antara rangkaian yang bertegangan rendah dengan rangkaian listrik yang bertegangan tinggi dan berdaya besar. Sehingga bila terjadi hubungan singkat pada rangkaian tidak rusak. Berdasarkan arus yang bekerja dapat dibedakan menjadi dua, yaitu relay AC dan DC, sedangkan berdasarkan hubungan kontaknya relay dibedakan menjadi tiga. Yaitu satu, relay *normally close*, relay ini akan membuka jika diberikan arus. Yang ke dua, relay *normally open*, relay ini akan menutup bila diberi arus. Dan yang ke tiga relay bipolar, relay ini memiliki dua kumparan dan dua kondisi kerja.



Gambar 2.5. Relay NO

2.5 IC Max 232

Hubungan pada PC dan mikrokontroler tidak dapat secara langsung disambungkan karena memiliki level tegangan yang berbeda. Oleh karena itu membutuhkan konverter untuk menghubungkan keduanya, yaitu dengan menggunakan ICmax232. ICmax232 dapat digunakan untuk menghubungkan PC ke perangkat luar (TTL), atau sebaliknya dari perangkat luar ke PC. Tegangan RS232 tersebut antara +3 volt sampai dengan +25 volt untuk logika "0" dan -3 volt sampai dengan -25 volt untuk logika "1".



Gambar 2.6. ICmax232

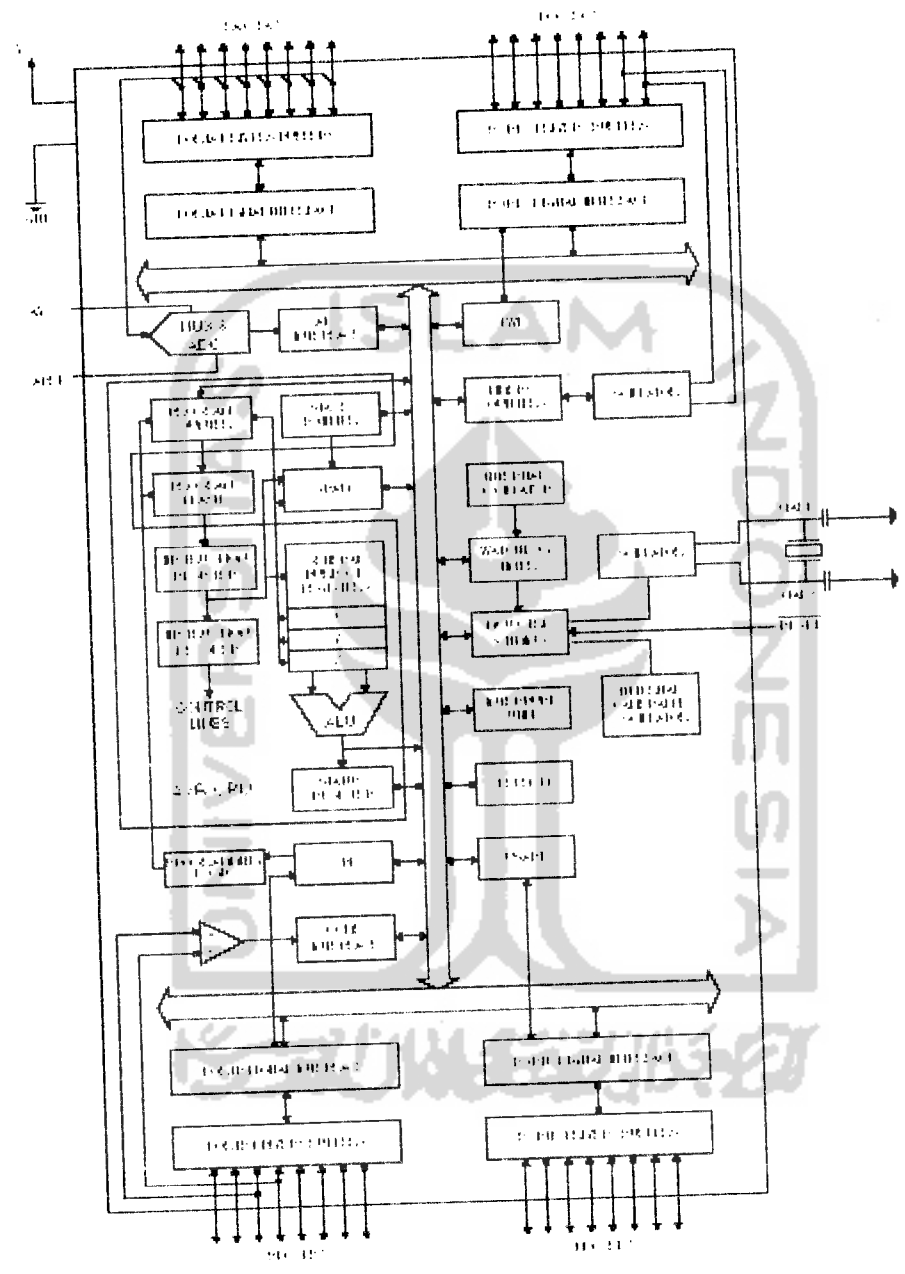
ICmax232 mempunyai 16 kaki dengan supply tegangan sebesar 5 volt. Pin 16 digunakan sebagai input tegangan (Vcc), pin 15 sebagai ground (GND). Pin 8 dan 9 sebagai input ICmax232 dan pin 7 dan 10 sebagai output ICmax232. Dengan ICmax232 antara terminal data dari suatu peralatan dan peralatan komunikasi data yang menjalankan pertukaran data biner secara serial dapat dihubungkan.

2.6 Mikrokontroller

Mikrokontroller adalah suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer, yang mana teknologi ini adalah teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak, namun hanya membutuhkan ruang yang kecil serta dapat diproduksi secara massal (dalam jumlah banyak) sehingga harganya menjadi lebih murah.

Mikrokontroller ini kemampuan digitalnya adalah menirukan fungsi otak manusia, sehingga meliputi fungsi atau instruksi aritmatika (berhitung), logika (mempertimbangkan suatu kondisi), dan memori. Mikrokontroller ini berbeda halnya dengan mikroprosesor yang hanya pemrosesannya terdiri dari *Central Processing Unit* (CPU) dan register-register, tanpa memori, tanpa I/O, dan periferal yang dibutuhkan oleh suatu sistem supaya dapat bekerja. Namun apabila mikroprosesor ini dikombinasikan dengan I/O dan memori (RAM dan ROM) akan menghasilkan sebuah mikrokontroller, yang mana kombinasi dari komponen-komponen ini sudah terdapat dalam satu chip *Integrated Circuit* (IC).

2.6.1 Arsitektur Mikrokontroler ATmega8535

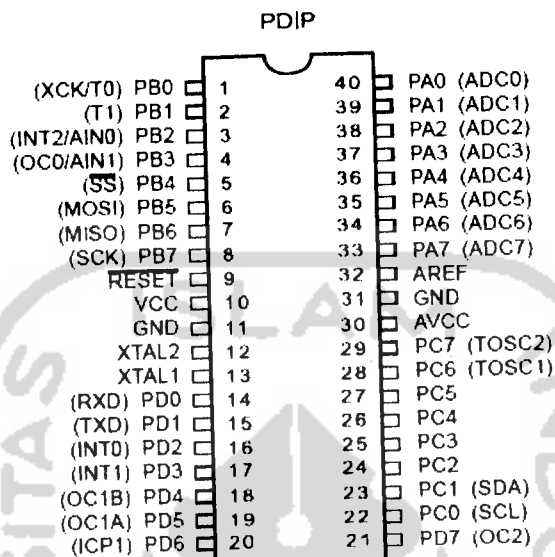


Gambar 2.7. Arsitektur ATmega8535

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATmega8535 memiliki bagian sebagai berikut:

- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D
- ADC 10 bit sebanyak 8 saluran
- Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan
- CPU yang terdiri atas 32 buah register
- *Watchdog Timer* dengan osilator internal
- SRAM sebesar 512 byte
- Memori flash sebesar 8kb dengan kemampuan *Read While Write*
- Unit interupsi internal dan eksternal
- Port antarmuka SPI
- EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi
- Antarmuka komparator analog
- Port USART untuk komunikasi serial

2.6.2 Deskripsi Pin



Gambar 2.8. Deskripsi Pin ATmega8535

Deskripsi pin ATmega8535 dapat dilihat pada Gambar 2.7, dari gambar tersebut dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega8535 sebagai berikut:

- Vcc
Suplai tegangan digital
- GND
Ground
- Port A (PA0-PA7)
Merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC
- Port B (PB0-PB7)

Merupakan pin I/O dua arah dan pinfungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*,

komparator analog, dan SPI

- Port C (PC0-PC7)

Merupakan pin I/O dua arah. Pada Port ini memiliki pin khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan Timer Oscilator

- Port D (PD0-PD7)

Merupakan pin I/O dua arah. Pada Port ini memiliki pin khusus, yaitu interupsi eksternal, komparator analog, dan komunikasi serial.

- RESET

Reset input digunakan untuk me-reset mikrokontroller. Suatu level rendah pada pin yang lebih lama dari panjang pulsa terkecil akan membangkitkan reset, meskipun clock tidak bekerja.

- AVCC

AVCC adalah pin suplay tegangan untuk port A dan A/D Converter. Ini harus tersambung pada Vcc meskipun A/D Converter tidak digunakan. Jika ADC digunakan harus disambungkan Vcc melalui low pass filter

- AREF

AREF adalah pin masukan analog untuk tegangan referensi ADC

2.7 Delphi

Delphi merupakan perangkat pengembangan aplikasi windows. Dengan menggunakan perangkat lunak ini dapat mengaplikasikan dalam berbagai aplikasi

windows dengan cepat dan mudah. Dengan pendekatan visual dapat menciptakan aplikasi yang lebih mudah dimengerti dan banyak disukai.

2.7.1 Tipe Data

Data adalah sesuatu yang dapat diperoleh, sedangkan untuk mengubah data tersebut menjadi sebuah informasi yaitu dengan pemrograman. Yang dimaksud tipe data adalah nama yang menyatakan jenis data. Berikut merupakan tipe data pada pascal

Tabel 2.1. Tipe Data Pascal

Type	Memory Size	Value Range
Byte	1	0...255
ShortInt	1	-128...127
Integer	2	-32678...32767
Word	2	0...65535
LongInt	4	-2147483648...2147483648
Single	4	$\pm 1,5 \cdot 10^{-45} \dots 3,4 \cdot 10^{38}$
Real	6	$\pm 2,9 \cdot 10^{-39} \dots 1,7 \cdot 10^{38}$
Double	8	$\pm 5,0 \cdot 10^{-324} \dots 1,7 \cdot 10^{308}$
Comp	8	$-2^{63} \dots 2^{63} - 1$
Extended	10	$\pm 1,9 \cdot 10^{-4951} \dots 1,1 \cdot 10^{4932}$
Char	?	ASCII
String	?	Kumpulan Char
Booelan	?	True or False

2.7.2 Data Variabel dan Operator

Variable biasa digunakan dalam pemrograman untuk menyimpan suatu nilai, dimana nilai tersebut dapat diubah-ubah sewaktu-waktu. Sebelum variabel dapat digunakan, variabel harus dideklarasikan terlebih dahulu. Variabel dideklarasikan pada bagian yang diawali dengan kata var. Operator sering digunakan dalam bahasa pemrograman. Berikut menunjukkan tabel daftar operator.

Tabel 2.2. Daftar Operator

Operator	Keterangan	
-	Tanda Negatif	Higest
-	Bukan	Higest
*	Perkalian	High
/	Pembagian	High
Div	Pembagian Dibulatkan	High
Mod	Hasil Bagi	High
And	Dan	High
+	Penjumlahan	Low
-	Pengurangan	Low
Or	Atau	Low
=, <, >, <=, >=, <>	Perbandingan	Lowest

2.7.3 Struktur Program

Sebuah program tersusun oleh :

- Judul program
- Klausula uses (Optional)
- Blok deklarasi dan pernyataan

Judul program menyatakan nama program. Klausula uses mencantumkan unit-unit yang digunakan oleh program. Bagian yang terakhir yang berisi deklarasi dan juga pernyataan-pernyataan yang digunakan untuk mengatur komputer.

Dibawah ini merupakan struktur program dalam bahasa pemrograman pascal

```

Program <StructureSample>;
Const <ConstantDeclaration>;
Type <TypeDeclarations>;
Var <VariableDeclaration>;
Procedure/Function <Example>;
  Begin
    <BodyOfProcedure/Function>;
  End;
Begin

```

```
<MainBodyOfProgram>;  
End.
```

2.7.4. Statement Perulangan (For, While, Repeat)

Berikut ini adalah tiga jenis perulangan pada bahasa pascal:

- Statement For

```
For <variabel>:=<awal> [Down]To<akhir> Do  
Begin  
  <Pernyataan>;  
End;
```

- Statement While

```
While <kondisi> Do  
Begin  
  <Pernyataan>;  
End;
```

- Statement Repeat

```
Repeat  
  <pernyataan>;  
Until <kondisi>;
```

2.7.5. Array

Array merupakan kumpulan data yang bertipe sama yang menggunakan nama sama. Dengan menggunakan array, sejumlah variabel dapat memakai nama yang sama. Antara variabel satu dan variabel yang lain didalam array dibedakan berdasarkan subscript. Sebuah subscript berupa bilangan didalam kurung siku.

Melalui subscript inilah setiap elemen array dapat diakses. Elemen array tidak lain adalah setiap variabel didalam array. Perlu diingat, subscript dari array selalu dimulai dari nol dan terkadang disebut sebagai indeks array.

Pendefinisian array :

```
Var <name_array>:Array[<Range>] of <type>;
```

Cara mengakses array:

Name_array[subscript]



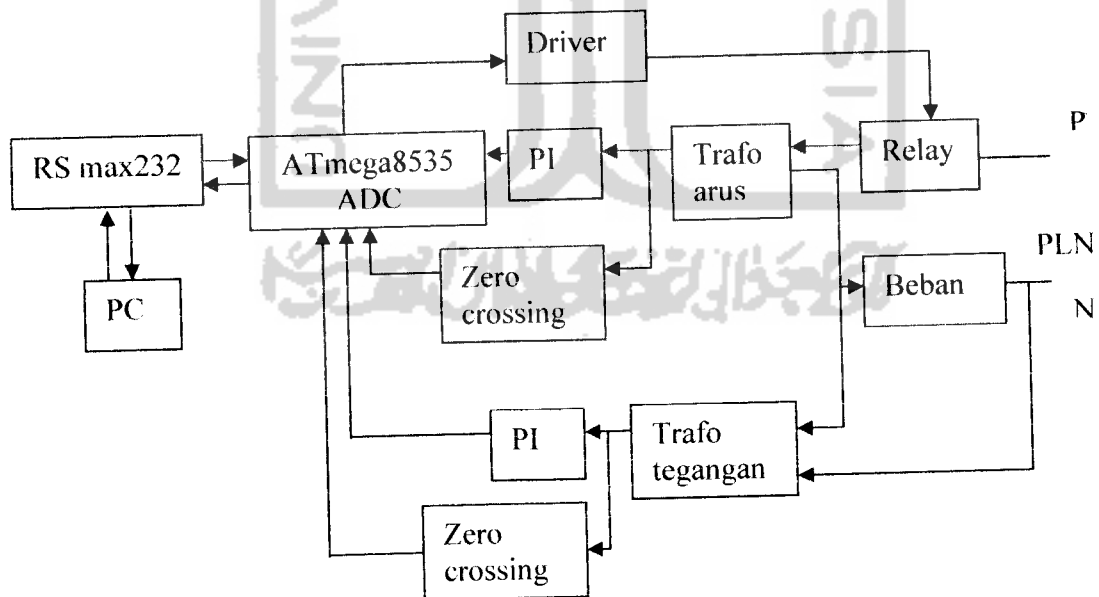
BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Dalam bab III akan dibahas mengenai perancangan sistem yang didalamnya terdapat perancangan rangkaian elektronik. Pada perancangan sistem ini meliputi dua perancangan, yaitu perancangan hardware (perangkat keras) dan perancangan software (perangkat lunak)

3.1 Perancangan Hardware

Pada perancangan hardware (perangkat keras) terdapat beberapa sistem yang digunakan untuk menjalankan sistem. Untuk lebih memudahkan pemahaman cara kerja dari sistem yang akan dibuat, Gambar 3.1 memperlihatkan blok diagram dari perancangan sistem.

