

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGUKUR
DEBIT AIR PAM DILENGKAPI DENGAN TAMPILAN
JUMLAH TAGIHAN PEBULAN**

SKRIPSI



Disusun Oleh :

**MUHAMMAD LUTFI BASYARUDDIN
NIM : 04.12.203**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-I
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2011**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGUKUR DEBIT AIR PAM
DILENGKAPI DENGAN TAMPILAN JUMLAH TAGIHAN PERBULAN**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan untuk melengkapi persyaratan guna mencapai gelar Sarjana
Teknik*

Disusun Oleh :

MUHAMMAD LUTTY BASYARUDDIN

NIM : 04.12.203

Mengetahui,

Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. Yusuf Ismail Nashoda, MT

NIP. X1018800189


Diperiksadan Disetujui

Dosen Pembimbing I



M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP. 1030100358

Dosen Pembimbing II



Ir. Eho Nurcahyo
NIP. 1028700172

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

2011



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

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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI


Nama : Muhammad Lutfy Basyaruddin
Nim : 04.12.203
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGUKUR DEBIT AIR PAM DILENGKAPI DENGAN TAMPILAN JUMLAH TAGIHAN PERBULAN**

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

Hari : Kamis
Tanggal : 17 Februari 2011
Dengan Nilai : 78.95 (B+) *o*

PANITIA UJIAN SKRIPSI
Mengetahui,

Ketua Majelis Penguji


Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189

Sekretaris Majelis Penguji


Dr. Eng. Arvianto Soetedjo, ST, MT
NIP. Y. 1030800417

ANGGOTA PENGUJI

Dosen Penguji I


I Komang Samawirata ST, MT
NIP.P.1030100361

Dosen Penguji II


Sonny Prasctio ST, MT
NIP.P. 1031000433

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji Syukur *Alhamdulillah* atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayahnya, sehinggapenyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan tepat pada waktunya.

Penyelesaian tugas akhir ini merupakan syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan perkuliahan jenjang Strata Satu (S1). Laporan ini dapat selesai dengan adanya bimbingan dan dukungan kepada penyusun secara langsung maupun tidak langsung, untuk itu penulis ingin mengucapkan beribu-ribu terima kasih kepada:

1. Bapak Abraham Iomi, prof. Ir, MSEE, DR, selaku rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT, selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. Bapak Ir Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak DR. Aryuanto Soetedjo, ST, MT, selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT, selaku dosen pembimbing pertama.
6. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, selaku dosen pembimbing kedua.
7. Kedua orang tuaku yang telah mendukungku selama ini.
8. Teman-teman seprofesiku yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan Laporan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari sebagai manusia yang jauh dari sempurna, sehingga tidak menutup kemungkinan adanya kekurangan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis menerima saran dan kritik yang membangun demi kemajuan bersama. Semoga dengan adanya laporan ini dapat memberikan manfaat kepada pembacanya. Dan jika ada kesalahan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini maka penulis memohon maaf sebesar-besarnya.

Malang, Februari 2011

Penulis

ABSTRAKSI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGUKUR DEBIT AIR PAM DILENGKAPI DENGAN TAMPILAN JUMLAH TAGIHAN PERBULAN

Muhammad Lutfy Basyaruddin, Nim 04.12.203

Dosen pembimbing: M. Ibrahim Ashari, ST, MT, Ir. Eko Nurcahyo

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting. Pengonsumsi air bersih oleh masyarakat kebanyakan dari PDAM. Mereka cukup berlangganan ke PDAM dan untuk setiap bulannya diwajibkan membayar rekening tagihan atas pemakaian air pam tersebut. Besarnya tagihan perbulan tergantung pada pemakaian yang diukur oleh meter PAM yang terpasang pada setiap pelanggan. Namun ada beberapa hal yang masih menjadi masalah yaitu informasi besarnya tagihan yang tertera pada meter PAM.

Alat ini berfungsi untuk memonitoring besar pengonsumsi debit air pada instalasi rumah. Ketika saklar dari alat ini di ON kan dan valve pada meter air PAM dibuka maka aliran air yang akan segera dimonitoring. Ini dikarenakan aliran air yang menyebabkan baling-baling pada meter air PDAM berputar. Akibat putaran baling-baling maka cincin magnetik juga akan berputar. Sensor *optocoupler* yang berada dekat dengan cincin magnetic akan mendeteksi jumlah putaran dari baling-baling.

Dari hasil analisi pengujian secara keseluruhan yang menunjukkan prosentase kesalahan sistem kurang dari 3% maka alat atau sistem tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan.

Kata kunci: mikrokontroller ATmega8535, sensor Hall Effect, RTC, LCD, keypad, Infrared.

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan	i
Abstrak	ii
Kata pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi Penulisan	2
1.6 Sistematika Penulisan	2
BAB II TEORI DASAR	4
2.1 Meter PAM	5
2.2 Sensor ,Optocoupler.....	6
2.2.1 Transmitter.....	6
2.2.2 Receiver	6
2.2.3 Prinsip kerja dari optocoupler.....	9
2.3 Keypad	9
2.4 Mikrokontroler Atmega8535.....	9
2.4.1 Konfigurasi Pin Atmega8535.....	12
2.4.2 Memory Data dan Memory Program ATmega853	13
2.5 RTC.....	15
2.6 LCD (Liquid Crystal Display)	17
2.7 Infrared	19
2.7.1 LED Infrared.....	9
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	21
3.1 PerancanganAlat	21
3.1.1 SpesifikasiAlat.....	21
3.1.2 Blok diagram Alat.....	22
3.2 Perangkat Keras	23

3.2.1 Rangkaian sensor <i>Optocoupler</i>	23
3.2.2 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535	24
3.2.2.1 Rangkaian Osilator	26
3.2.2.2 Rangkaian Reset	27
3.2.3 Rangkaian RTC	29
3.2.4 Rangkaian LCD.....	20
3.2.5 Infrared.....	31
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS	34
4.1 Pengujian Rangkaian Sensor <i>Optocoupler</i>	34
4.1.1 Tujuan	34
4.1.2 Peralatan Pengujian.....	34
4.1.3 Prosedur Pengujian	34
4.1.4 Hasil Pengujian	35
4.1.5 Hasil Analisis	36
4.2 Pengujian Keypad	36
4.2.1 Tujuan	36
4.2.2 Peralatan Pengujian.....	36
4.2.3 prosedur Pengujian.....	36
4.2.4 Hasil Pengujian	37
4.2.5 Hasil Analisis	38
4.3 Pengujian Mikrokontroler, RTC, LCD dan Infrared	38
4.3.1 Tujuan	38
4.3.2 Peralatan Pengujian.....	38
4.3.3 Prosedur pengujian.....	38
4.3.4 Hasil Pengujian	39
4.3.5 Hasil Analisa	40
4.5 Pengujian Secara Keseluruhan.....	40
4.5.1 Peralatan Pengujian.....	40
4.5.2 Prosedur Pengujian	41
4.5.3 Hasil pengujian	41
4.5.4 Hasil Analisis	46
4.5.5 Transmitter	48
4.5.6 gambar gelombang Infra merah	48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
Lampiran-lampiran	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi dari pin LCD M1632.....	18
Tabel 4.1. Hasil Tabel Pengujian Rangkaian Sensor <i>Optocoupler</i>	36
Tabel 4.2 Keterangan Tabel 4.3.....	37
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Keypad.....	37
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian System Secara Keseluruhan.....	44
Table 4.5 Tabel Prosentase Kesalahan Pembacaan Sistem Secara Keseluruhan.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Meteran Air dan Baling-baling medan magnet	5
Gambar 2.2 Bentuk fisik sensor Optocoupler	7
Gambar 2.3 Simbol Optocoupler.....	8
Gambar 2.6 keypad 4x4.....	9
Gambar 2.7 blok diagram arsitektur Atmega8535	10
Gambar 2.8 Konfigurasi Pin ATmega853	12
Gambar 2.9 Memori Data ATmega8535	14
Gambar 2.10 Memori Program ATmega8535.....	14
Gambar 2.11 Susunan Pin-Pin dari RTC.....	15
Gambar 2.12 Diagram Blok RTC.....	17
Gambar 2.12 Diagram Blok LCD M1632	18
Gambar 2.13 Salah satu bentuk dari <i>Infrared</i>	20
Gambar 2.14 receiver dari <i>infrared</i>	20
Gambar 3.1 Blok Diagram Alat.....	22
Gambar 3.2 Rangkaian sensor <i>Optocoupler</i>	24
Gambar 3.3 Rangkaian mikrokontroler	24
Gambar 3.4 Rangkaian Osilator	27
Gambar 3.5 Rangkaian Reset.....	29
Gambar 3.6 RTC DS12C887.....	29
Gambar 3.7 Rangkaian LCD	31
Gambar 3.8 Diagram Alir Program Utama Untuk User.....	32
Gambar 3.9 Diagram Alir Program Utama Untuk Admin	33
Gambar 4.1 Rangkaian pengujian sensor <i>Optocoupler</i>	35
Gambar 4.2 Blok diagram pengujian rangkaian keypad	36
Gambar 4.3 Blok Diagram Rangkaian Pengujian	39
Gambar 4.4 Diagram Alir Pengujian.....	39
Gambar 4.5 Gambar Hasil Pengujian LCD	40
Gambar 4.6 Gambar Hasil Pengujian RTC.....	40
Gambar 4.7 Blok Diagram Keseluruhan Sistem	41
Gambar 4.8 Data Bulan ke 1	45
Gambar 4.9 Penyimpanan Data Bulan ke 1	46
Gambar 4.10 Data Bulan ke 1 Kembali ke Nol.....	46

Gambar 4.1.1 gelombang sinyal pengirim yang digunakan Oleh sensor inframerah pada saat pengiriman data.....	48
Gambar 4.12 Alat pembaca Debit Air Dan Alat Pengirim Data	49
Gambar 4.13 Alat Penerima Data Atau Transmitter	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah suatu hasil yang telah dinikmati oleh manusia, diantaranya adalah segala sesuatu yang serba otomatis sehingga pekerjaan manusia menjadi lebih ringan. Otomatisasi ini terjadi di berbagai bidang mulai dari medis, pendidikan, otomotif dan sebagainya.

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting. Pengonsumsi air bersih oleh masyarakat kebanyakan dari PDAM. Mereka cukup berlangganan ke PDAM dan untuk setiap bulannya diwajibkan membayar rekening tagihan atas pemakaian air pam tersebut. Besarnya tagihan perbulan tergantung pada pemakaian yang diukur oleh meter PAM yang terpasang pada setiap pelanggan. Namun ada beberapa hal yang masih menjadi masalah yaitu informasi besarnya tagihan yang tertera pada meter PAM. Meter PAM untuk saat ini hanya dapat menginformasikan besarnya pemakaian kumulatif saja. Oleh karena itu akan sangat berguna sekali apabila kita dapat membuat suatu alat yang dapat menunjukkan jumlah dan biaya pemakaian air Pam dalam satu bulan.

Melihat kondisi diatas maka dengan adanya meter air PAM digital diharapkan masyarakat dapat memonitoring banyaknya pengonsumsi dan biaya pemakaian air PAM dalam satu bulan.alat ini nantinya dapat mengkonversi banyaknya debit air yang dikonsumsi oleh masyarakat dalam bentuk rupiah sehingga masyarakat nantinya dapat mempersiapkan uang untuk membayar rekening air PAM.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah diatas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merencanakan suatu meter air PAM digital.
 - b. Bagaimana membuat suatu meter air PAM digital.
 - c. Bagaimana meter air digital dapat difungsikan secara baik dalam pembacaan debit air dan besar tagihan setiap bulannya.
-

1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada masalah yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan alat yang akan dibuat diberi batasan sebagai berikut:

- a. Meter Pam yang digunakan merupakan standar dari PDAM dan biasa digunakan dikalangan rumah tangga.
- b. Alat ini bekerja pada tegangan 5 volt (tidak diinginkan adanya pemutusn listrik pada saat alat bekerja).
- c. Tariff dasar air PAM yang dipergunakan adalah kelompok rumah tangga kelas A sebesar Rp. 1500,00 / m³.
- d. Debit air ditampilkan dalam 7 digit (9999,999) yang terdiri dari 4 digit (9999) untuk m³ dan 3 digit (999) untuk liter.
- e. Maximum tagihan yang ditampilkan yang ditampilkan 6 digit yaitu 999.999 rupiah.
- f. Debit minimal pemakaian air adalah 0-1 liter.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah dapat merencanakan dan membuat suatu meter air PAM digital serta diharapkan masyarakat dapat memonitoring banyaknya pemakaian air pam yang telah dikonsumsi dalam satu bulan.

1.5 Metodologi Penulisan

Adapun metodologi penulisan yang digunakan dalam penyusunan dan menganalisa skripsi adalah:

- Pengumpulan dan studi literatur yang berhubungan dengan skripsi ini.
- Perancangan dengan efektif dan minimalis.
- Pembuatan alat.

Pengujian hasil pembuatan, apakah telah sesuai dengan yang telah diharapkan.

1. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini terdiri dari 5 bab yaitu:

- BAB I : **Pendahuluan**
-

Berisi latar belakang, batasan masalah, tujuan, metodologi penyusunan, sistematika penulisan dan relevansi dari penyusunan skripsi ini.

– **BAB II : Landasan Teori**

Berisi bahasan teori dasar perancangan alat yang digunakan dan teori dasar alat-alat pendukung lainnya.

– **BAB III : Perencanaan dan Pembuatan Alat**

Berisi bahasan perencanaan pembuatan alat meter air digital.

– **BAB IV : Pengujian Alat**

Berisi tentang hasil uji coba alat yang telah dibuat, pengoperasian dan spesifikasi alat.

– **BAB V : Penutup**

Berisi kesimpulan dari bab-bab sebelumnya dan kemungkinan pengembangan alat.

2. Relevansi

Diharapkan laporan skripsi ini dapat dihasilkan suatu metode yang efektif untuk digunakan sebagai acuan dan masukan dalam perancangan untuk dikembangkan lebih lanjut.

BAB II

DASAR TEORI

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar dalam perencanaan alat ini, maka perlu dijelaskan tentang uraian dasar teori yang digunakan dalam tugas akhir ini.

Dasar teori yang dijelaskan dalam BAB ini meliputi:

1) Meter PAM

Meter PAM ini digunakan untuk mengukur debit air dalam satuan m^3 dan digunakan sebagai pembanding dalam penentuan ketepatan dalam pembacaan debit air dengan pembacaan debit air pada LCD.

2) Sensor *Optocoupler*

Sensor ini untuk mendeteksi banyaknya air yang lewat melalui baling-baling meter PAM. Putaran baling-baling ini nantinya akan memutar juga poros magnetik sehingga sensor *Optocoupler* akan mendeteksi putaran dari cincin magnetik. Sehingga sensor *Optocoupler* akan memberikan sinyal pulsa sebagai input dari mikrokontroler Atmega8535.

3) Keypad 4x4

Keypad 4x4 suatu piranti untuk memasukan data ke mikrokontroler. Pada alat ini *keypad* berfungsi untuk setting waktu, setting tarif dasar air PAM dan pemilihan menu.

4) Mikrokontroler Atmega8535

Mikrokontroler berfungsi menerima masukan dari *keypad* sensor *Hall Effect* dan dari *RTC*. Di dalam mikrokontroler terjadi proses pengkonversian dari m^3 ke rupiah. Kemudian mikrokontroler akan mengirimkan data ke LCD.

5) RTC

Real Time Clock berfungsi untuk menginformasikan waktu sehingga penyimpanan data pemakaian bulan lalu oleh mikrokontroler dapat dijalankan.

6) LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD berfungsi untuk menampilkan data pemakaian debit kumulatif, data pemakaian dalam satu bulan, data pemakaian bulan lalu dan besar tagihan air dalam satu bulan.

7) Infrard

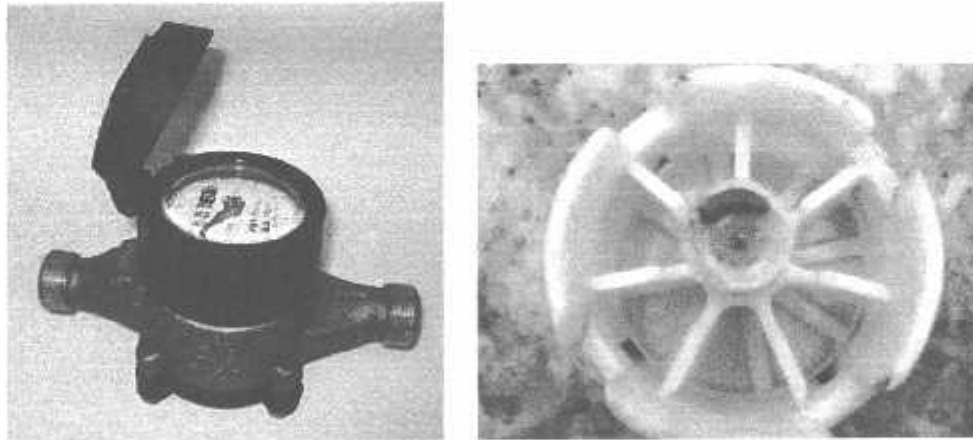
Infrared digunakan untuk mengirimkan data yang terhitung dalam alat tersebut kepada admin atau petugas yang bertugas untuk mencatat beban pemakaian air PAM yang telah kita gunakan pada tiap bulannya.

2.1. Meter PAM

Meter PAM ini merupakan salah satu alat ukur untuk membaca besar debit pemakaian air dan pada umumnya digunakan pada setiap rumah. Pembacaan debit pemakaian air yang tertera pada meter PAM dinyatakan dalam satuan m^3 .

Meter PAM ini memiliki beberapa komponen utama seperti pengarah air, baling-baling, cincin magnetik, jarum pemutar meter air dan meter air.

Prinsip kerja meter air PAM adalah air yang masuk melalui saluran masukan meter air PAM akan di arahkan oleh pengarah untuk memutar baling-baling sebelum nantinya air tersebut keluar. Putaran baling-baling akan mengakibatkan berputarnya cincin magnetik sehingga mengakibatkan jarum pemutar meter air ikut berputar. Sehingga dengan berputarnya meter air maka besar debit air dapat terhitung. Gambar meteran air PDAM dan baling-baling medan magnet dapat kita lihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Gambar meteran Air dan Baling-baling medan magnet

Sumber: meter.air.htm&biw

2.2 Sensor *Optocoupler*

Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu transmitter dan receiver, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah.

Biasanya optocoupler digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis.

Optocoupler atau optoisolator merupakan komponen penggandeng (coupling) antarangkaian input dengan rangkaian output yang menggunakan media cahaya (opto) sebagai penghubung. Dengan kata lain, tidak ada bagian yang konduktif antara kedua rangkaian tersebut. Optocoupler sendiri terdiri dari 2 bagian, yaitu transmitter (pengirim) dan receiver (penerima).

Tujuan utama dari digunakan sensor cahaya dan piringan sensor adalah untuk mendapatkandata kecepatan putaran dari setiap roda.Piringan sensor yang digunakan dibuat dari negatif-film yang dijepit oleh dua buah *acrylic* transparan agar semakin presisi pembacaan datanya. Sedangkan sensor cahaya yang digunakan adalah *optocoupler* yang prinsip kerjanya adalah ketika ada benda yang berada di antara celah sensornya, maka cahaya yang dikirimkan tidak bisa diterima oleh bagian penerimanya, sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang nilainya mendekati VCC, begitu juga sebaliknya, jika tidak ada benda diantara celah sensornya maka akan menghasilkan tegangan keluaran yang nilainya mendekati 0 Volt.

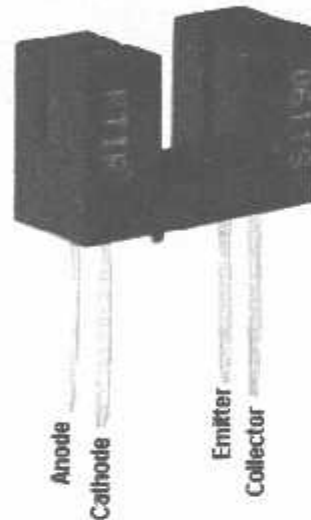
2.2.1 Transmitter

Merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian input atau rangkaian kontrol. Pada bagian ini terdapat sebuah LED infra merah (IR LED) yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal kepada receiver. Pada transmitter dibangun dari sebuah LED infra merah. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang.

2.2.2 Receiver

Merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian output atau rangkaian beban, dan berisi komponen penerima cahaya yang dipancarkan oleh transmitter. Komponen penerima cahaya ini dapat berupa photodiode ataupun phototransistor. Pada bagian receiver dibangun dengan dasar komponen phototransistor. Phototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi

panas, begitu pula dengan spektrum infra merah. Karena spektrum infra mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka phototransistor lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah. Jika dilihat dari penggunaannya, optocoupler biasa digunakan untuk mengisolasi common rangkaian input dengan common rangkaian output. Sehingga supply tegangan untuk masing-masing rangkaian tidak saling terbebani dan juga untuk mencegah kerusakan pada rangkaian kontrol (rangkaian input).

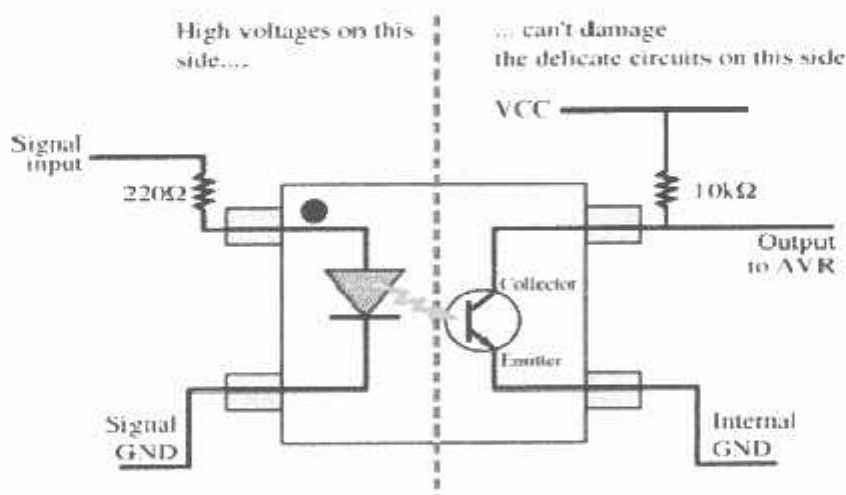


Gambar 2.2 Bentuk fisik Sensor Optocoupler

Sumber : Sensor Optocoupler

Optocoupler merupakan gabungan dari LED infra merah dengan fototransistor yang terbungkus menjadi satu chips. Cahaya infra merah termasuk dalam gelombang elektromagnetik yang tidak tampak oleh mata telanjang. Sinar ini tidak tampak oleh mata karena mempunyai panjang gelombang berkas cahaya yang terlalu panjang bagi tanggapan mata manusia. Sinar infra merah mempunyai daerah frekuensi 1×10^{12} Hz sampai dengan 1×10^{14} GHz atau daerah frekuensi dengan panjang gelombang $1 \mu\text{m} - 1\text{mm}$. LED infra merah ini merupakan komponen elektronika yang memancarkan cahaya infra merah dengan konsumsi daya sangat kecil. Jika diberi prasiap maju, LED infra merah yang terdapat pada optocoupler akan mengeluarkan panjang gelombang sekitar 0,9 mikrometer. Proses terjadinya pancaran cahaya pada LED infra merah dalam optocoupler adalah sebagai berikut. Saat dioda menghantarkan arus, elektron lepas dari ikatannya karena memerlukan tenaga dari catu daya listrik. Setelah elektron lepas, banyak elektron yang bergabung dengan lubang yang ada di sekitarnya (memasuki lubang lain yang kosong). Pada saat masuk

lubang yang lain, elektron melepaskan tenaga yang akan diradiasikan dalam bentuk cahaya, sehingga dioda akan menyala atau memancarkan cahaya pada saat dilewati arus. Cahaya infra merah yang terdapat pada optocoupler tidak perlu lensa untuk memfokuskan cahaya karena dalam satu chip mempunyai jarak yang dekat dengan penerimanya. Pada optocoupler yang bertugas sebagai penerima cahaya infra merah adalah fototransistor. Fototransistor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai detektor cahaya infra merah. Detektor cahaya ini mengubah efek cahaya menjadi sinyal listrik, oleh sebab itu fototransistor termasuk dalam golongan detektor optik. Fototransistor memiliki sambungan kolektor-basis yang besar dengan cahaya infra merah, karena cahaya ini dapat membangkitkan pasangan lubang elektron. Dengan diberi prasikap maju, cahaya yang masuk akan menimbulkan arus pada kolektor. Fototransistor memiliki bahan utama yaitu germanium atau silikon yang sama dengan bahan pembuat transistor. Tipe fototransistor juga sama dengan transistor pada umumnya yaitu PNP dan NPN. Perbedaan transistor dengan fototransistor hanya terletak pada rumahnya yang memungkinkan cahaya infra merah mengaktifkan daerah basis, sedangkan transistor biasa ditempatkan pada rumah logam yang tertutup.



Gambar 2.12 Simbol Optocoupler

Sumber : Sensor Optocoupler

Kerugian atau keburukan dari optocoupler adalah pada kecepatan switchingnya. Hal ini disebabkan karena efek dari area yang sensitif terhadap cahaya dan timbulnya efek kapasitansi pada 'junction'-nya. Jika diperlukan kecepatan switching yang cukup tinggi maka optoisolator harus dikonfigurasi sehingga yang digunakan adalah sebagai photodiodenya.

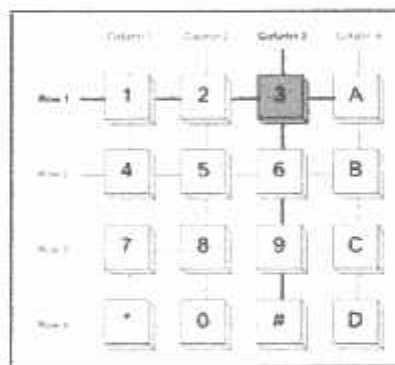
2.2.3 Prinsip Kerja dari Rangkaian Optocoupler

Prinsip kerja dari rangkaian Optocoupler adalah sebagai berikut :

1. Jika antara phototransistor dan LED terhalang maka phototransistor tersebut akan off sehingga output dari kolektor akan berlogika high.
2. Sebaliknya jika antara phototransistor dan LED tidak terhalang maka phototransistor dan LED tidak terhalang maka phototransistor tersebut akan on sehingga output-nya akan berlogika low.

2.3 Keypad 4x4

Matriks keypad yang sering digunakan pada rangkaian yang memerlukan tombol yang banyak. Keypad adalah media untuk memasukan data matriks 4x4, berarti ada 16x kemungkinan keluaran. Banyaknya kemungkinan tersebut sesuai dengan banyaknya susunan antara 4 kolom dan 4 baris. Dalam gambar 2.6 ditunjukkan rangkaian matriks keypad 4x4, yang terdiri dari 4 baris (Y1, Y2, Y3, Y4) dan 4 kolom (X1, X2, X3, X4).