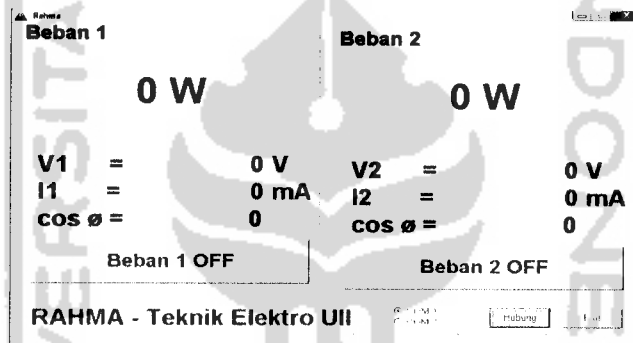


Gambar 3.1. Blok Sistem Perancangan Hardware

Pada gambar 3.1 masing-masing bagian mempunyai fungsi berlainan tetapi saling berkaitan. Dari blok tersebut akan dijelaskan secara fungsional sebagai berikut:

3.1.1. PC

PC digunakan untuk visualisasi dalam pengendalian ON/OFF beban sekaligus memonitoring daya pada beban dengan menggunakan software delphi yang telah diprogram. Seperti terlihat pada gambar berikut:

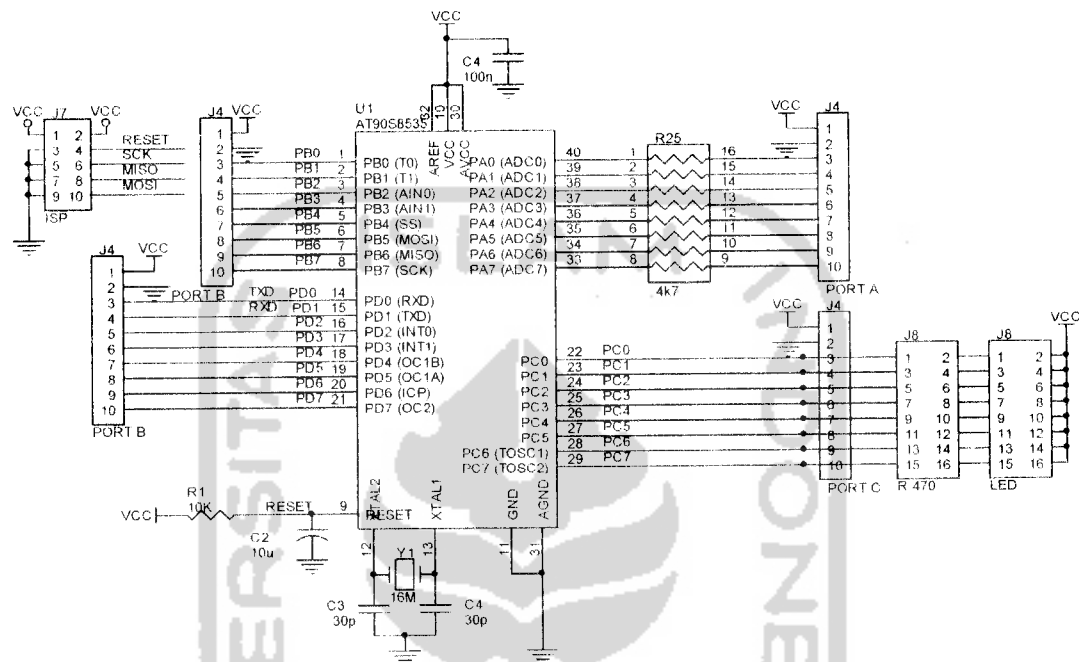


Gambar 3.2. Visualisasi pada Komputer

3.1.2. Sistem Minimum Mikrokontroller ATmega8535

Mikrokontroller merupakan sistem kendali pada alat. Pulsa ON/OFF dari mikroprocessor digunakan untuk mengatur keadaan ON/OFF beban sesuai yang dikehendaki oleh pengguna. Untuk membangkitkan pulsa ON dan OFF pada mikrokontroller melalui program yang didownload dalam mikrokontroller. Dengan adanya fungsi ADC dalam mikrokontroller sehingga memudahkan untuk dapat

mengubah sinyal dalam bentuk digital serta mendeteksi sinyal yang diperoleh dari trafo arus dan trafo tegangan.

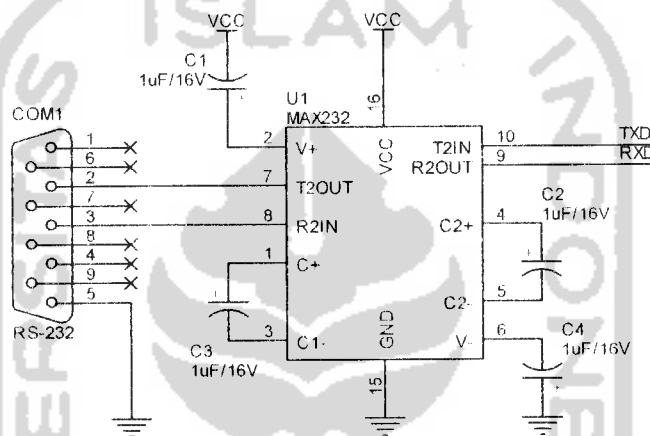


Gambar 3.3. Sistem Minimum ATmega8535

Pada sistem minimum ATmega8535 ini ditampilkan port-port yang digunakan sebagai masukan dan keluaran. Sistem minimum ini digunakan sebagai rangkaian utama dari perancangan sistem elektronis ini. ATmega8535 ini memiliki 32 Port yang dapat digunakan sebagai masukan dan keluaran. PinA digunakan sebagai masukan ADC. PinA7 sebagai ADC II, PinA6 sebagai ADC VI, PinA5 sebagai ADC I2, PinA4 sebagai ADC V2. PORTC.0 dan PORTC.1 digunakan sebagai keluaran ke beban. PinC 4-7 merupakan keluaran dari zerrocross PinC.4 sebagai phase I2. PinC.5 sebagai phase V2, PinC.6 sebagai phase II, PinC.7 sebagai phase VI.

3.1.3 Interface Antara PC dan Mikrokontroler

ICmax232 digunakan sebagai antarmuka karena dapat digunakan untuk menghubungkan PC ke perangkat luar (TTL), atau sebaliknya dari perangkat luar ke PC. Tegangan ICMax232 tersebut antara +3 volt sampai dengan +25 volt untuk logika "0" dan -3 volt sampai dengan -25 volt untuk logika "1".



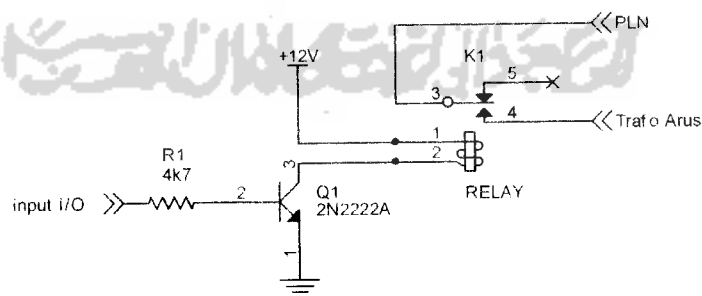
Gambar 3.4. Rangkaian ICmax232

3.1.4. Driver

Driver merupakan saklar yang digunakan untuk kontrol ON/OFF pada beban, yaitu dengan menggunakan relay dan transistor sebagai switch, driver akan mendapat sinyal masukan HIGH(1) dan LOW(0). Tegangan diperoleh dari sinyal yang dikirim oleh mikrokontroler yang terlebih dahulu dilewatkan pada transistor. Rangkaian pada saklar ini terhubung ke mikrokontroler pada alamat Port C. Agar dapat menggerakkan relay pada rangkaian saklar ini, dibutuhkan supply tegangan sebesar \pm 12 Volt DC, dan beban yang dapat dikendalikan sebesar 220 Volt AC.

Untuk membantu menggerakkan relay tersebut, transistor yang digunakan yaitu 2N2222. Sinyal kontrol yang berasal dari mikrokontroller Atmega8535 tersebut mengkondisikan transistor 2N2222 pada kondisi saturasi ataupun cutoff. Bila sinyal kontrol dari mikrokontroller tinggi (Hi) atau sebesar 5V, maka V_{be} lebih dari 0,7 sehingga transistor saturasi. Dan sebaliknya, jika sinyal kontrol dari mikrokontroller rendah (Low) atau 0V, maka tidak ada tegangan yang masuk basis sehingga transistor pada keadaan cutoff.

Kondisi tersebut menyebabkan arus akan mengalir menuju relay maka akan mengakibatkan terjadinya proses elektromagnetik pada relay NO. Karena relay merupakan NO (*Normally Open*) maka ketika kondisi kerja switch akan tertutup. Dengan terhubungnya switch maka rangkaian saklar akan terhubung dengan peralatan elektronik dan membuat peralatan elektromagnetik tersebut ON. Relay ini dihubungkan pada trafo arus (TA) dan beban, sehingga ketika mendapat input dari PC, relay dapat mengontrol kondisi ON/OFF beban sebagaimana mestinya.



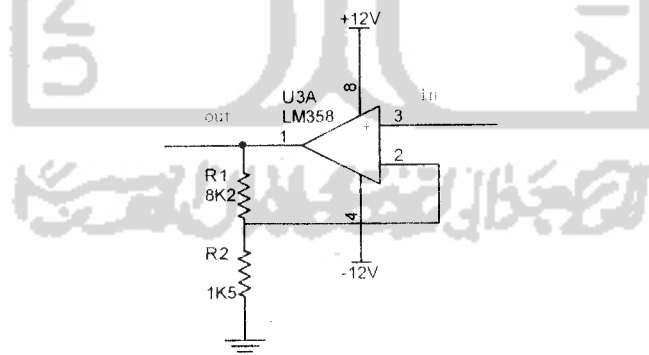
Gambar 3.5. Rangkaian *Driver Relay*

Pada rangkaian Driver tersebut diatas, ketika tegangan masukan menyala, arus basis dibatasi oleh resistor R dan nilai awal arus basis adalah:

$$\begin{aligned}
 I_B &= \frac{V - V_{BE}}{R} \dots\dots\dots 3.1 \\
 &= \frac{5 - 0,7}{4700} \\
 &= 0,91\text{mA}
 \end{aligned}$$

3.1.5. Pengkondisi Isyarat

PI (Pengkondisi Isyarat) berfungsi sebagai penguat hasil sinyal yang diperoleh dari trafo arus maupun trafo tegangan. Pada alat ini penguat yang digunakan adalah penguat non inverting. Penguat non inverting terlihat seperti gambar berikut:



Gambar 3.6 Penguat Non Inverting

Untuk menentukan penguatan digunakan rumus sebagai berikut:

$$\Lambda = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(1 + \frac{R1}{R2} \right)$$

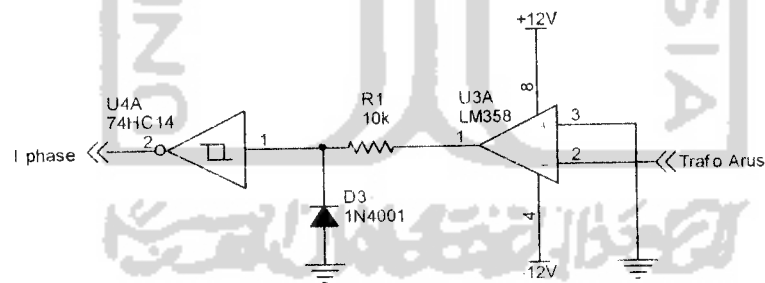
$$\Lambda = \left(1 + \frac{8k2}{1k5} \right)$$

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R1}{R2} \right) \times V_{in}$$

$$= 6.47 \times$$

3.1.6. Zero Crossing

Zero crossing digunakan untuk mengetahui titik nol dari siklus sinusoidal. Dalam hal ini zero crossing merupakan pendeteksi sinyal trafo tegangan dan trafo arus saat tepat pada titik nol untuk patokan awal pengukuran beda fase antara sinyal dari tegangan dan arus. Pada rangkaian ini ditambahkan Schmitt Trigger agar sinyal keluaran lebih jelas

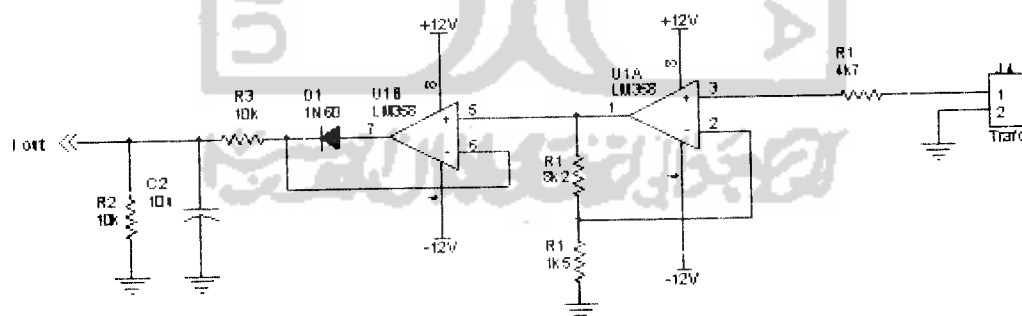


Gambar 3.7. Rangkaian Zero Crossing

3.1.7. Trafo Arus

Trafo arus merupakan sensor untuk mendeteksi besar arus yang diperoleh, yaitu dengan cara mengubah arus kedalam bentuk tegangan. Salah satu syarat untuk dapat berkomunikasi dengan mikrokontroller, tegangan yang masuk harus tegangan DC dan tidak boleh lebih dari 5 Volt. Untuk menurunkan tegangan AC digunakan trafo. Dari trafo ini didapatkan besar arus pada sekundernya dan selanjutnya akan dikonversikan kebesaran tegangan. Pada trafo sisi primer dihubungkan dengan relay sebagai kontrol ON/OFF beban, dan pada sisi sekundernya dihubungkan pada Pengkondisi Isyarat untuk penguatan sinyal, serta zerocrossing

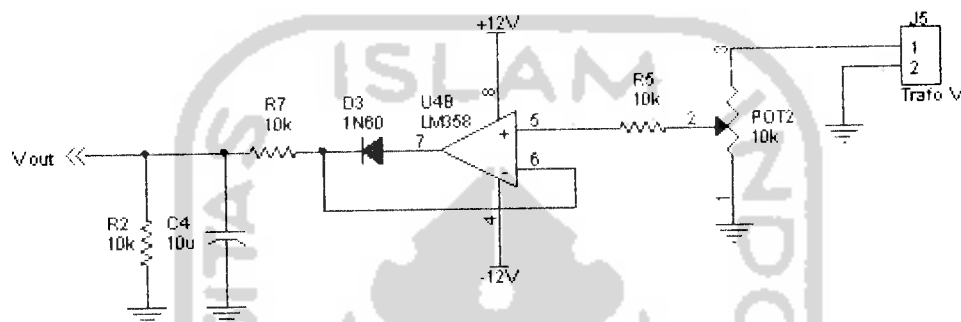
Output Pengkondisi Isyarat dari sensor inilah yang akan masuk pada ADC pada mikroprosesor, sehingga nilai tegangannya dibaca oleh komputer. Tegangan hasil konversi dari sensor arus ini akan diambil datanya oleh komputer untuk diproses.



Gambar 3.8. Sensor Arus

3.1.8. Trafo Tegangan

Trafo tegangan merupakan sensor untuk mendeteksi besar tegangan yang diperoleh. Dari tegangan yang terdeteksi masuk pada rangkaian pembagi tegangan agar tegangan yang masuk tidak terlalu besar. *Zerocrossing* sinyal dari trafo tegangan juga dideteksi untuk pengukuran beda fasenya.



Gambar 3.9. Sensor Tegangan

3.1.9. Beban (load)

Beban meliputi dua buah jenis beban resistif dan induktif, yaitu lampu dan kipas yang bersumber tegangan 220Vac.

3.2. Perancangan Software

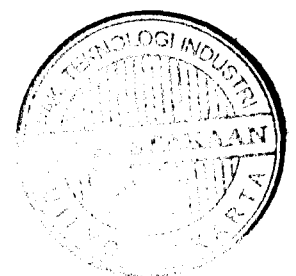
Software atau perangkat lunak dibutuhkan untuk mendukung sistem kerja perancangan alat itu sendiri. Pada alat monitoring instalasi listrik dan Kwh meter ini perancangan perangkat lunak berbasis mikrokontroler ATmega8535 dan software Delphi yang berfungsi mengendalikan keseluruhan kerja dari alat ini. Pada

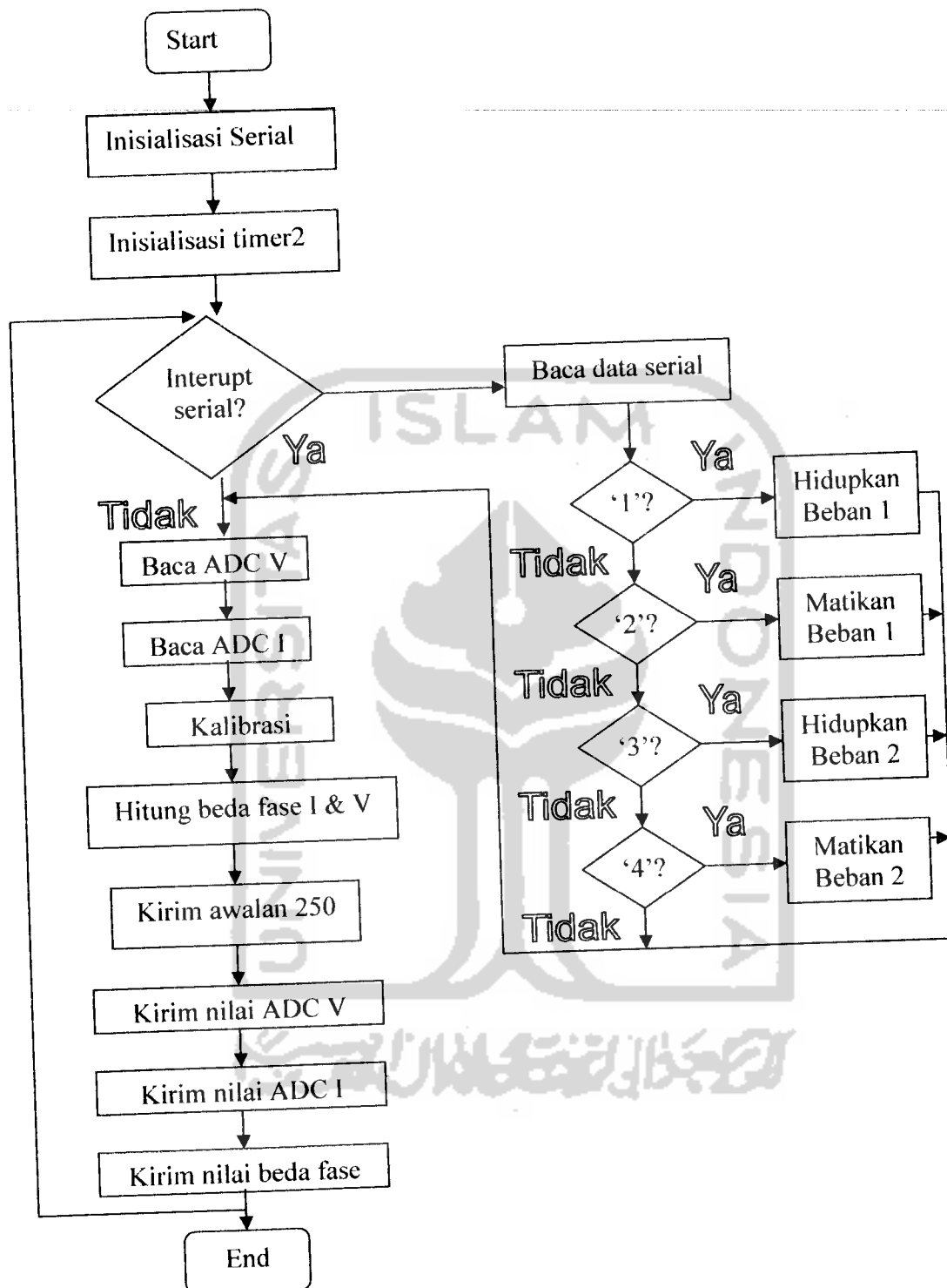
mikrokontroller program dirancang sebagai kendali dan interface antara PC dan alat, namun tidak banyak eksekusi-eksekusi yang harus dijalankan, hanya sebagai pengirim dan penerima data.

Sedangkan pada software delphi dirancang untuk memberikan perintah melalui mikrokontroller untuk ON/OFF beban dengan menampilkan visualisasi, sehingga delphi ini digunakan baik sebagai monitoring beban maupun pendeteksi besar daya pada beban (watt meter) itu sendiri. Diagram alir utama perangkat lunak dapat dilihat dari flowchart yang dimulai dari langkah inialisasi hingga program berakhir.

3.2.1 Pemrograman Mikrokontroller

Flowchart untuk pemrograman mikrokontroller dimulai dari seting serial untuk komunikasi serial, dan inialisasi timer yang selanjutnya akan digunakan untuk perhitungan Δt . Kemudian setelah itu mikrokontroller akan mengecek ada tidaknya interupsi serial, jika ada maka data serial akan dibaca dan dieksekusi. Saat data masuk, mikrokontroller akan membaca ADC tegangan dan arus serta menghitung beda fase I dan V kedalam nilai sudut. Proses ini akan terus berulang-ulang membaca data yang masuk pada masing-masing chanel. Setelah semua data terbaca, kemudian semua data tersebut akan dikirim untuk visualisasi komputer.





Gambar 3.10. Flowchart Pemrograman Mikrokontroler

Inisialisasi Serial

```
// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud rate: 19200
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x0C;
```

Inisialisasi timer 2

```
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 15,625 kHz
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected

ASSR=0x00;
TCCR2=0x06;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
```

Pembacaan ADC oleh mikrokontroller

```
while (1)
{
    adc[0]=read_adc(4,1000);
    adc[1]=read_adc(5,1000);
    adc[2]=read_adc(6,1000);
    adc[3]=read_adc(7,1000);
```

Kalibrasi Arus

```
I1 = I1*1.3298 - 1.6848;
I2 = I2*1.3298 - 1.6848;
```

Pengaktifan timer dan perhitungan beda fase

```

if(load1==1)
{
    while(phaseI1==0);
    TCNT2=0;
    while(phaseV1==0);
    d_phase1=TCNT2*180/157;
}

if(load2==1)
{
    while(phaseI2==0);
    TCNT2=0;
    while(phaseV2==0);
    d_phase2=TCNT2*180/157;
}

```

Pengiriman nilai ADC

```

putchar(254);

putchar(V1);
putchar(I1);
putchar(d_phase1);

putchar(V2);
putchar(I2);
putchar(d_phase2);

```

Interrupt serial untuk ON/OFF pada beban

```

while (1)
{
    if(UCSRA.7==1)
    {
        UCSRA.7=0;
        if(UDR=='1')load1=1;
        else if(UDR=='2')load1=0;
        else if(UDR=='3')load2=1;
        else if(UDR=='4')load2=0;
        else if(UDR=='0'){load1=0;load2=0;}
    }
}

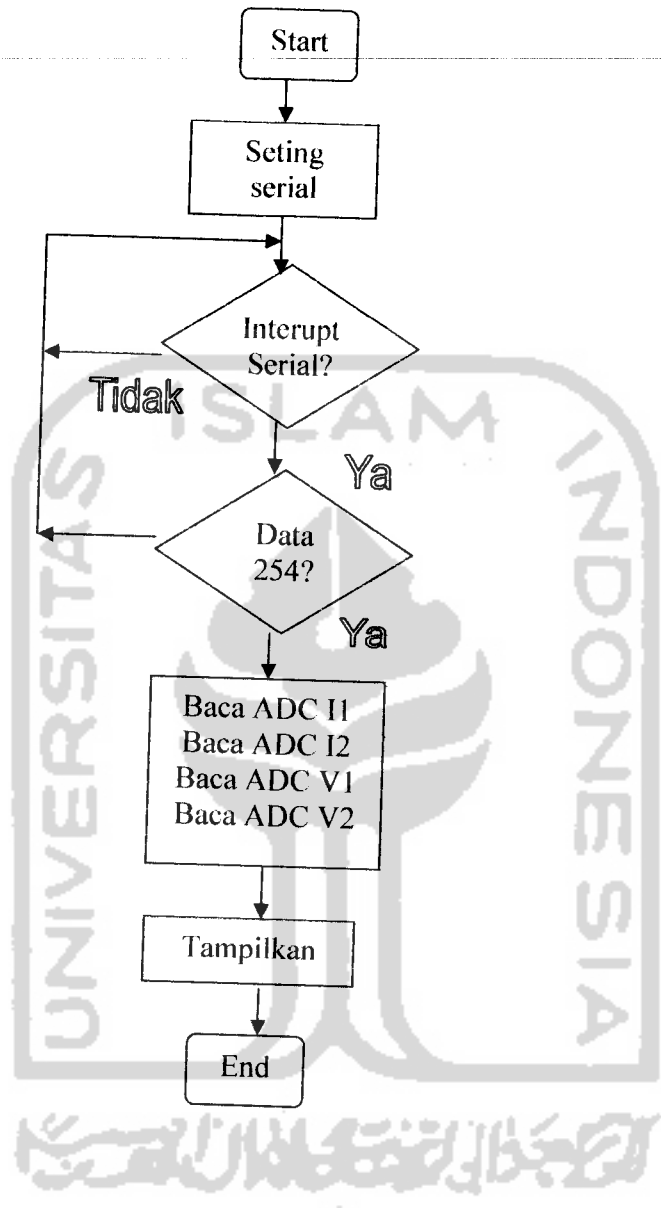
```

3.2.2 Pemrograman Delphi

Berbeda dengan pemrograman pada mikrokontroller, pemrograman delphi ini lebih kompleks karena delphi ini dirancang untuk mengontrol dan mengendalikan ON/OFF suatu beban serta memonitoring/menampilkan berapa besar daya beban yang digunakan (watt). Di sini delphi berfungsi sebagai visualisasi melalui komputer untuk melakukan perintah-perintah yang ingin dilakukan oleh pengguna.

Flowchart pada delphi dimulai dengan setting serial serta pengaturan boudrate pada program ini menggunakan boudrate serial sebesar 19200. Setelah itu delphi akan mengecek ada tidaknya interupsi pada serial, jika terdapat interupsi maka delphi akan membaca data tersebut dan mengirimnya ke mikrokontroller untuk fungsi ON/OFF pada beban. Jika terdapat data awalan 254, data serial akan terbaca dimulai dengan membaca nilai tegangan, nilai arus, dan nilai besar sudut yang dikirim dari mikrokontroller. Nilai sudut tersebut di cos-kan untuk mendapatkan nilai $\cos\theta$ -nya.

Hasil nilai tersebut (nilai arus, tegangan, dan beda fase) dikalikan sesuai dengan rumus pada software delphi untuk mendapatkan nilai daya (watt) yang dikeluarkan. Semua data tersebut kemudian divisualisasikan pada komputer



Gambar 3.11. Flowchart Pemrograman Delphi

Inisialisasi

```

interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs,
  TeEngine, Series, ExtCtrls, TeeProcs, Chart,
  StdCtrls, CPortCtl, CPort,
  ActnList, StdActns, ComCtrls, Unit2, Menus;

type
  TForm1 = class(TForm)
    ComPort: TComPort;
    ActionList1: TActionList;
    FileSaveAs1: TFileSaveAs;
    StatusBar1: TStatusBar;
    Panell: TPanel;
    Timer1: TTimer;
    btHubung: TButton;
    btExit: TButton;
    rbCom1: TRadioButton;
    rbCom2: TRadioButton;
    pnBehan1: TGroupBox;
    .....
  end;

```

Pembacaan data serial

```

procedure TForm1.ComPortRxChar(Sender: TObject; Count:
Integer);
begin
  ComPort.Read(data_serial,1);
  if data_serial=254 then
  begin
    ComPort.Read(data_serial,1); V1:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); T1:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); sudut1:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); V2:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); I2:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); sudut2:=data_serial;
  end;
end;

```

Penampilan nilai arus, tegangan, dan beda fase

```

lbV1.Caption:=FloatToStrF(V1, ffFixed, 5, 0);
lbI1.Caption:=FloatToStrF(I1, ffFixed, 5, 0);

lbCos1.Caption:=FloatToStrF(cos(sudut1*pi/180), ffFixed, 5,
2)+' ('+FloatToStrF(sudut1, ffFixed, 5, 0)+'°)';

lbPwr.Caption:=FloatToStrF(V1*I1/1000/cos(sudut1*pi/180),
ffFixed, 5, 2)+' W';
lbV2.Caption:=FloatToStrF(V2, ffFixed, 5, 0);
lbI2.Caption:=FloatToStrF(I2, ffFixed, 5, 0);

lbCos2.Caption:=FloatToStrF(cos(sudut2*pi/180), ffFixed, 5,
2)+' ('+FloatToStrF(sudut2, ffFixed, 5, 0)+'°)';

label1.Caption:=FloatToStrF(V2*I2/1000/cos(sudut2*pi/180)
, ffFixed, 5, 2)+' W';
end;
end;

```

Kontrol ON/OFF beban

```

procedure TForm1.btBeban1OnClick(Sender: TObject);
begin
if btBeban1On.Caption='Beban 1 OFF' then
begin
btBeban1On.Caption:='Beban 1 ON';
if comport.Connected then comport.WriteString('1');
beban1:=1;
end
else
begin
btBeban1On.Caption:='Beban 1 OFF';
if comport.Connected then comport.WriteString('2');
beban1:=0;
end;
end;

procedure TForm1.btBeban2OnClick(Sender: TObject);
begin
if btBeban2On.Caption='Beban 2 OFF' then
begin
btBeban2On.Caption:='Beban 2 ON';

```

```
if comport.Connected then comport.WriteStr('3');  
beban2:=1;  
end  
else  
begin  
btBeban2On.Caption:='Beban 2 OFF';  
if comport.Connected then comport.WriteStr('4');  
beban2:=0;  
end;  
end;
```



BAB IV

HASIL PENGAMATAN

Tugas akhir ini ditujukan untuk mengendalikan atau memonitoring ON/OFF suatu sistem instalasi listrik serta mendeteksi daya yang digunakan dengan menggunakan mikrokontroler ATmega8535 dan software Delphi. Dalam pengendalian ini dilakukan beberapa pengamatan, pengujian serta kalibrasi bagian-bagian dari sistem untuk membentuk sistem yang baik.

4.1. Pengujian

Pengujian pada alat maupun program dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan dengan baik atau tidak. Pengujian ini akan dilakukan pada beberapa bagian komponen pada alat maupun program. Untuk mengetahui hasil kerja dari program tersebut pada pengujian sistem dilakukan dengan menjalankan program yang dihubungkan langsung dengan alat. Program pada awalnya mendeteksi interrupt serial yang dikirim. Jika sinyal terdeteksi, maka interrupt akan dijalankan, yaitu untuk mematikan maupun menghidupkan beban.

Setelah itu beda fase arus dan tegangan akan terdeteksi dari rangkaian zero crossing dengan mengaktifkan timer. Kemudian akan membaca nilai ADC tegangan dan arus, nilai arus dikalikan dengan beda fase yang di hasilkan sehingga besar daya akan terdeteksi

4.1.1 Pengujian Driver Relay

Pengujian manual driver relay adalah pengujian langsung, untuk langkah ini diperlukan dua buah catu daya, catu daya pertama sebesar 5V yaitu tegangan digunakan untuk menyulut basis 2N2222A. Dan yang kedua 12V untuk relay dc

Tabel 4.1. Data Pengujian Driver Relay

Tegangan input	Kontak relay
0V	open
5V	close

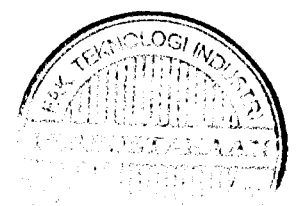
4.1.2. Pengujian Sensor Arus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui arus yang mengalir pada beban serta untuk menguji sensor arus dapat bekerja dengan baik atau tidak.