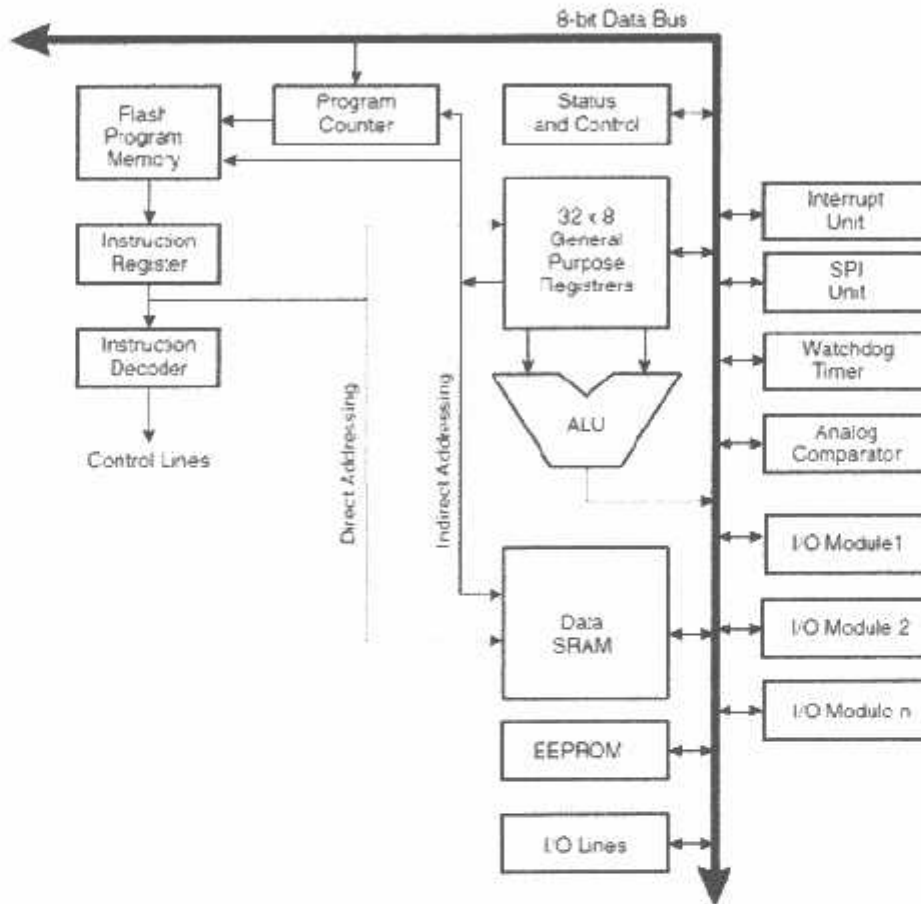
Gambar 2.6 keypad 4x4

2.4 Mikrokontroler Atmega8535

Atmega8535 adalah mikrokontroler 8-bit berteknologi CMOS yang berdaya rendah berbasis AVR dengan arsitektur RISC. Dengan dengan keuntungan eksekusi instruksi rata-rata satu siklus clock merupakan merupakan pendekatan 1 MIPS (Milion instruction persecond) memberikan perancangan sistem dengan konsumsi daya optimal versus kecepatan proses.

Inti kombinasi AVR adalah kombinasi instruksi yang beraneka ragam dengan 32 register (32 general purpose working register). Ke-32 register tersebut langsung dihubungkan ke

Arithmetic Logic Unit (ALU), melalui dua register independen, sehingga dapat diakses dalam satu instruksi yaitu satu siklus clock. Hasil dari arsitektur ini lebih efisien sepuluh kali dari mikrokontroler jenis CISC seperti AT89Cxxx atau AT89Sxxx. Blok diagram mikrokontroler ATmega8535 dapat kita lihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 blok diagram arsitektur Atmega8535

Sumber: Atmel ATmega8535

Mikrokontroler Atmega8535 memiliki model arsitektur *Harvard*, dimana memori untuk data dan program terpisah, bus untuk program dan bus untuk data juga terpisah. Dalam arsitektur Atmega8535, seluruh GPR (General Purpose Register [32-register]) terhubung langsung ke ALU (Arithmatik Logic Unit)/ prosesor. Sehingga eksekusi instruksi lebih cepat. Dalam satu siklus clock terdapat dua register independen yang dapat diakses oleh satu instruksi. Teknik yang digunakan adalah *fetch during execution* atau memegang sambil mengerjakan. Hal ini berarti, dua operan dibaca dari satu

register, dilakukan eksekusi operasi, dan hasilnya disimpan kembali dalam satu register, semuanya dilakukan hanya dalam satu siklus clock.

Dari 32 register terdapat 6 buah register yang dapat digunakan untuk pengalamatan tidak langsung 16-bit sebagai register pointer (penunjuk). Register tersebut memiliki nama khusus yaitu X, Y, Z. Masing-masing terdiri dari sepasang register seperti: X (R29:R28), dan Z (R31:R30).

ALU mendukung operasi bit, fungsi aritmatika dan logika antara register dengan register atau antara register dengan nilai konstan, atau hanya operasi satu register.

Untuk kontrol program disediakan instruksi lompatan bersyarat dan tak bersyarat, instruksi Call (panggil), dapat ditempatkan diseluruh ruangan program. Kebanyakan instruksi ATmega8535 mempunyai format 16-bit word. Setiap alamat memori program mengandung sebuah instruksi 16 atau 32 bit.

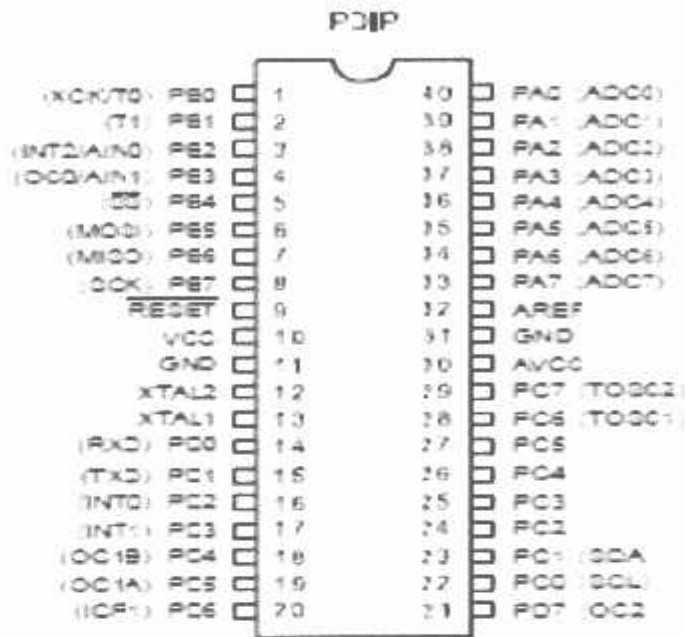
Selama instruksi dan pemanggilan subrutin, alamat program counter (PC) disimpan kedalam stack. Stack akan efektif diletakan di SRAM dan penggunaan SRAM. Setiap pengguna dapat menginisialisasi SP dalam rutin RESET (sebelum subrutin atau interupsi dieksekusi). Stack pointer SP dapat ditulis dan dibaca dalam ruangan I/O.

Kapabilitas detail dari Atmega8535 adalah sebagai berikut:

- Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16MHz.
 - Kapabilitas memory *flash* 8 Kbyte, SRAM sebesar 512 Byte, dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 Byte.
 - ADC internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 channel.
 - Portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
 - Enam pilihan mode *sleep* dapat digunakan untuk menghemat penggunaan daya listrik.
-

2.4.1 Konfigurasi Pin Atmega8535

Diagram blok pin pada ATmega 8535 adalah sebagai berikut:



Gambar 2.8 Konfigurasi Pin ATmega853

Sumber: Atmel ATmega8535

- 1) Dari gambar 2.8 diatas dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega8535 sebagai berikut: VCC, merupakan pin yang digunakan sebagai pin masukan catu daya 5v.
- 2) GND,
GND merupakan pin ground.
- 3) Port A (PA0-PA7), merupakan pin I/O dua arah atau dapat juga digunakan sebagai pin ADC.
- 4) Port B (PB-PB7), merupakan pin I/O dua arah dan dapat digunakan sebagai pin fungsi khusus, *Timer/Counter*, komparator analog, dan SPI.
- 5) Port C (PC0-PC7), merupakan pin I/O dua arah dan dapat digunakan sebagai pin fungsi khusus TWI, komparator analog dan *Timer oscilator*.
- 6) Port D (PD0-PD7) merupakan pin I/O dua arah dan dapat digunakan sebagai pin fungsi komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
- 7) RESET, merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroller.

- 8) XTAL1 dan XTAL2, merupakan pin yang digunakan sebagai masukan untuk clock eksternal.
- 9) AVCC, merupakan pin yang digunakan sebagai masukan tegangan ADC.
- 10) AREF, merupakan pin yang digunakan sebagai masukan tegangan referensi ADC.
- 11) Masukan dan kluarannya adalah kondisi high (tegangan 5 volt) dan kondisi low (tegangan 0 volt).

Sedangkan konfigurasi pin ATmega8535 pada keseluruhan komponen untuk keseluruhan rangkaian adalah sebagai berikut:

- Pin 1 dan 2 : Dihubungkan ke LCD E dan RS.
- Pin 6, 7, 8 : Dihubungkan ke *push button*, *Menu*, *Up*, dan *down*.
- Pin 9 : Dihubungkan *Push button Reset*.
- Pin 12 dan 13 : Dihubungkan X-TAL 11,0592 MHz.
- Pin 14 dan 15 : Dihubungkan R1 OUT dan T11N IC Max232.
- Pin 22 dan 23 : Dihubungkan SCL dan SCA DS1307.
- Pin 24 : Dihubungkan dihubungkan ke rangkaian *driver relay*.
- Pin 11 dan 31 : Dihubungkan ke *ground*.
- Pin 33-40 : Dihubungkan ke LCD D0-D7.
- Pin 10 dan 30 : Dihubungkan ke VCC.

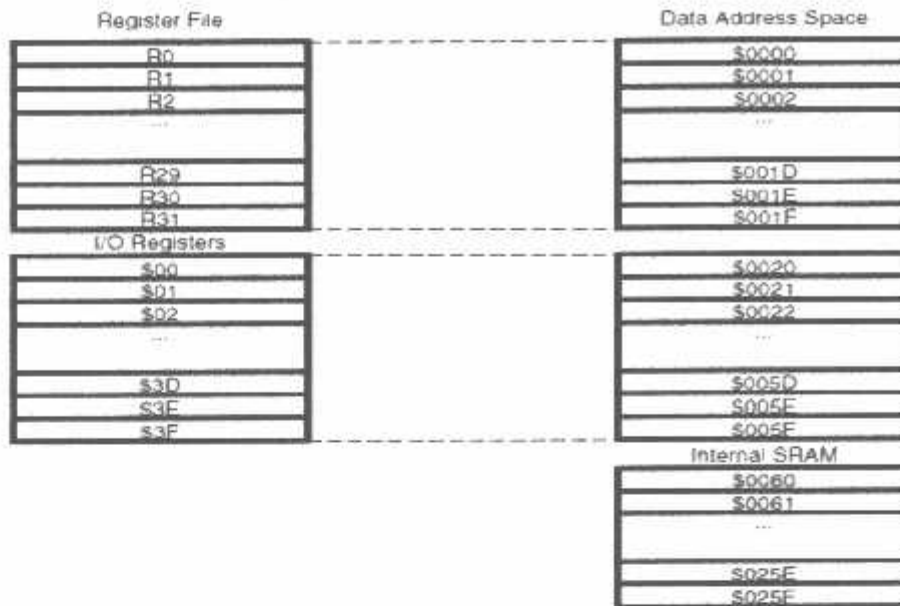
2.4.2 Memory Data dan Memory Program ATmega8535

Ruang pengalamatan memori data dan memori program pada ATmega8535 ditempatkan secara terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yang terdiri dari 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 byte SRAM internal. Register-register yang dapat digunakan untuk keperluan umum menempati space data pada alamat terbawah

\$00

sampai

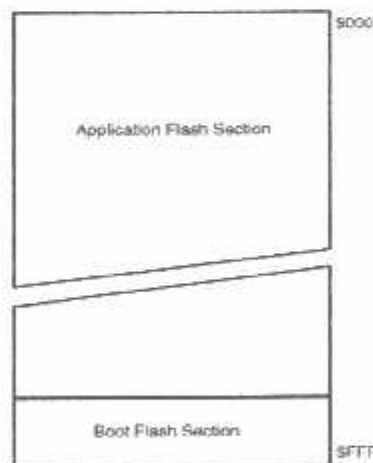
\$1F.



Gambar 2.9 Memori Data ATmega8535

Sumber: Atmel ATmega8535

64 alamat berikutnya yaitu mulai \$20 hingga \$5F adalah register-register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai *peripheral* mikrokontroler, seperti kontrol register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O dan sebagainya. Alamat memori berikutnya pada lokasi \$60 sampai \$25F digunakan untuk SRAM 512 *Byte*.