Tabel 4.2 Data Pengujian Sensor Arus

No	Beban	Arus (Nyata)	Arus (Pengukuran)	% Error
1	15W	68mA	62mA	8,8%
2	25W	108mA	106mA	1,8%
3	40W	170mA	160mA	5,8%
4	45W	203mA	189mA	6,8%

Prosentase error dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:



$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nyata}}{\text{Nyata}} \times 100\%$$

% error arus 1

$$\begin{aligned} \text{Arus} &= (62-68) / 68 \times 100 \\ &= 8,8\% \end{aligned}$$

% error arus 3

$$\begin{aligned} \text{Arus} &= (160-170) / 170 \times 100 \\ &= 5,8\% \end{aligned}$$

% error arus 2

$$\begin{aligned} \text{Arus} &= (106-108) / 108 \times 100 \\ &= 1,85\% \end{aligned}$$

% error arus 4

$$\begin{aligned} \text{Arus} &= (189-203) / 203 \times 100 \\ &= 6,8\% \end{aligned}$$

Pada pengukuran error daya dan arus rata-rata tidak melebihi 10%

4.1.3. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang mengalir pada beban serta untuk menguji sensor tegangan dapat bekerja dengan baik atau tidak.

Tabel 4.3 Data Pengujian Sensor Tegangan

Nilai Seharusnya	Nilai Pengukuran	% Error
223V	221V	0,8%
223V	220V	1,3%
224V	221V	1,3%

Prosentase error dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Pengukuran} - \text{Teori}}{\text{Teori}} \times 100\%$$

Pada pengukuran rata-rata tegangan

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{217 + 214 + 215}{3} \\ &= 215,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ error tegangan} &= (220,67 - 223,3) / 223,3 \times 100 \\ &= 1,17 \% \end{aligned}$$

4.1.4. Pengujian Daya

Daya (Watt), dan arus (I), serta tegangan (V) yang terukur pada alat, tidak sama persis seperti pada perhitungan. Ini dikarenakan kurang stabilnya tegangan pada jala-jala, maupun pada kurang baiknya kualitas komponen yang digunakan serta ketidaksesuaian nilai yang tercantum pada beban dengan nilai pengukuran real.

Mengacu pada rumus yang ada pengukuran daya secara teoritis sebagai berikut:

$$\text{Daya (P)} = V \times I \cdot \cos\theta$$

Pada beban lampu pijar $\cos\theta$ adalah 1, sehingga jika diketahui tegangan sebesar 223V dan arus sebesar 0,068A maka diperoleh daya sebesar:

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos\theta \\ &= 223 \times 0,068 \times 1 \\ &= 15,2 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Pada beban lampu pijar $\cos\theta$ adalah 1, sehingga jika diketahui tegangan sebesar 223V dan arus sebesar 0,108 A maka diperoleh daya sebesar:

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos\theta \\ &= 223 \times 0,108 \times 1 \\ &= 24,08 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Pada beban lampu pijar $\cos \theta$ adalah 1, sehingga jika diketahui tegangan sebesar 223V

dan arus sebesar 0,17 A maka diperoleh daya sebesar:

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos\theta \\ &= 223 \times 0,17 \times 1 \\ &= 37,91 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Pada beban kipas angin $\cos \theta$ adalah 0,975 ($12,8^\circ$), sehingga jika diketahui tegangan sebesar 223V dan arus sebesar 0,23 A maka diperoleh daya sebesar:

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos\theta \\ &= 223 \times 0,20 \times 0,975 \\ &= 43,48 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Tabel 4.4. Data Pengujian Daya

No	Beban	Daya (Teori)	Daya (Pengukuran)	%Error
1	15W	15,2 W	13,7 W	9,8%
2	25W	24,08 W	23,4 W	2,8%
3	40W	37,91 W	35,3 W	6,8%
4	45W	43,48 W	40,5 W	6,8%

Prosentase error dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nyata}}{\text{Nyata}} \times 100\%$$

% error daya 15 watt

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= (13,7 - 15,2) / 15,2 \times 100 \\ &= 5,9 \% \end{aligned}$$

% error daya 25 watt

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= (23,4 - 24,08) / 24,08 \times 100 \\ &= 2,8 \% \end{aligned}$$

%error daya 40 watt

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= (35,3 - 37,91) / 37,91 \times 100 \\ &= 6,8 \% \end{aligned}$$

% error daya 45 watt

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= (40,5 - 43,48) / 43,48 \times 100 \\ &= 6,8 \% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan baik secara nyata maupun secara pengamatan pada program akan di paparkan pada tabel berikut ini:

4.1.5. Pengujian Catu Daya

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang dikeluarkan oleh rangkaian tersebut. Sehingga supply daya dapat dipastikan berjalan sesuai kebutuhan pada rangkaian. Jika diukur, hasil dari keluaran tegangan tidak murni sebesar nilai yang tercantum pada IC regulator. Hal tersebut dikarenakan beberapa faktor, diantaranya kualitas dari tiap komponen, dan tegangan jalajala listrik yang digunakan tidak stabil.

Tabel 4.5 Pengukuran Rangkaian Catu Daya

Nilai Scharusnya	Nilai Pengukuran
+ 5V	+5,14V
±12V	±12,03V

4.1.6. Pengujian Tegangan pada Komponen

Tabel 4.6 Pengukuran Tegangan pada Komponen

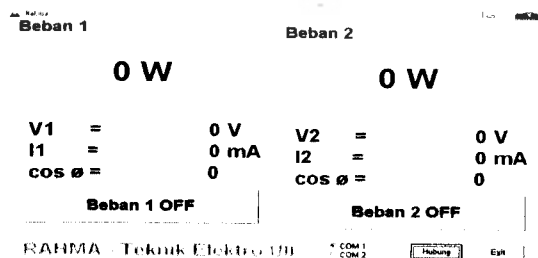
	I beban	V input Penguat	V out Penguat	V input ADC	ADC level
Lampu1	68	0,4	2,9	1	51
Lampu2	108	0,8	5,4	1,67	85
Lampu3	170	1,1	8,7	2,51	128

Tegangan yang masuk pada setiap beban dikuatkan oleh rangkaian penguat non inverting sebesar 6,47 kali, ketika masuk pada input ADC tegangan disearahkan terlebih dulu, V input ADC menghasilkan level tegangan masing-masing untuk setiap bebannya. Untuk arus pada beban yang terbaca pada ADC level belum memiliki angka yang sesuai sehingga diperlukan kalibrasi.

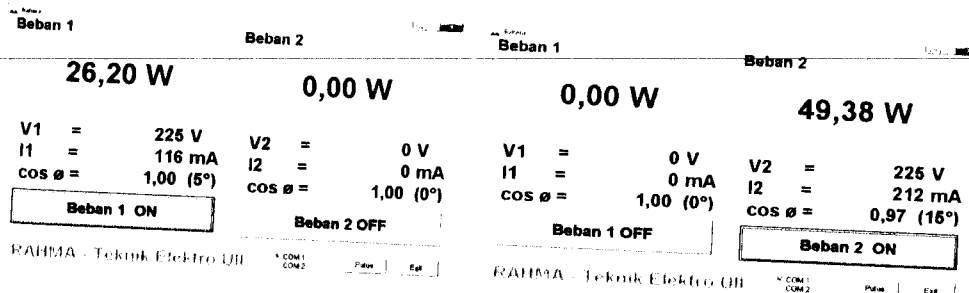
4.1.7. Pengujian kontrol ON/OFF 1 beban

Tabel 4.7 Pengujian Kontrol ON/OFF

Kontrol Beban	Chanel1	Chanel2
ON	Nyala	Nyala
OFF	Mati	Mati



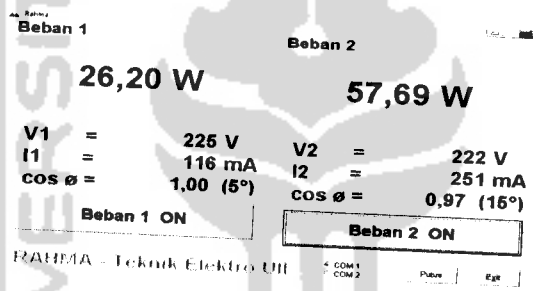
Gambar 4.1 Chanel 1 dan 2 OFF



(a) (b)

Gambar 4.2 (a) Chanel 1 ON dan Chanel 2 OFF (b) Chanel 1 OFF dan Chanel 2 ON

4.1.8. Pengujian Kontrol ON/OFF 2 Beban



Gambar 4.3 Chanel 1 dan 2 ON

4.1.9. Pengujian Beda Fase



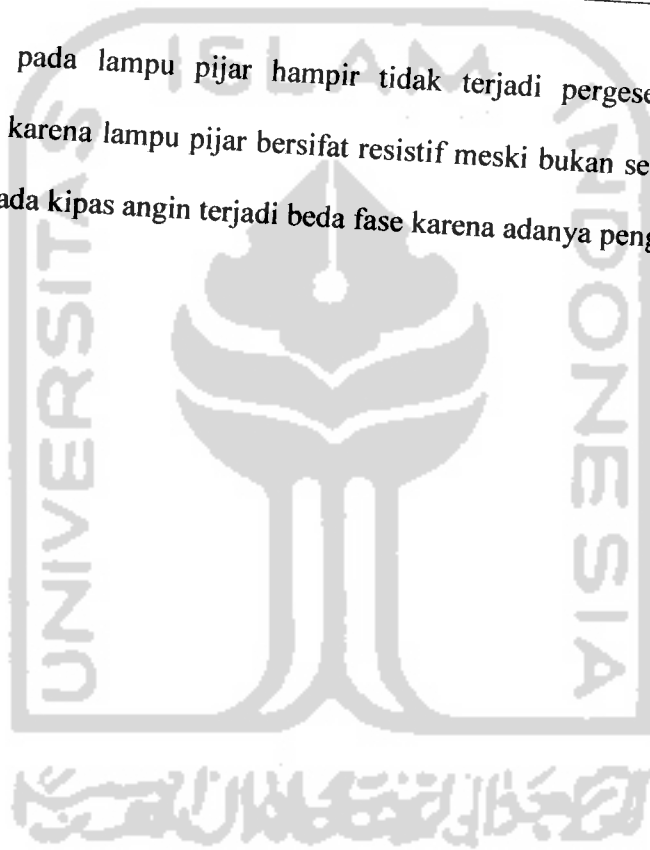
(a) (b)

Gambar 4.5. (a) Beda Fase pada Kipas Angin (b) Beda Fase pada Lampu Pijar

Tabel 4.8 Pengujian Beda Fase

	Cos ϕ	Cos ϕ	ϕ	ϕ
	Nyata	Pengukuran	Nyata	Pengukuran
Lampu Pijar	1	1	0°	0°
Kipas Angin	0,975	0,94	12,8°	19,94°

Pengukuran pada lampu pijar hampir tidak terjadi pergeseran fase dan nilainya dianggap 1, karena lampu pijar bersifat resistif meski bukan sebagai resistif murni. Sedangkan pada kipas angin terjadi beda fase karena adanya pengaruh induktif dari belitan.



BAB V

PENUTUP

Berdasarkan dari proses perancangan, pembuatan, pengamatan dan hasil uji sistem yang dibuat, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran untuk kemajuan, perbaikan dan pengembangan dari aplikasi sistem.

5.1. Kesimpulan

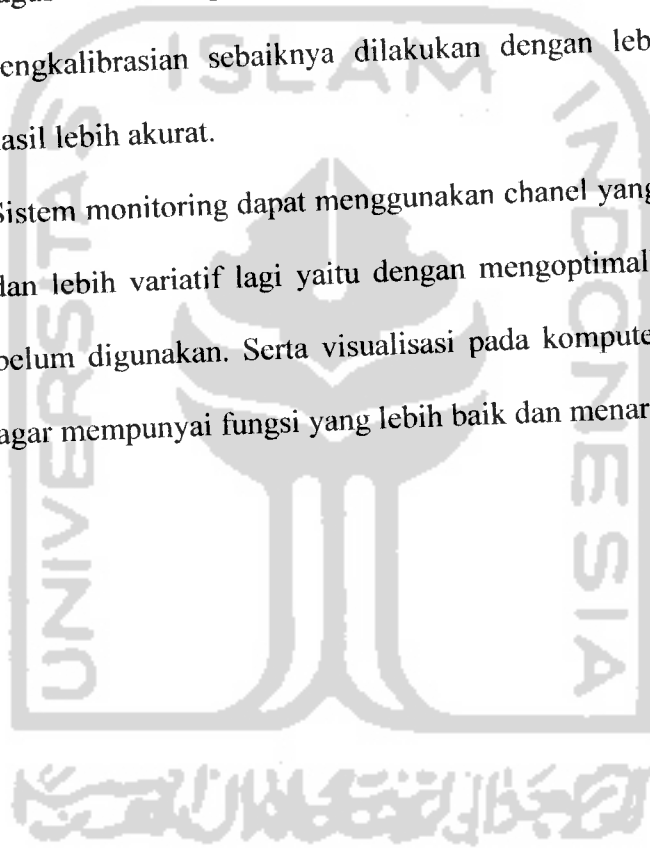
Berdasarkan studi dan Penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Pengukuran power factor ($\cos \theta$) lampu pijar secara manual sebesar 1 (0°), pada kipas angin sebesar 0,975 ($12,8^\circ$). Sedangkan hasil pengukuran dengan alat, pada lampu pijar sebesar 1 (0°), dan kipas angin 0,94 (19°). Error pada pengukuran ini sebesar 3,5%.
2. Pengukuran tegangan rata-rata sebesar 215,5 V, tegangan ini dapat berubah-ubah sesuai dengan jalur instalasi dari PLN yang digunakan. error tegangan yang terbaca sebesar 1,17%.
3. Semakin tinggi arus dan daya yang diukur maka error semakin besar, namun error tidak melebihi 10%
4. Jangkauan pengukuran arus tidak dapat melebihi 300mA
5. Delphi dan mikrokontroller kinerjanya cukup bagus sebagai kontrol ON/OFF dan pengukuran daya.