Gambar 2.10 Memori Program ATmega8535

Sumber: Atmel ATmega8535

Memori program yang terletak dalam Flash PEROM disusun dalam word atau 2 Byte karena setiap instruksi lebarnya 16 bit atau 32 bit. Flash PEROM yang dimiliki AVR ATmega8535 adalah 4Kbyte X 16 bit dengan alamat mulai dari \$000 sampai \$FFF. AVR ATmega8535 dilengkapi dengan 12 bit *program counter* (PC) isi *flash* dapat dialamati. Selain itu, AVR ATmega8535 juga memiliki data memori berupa EEPROM 8 bit sebanyak 512 byte. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$FFF.

2.5 RTC

RTC merupakan rangkaian jam dan kalender dalam sebuah IC lengkap dengan battery back-up nya, bahkan rangkaian jam dalam IC tersebut dapat tetap bekerja walaupun power sulay sudah dimatikan. Bahkan mampu beroperasi lebih dari 10 tahun tanpa diberi tegangan. RTC dalam IC ini dapat menghitung detik, menit, jam, tanggal, bulan hari dan tahun.

MOT	1	24	V _{cc}
NC	2	23	SQW
NC	3	22	NC
AD0	4	21	NC
AD1	5	20	NC
AD2	6	19	$\overline{\text{IRQ}}$
AD3	7	18	RESET
AD4	8	17	DS
AD5	9	16	NC
AD6	10	15	$\overline{\text{RW}}$
AD7	11	14	AS
GND	12	13	CS

DS12C887 24-Pin

Gambar 2.11 Susunan Pin-Pin dari RTC

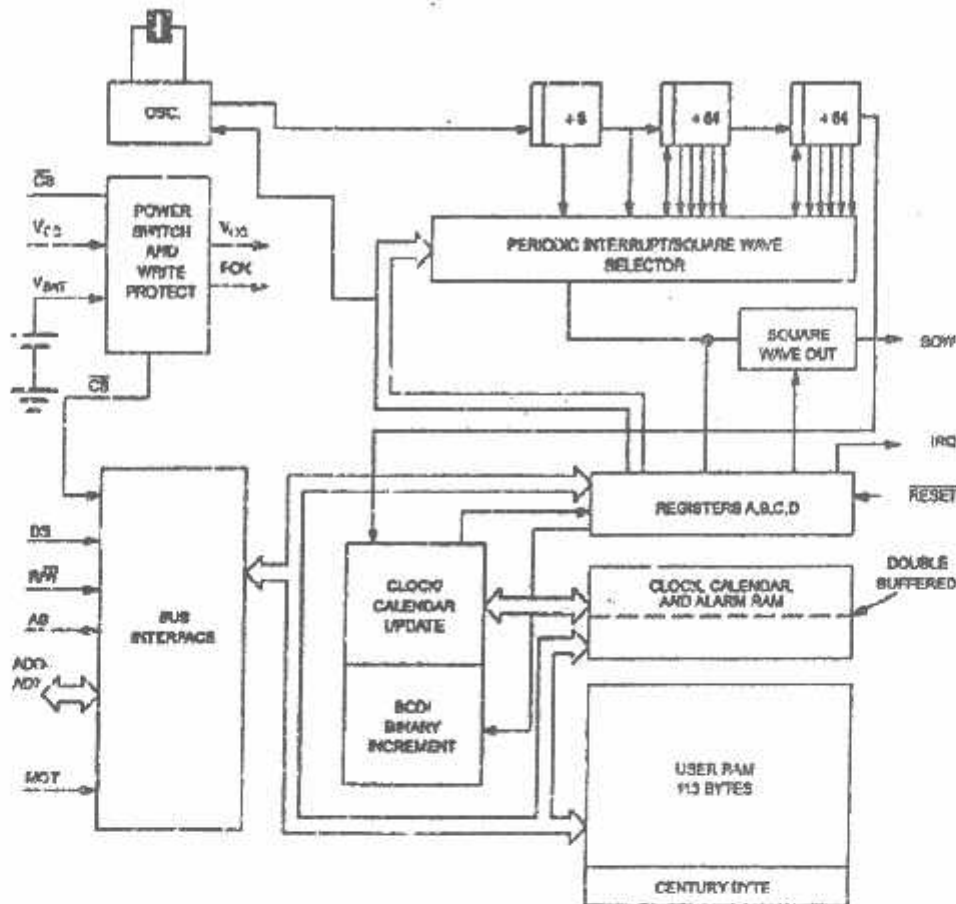
Sumber: rtc.htm

Fungsi-fungsi dari pin-pin yang akan digunakan dalam alat ini adalah sebagai berikut

1. Vcc dan Ground

Pin ini membutuhkan tegangan DC5 volt agar dapat melakukan penulisan dan pembacaan data secara normal.

2. MOT (Mode Select)
Pin ini berfungsi untuk memilih dua jenis bus yaitu apabila pin MOT dihubungkan dengan Vcc maka akan memilih *Motorolabus timing* dan apabila terhubung dengan Ground maka akan memilih *Intel bus timing*.
 3. AD0-AD7 (Multiplexed Bidirectional Address/Data Bus)
Pin ini dapat berfungsi sebagai bus data atau *Multiplexed BidirectionalAddress* karena informasi alat dan data memiliki waktu sinyal yang sama.
 4. AS (Address Strobe Input)
Pin ini berfungsi sebagai pemberi sinyal untuk menahan alamat.
 5. DS (Data Strobe or Read Input)
Pin ini berfungsi untuk memilih dua mode operasi yaitu Data Strobe (DS) dan Read Input (RD). Untuk mode operasi DS akan aktif jika MOT terhubung pada ground.
 6. R/W (Read/ Write Input)
Pin ini juga memiliki dua mode operasi. Ketika MOT terhubung dengan Vcc, maka siklus baca aktif berlogika tinggi dan siklus aktif berlogika rendah selama DS berlogika tinggi. Ketika MOT terhubung dengan GND maka R/W signal aktif berlogika rendah sehingga pin ini dapat disebut juga *Write Enable Signal (WE)*.
 7. CS (Chip Select Input)
Pin ini harus berlogika rendah agar dapat mengakses *bus cycle*.
 8. Reset (Reset Input)
Pin ini tidak mempengaruhi waktu, kalender, dan RAM. Untuk palikasi Reset dapat dihubungkan dengan Vcc.
-



Gambar 2.12 Diagram Blok RTC

Sumber: rtc.htm

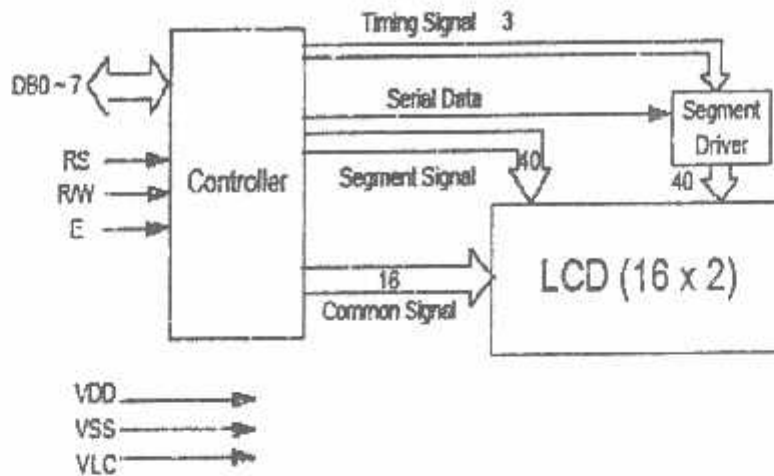
2.6 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD yang digunakan bertipe M1632 produksi SEIKO instrument inc. Corporation. Spesifikasi LCD ini adalah sebagai berikut:

- Menampilkan 16 karakter pada tiap baris TN LCD dengan 5 x 7 dot matrix.
- Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter.
- Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter.
- 80 x 8 bit data RAM.
- Tegangan catu daya 5 volt dan temperatur operasi 0-50 °C
- Otomatis reset pada saat dihidupkan.

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul LCD ini berupa bus data yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol, yaitu RS, R/W, dan E. Sementara pengendali dot matrix LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang

sudah terpasang pada modul LCD. Berikut ini adalah diagram blok dari LCD 1632. Diagram blok dari LCD M1632 dapat kita lihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Diagram Blok LCD M1632

Sumber: LCD M1632

Fungsi dari pin LCD M1632 ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Fungsi dari pin LCD M1632

No Pin	Nama Pin	Fungsi
16	V - BL	Sebagai ground dari backlight
15	V + BL	Sebagai kutub positif dari backlight
7 - 14	DB0 - DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan
6	E	Sinyal operasi awal, sinyal ini akan mengaktifkan data tulis dan data baca
5	R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0 = tulis 1 = baca
4	RS	Sinyal pemilih register 0 = register instruksi (tulis) 1 = register data (tulis dan baca)
3	Vlc	Untuk mengendalikan kecerahan LCD dengan mengubah Vlc

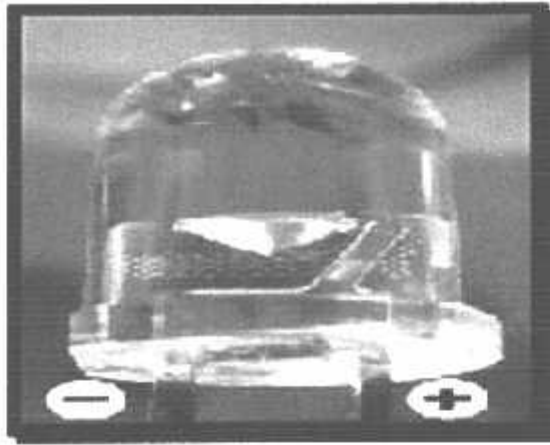
2	Vcc	Tegangan catu +5 V
1	Vss	Terminal groun

2.7 Infrared

Sistem sensor infra merah pada dasarnya menggunakan infra merah sebagai media untuk komunikasi data antara *receiver* dan *transmitter*. Sistem akan bekerja jika sinar infra merah yang dipancarkan terhalang oleh suatu benda yang mengakibatkan sinar infra merah tersebut tidak dapat terdeteksi oleh penerima. Keuntungan atau manfaat dari sistem ini dalam penerapannya antara lain sebagai pengendali jarak jauh, alarm keamanan, otomatisasi pada sistem. Pemancar pada sistem ini terdiri atas sebuah LED infra merah yang dilengkapi dengan rangkaian yang mampu membangkitkan data untuk dikirimkan melalui sinar infra merah, sedangkan pada bagian penerima biasanya terdapat foto transistor, fotodiode, atau inframerah *module* yang berfungsi untuk menerima sinar inframerah yang dikirimkan oleh pemancar

2.7.1 LED Infrared

LED adalah suatu bahan semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju. Pengembangan LED dimulai dengan alat inframerah dibuat dengan *galliumarsenide*. Cahaya infra merah pada dasarnya adalah radiasi elektromagnetik dari panjang gelombang yang lebih panjang dari cahaya tampak, tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang radio, dengan kata lain infra merupakan warna dari cahaya tampak dengan gelombang terpanjang, yaitu sekitar 700 nm sampai 1 mm.



Gambar 2.13 Salah satu bentuk dari *Infrared*

Sumber: IMPLEMENTASI TIMER BERBASIS PC UNTUK SIRKUIT BALAP
IT TELKOM



Gambar 2.14 receiver dari *infrared*

Sumber: IMPLEMENTASI TIMER BERBASIS PC UNTUK SIRKUIT BALAP
IT TELKOM

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini menjelaskan mengenai spesifikasi alat, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak dari meter air PAM digital pada instalasi rumah dengan tampilan jumlah tagihan perbulan.

3.1 Perancangan Alat

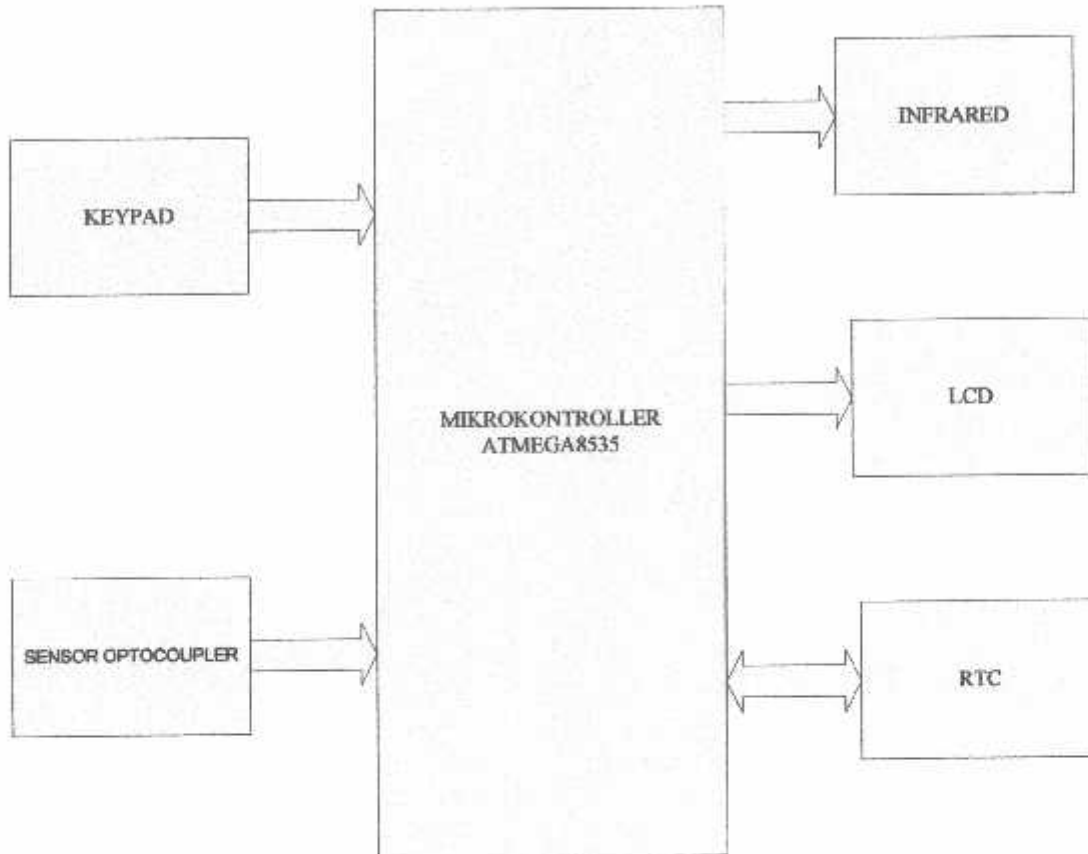
3.1.1 Spesifikasi Alat

Perancangan dan pembuatan meter air PAM digital mempunyai beberapa spesifikasi diantaranya:

1. Menggunakan sensor *Optocoupler*.
 2. Menggunakan keypad 4x4 yang berfungsi untuk menseting waktu, seting tarif dasar air PAM, seting debit pemakaian dan pemilih menu.
 3. Menggunakan mikrokontroler ATmega8535 sebagai pengolah data dan pengontrol seluruh kinerja system.
 4. Menggunakan real time clock (RTC) yang berfungsi memberikan informasi waktu.
 5. Menggunakan LCD 2 x 16 sebagai tampilan dari jumlah debit pemakaian kumulatif, debit pemakaian perbulan dan tagihan perbulan.
 6. Membutuhkan tegangan sebesar 5 volt.
 7. Meter PAM yang digunakan merupakan standart dari PDAM dan biasa dipergunakan untuk kalangan rumah tangga.
 8. Tarif dasar air PAM yang dipergunakan adalah untuk semua kelompok pengguna jaringan PDAM.
 9. Debit air ditampilkan dalam 7 digit /(9999,999) yang terdiri dari 4 digit (9999) untuk m³ dan 3 digit (999) untuk liter.
 10. Maximum tagihan yang ditampilkan yang ditampilkan 6 digit yaitu 999.999 rupiah.
 11. Debit minimal pemakaian air adalah 0-1 liter.
 12. Perhitungan debit maupun besar tagihan ditentukan melalui program.
-

3.1.2 Blok diagram Alat

Blok diagram dari meter air PAM digital pada instalasi rumah dengan tampilan jumlah tagihan perbulan ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Blok Diagram Alat

Prinsip kerja alat ini adalah:

Alat ini berfungsi untuk memonitoring besar pengonsumsi debit air pada instalasi rumah. Ketika saklar dari alat ini di ON kan dan valve pada meter air PAM dibuka maka aliran air yang akan segera dimonitoring. Ini dikarenakan aliran air yang menyebabkan baling-baling pada meter air PDAM berputar. Akibat putaran baling-baling maka cincin magnetik juga akan berputar. Sensor *Hall Effect* yang berada dekat dengan cincin magnetic akan mendeteksi jumlah putaran dari baling-baling.

Sensor *Optocoupler* akan memberikan sinyal pulsa yang akan digunakan untuk menggerakkan program counter pada mikrocontroller. Sinyal pulsa tersebut berasal dari

perubahan medan magnet yang terjadi akibat putaran cincin magnetic. Sensor *Optocoupler* memberikan sinyal pulsa dari transisi tinggi ke transisi rendah sehingga program counter akan meng-up *counter*. Hasil dari kalibrasi counter ini akan ditampilkan pada LCD dalam bentuk tampilan debit air atau besar tagihan.

RTC pada blok diagram digunakan untuk membaca bulan, ketika program mendeteksi adanya pergantian bulan maka program akan menyimpan secara otomatis data debit pemakaian dan jumlah tagihan bulan lalu dan mereset counter bulan berikutnya.

Keypad pada blok diagram dipergunakan untuk pemilihan menu tampilan, pengkalibrasian counter dan pengisian tariff dasar air PAM per liter.

Infrared digunakan untuk mengirimkan data yang terhitung dalam alat tersebut kepada admin atau petugas yang bertugas untuk mencatat beban pemakaian air PAM yang telah kita gunakan pada tiap bulannya.

2.2 Perangkat Keras

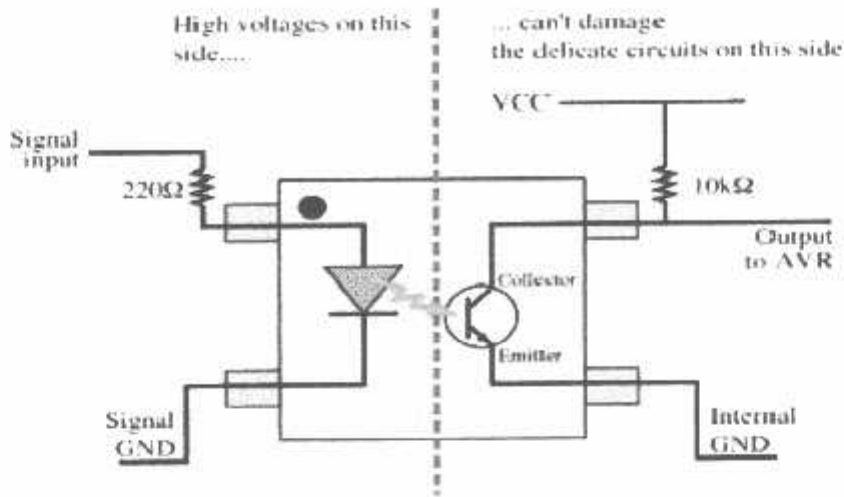
Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini terdiri atas beberapa bagian yaitu:

1. Rangkaian sensor *Optocoupler*
2. Rangkaian Keypad
3. Rangkaian mikrokontroler ATmega8535
4. Rangkaian RTC
5. Rangkaian LCD
6. Infrared

3.2.1 Rangkaian sensor *Optocoupler*

Input yang berupa energi mekanik (putaran baling-baling) akan dirubah menjadi energi listrik oleh rangkaian sensor *Optocoupler*

Rangkaian sensor *Optocoupler* akan menghasilkan tegangan tinggi dan rendah seperti halnya sebuah saklar. Output dari rangkaian sensor *Optocoupler* akan digabungkan ke kaki P3.4 (T0) sebagai input dari mikrokontroler ATmega8535. Rangkaian sensor dapat dilihat dalam gambar

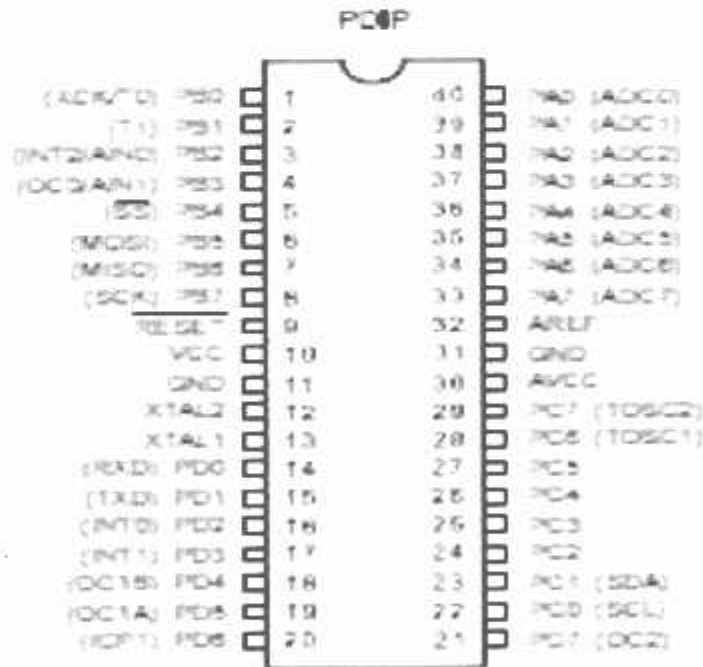


Gambar 3.2 Rangkaian sensor *Optocoupler*

Sumber: Sensor Optocoupler

3.2.2 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler yang digunakan pada peralatan ini adalah mikrokontroler ATmega8535. Komponen ini merupakan sebuah *Chip* tunggal sebagai pusat pengolahan data dan pengontrol alat. Sebagai otak dari pengolahan data dan pengontrol alat, pin-pin ATmega8535 dihubungkan pada rangkaian pendukung membentuk suatu sistem.



Gambar 3.3 Rangkaian mikrokontroler

Sumber: atmel ATmega8535

Pin-pin mikrokontroler yang digunakan adalah:

1. Port 0
P0.0-P0.7 Digunakan sebagai bus RTC dan LCD untuk membaca data waktu dan menuliskan karakter.
 2. Port 1
Digunakan untuk menerima data dari *keypad*.
 3. Port 2
P2.0 Digunakan untuk mengaktifkan *back light* pada LCD.
 4. Port 3
P3.0 (RXD) Digunakan untuk mengirim perintah E ke LCD.
P3.1 (TXD) Digunakan untuk mengirim perintah RS ke RTC.
P3.4 Digunakan sebagai masukan masukan dari sensor *Optocoupler*.
P3.6 Digunakan untuk mengirim perintah WR ke RTC.
P3.7 Digunakan untuk mengirim perintah RD ke RTC.
 5. XTAL1 dan XTAL2
Digunakan sebagai input dari rangkaian osilator. Rangkaian osilator terdiri dari kristal osilator 12MHz, kapasitor C1 dan C2 yang masing-masing bernilai 33 pF, akan mengakibatkan pulsa clock yang menjadi penggerak bagi seluruh operasi internal mikrokontroler.
 6. Vcc
Vcc dihubungkan dengan tegangan sebesar +5V sesuai dengan tegangan operasi chip tunggal yang diijinkan dalam *data sheet*.
 7. GND
GND dihubungkan ke ground catu daya.
 8. Reset
Digunakan untuk mereset program kontrol mikrokontroler, maka pin reset diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal reset, kapasitor dihubungkan dengan Vcc dan sebuah resistor yang dihubungkan ke ground.
 9. EA
Pin EA dihubungkan dengan Vcc sehingga pin ini akan berkondisi high dan berfungsi untuk menjalankan program yang ada pada memori internal.
-

10. ALE

Pin ALE dihubungkan ke AS pada RTC digunakan untuk menahan alamat AD0-AD7 selama proses baca/tulis ada RTC.

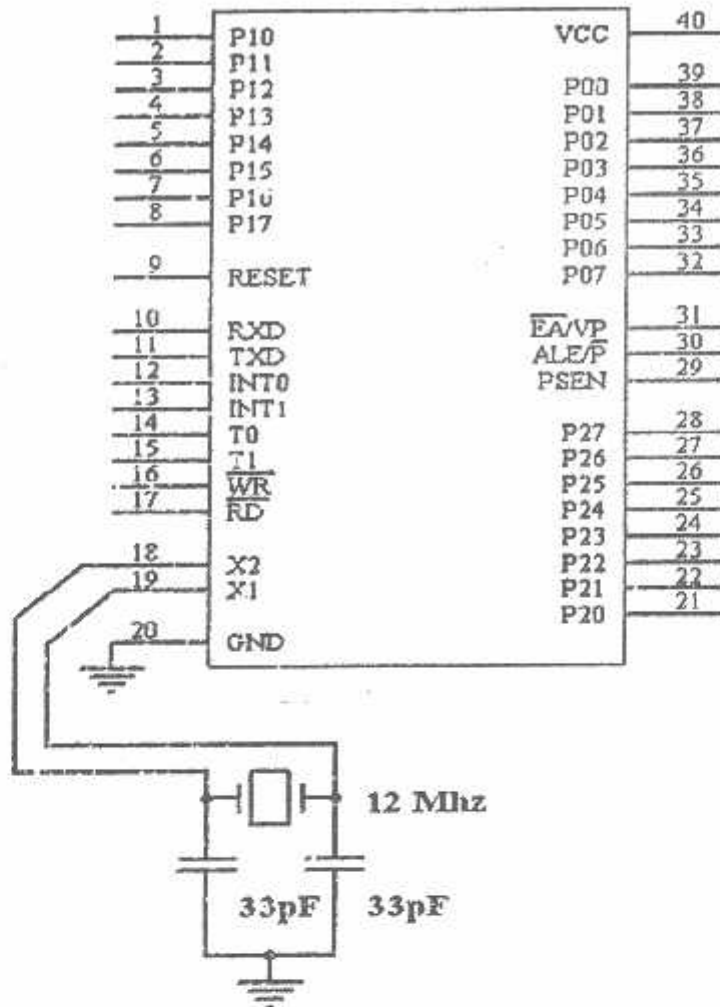
11. P21-P22

P21-P22 dihubungkan dengan Infrared

3.2.2.1 Rangkaian Osilator

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroller ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroller tersebut. Sistem yang dirancang ini menggunakan osilator internal yang terdapat dalam *chip* ATmega8535. Untuk menentukan frekuensi osilatornya cukup dengan menghubungkan *kristal* dalam pin 19 (X1) dan pin 18 (X2) serta dua buah kapasitor ke *ground*.

Kristal yang digunakan adalah 12MHz. Besarnya kapasitansi C1 dan C2 disesuaikan dengan spesifikasi dalam lembar data ATmega8535 yaitu 30 ± 10 pF. Nilai dari masing-masing kapasitor pembentuk osilator adalah C1=33 pF dan C2=33pF. Penentuan nilai kapasitor sebesar 33 pF berdasarkan *data sheet*. Rangkaian osilator dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3.4 Rangkaian Osilator

Sumber: atmel ATmega8535

3.2.2.2 Rangkaian Reset

Rangkaian reset ini diperlukan untuk mereset mikrokontroler ATmega8535. Untuk mereset mikrokontroler ATmega8535 maka pin RST harus diberi *logika tinggi* selama sekurang-kurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator).