5.2 Saran

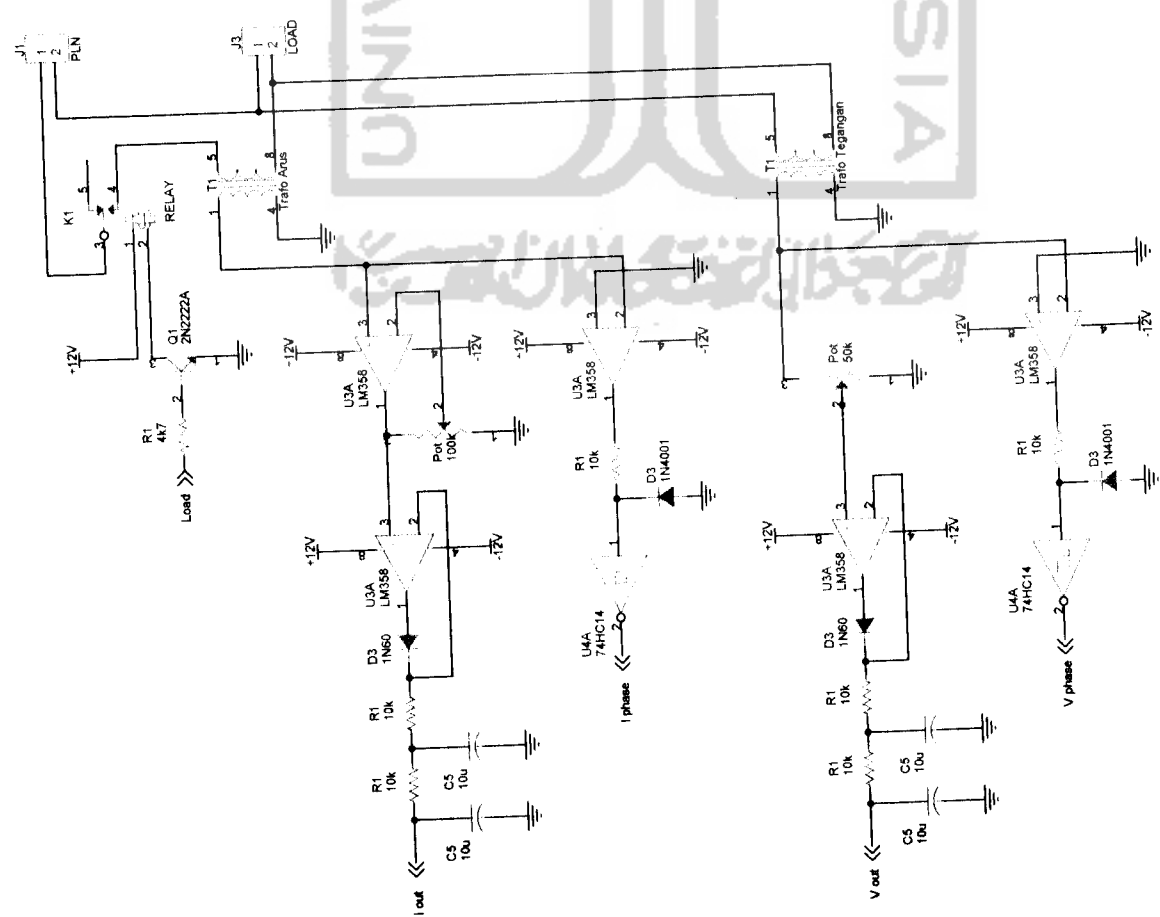
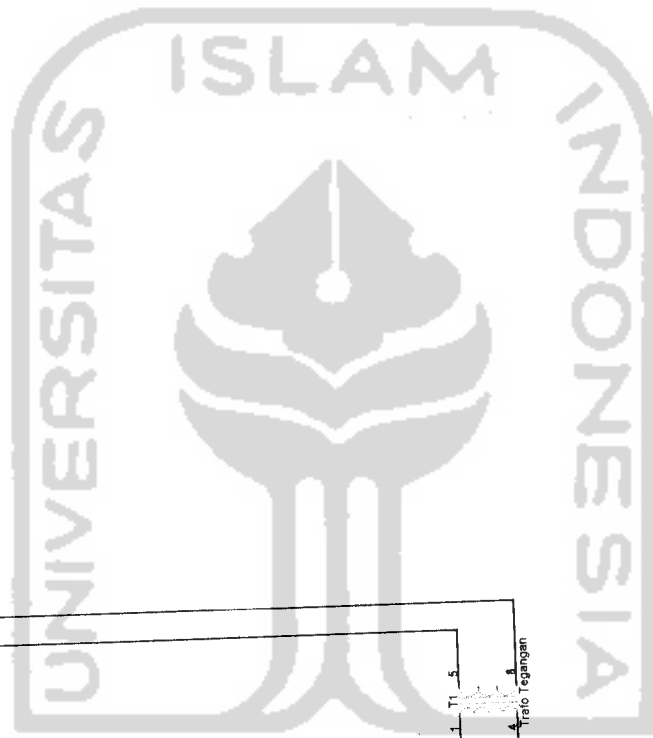
Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya :

1. Dalam merancang hardware, alat ukur, komponen dan perangkat lain yang digunakan harus dipilih yang mempunyai kualitas bagus untuk memperkecil error.
2. Pengkalibrasian sebaiknya dilakukan dengan lebih teliti agar hasil lebih akurat.
3. Sistem monitoring dapat menggunakan chanel yang lebih banyak dan lebih variatif lagi yaitu dengan mengoptimalkan Port yang belum digunakan. Serta visualisasi pada komputer dimodifikasi agar mempunyai fungsi yang lebih baik dan menarik.



DAFTAR PUSTAKA

- Edminister, Josep A (terjemahan), 1984 *Rangkaian Listrik*, Erlangga, Jakarta
- Erwansyah, Dodik, 2005, *Monitoring Kwh secara Digital Berbasis Mikrokontroller AT89C51*, Yogyakarta
- Kadir, Abdul, 2004, *Dasar Pemrograman Delphi 5*, Andi, Yogyakarta
- Linsley, Trevor (terjemahan), 2004, *Instalasi Listrik Dasar*, Erlangga, Jakarta
- Needle, Michael (terjemahan), 1999, *Teknologi Instalasi Listrik*, Erlangga, Jakarta
- Onesimus, Yosua, 2004, *Trik Memecahkan Masalah Dengan Tiga Bahasa Pemrograman C++, Pascal dan Visual Basic*, Gava Media, Yogyakarta
- Ramadhani, 2006, *Penghitung Biaya Pemakaian Listrik dengan (LCD) Mikrokontroller*, Yogyakarta
- Sumisjokartono, 1991, *Elektronika praktis*, Gramedia, Jakarta
- Wardhana, Lingga, 2006, *Belajar Sendiri Mikrokontroller AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, Andi, Yogyakarta
- _____, *Modul Praktikum Dasar Teknik Elektro*, 2002, Yogyakarta



RAHMA	
KENDALI DAN SENSOR ARUS	
Document Number:	
Size	B
Date	
Sheet	2
of	2
Rev.	

```

/*****
Chip type      : ATmega8535L
Clock frequency : 4,000000 MHz
*****/
#include <mega8535.h>
#include <stdio.h>          //Header untuk serial

#define load1  PORTC.0      //Beban1 di PORTC 0
#define load2  PORTC.1      //Beban1 di PORTC 1

#define phaseI2  PINC.4     //Phase I2 di PORTC 4
#define phaseV2  PINC.5     //Phase V2 di PORTC 5
#define phaseI1  PINC.6     //Phase I1 di PORTC 6
#define phaseV1  PINC.7     //Phase V1 di PORTC 7

#define ADC_VREF_TYPE 0x20

unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input|ADC_VREF_TYPE;
    ADCSRA|=0x40;           // Start the AD conversion
    while ((ADCSRA & 0x10)==0); // Wait for the AD conversion to complete
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCH;
}

void main(void)
{
    unsigned char I1,V1,I2,V2,d_phase1,d_phase2;

    PORTC=0x00;
    DDRC=0x03;

    // Clock value Timer/Counter 2: 15,625 kHz
    ASSR=0x00;
    TCCR2=0x06;
    TCNT2=0x00;
    OCR2=0x00;

    // USART Baud rate: 19200
    UCSRA=0x00;
    UCSRB=0x98;
    UCSRC=0x86;
    UBRRH=0x00;
    UBRRL=0x0C;

    // ADC initialization
    ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
    ADCSRA=0x85;
    SFIOR&=0xEF;

    while (1)
    {
        if(UCSRA.7==1) //Jika terima data dari komputer
        {
            UCSRA.7=0; //Nol kan flag
            if(UDR=='1')load1=1; //jika data = '1' beban 1 hidup
            else if(UDR=='2')load1=0; //jika data = '2' beban 1 mati
            else if(UDR=='3')load2=1; //jika data = '3' beban 2 hidup
            else if(UDR=='4')load2=0; //jika data = '4' beban 2 mati
            else if(UDR=='0'){load1=0;load2=0;} //jika data = '0' semua beban mati
        }

        I1=read_adc(7); //baca adc I1
        V1=read_adc(6); //baca adc V1
        I2=read_adc(5); //baca adc I2
        V2=read_adc(4); //baca adc V2
    }
}

```

```

I1=I1*1.3298-1.6848; //Kalibrasi
I2=I2*1.3298-1.6848; //Kalibrasi

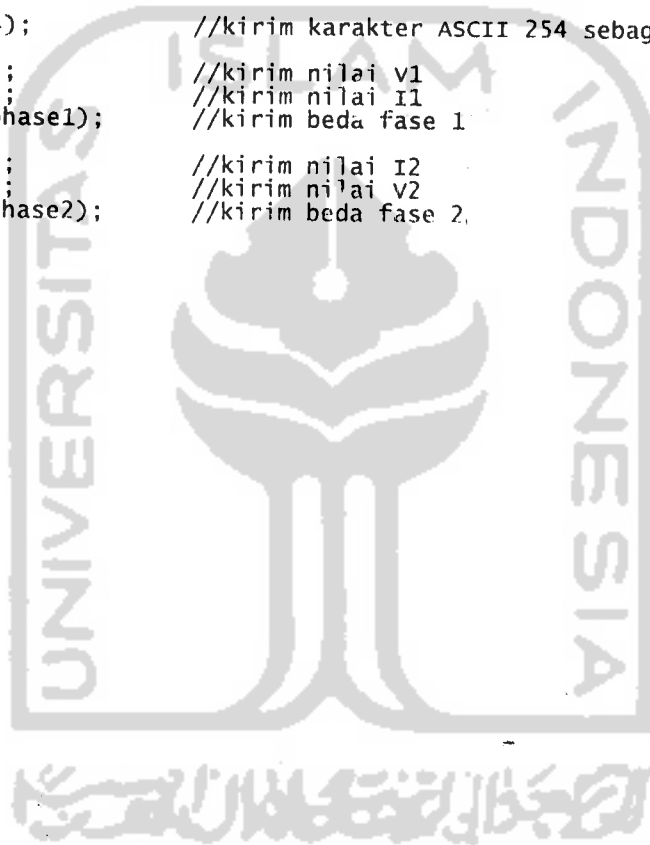
if(load1==1) //Jika beban 1 hidup
{
    while(phaseI1==0); //Hitung beda fase antara I1 dan V1
    TCNT2=0;delay_us(50); //nilai disimpan di timer 2
    while(phaseV1==0);
    d_phase1=TCNT2*180/157; //rubah ke nilai sudut (180 der = 157 nilai
timer)
}

if(load2==1)
{
    while(phaseI2==0);
    TCNT2=0;delay_us(50);
    while(phaseV2==0);
    d_phase2=TCNT2*180/157;
}

putchar(254); //kirim karakter ASCII 254 sebagai awalan
putchar(V1); //kirim nilai V1
putchar(I1); //kirim nilai I1
putchar(d_phase1); //kirim beda fase 1

putchar(V2); //kirim nilai I2
putchar(I2); //kirim nilai V2
putchar(d_phase2); //kirim beda fase 2.
}
}

```



```

unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  TeEngine, Series, ExtCtrls, TeeProcs, Chart, StdCtrls, CPortCtl, CPort,
  StdActns, ComCtrls, Menus, ActnList;

type
  TForm1 = class(TForm)
    ComPort: TComPort;
    ActionList1: TActionList;
    FileSaveAs1: TFileSaveAs;
    StatusBar1: TStatusBar;
    Panel1: TPanel;
    Timer1: TTimer;
    btHubung: TButton;
    btExit: TButton;
    rbCom1: TRadioButton;
    rbCom2: TRadioButton;
    pnBeban1: TGroupBox;
    lbv1: TLabel;
    lbI1: TLabel;
    pnBeban2: TGroupBox;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    btBeban1On: TButton;
    lbv2: TLabel;
    lbI2: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    btBeban2On: TButton;
    lbPwr: TLabel;
    Label1: TLabel;
    lbCos: TLabel;
    lbCos1: TLabel;
    lbCos2: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Label17: TLabel;
    Label18: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Label15: TLabel;
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure ComPortRxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure btHubungClick(Sender: TObject);
    procedure btExitClick(Sender: TObject);
    procedure Close1Click(Sender: TObject);
    procedure rbCom1Click(Sender: TObject);
    procedure rbCom2Click(Sender: TObject);
    procedure btBeban1OnClick(Sender: TObject);
    procedure btBeban2OnClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form1: TForm1;
  i, ii: single;
  v1, I1, sudut1, v2, I2, sudut2, w1, w2: single;
  j: extended;
  data_serial: byte;
  P1, setpoint, present_value, left_max: single;
  str, str1, str2, str3, str4: string;
  beban1, beban2: integer;

```

implementation

```

{$R *.DFM}

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  i:=0;
  left_max:=0;
end;

procedure TForm1.ComPortRxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
begin
  ComPort.Read(data_serial,1);
  if data_serial=254 then
  begin
    ComPort.Read(data_serial,1); V1:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); I1:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); sudut1:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); V2:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); I2:=data_serial;
    ComPort.Read(data_serial,1); sudut2:=data_serial;

    lbV1.Caption:=FloatToStrF(V1, fffixed, 5, 0);
    lbI1.Caption:=FloatToStrF(I1, fffixed, 5, 0);
    lbCos1.Caption:=FloatToStrF(cos(sudut1*pi/180), fffixed, 5, 2)+'
(' +FloatToStrF(sudut1, fffixed, 5, 0)+'°)';
    lbPwr.Caption:=FloatToStrF(V1*I1/1000/cos(sudut1*pi/180), fffixed, 5, 2)+' w'

    lbV2.Caption:=FloatToStrF(V2, fffixed, 5, 0);
    lbI2.Caption:=FloatToStrF(I2, fffixed, 5, 0);
    lbCos2.Caption:=FloatToStrF(cos(sudut2*pi/180), fffixed, 5, 2)+'
(' +FloatToStrF(sudut2, fffixed, 5, 0)+'°)';
    lbell.Caption:=FloatToStrF(V2*I2/1000/cos(sudut2*pi/180), fffixed, 5, 2)+' w';
  end;
end;

procedure TForm1.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
  ComPort.Close;
end;

procedure TForm1.btHubungClick(Sender: TObject);
begin
  if btHubung.Caption='Hubung' then
  begin
    btHubung.Caption:='Putus';
    comport.Open;
    comport.WriteString('0');
  end
  else
  begin
    btHubung.Caption:='Hubung';
    comport.Close;
  end;
end;

procedure TForm1.btExitClick(Sender: TObject);
begin
  form1.Close;
end;

procedure TForm1.close1Click(Sender: TObject);
begin
  btExit.Click;
end;

procedure TForm1.rbCom1Click(Sender: TObject);
begin
  rbcom2.Checked:=false;
  comport.Port:='COM1';
end;

procedure TForm1.rbCom2Click(Sender: TObject);
begin

```

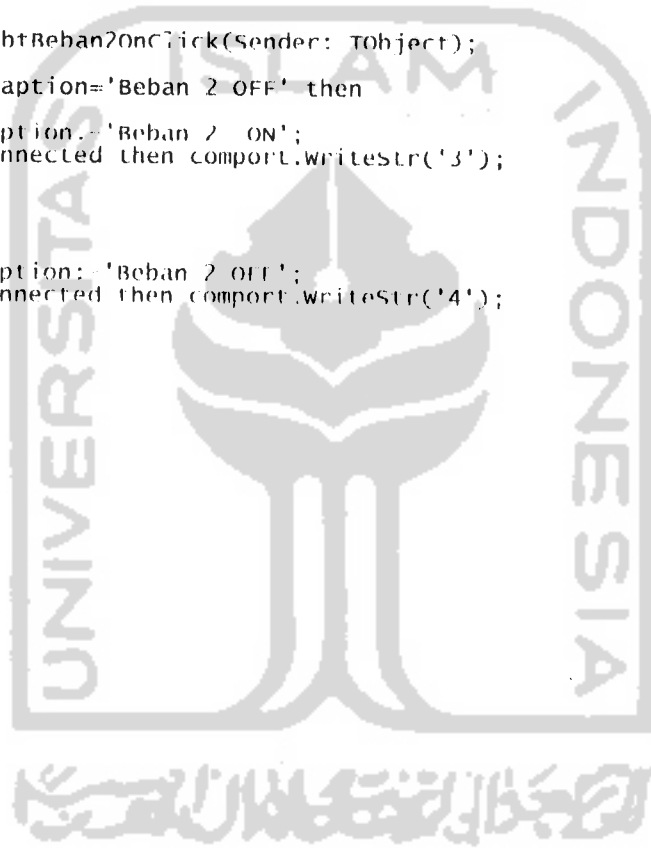
```

    rbcom1.Checked:=false;
    comport.Port:='COM2';
end;

procedure TForm1.btBeban1onClick(Sender: TObject);
begin
    if btBeban1On.Caption='Beban 1 OFF' then
        begin
            btBeban1On.Caption:='Beban 1 ON';
            if comport.Connected then comport.writeStr('1');
            beban1:=1;
        end
    else
        begin
            btBeban1On.Caption:='Beban 1 OFF';
            if comport.Connected then comport.writeStr('2');
            beban1:=0;
        end;
end;

procedure TForm1.btBeban2onClick(Sender: TObject);
begin
    if btBeban2On.Caption='Beban 2 OFF' then
        begin
            btBeban2On.Caption:='Beban 2 ON';
            if comport.Connected then comport.writeStr('3');
            beban2:=1;
        end
    else
        begin
            btBeban2On.Caption:='Beban 2 OFF';
            if comport.Connected then comport.writeStr('4');
            beban2:=0;
        end;
end;
end.