Untuk membangkitkan sinyal reset kapasitor dihubungkan ke Vcc dan sebuah resistor dihubungkan ke *ground*. Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 12MHz, maka satu periode membutuhkan waktu sebesar:

$$T = \frac{1}{f_{osc}}$$

$$\frac{1}{12 \text{ MHz}} \text{ s} = 8,333 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk mereset mikrokontroller adalah:

$$\begin{aligned} t_{reset}(\text{min}) &= T \times \text{periode yang dibutuhkan} \\ &= 8,333 \cdot 10^{-8} \times 24 \\ &= 1,99992 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Jadi membutuhkan waktu minimal 2 μs untuk mereset mikrokontroller. Waktu minimal inilah yang dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C.

$$t = RC \ln \frac{5}{V_0(t)}$$

Dengan nilai V_0 adalah tegangan logika nominal yang diperlukan oleh pin RST (datasheet), dimana:

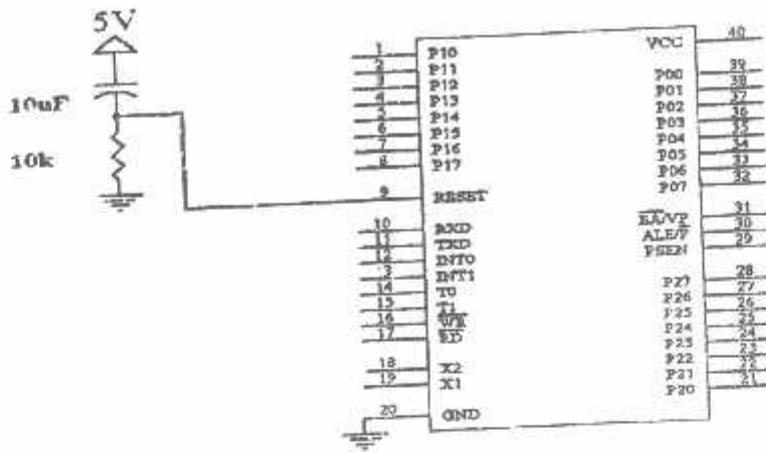
$$V_0 = 0,7 \times V_{cc} = 0,7 \times 5 \text{ Volt} = 3,5 \text{ Volt}$$

$$t = RC \ln \frac{5}{3,5}$$

$$t = 0,357 RC$$

$$= 0,357 \times 10000 \Omega \times 10 \cdot 10^{-6} = 0,0357 \text{ s}$$

Jadi dengan ini nilai komponen resistor (R) 10 k Ω dan nilai kapasitor (C) μF dapat memenuhi syarat minimal untuk waktu yang dibutuhkan untuk me-reset mikrokontroller. Untuk rangkaian reset pada mikrokontroller ATmega8535 dapat dilihat pada gambar 3.5.

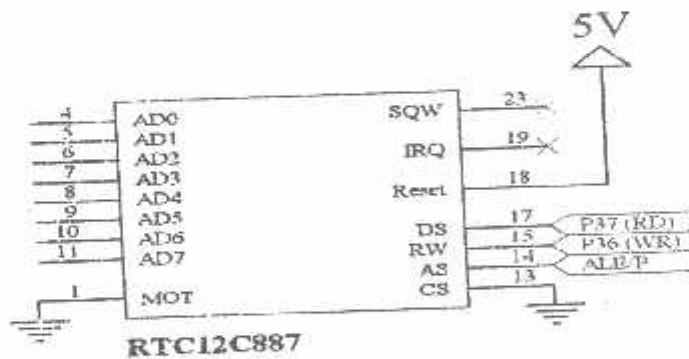


Gambar 3.5 Rangkaian Reset

Sumber: atmel ATmega8535

3.2.3 Rangkaian RTC

RTC pada alat ini digunakan untuk memberikan informasi tanggal maupun jam yang diinginkan sehingga program dapat mendeteksi adanya pergantian bulan dan akan menyimpan secara otomatis data debit pemakaian dan jumlah tagihan bulan lalu dan akan mereset counter bulan berikutnya. RTC yang digunakan adalah jenis DS12C887. Rangkaian RTC dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3.6 RTC DS12C887

Sumber: rtc.htm

Fungsi-fungsi dari pin-pin DS12C887 yang dipergunakan dalam alat ini adalah sebagai berikut:

- Vcc dan Ground

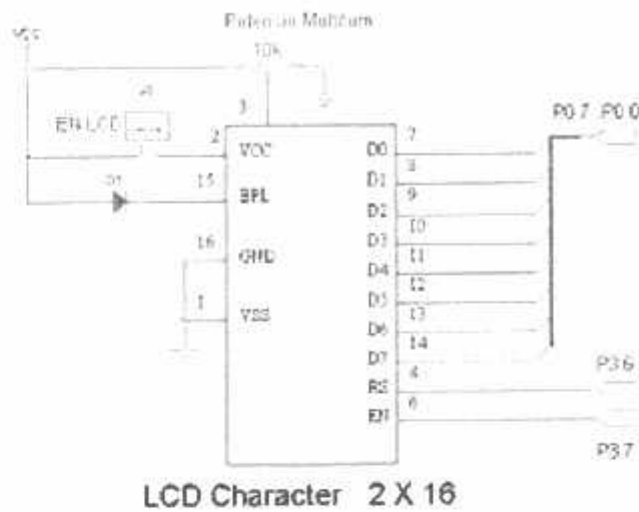
Pin ini dihubungkan dengan tegangan DC 5 volt agar dapat melakukan penulisan dan pembacaan data secara normal.

- MOT
Pin ini dihubungkan dengan *ground* yang berfungsi untuk memilih *intel bus timing*.
- AD0-AD7 (Multiplexed Bidirectional Address/Data bus)
Pin ini terhubung dengan port 0 pada mikrokontroler yang berfungsi sebagai *bus data* atau *bus alamat*.
- AS (Address Strobe Input)
Pin ini terhubung dengan ALE berfungsi sebagai pemberi sinyal untuk menahan alamat.
- DS (Data Strobe or Read Input)
Pin ini terhubung dengan P3.7 (RD) yang berfungsi untuk menerima perintah baca.
- R/W (Read/Write Input)
Pin ini terhubung dengan P3.6 (WR) yang berfungsi untuk menerima perintah tulis.
- CS (Chip Select Input)
Pin ini terhubung dengan *ground* agar RTC dapat diakses oleh mikrokontroler.
- Reset (Reset Input)
Pin ini terhubung dengan *Vcc* untuk aplikasi reset.

3.2.4 Rangkaian LCD

LCD yang digunakan adalah tipe M1632 (16 kolom x 2 baris). Bus data LCD (D0-D7) terhubung dengan port 0 mikrokontroler (P0.0-P0.7). karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin R/W dihubungkan dengan *ground*. RS dihubungkan dengan pin 3.1 dari mikrokontroler. Sedangkan untuk mengaktifkan E (*enable*) LCD dibutuhkan keluaran dari pin 3.0 (RXD). Untuk mengatur tingkat kecerahan LCD digunakan resistor variable 10 K ohm.

Untuk mengaktifkan *back light* pada LCD maka pin A terhubung dengan tegangan 5 volt dan pin K terhubung dengan kaki kolektor transistor. Untuk kaki basis transistor terhubung dengan P2.0 yang berfungsi untuk mengaktifkan transistor sedangkan emitor terhubung dengan *ground*. Rangkaian LCD dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

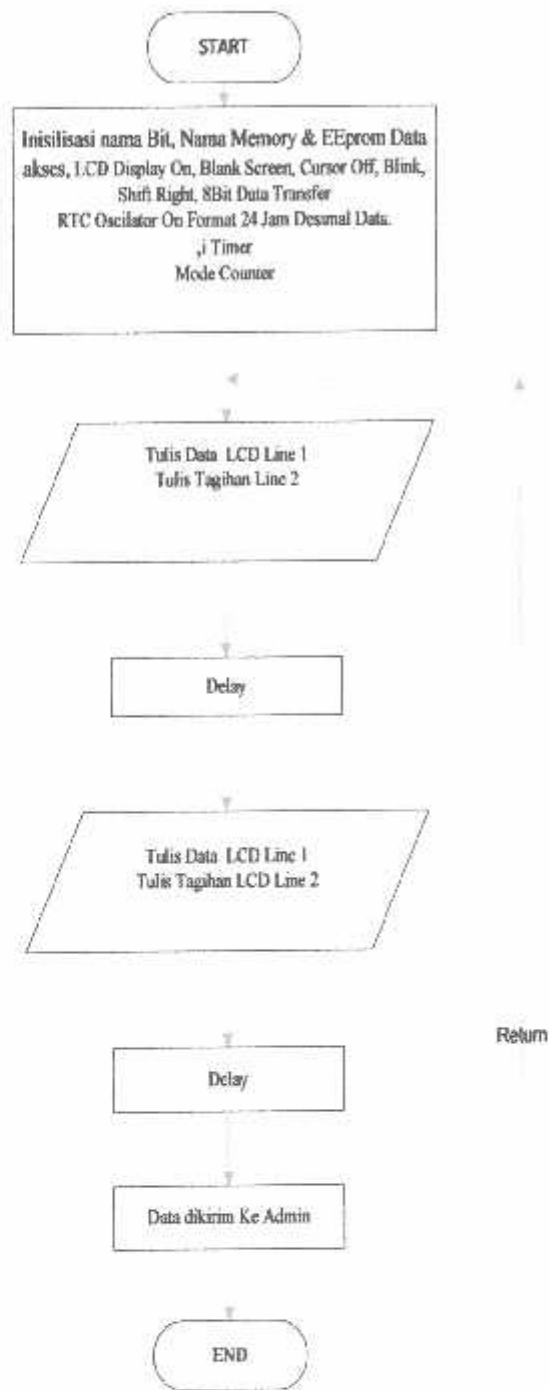


Gambar 3.7 Rangkaian LCD

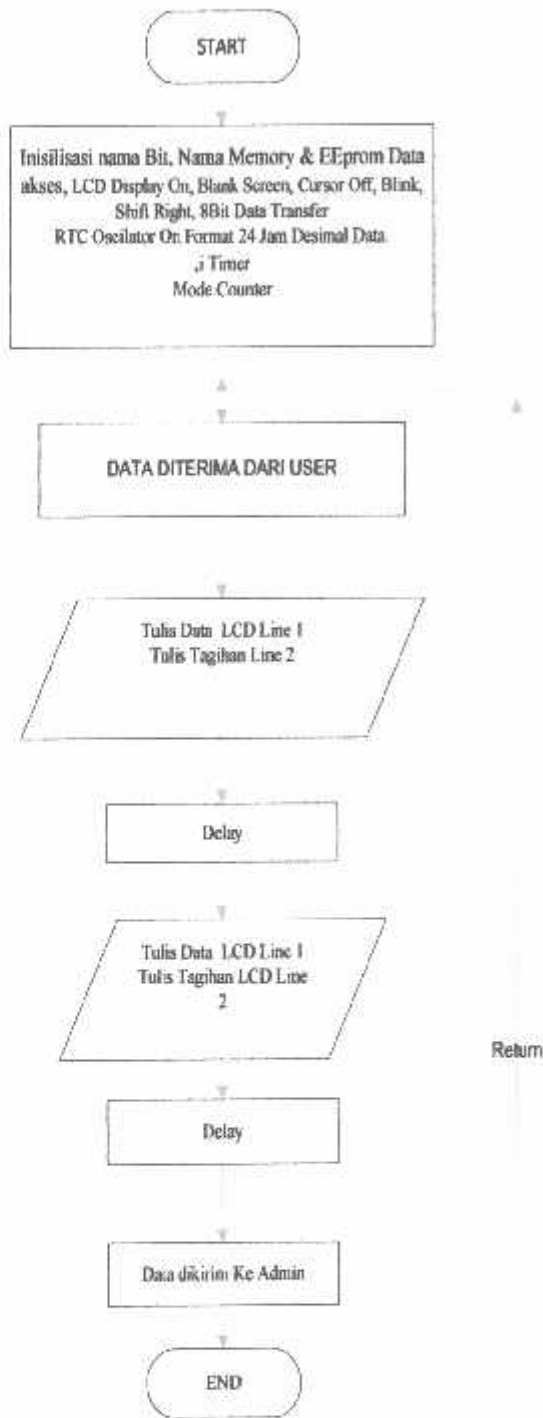
Sumber: LCD M163

3.2.5 Infrared

Infrared digunakan untuk mengirimkan data yang terhitung/tercatat dalam alat tersebut kepada admin atau petugas yang bertugas untuk mencatat beban pemakaian air PAM yang telah kita gunakan pada tiap bulannya.



Gambar 3.8 Diagram Alir Program Utama Untuk User



Gambar 3.9 Diagram Alir Program Utama Untuk Admin

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi laporan hasil pengujian dari alat yang telah dirancang dan untuk mengetahui sistem dapat bekerja dgn baik sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan pada blok rangkaian dan mengamati keluaran dari blok rangkaian yang diuji tersebut. Data hasil pengujian yang diperoleh nantinya akan di analisis untuk dijadikan acuan dalam mengambil kesimpulan.

Pengujian dilakukan pada tiap blok sistem. blok-blok yang diuji adalah:

- Pengujian rangkaian sensor *Optocoupler*.
- Pengujian rangkaian *Keypad*.
- Pengujian mikrokontroler, LCD dan RTC, Infrared
- Pengujian secara keseluruhan alat.

4.1 Pengujian Rangkaian Sensor Optocoupler

4.1.1 Tujuan

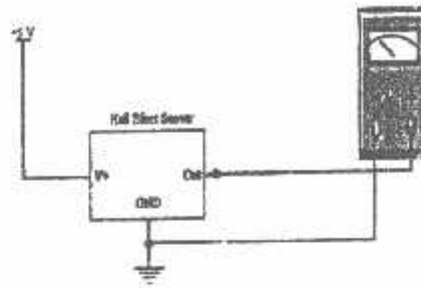
Pengujian rangkaian sensor *Optocoupler* bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dari sensor *Optocoupler* untuk mendeteksi putaran cincin magnetik yang terdapat pada meter PDAM.

4.1.2 Peralatan Pengujian

- Sensor *Optocoupler*
- Multitester
- Catudaya 5 volt
- Kipas angin

4.1.3 Prosedur Pengujian

- 1) Rangkaian disusun seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.
 - 2) Mengambil data pengujian hasil tampilan dari multitester.
-



Gambar 4.1 Rangkaian pengujian sensor *Optocoupler*

4.1.4 Hasil Pengujian

Dari pengujian didapat hasil seperti yang terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Tabel Pengujian Rangkaian Sensor *Optocoupler*

Kutub	Pengujian	Nilai tegangan (Volt)	Rata-rata tegangan (Volt)	Kondisi logika (Volt)
Utara-Selatan	1	4,84	4,83	1 (High)
	2	4,82		
	3	4,83		
	4	4,82		
	5	4,84		
	6	4,82		
	7	4,84		
	8	4,83		
	9	4,82		
	10	4,84		
Selatan-Utara	1	0,04	0,03	0 (Low)
	2	0,03		
	3	0,03		
	4	0,02		
	5	0,04		
	6	0,02		
	7	0,03		

	8	0,02		
	9	0,04		
	0	0,03		

4.1.5 Hasil Analisis

Dalam tabel terlihat bahwa keluaran dr sensor berupa level tegangan tinggi dan rendah. Maka dengan hasil tersebut sensor *Optocoupler* dapat bekerja secara baik dan level tegangan tersebut dapat diterima oleh mikrokontroler ATmega8535. Karena level tegangan high mikrokontroler (V_{IH}) antara 1,9 – 5,5 volt dan level tegangan low mikrokontroler (V_{IL}) antara -0,5 - 0,9 volt.

4.2 Pengujian Keypad

4.2.1 Tujuan

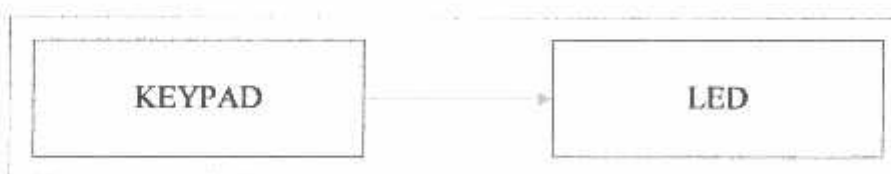
Pengujian keypad ini bertujuan untuk mengetahui bahwa keypad dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang ditentukan.

4.2.2 Peralatan Pengujian

- Catudaya 5 volt
- Led penampil
- Keypad

4.2.3 prosedur Pengujian

- pengujian dilakukan seperti pada blok diagram dalam gambar 4.2
- untuk melakukan pengujian yaitu dengan menekan tombol pada keypad satu per satu. Keluaran data dari setiap tombol yang ditekan kemudian dilihat pada led yang sudah ada.



Gambar 4.2 Blok diagram pengujian rangkaian keypad

4.2.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian keypad ditunjukkan dalam tabel 4.3. untuk kejelasan pembacaan tabel 4.3 dapat dilihat pada keterangan tabel 4.2.

Tabel 4.2 Keterangan Tabel 4.3

Baris/colom	LED	LED	LED	LED
P1.0	1	2	3	13
P1.1	4	5	6	14
P1.2	7	8	9	15
P1.2	11	0	12	16

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Keypad

Port 1								Keterangan (Set/Cek)	Data Keypad
LED	LED	LED	LED	3	2	1	0		
X	X	X	X	1	1	1	0	SET	X
X	X	X	Nyala	1	1	1	0	CEK	1
X	X	Nyala	X	1	1	1	0	CEK	2
X	Nyala	X	X	1	1	1	0	CEK	3
Nyala	X	X	X	1	1	1	0	CEK	13
X	X	X	X	1	1	0	1	SET	X
X	X	X	Nyala	1	1	0	1	CEK	4
X	X	Nyala	X	1	1	0	1	CEK	5
X	Nyala	X	X	1	1	0	1	CEK	6
Nyala	X	X	X	1	1	0	1	CEK	14
X	X	X	X	1	0	1	1	SET	X
X	X	X	Nyala	1	0	1	1	CEK	7
X	X	Nyala	X	1	0	1	1	CEK	8
X	Nyala	X	X	1	0	1	1	CEK	9
Nyala	X	X	X	1	0	1	1	CEK	15
X	X	X	X	0	1	1	1	SET	X

X	X	X	Nyala	0	1	1	1	CEK	11
X	X	Nyala	X	0	1	1	1	CEK	0
X	Nyala	X	X	0	1	1	1	CEK	12
Nyala	X	X	X	0	1	1	1	CEK	16

4.2.5 Hasil Analisis

Dari hasil pengujian yang diperoleh adalah semua data hasil penekanan tombol dapat ditampilkan dengan benar oleh LED. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa rangkaian keypad dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perencanaan.

4.3 Pengujian Mikrokontroler, RTC, LCD dan Infrared

4.3.1 Tujuan

Pengujian sistem mikrokontroler, RTC, LCD dan infrared adalah untuk mengetahui mikrokontroler dapat berfungsi sesuai dengan program yang dibuat dan untuk mengetahui komunikasi antara mikrokontroler baik dengan RTC, LCD dan Infrared dapat bekerja dengan baik.

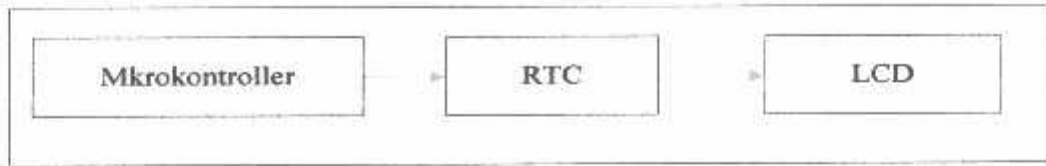
4.3.2 Peralatan Pengujian

- Mikrokontroler Atmega8535
- RTC DS12C887
- LCD
- Infrared
- Catudaya 5 volt

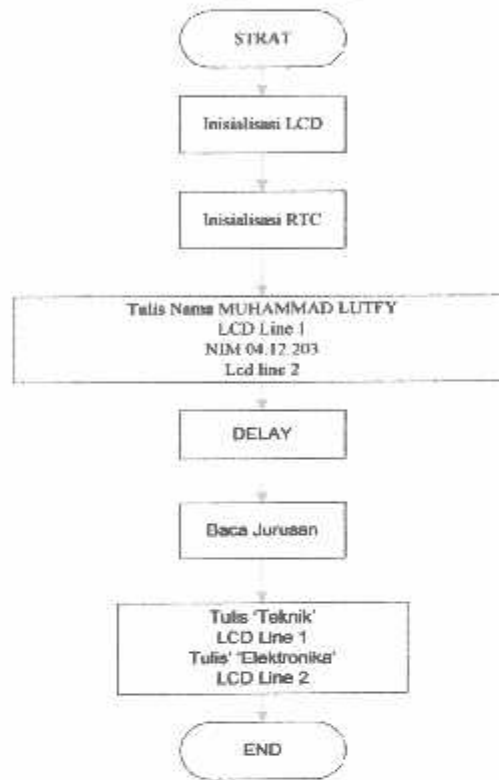
4.3.3 Prosedur pengujian

- Merangkai rangkaian pengujian seperti pada blok diagram dalam gambar 4.3.
- Melakukan inisialisasi pada LCD
- Melakukan inisialisasi pada RTC
- Menuliskan nama 'MUHAMMAD LUTFY' pada baris pertama dan 'NIM 04.12.S203' pada baris kedua.
- Memberikan program delay.
- Membaca jurusan pada RTC
- Menuliskan jurusan 'TEKNIK' pada baris pertama dan 'ELEKTRONIKA' pada baris kedua.

- Diagram alir yang digunakan untuk pengujian rangkaian mikrokontroller dan LCD ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.3 Blok Diagram Rangkaian Pengujian



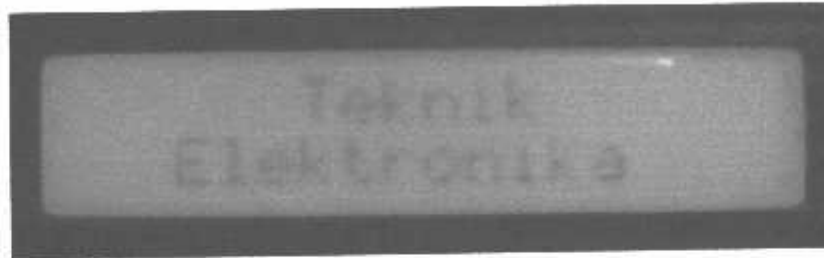
Gambar 4.4 Diagram Alir Pengujian

4.3.4 Hasil Pengujian

Gambar 4.5 menunjukkan tampilan 'MUHAMMAD LUTFY' pada baris pertama dan 'NIM 04.12.203' pada baris kedua. Gambar 4.6 menunjukkan tampilan 'TEKNIK' pada baris pertama dan 'ELEKTRONIKA' pada baris kedua.



Gambar 4.5 Gambar Hasil Pengujian LCD



Gambar 4.6 Gambar Hasil Pengujian RTC

4.3.5 Hasil Analisa

Melihat hasil pengujian pada tampilan LCD terbukti bahwa data karakter yang diprogram dalam mikrokontroler dapat ditampilkan dengan baik. Maka dengan hasil tersebut komunikasi antara mikrokontroler baik dengan RTC, LCD, maupun Infrared juga bekerja dengan baik.

4.5 Pengujian Secara Keseluruhan

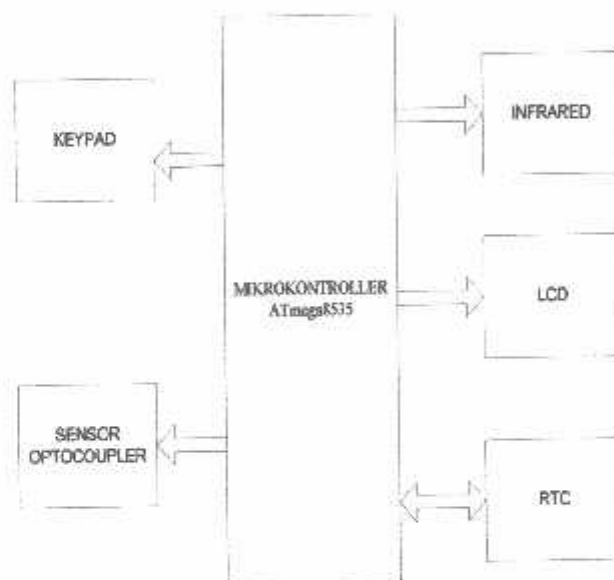
Pengujian dan pengamatan yang dilakukan untuk keseluruhan sistem dilakukan dengan menghubungkan keseluruhan perangkat keras dan perangkat lunak yang terdapat pada sistem mikrokontroler. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil kerja rangkaian secara lengkap apakah perancangan alat telah berfungsi dengan baik jika telah tergabung menjadi satu dalam satu sistem.

4.5.1 Peralatan Pengujian

- Modul rangkaian keseluruhan lengkap
- Kipas (fan)
- Catudaya 5 volt

4.5.2 Prosedur Pengujian

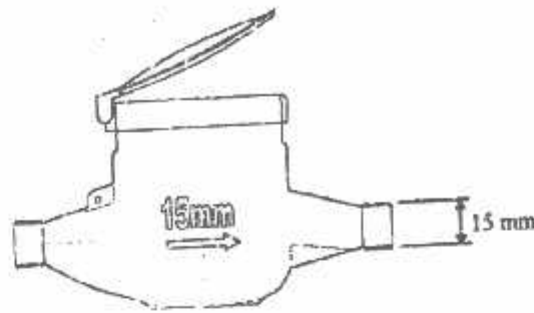
- 1) Menyusun rangkaian seperti pada gambar 4.7.
- 2) Menyeting besar tarif dasar air PAM.
- 3) Memastikan debit pemakaian dimulai dari nol.
- 4) Memastikan tanggal, bulan, dan tahun yang benar.
- 5) Menyalakan alat.
- 6) Menyalakan kipas.
- 7) Mencatat dan mengamati hasil pengujian.
- 8) Mengganti bulan menjadi bulan berikutnya.
- 9) Melihat apakah data pemakaian bulan lalu tersimpan dan data pemakaian bulan berikutnya dimulai dari nol kembali.