```





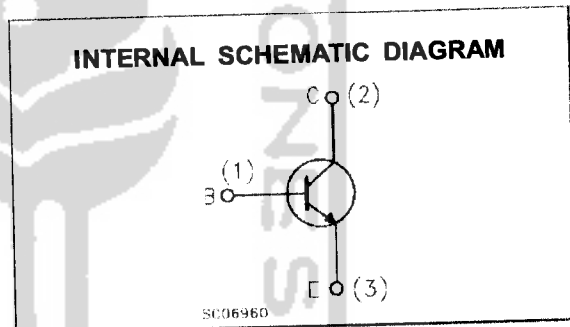
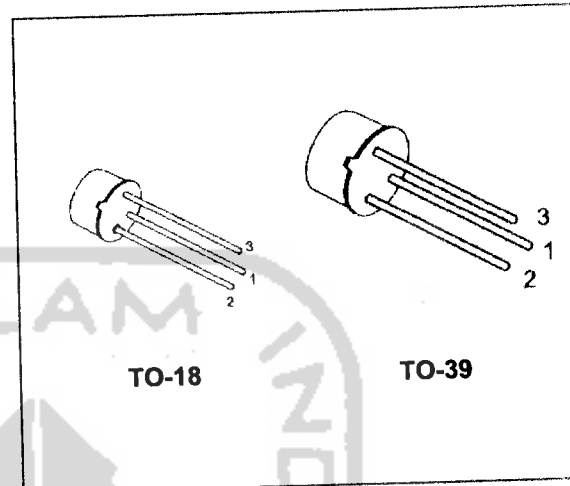
2N2219A
2N2222A

HIGH SPEED SWITCHES

DESCRIPTION

The 2N2219A and 2N2222A are silicon planar epitaxial NPN transistors in Jedec TO-39 (for 2N2219A) and in Jedec TO-18 (for 2N2222A) metal case. They are designed for high speed switching application at collector current up to 500mA, and feature useful current gain over a wide range of collector current, low leakage currents and low saturation voltage.

- ☰ 2N2219A approved to CECC 50002-100,
- 2N2222A approved to CECC 50002-101 available on request.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{CB0}	Collector-Base Voltage (I _E = 0)	75	V
V _{CE0}	Collector-Emitter Voltage (I _B = 0)	40	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage (I _C = 0)	6	V
I _C	Collector Current	0.8	A
P _{tot}	Total Dissipation at T _{amb} ≤ 25 °C for 2N2219A for 2N2222A at T _{case} ≤ 25 °C for 2N2219A for 2N2222A	0.8	W
		0.5	W
		3	W
		1.8	W
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to 200	°C
T _J	Max. Operating Junction Temperature	175	°C

THERMAL DATA

		TO-39	TO-18	
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-Case	Max	50	$^{\circ}C/W$
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-Ambient	Max	187.5	$^{\circ}C/W$
			83.3	
			300	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CBO}	Collector Cut-off Current ($I_E = 0$)	$V_{CB} = 60 V$ $V_{CB} = 60 V$ $T_{case} = 150^{\circ}C$			10 10	nA μA
I_{CEX}	Collector Cut-off Current ($V_{BE} = -3V$)	$V_{CE} = 60 V$			10	nA
I_{BEX}	Base Cut-off Current ($V_{BE} = -3V$)	$V_{CE} = 60 V$			20	nA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 3 V$			10	nA
$V_{(BR)CBO}^*$	Collector-Base Breakdown Voltage ($I_E = 0$)	$I_C = 10 \mu A$	75			V
$V_{(BR)CEO}^*$	Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 10 mA$	40			V
$V_{(BR)EBO}^*$	Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_C = 0$)	$I_E = 10 \mu A$	6			V
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 150 mA$ $I_B = 15 mA$ $I_C = 500 mA$ $I_B = 50 mA$			0.3 1	V V
$V_{BE(sat)}^*$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 150 mA$ $I_B = 15 mA$ $I_C = 500 mA$ $I_B = 50 mA$	0.6		1.2 2	V V
h_{FE}^*	DC Current Gain	$I_C = 0.1 mA$ $V_{CE} = 10 V$ $I_C = 1 mA$ $V_{CE} = 10 V$ $I_C = 10 mA$ $V_{CE} = 10 V$ $I_C = 150 mA$ $V_{CE} = 10 V$ $I_C = 500 mA$ $V_{CE} = 10 V$ $I_C = 150 mA$ $V_{CE} = 1 V$ $I_C = 10 mA$ $V_{CE} = 10 V$ $T_{amb} = -55^{\circ}C$	35 50 75 100 40 50 35		300	
h_{fe}^*	Small Signal Current Gain	$I_C = 1 mA$ $V_{CE} = 10 V$ $f = 1KHz$ $I_C = 10 mA$ $V_{CE} = 10 V$ $f = 1KHz$	50 75		300 375	
f_T	Transition Frequency	$I_C = 20 mA$ $V_{CE} = 20 V$ $f = 100 MHz$	300			MHz
C_{EBO}	Emitter Base Capacitance	$I_C = 0$ $V_{EB} = 0.5 V$ $f = 100KHz$			25	pF
C_{CBO}	Collector Base Capacitance	$I_E = 0$ $V_{CB} = 10 V$ $f = 100 KHz$			8	pF
$R_{e(hie)}$	Real Part of Input Impedance	$I_C = 20 mA$ $V_{CE} = 20 V$ $f = 300MHz$			60	Ω

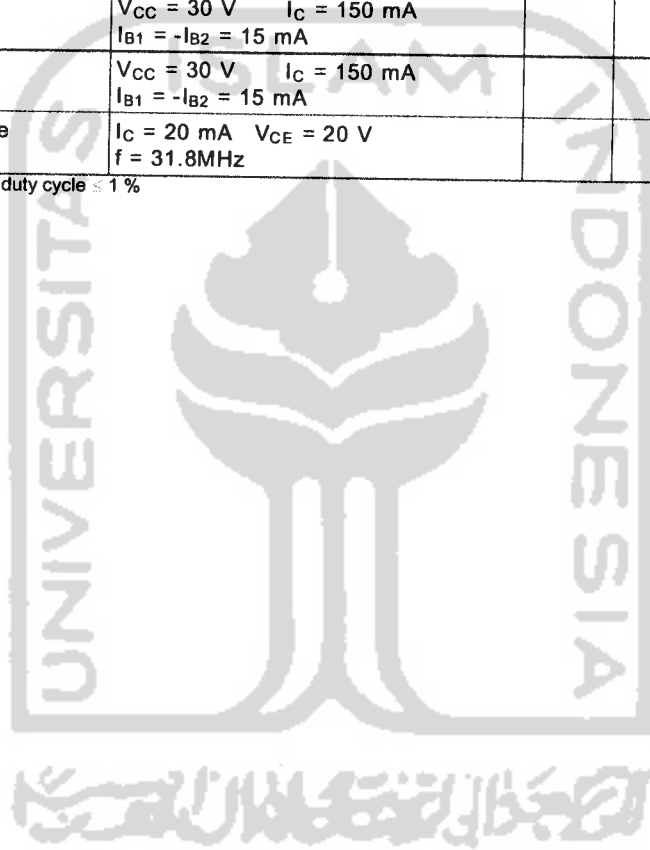
* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle $\leq 1\%$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
NF	Noise Figure	$I_C = 0.1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$ $f = 1 \text{ KHz}$ $R_g = 1 \text{ K}\Omega$		4		dB
h_{ie}	Input Impedance	$I_C = 1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$	2 0.25		8 1.25	$\text{k}\Omega$ $\text{k}\Omega$
h_{re}	Reverse Voltage Ratio	$I_C = 1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$			8 4	10^{-4} 10^{-4}
h_{oe}	Output Admittance	$I_C = 1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$	5 25		35 200	μS μS
t_d^{**}	Delay Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}$ $I_C = 150 \text{ mA}$ $I_{B1} = 15 \text{ mA}$ $V_{BB} = -0.5 \text{ V}$			10	ns
t_r^{**}	Rise Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}$ $I_C = 150 \text{ mA}$ $I_{B1} = 15 \text{ mA}$ $V_{BB} = -0.5 \text{ V}$			25	ns
t_s^{**}	Storage Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}$ $I_C = 150 \text{ mA}$ $I_{B1} = -I_{B2} = 15 \text{ mA}$			225	ns
t_f^{**}	Fall Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}$ $I_C = 150 \text{ mA}$ $I_{B1} = -I_{B2} = 15 \text{ mA}$			60	ns
r_{bb} , $C_{b'c}$	Feedback Time Constant	$I_C = 20 \text{ mA}$ $V_{CE} = 20 \text{ V}$ $f = 31.8 \text{ MHz}$			150	ps

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle $\leq 1\%$

** See test circuit





+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Features

General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is designed for all EIA/TIA-232F and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where a 12V is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

- Portable Computers
- Low-Power Modems
- Interface Translation
- Battery-Powered RS-232 Systems
- Multidrop RS-232 Networks

Superior to Bipolar

- ◆ Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)
- ◆ Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- ◆ Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- ◆ Multiple Drivers and Receivers
- ◆ 3-State Driver and Receiver Outputs
- ◆ Open-Line Detection (MAX243)

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CFE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220CD	0°C to +70°C	Die
MAX220CFE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EVE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJF	-40°C to +85°C	16 CDIP
MAX220MLE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering information continued at end of data sheet.
Contact factory for other specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Operate from single +5V power supply
MAX221	+5	1	1	0.1	Yes	-	1.5	Low-power shutdown
MAX222	+5	1	1	0.1	Yes	✓	1.5	MAX231 and receiver active in shutdown
MAX223	+5	1	1	0.1	Yes	✓	1.5	Available in SO
MAX224	+5	1	1	0.1	Yes	✓	1.5	3 drivers with shutdown
MAX225	+5	1	1	0.1	Yes	✓	1.5	Available in +5/+12V for battery supplies
MAX226	+5 and +12	1	1	0.1	No	-	1.5	Supports MAX239
MAX227	+5 and +12	1	1	0.1	No	-	1.5	3-state, hand-off
MAX228	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Low-power shutdown
MAX229	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX230	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX231	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX232	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX233	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX234	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX235	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX236	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX237	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX238	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX239	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX240	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX241	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX242	+5	1	1	0.1	No	-	1.5	Available in SO
MAX243	+5	1	1	0.1	No	✓	1.5	Open-line detection, simple 4-wire
MAX244	+5	1	1	0.1	No	✓	1.5	High-speed
MAX245	+5	1	1	0.1	No	✓	1.5	High-speed, 110µs, two-channel driver
MAX246	+5	1	1	0.1	No	✓	1.5	High-speed, 110µs, three-state driver
MAX247	+5	1	1	0.1	No	✓	1.5	High-speed, 110µs, three-state driver
MAX248	+5	1	1	0.1	No	✓	1.5	High-speed, 110µs, three-state driver
MAX249	+5	1	1	0.1	No	✓	1.5	High-speed, 110µs, three-state driver

Maxim Integrated Products 1



For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

MAX220-MAX249

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

TOP VIEW

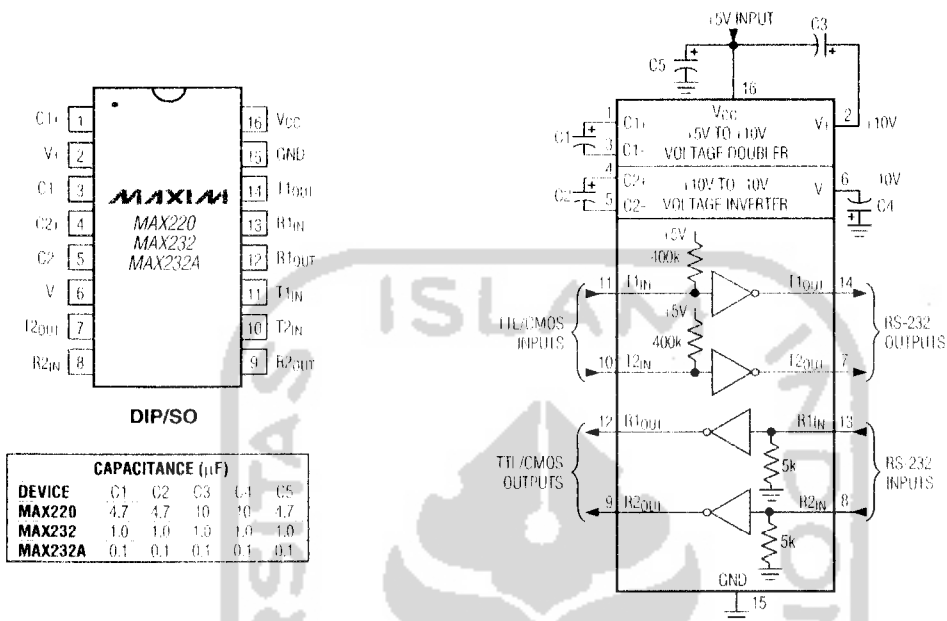
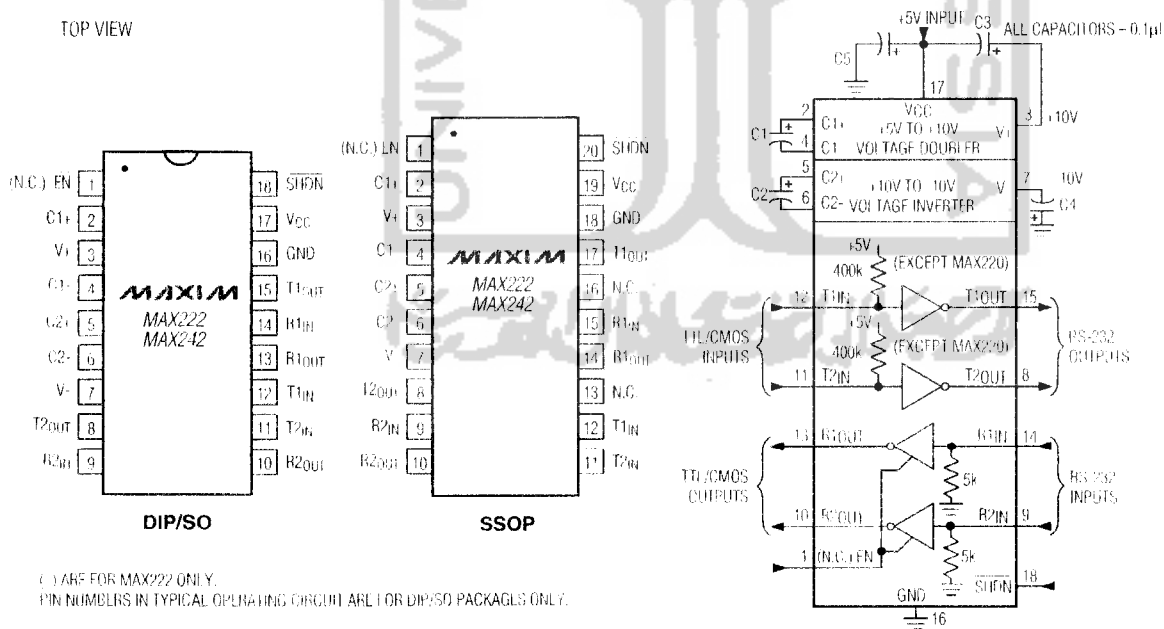


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

TOP VIEW



() ARE FOR MAX222 ONLY.
PIN NUMBERS IN TYPICAL OPERATING CIRCUIT ARE FOR DIP/SO PACKAGES ONLY.

Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V _{CC})	-0.3V to +6V	20-Pin Plastic DIP (derate 8.90mW/°C above +70°C)	440mW
Input Voltage		16-Pin Narrow SO (derate 6.70mW/°C above +70°C)	696mW
V _{IN}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	14-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
R _{IN} (Except MAX220)	≤30V	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
R _{IN} (MAX220)	≤25V	20-Pin Wide SO (derate 13.00mW/°C above +70°C)	800mW
T _{OUT} (Except MAX220) (Note 1)	≤15V	20-Pin SSOP (derate 9.90mW/°C above +70°C)	630mW
T _{OUT} (MAX220)	≤13.2V	16-Pin CE1DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	640mW
Output Voltages		18-Pin CE1DIP (derate 10.50mW/°C above +70°C)	842mW
V _{OUT}	≤15V	Operating Temperature Ranges	
R _{OUT}	0.5V to (V _{CC} + 0.3V)	MAX2 AC, MAX2 C	0°C to +70°C
Driver/Receiver Output Short-Circuited to GND	Continuous	MAX2 AE, MAX2 E	-40°C to +85°C
Continuous Power Dissipation (P _D) (+70°C)		MAX2 AM, MAX2 M	55°C to +125°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.50mW/°C above +70°C)	842mW	Storage Temperature Range	
18-Pin Plastic DIP (derate 11.10mW/°C above +70°C)	870mW	-65°C to +160°C	
		Lead Temperature (soldered, 10sec)	
		300°C	

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, with V_{CC} = 5V.

Maxim Integrated Corporation, 1201 California Street, San Jose, CA 95128, USA
 Tel: 415/767-1000, Fax: 415/767-1001, E-mail: info@maxim-ic.com, <http://www.maxim-ic.com>



Features

High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller

Advanced RISC Architecture

- 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
- 32 x 8 General Purpose Working Registers
- Fully Static Operation
- Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
- On-chip 2-cycle Multiplier

Nonvolatile Program and Data Memories

- 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
- Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
In-System Programming by On-chip Boot Program
True Read-While-Write Operation
- 512 Bytes EEPROM
Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 512 Bytes Internal SRAM
- Programming Lock for Software Security

Peripheral Features

- Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
- One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
- Real Time Counter with Separate Oscillator
- Four PWM Channels
- 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
- Byte-oriented Two-wire Serial Interface
- Programmable Serial USART
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator

Special Microcontroller Features

- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
- Internal Calibrated RC Oscillator
- External and Internal Interrupt Sources
- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby

I/O and Packages

- 32 Programmable I/O Lines
- 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF

Operating Voltages

- 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
- 4.5 - 5.5V for ATmega8535

Speed Grades

- 0 - 8 MHz for ATmega8535L
- 0 - 16 MHz for ATmega8535



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega8535
ATmega8535L

Summary

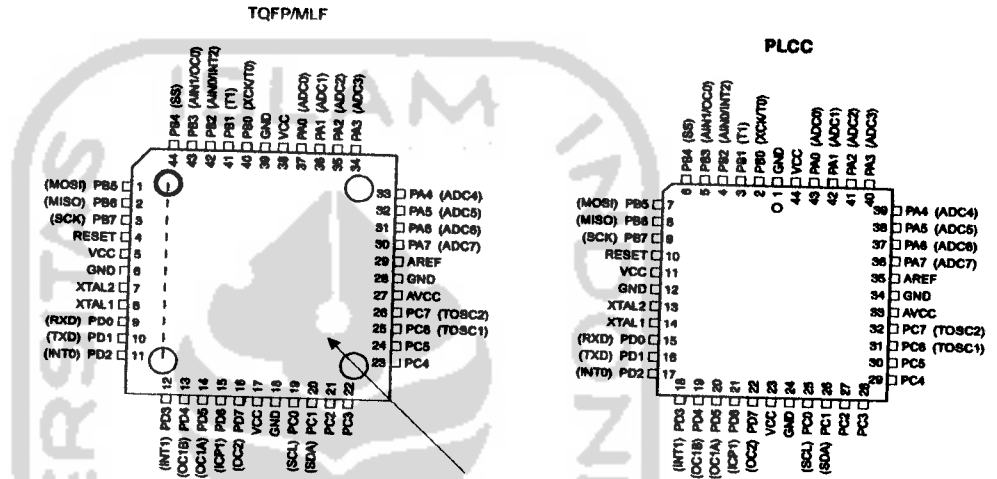
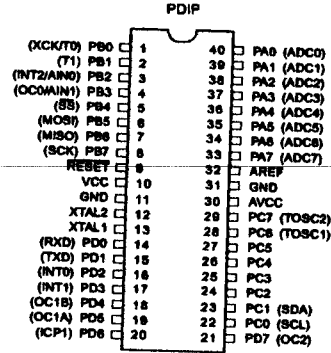
Rev. 2502GS-AVR-04/05



Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.

Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



NOTE: MLF Bottom pad should be soldered to ground.

Disclaimer

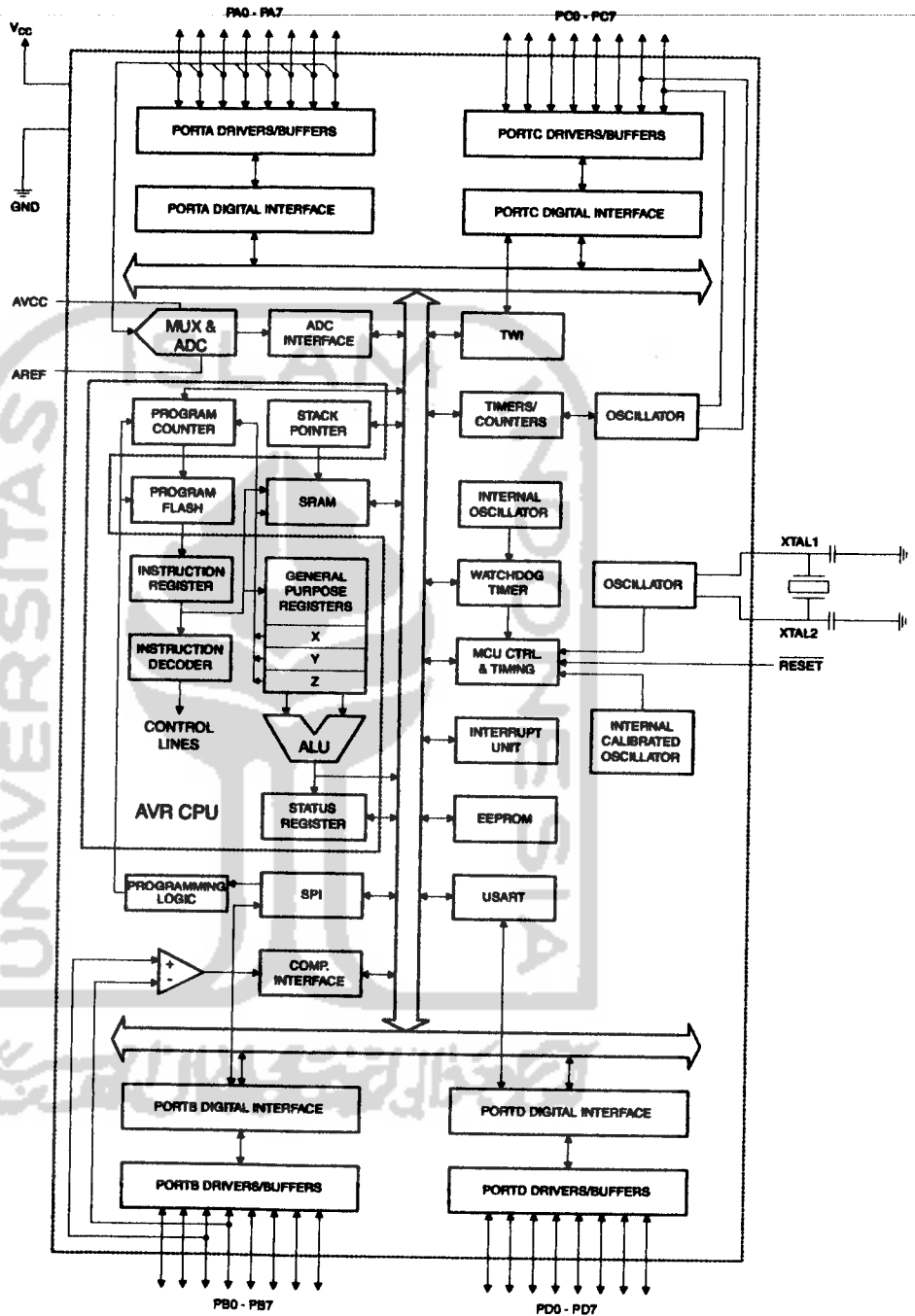
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

AT90S8535 Compatibility

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the S8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

AT90S8535 Compatibility Mode

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 44 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 144 for details.

Pin Descriptions

V_{CC}	Digital supply voltage.
ND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 59.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 63.</p>
$\overline{\text{RESET}}$	<p>Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 36. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
TAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
TAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
V_{CC}	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V _{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V _{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	9
0x3E (0x5E)	SPH							SP9	SP8	11
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	11
0x3C (0x5C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								84
0x3B (0x5B)	GICR	INT1	INT0	INT2				IVSEL	IVCE	48, 68
0x3A (0x5A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2						69
0x39 (0x59)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	84, 114, 132
0x38 (0x58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	85, 115, 133
0x37 (0x57)	SPMCR	SPMIE	RWWSB		RWWSRE	BLBSET	PQWRT	PGERS	SPMEN	226
0x36 (0x56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN		TWIE	179
0x35 (0x55)	MCUCR	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	31, 67
0x34 (0x54)	MCUCSR		ISC2			WDRF	BORF	EXTRF	PORF	39, 68
0x33 (0x53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	82
0x32 (0x52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								84
0x31 (0x51)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								29
0x30 (0x50)	SFIOR	ADTS2	ADTS1	ADTS0		ACME	PUD	P8R2	P8R10	58, 87, 134, 201, 221
0x2F (0x4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	108
0x2E (0x4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1		WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	112
0x2D (0x4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte								113
0x2C (0x4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte								113
0x2B (0x4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte								113
0x2A (0x4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte								113
0x29 (0x49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte								113
0x28 (0x48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte								113
0x27 (0x47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte								113
0x26 (0x46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte								113
0x25 (0x45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	127
0x24 (0x44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								129
0x23 (0x43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								130
0x22 (0x42)	ASSR					AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	130
0x21 (0x41)	WDTCR				WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	41
0x20 ⁽¹⁾ (0x40 ⁽¹⁾)	UBRRH	URSEL					UBRR[11:9]			167
	UCSRC	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	165
0x1F (0x3F)	EEARH								EEAR8	18
0x1E (0x3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								18
0x1D (0x3D)	EEDR	EEPROM Data Register								18
0x1C (0x3C)	EEDR					EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	18
0x1B (0x3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	65
0x1A (0x3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	65
0x19 (0x39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	65
0x18 (0x38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	65
0x17 (0x37)	DDRB	ddb7	ddb6	ddb5	ddb4	ddb3	ddb2	ddb1	ddb0	65
0x16 (0x36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	66
0x15 (0x35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	66
0x14 (0x34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	66
0x13 (0x33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	66
0x12 (0x32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	66
0x11 (0x31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	66
0x10 (0x30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	66
0x0F (0x2F)	SPDR	SPI Data Register								141
0x0E (0x2E)	SPSR	SPIF	WCOL						SPI2X	141
0x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	139
0x0C (0x2C)	UDR	USART I/O Data Register								162
0x0B (0x2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	163
0x0A (0x2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	164
0x09 (0x29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								167
0x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	201
0x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	217
0x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	219
0x05 (0x25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								220
0x04 (0x24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								220
0x03 (0x23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								181
0x02 (0x22)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	181
0x01 (0x21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3		TWSP1	TWSP0	181

Register Summary (Continued)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x00 (0x20)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								179

- Notes:
1. Refer to the USART description for details on how to access UBRRH and UCSRC.
 2. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
 3. Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.



Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rd, K	Add Immediate to Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBIW	Rd, K	Subtract Immediate from Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \wedge Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \wedge K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd, K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd, K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \wedge (0xFF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd, Rr	Compare, Skip if Equal	$\text{if } (Rd = Rr) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
CP	Rd, Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
CPC	Rd, Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
CPI	Rd, K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	$\text{if } (Rr(b)=0) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	$\text{if } (Rr(b)=1) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	$\text{if } (P(b)=0) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	$\text{if } (P(b)=1) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	$\text{if } (SREG(s) = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	$\text{if } (SREG(s) = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR EQ	k	Branch if Equal	$\text{if } (Z = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR NE	k	Branch if Not Equal	$\text{if } (Z = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR CS	k	Branch if Carry Set	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR CC	k	Branch if Carry Cleared	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR SH	k	Branch if Same or Higher	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR LO	k	Branch if Lower	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR MI	k	Branch if Minus	$\text{if } (N = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR PL	k	Branch if Plus	$\text{if } (N = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR GE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	$\text{if } (N \oplus V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR LT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	$\text{if } (N \oplus V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR HS	k	Branch if Half Carry Flag Set	$\text{if } (H = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR HC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	$\text{if } (H = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR TS	k	Branch if T Flag Set	$\text{if } (T = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR TC	k	Branch if T Flag Cleared	$\text{if } (T = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR VS	k	Branch if Overflow Flag is Set	$\text{if } (V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR VC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	$\text{if } (V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR IE	k	Branch if Interrupt Enabled	$\text{if } (I = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BR ID	k	Branch if Interrupt Disabled	$\text{if } (I = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	$Rd \leftarrow Rr$	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	$Rd+1:Rd \leftarrow Rr+1:Rr$	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	$Rd \leftarrow K$	None	2
LD	Rd, X	Load Indirect	$Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (X), X \leftarrow X+1$	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X-1, Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Y), Y \leftarrow Y+1$	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y-1, Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Y+q)$	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z+1$	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z-1, Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Z+q)$	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	$Rd \leftarrow (k)$	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	$(X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(X) \leftarrow Rr, X \leftarrow X+1$	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X-1, (X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	$(Y) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Y) \leftarrow Rr, Y \leftarrow Y+1$	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y-1, (Y) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Y+q) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	$(Z) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Z) \leftarrow Rr, Z \leftarrow Z+1$	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z-1, (Z) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Z+q) \leftarrow Rr$	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	$(k) \leftarrow Rr$	None	3
LPM		Load Program Memory	$R0 \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	$Rd \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z+1$	None	3
SPM		Store Program Memory	$(Z) \leftarrow R0:R0$	None	-
IN	Rd, P	In Port	$Rd \leftarrow P$	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	$P \leftarrow Rr$	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	$STACK \leftarrow Rr$	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	$Rd \leftarrow STACK$	None	2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P, b	Set Bit in I/O Register	$I/O(P,b) \leftarrow 1$	None	2
CBI	P, b	Clear Bit in I/O Register	$I/O(P,b) \leftarrow 0$	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	$Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), Rd(0) \leftarrow 0$	Z, C, N, V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), Rd(7) \leftarrow 0$	Z, C, N, V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	$Rd(0) \leftarrow C, Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), C \leftarrow Rd(7)$	Z, C, N, V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	$Rd(7) \leftarrow C, Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), C \leftarrow Rd(0)$	Z, C, N, V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), n=0..8$	Z, C, N, V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	$Rd(3..0) \leftarrow Rd(7..4), Rd(7..4) \leftarrow Rd(3..0)$	None	1
BSET	s	Flag Set	$SREG(s) \leftarrow 1$	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	$SREG(s) \leftarrow 0$	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	$T \leftarrow Rr(b)$	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	$Rd(b) \leftarrow T$	None	1
SEC		Set Carry	$C \leftarrow 1$	C	1
CLC		Clear Carry	$C \leftarrow 0$	C	1
SEN		Set Negative Flag	$N \leftarrow 1$	N	1
CLN		Clear Negative Flag	$N \leftarrow 0$	N	1
SEZ		Set Zero Flag	$Z \leftarrow 1$	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	$Z \leftarrow 0$	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	$I \leftarrow 1$	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	$I \leftarrow 0$	I	1
SES		Set Signed Test Flag	$S \leftarrow 1$	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	$S \leftarrow 0$	S	1
SEV		Set Two Complement Overflow	$V \leftarrow 1$	V	1
CLV		Clear Two Complement Overflow	$V \leftarrow 0$	V	1
SET		Set T in SREG	$T \leftarrow 1$	T	1
CLT		Clear T in SREG	$T \leftarrow 0$	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 1$	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 0$	H	1
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1



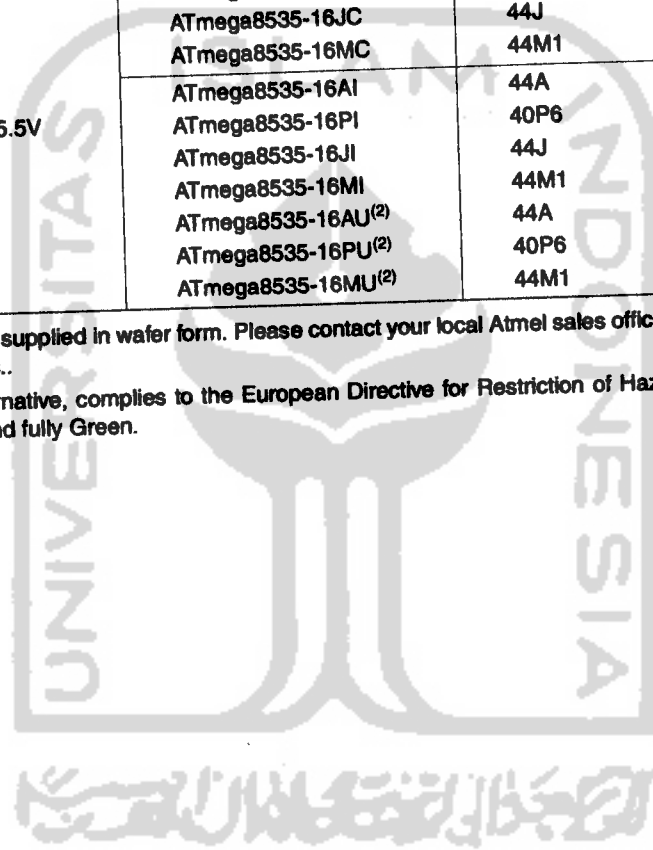
Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/Timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A



Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package ⁽¹⁾	Operation Range	
8	2.7 - 5.5V	ATmega8535L-8AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)	
		ATmega8535L-8PC	40P6		
		ATmega8535L-8JC	44J		
		ATmega8535L-8MC	44M1		
		ATmega8535L-8AI	44A		
		ATmega8535L-8PI	40P6		
		ATmega8535L-8JI	44J		
	4.5 - 5.5V	ATmega8535L-8MI	44M1	Industrial (-40°C to 85°C)	
		ATmega8535L-8AU ⁽²⁾	44A		
		ATmega8535L-8PU ⁽²⁾	40P6		
		ATmega8535L-8MU ⁽²⁾	44M1		
		ATmega8535-16AC	44A		Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega8535-16PC	40P6		
		ATmega8535-16JC	44J		
ATmega8535-16MC	44M1				
ATmega8535-16AI	44A				
ATmega8535-16PI	40P6				
ATmega8535-16JI	44J				
16	4.5 - 5.5V	ATmega8535-16MI	44M1	Industrial (-40°C to 85°C)	
		ATmega8535-16AU ⁽²⁾	44A		
		ATmega8535-16PU ⁽²⁾	40P6		
		ATmega8535-16MU ⁽²⁾	44M1		

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging alternative, complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.



Package Type	
44A	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
44M1	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)

Packaging Information

44A

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

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

Notes:

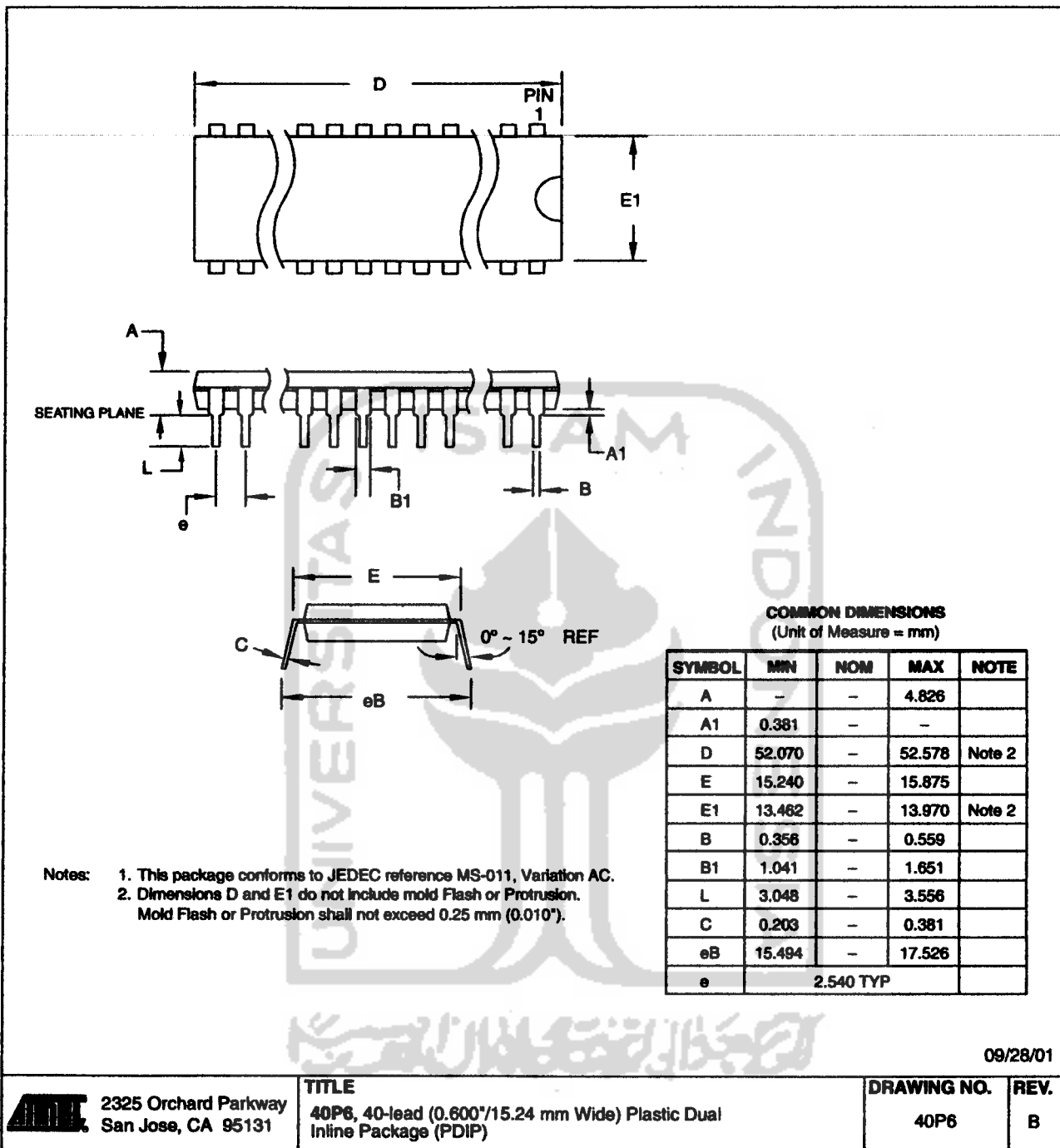
1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ACB.
2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

10/5/2001

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



40P6



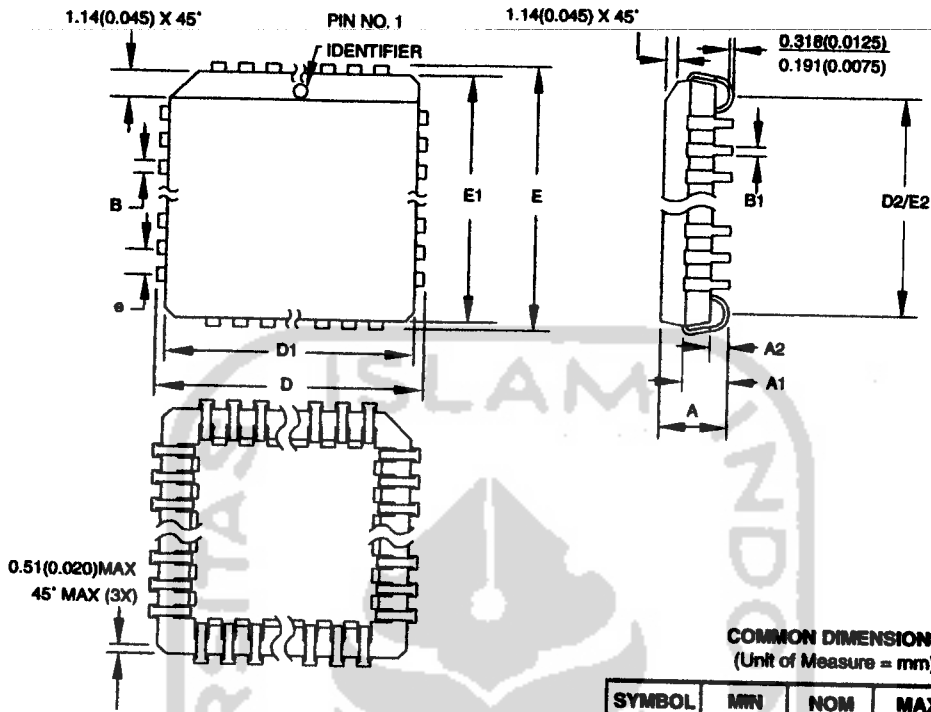
COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

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

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

09/28/01

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



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

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

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

10/04/01



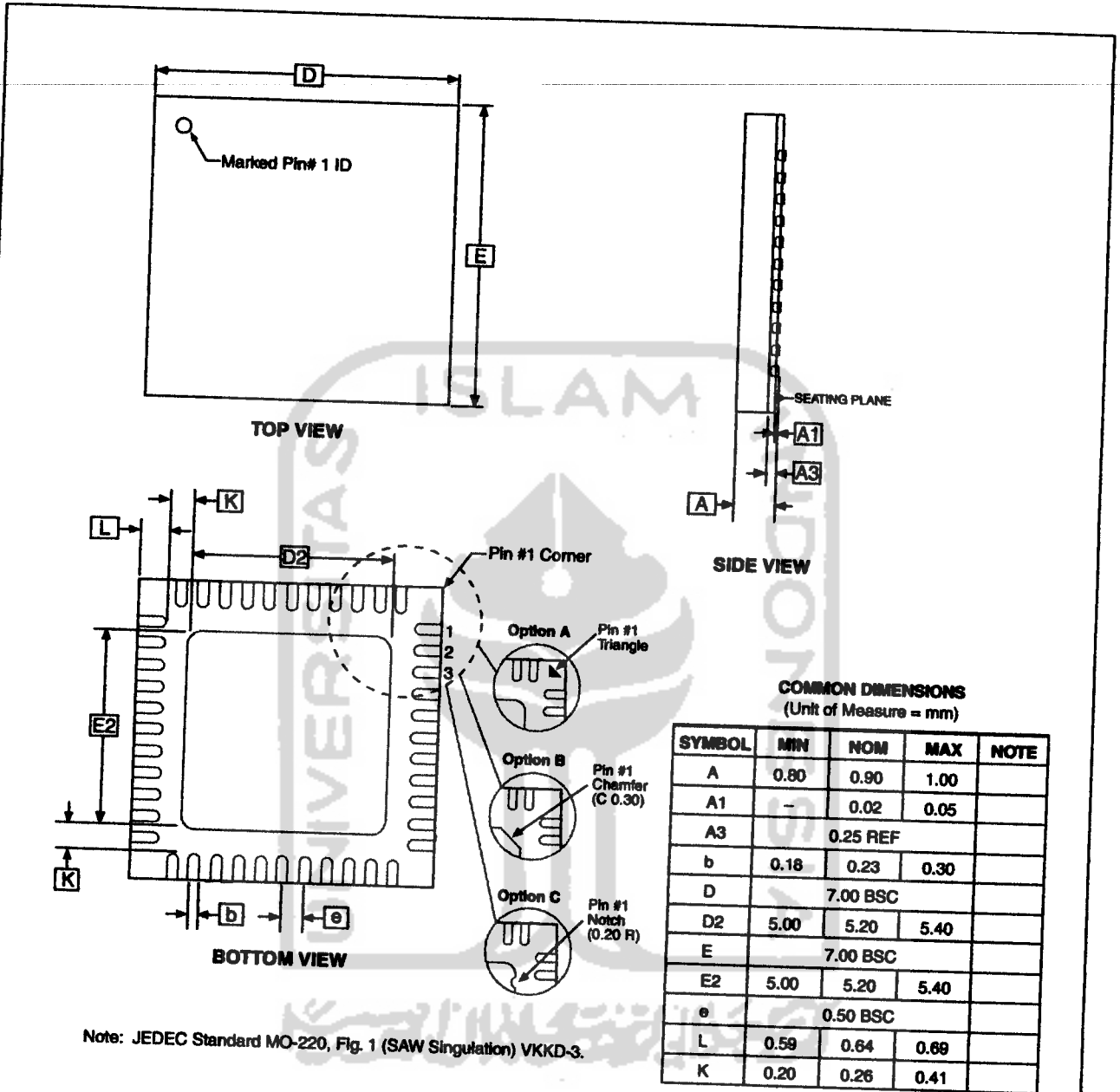
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131

TITLE
44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)

DRAWING NO.
44J

REV.
B

44M1



Note: JEDEC Standard MO-220, Fig. 1 (SAW Singulation) VKKD-3.

3/18/05



2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131

TITLE

44M1, 44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm Body, Lead Pitch 0.50 mm,
5.20 mm Exposed Pad, Micro Lead Frame Package (MLF)

DRAWING NO.

44M1

REV.

F



Errata

ATmega8535 all rev.

No known errata.



Datasheet Revision History

Please note that the referring page numbers in this section are referring to this document. The referring revision in this section are referring to the document revision.

Changes from Rev. 2502F-06/04 to Rev. 2502G-04/05

1. Removed "Preliminary" and TBD's.
2. Updated Table 37 on page 68 and Table 113 on page 259.
3. Updated "Electrical Characteristics" on page 253.
4. Updated "Ordering Information" on page 11.

Changes from Rev. 2502-12/03 to Rev. 2502-06/04

1. MLF-package alternative changed to "Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package QFN/MLF".

Changes from Rev. 2502E-12/03 to Rev. 2502F-06/04

1. Updated "Reset Characteristics" on page 36.
2. Updated SPH in "Stack Pointer" on page 11.
3. Updated C code in "USART Initialization" on page 148.
4. Updated "Errata" on page 16.

Changes from Rev. 2502D-09/03 to Rev. 2502E-12/03

1. Updated "Calibrated Internal RC Oscillator" on page 28.
2. Added section "Errata" on page 16.

Changes from Rev. 2502C-04/03 to Rev. 2502D-09/03

1. Removed "Advance Information" and some TBD's from the datasheet.
2. Added note to "Pinout ATmega8535" on page 2.
3. Updated "Reset Characteristics" on page 36.
4. Updated "Absolute Maximum Ratings" and "DC Characteristics" in "Electrical Characteristics" on page 253.
5. Updated Table 111 on page 256.
6. Updated "ADC Characteristics – Preliminary Data" on page 261.
7. Updated "ATmega8535 Typical Characteristics – Preliminary Data" on page 264.
8. Removed CALL and JMP instructions from code examples and "Instruction Set Summary" on page 8.

Changes from Rev. 2502B-09/02 to Rev. 2502C-04/03

1. Updated "Packaging Information" on page 12.
2. Updated Figure 1 on page 2, Figure 84 on page 177, Figure 85 on page 183, Figure 87 on page 189, Figure 98 on page 205.

3. Added the section "EEPROM Write During Power-down Sleep Mode" on page 21.
4. Removed the references to the application notes "Multi-purpose Oscillator" and "32 kHz Crystal Oscillator", which do not exist.
5. Updated code examples on page 43.
6. Removed ADHSM bit.
7. Renamed Port D pin ICP to ICP1. See "Alternate Functions of Port D" on page 63.
8. Added information about PWM symmetry for Timer 0 on page 78 and Timer 2 on page 125.
9. Updated Table 68 on page 167, Table 75 on page 188, Table 76 on page 191, Table 77 on page 194, Table 108 on page 251, Table 113 on page 259.
10. Updated description on "Bit 5 – TWSTA: TWI START Condition Bit" on page 180.
11. Updated the description in "Filling the Temporary Buffer (Page Loading)" and "Performing a Page Write" on page 229.
12. Removed the section description in "SPI Serial Programming Characteristics" on page 252.
13. Updated "Electrical Characteristics" on page 253.
14. Updated "ADC Characteristics – Preliminary Data" on page 261.
14. Updated "Register Summary" on page 6.
15. Various Timer 1 corrections.
16. Added WD_FUSE period in Table 108 on page 251.
1. Changed the Endurance on the Flash to 10,000 Write/Erase Cycles.

Changes from Rev.
502A-06/02 to Rev.
502B-09/02