Gambar 4.7 Blok Diagram Keseluruhan Sistem

4.5.3 Hasil pengujian

Metode untuk perhitungan debit air secara teori dilakukan sebagai berikut:



Data meter air PAM:

Diameter pipa (D_p) = 15 mm

Diameter cincin magnetic (D_c) = 9,8 mm

Ditanya : konversi putaran ke m^3

Jawab:

Besar debit air PAM ditentukan oleh rumus di bawah ini:

$$Q = \Lambda \cdot v$$

$$Q = \frac{60 \cdot \pi \cdot D_p^2 \cdot v}{4}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{60 \cdot \pi \cdot D_p^2}$$

Dimana : Q = debit air meter PAM (m^3/jam)

Λ = luas penampang pipa (m^2)

v = kecepatan aliran air (m/mnt)

$\pi = 3,14$

D_p = diameter pipa (m) = $15 \cdot 10^{-3}$ m

Jika besar debit air adalah $0,001 m^3/\text{jam}$ maka rumus kecepatan air menjadi :

$$v = \frac{Q}{15 \cdot \pi \cdot D_p^2} \text{ [m/mnt]}$$

$$v = \frac{0,001}{15 \cdot 3,14 \cdot (15 \cdot 10^{-3})^2} \text{ [m/mnt]}$$

$$v = \frac{0,001}{10597,5 \cdot 10^{-6}} \text{ [m/mnt]}$$

$$v = 9,44 \cdot 10^{-2} \text{ [m/mnt]}$$

Besar kecepatan putar dari cincin magnetic ditentukan dengan rumus:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_C}$$

Dimana : n = putaran cincin magnetic (rpm)

v = kecepatan aliran air (m/s)

D_C = Diameter cincin magnetic (mm) = 9,8 mm

$$\pi = 3,14$$

Dengan $v = 9,44 \cdot 10^{-2}$ [m/mnt] maka:

$$n = \frac{1000 \cdot 9,44 \cdot 10^{-2}}{\pi \cdot D_C}$$

$$n = \frac{94,4}{3,14 \cdot 9,8} \text{ [rpm]}$$

$n = 3,068$ [rpm] karena [1 putaran = 6,28 rad] maka:

$$n = 0,489 \text{ [putaran/mnt]}$$

Jadi dalam 0,001(m³/jam) dibutuhkan kecepatan putar sebesar 3,068 (rpm) atau sebesar 0,489 (putaran/mnt). Sehingga untuk konversi putaran ke m³ menjadi:

$$0,001 \text{ [m}^3\text{/jam]} = 0,489 \text{ [putaran/mnt]}$$

$$0,001 \text{ [m}^3\text{/jam]} = 29,31 \text{ [putaran/jam]}$$

$$0,001 \text{ [m}^3\text{]} = 29,31 \text{ [putaran]}$$

Jadi untuk 0,001 [m³] = 29,31 [putaran] atau dalam liter 1 [liter] = 29,31 [putaran] sehingga untuk pembacaan debit air secara teori dipergunakan rumus:

$$\frac{Q_1}{n_1} = \frac{Q_2}{n_2}$$

$$Q_2 = \frac{n_2}{n_1} Q_1 \text{ dimana } [n_2 = x \cdot n_1]$$

Dengan $[x$ adalah banyaknya liter air $(0,1,2,3,\dots)]$

$$Q_2 = \frac{x \cdot n_1}{n_1} Q_1$$

Dengan $[Q_1 = 0,001 [m^3]$ dan $n_1 = 29, 31$ [putaran] maka

$$Q_2 = x \cdot 0,001 [m^3]$$

dengan Q_2 adalah debit air PAM yang dicari

Misal untuk mencari besar debit $0,005 m^3$ adalah:

$$Q_2 = x \cdot 0,001 [m^3] \text{ karena debit tersebut adalah liter ke 5 maka } x = 5$$

$$Q_2 = 5 \cdot 0,001 [m^3]$$

$$Q_2 = 0,005 [m^3]$$

Setelah pembacaan debit air secara teori didapat maka data tersebut dimasukkan dalam table 4.4 yang nantinya dipergunakan untuk perbandingan dengan pembacaan debit air meter PDAM.

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian System Secara Keseluruhan

Debit air (m^3)	Pembacaan debit air			Pembacaan besar tagihan		
	Meter PDAM (m^3)	Teori (m^3)	Selisih (m^3)	Teori (Rp)	LCD (Rp)	Selisih (Rp)
0,005	0,0052	0,005	0,0002	7,5	7	0,5
0,010	0,010	0,010	0	15	15	0
0,015	0,0150	0,015	0	22,5	22	0,5
0,020	0,0200	0,020	0	30	30	0
0,025	0,0252	0,025	0,0002	37,5	37	0,5

0,030	0,030	0,030	0	45	45	0
0,035	0,0352	0,035	0,0002	52,5	52	0,5
0,040	0,040	0,040	0	60	60	0
0,045	0,0425	0,045	0,0002	67,5	67	0,5
0,050	0,0500	0,050	0	75	75	0
Total			0,0008	Total		2,5

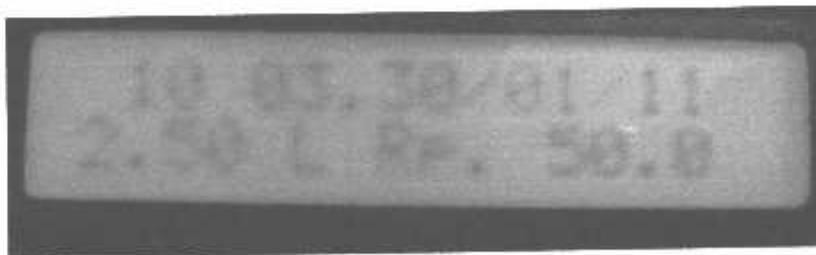
Table 4.5 Tabel Prosentase Kesalahan Pembacaan Sistem Secara Keseluruhan

Debit air acuan (m ³)	Pembacaan debit air (%)	Pembacaan besar tagihan (%)
0,005	4	6,67
0,010	0	0
0,015	0	2,22
0,020	0	0
0,025	0,8	1,3
0,030	0	0
0,035	0,57	0,95
0,040	0	0
0,045	0,44	0,74
0,050	0	0
Rata-rata	0,581	1,188

Catatan: Data-data untuk perhitungan 4.5 berasal dari table 4.4

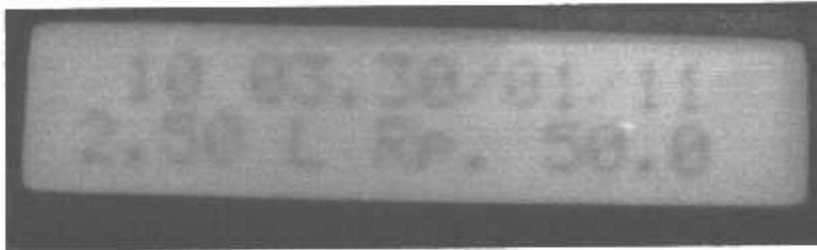
Hasil pengujian untuk memastikan data tersimpan saat terjadinya pergantian bulan dapat dilihat pada gambar 4.8, gambar 4.9, gambar 5.10.

Dalam gambar 4.8 menunjukkan data debit pemakaian air pada bulan ke-1 sebesar 2,50 liter dan besar tagihan sebesar Rp. 50,00.



Gambar 4.8 Data Bulan ke 1

Dalam gambar 4.9 menunjukkan data debit pemakaian dan besar tagihan pada bulan ke 1 telah tersimpan.



Gambar 4.9 Penyimpanan Data Bulan ke 1

Pada gambar 4.10 menunjukkan bahwa setelah data di simpan maka data debit pemakaian dan besar tagihan bulan ke 1 kembali lagi ke nol.



Gambar 5.10 Data Bulan ke 1 Kembali ke Nol

4.5.4 Hasil Analisis

Berdasarkan tabel 4.5 maka prosentase "kesalahan"keseluruhan sistem adalah:

- 1) Presentase "kesalahan" pembacaan debit air sebesar 0,581%.
- 2) Presentase "kesalahan" pembacaan besar tagihan sebesar 1,188%.
- 3) Ketika pembacaan debit besar tagihan bertambah maka besar presentase kesalahan cenderung semakin kecil pada setiap kali pembacaan.

Berdasarkan gambar 4.8, gambar 4.9, gambar 4.10 maka untuk penyimpanan data saat pergantian bulan dapat bekerja dengan baik.

Faktor-faktor penyebab terjadinya selisih pembacaan data pada keseluruhan sistem antara lain:

- 1) Kesalahan pembacaan debit disebabkan oleh ketidaktepatan dalam penghentian kipas angin (fan) yang mengakibatkan adanya putaran sisa pada kincir meter PDAM sehingga meter air berubah sedikit (human error).
- 2) Faktor lain kesalahan pembacaan debit disebabkan adanya *gap* antara roda gigi yang menyusun meter air.
- 3) Kesalahan pembacaan besar tagihan disebabkan pada sistem dilakukan pembulatan kebawah. Karena sistem tidak mengikutsertakan satuan dalam sen.
- 4) Prosentase kesalahan yang cenderung semakin kecil pada setiap kali pembacaan dikarenakan selisih hasil pembacaan debit dan pembacaan besar tagihan yang cenderung konstan.

Dari hasil analisis pengujian secara keseluruhan yang menunjukkan prosentase kesalahan sistem kurang dari 3% maka alat atau sistem tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan.

4.5.5 Transmitter

Pada dasarnya penggunaan modulasi cahaya, penggunaannya tidak ada batasannya namun modulasi harus menggunakan sinyal "carrier" yang frekuensinya harus sangat tinggi yaitu dalam orde ribuan Megahertz. Biasanya modulasi dengan frekuensi carrier yang tinggi ini digunakan untuk modulasi sinar laser atau pada transmisi data yang menggunakan media udara sebagai media perantara biasanya menggunakan frekuensi carrier yang jauh lebih rendah yaitu sekitar 30 KHz-40 KHz. Infra merah yang dipancarkan melalui udara ini paling efektif jika menggunakan sinyal carrier yang mempunyai frekuensi frekuensi diatas atau lebih tinggi.

Semua remot kontrol menggunakan transmisi sinyal infra merah yang dimodulasi dengan sinyal carrier dengan frekuensi tertentu yaitu pada frekuensi 30 KHz-40 KHz. Sinyal yang dipancarkan oleh transmitter diterima oleh receiver infra merah dan kemudian didecodekan sebagai sebuah paket data biner.

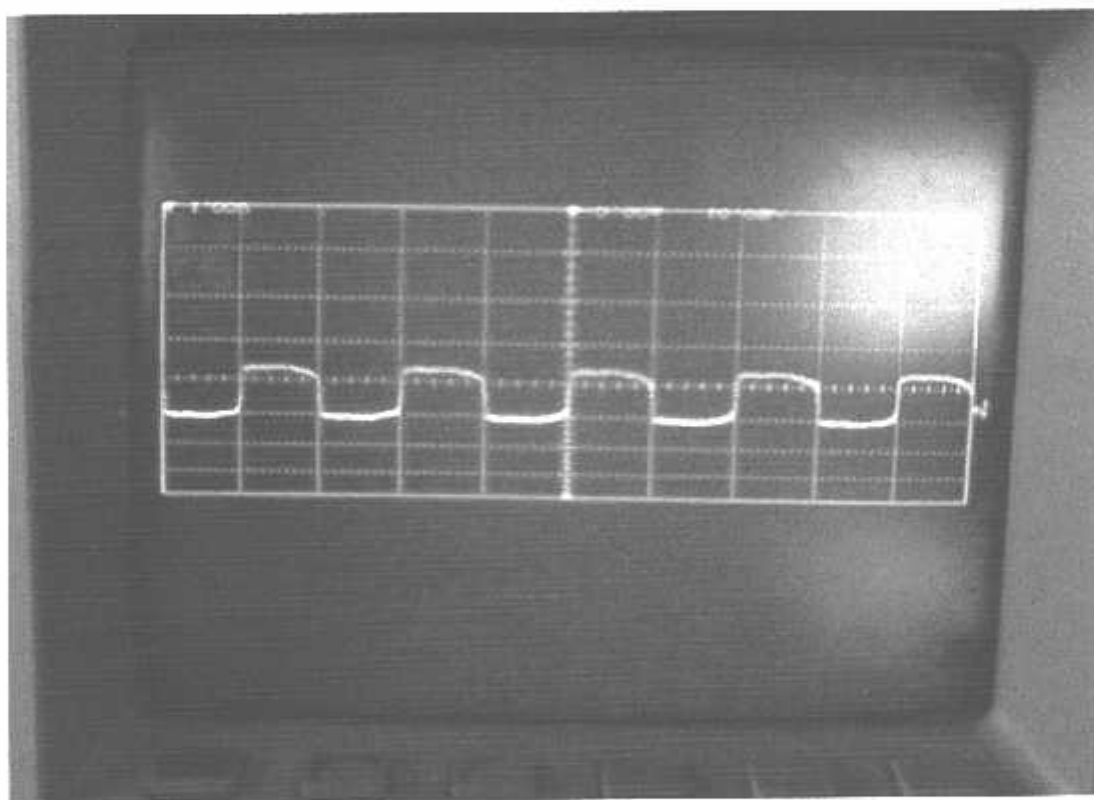
Panjang sinyal data biner ini sendiri bervariasi antara satu perusahaan dengan perusahaan yang lain sehingga satu remote control hanya bisa digunakan untuk suatu produk dari perusahaan yang sama dan pada tipe yang sama.

Pada transmisi infra merah terdapat dua terminologi yang sangat penting yaitu "space" yang menyatakan tidak ada sinyal carrier dan "pulse" yang menyatakan ada sinyal carrier.

Dalam pembuatan alat ini jarak ideal untuk pengiriman data dari pemancar kepada penerimanya adalah 1 meter. Jika mau menambahkan jarak antara pengirim data dan penerima data kita bisa menggantikan sensor infra merah yang jarak pengirimannya lebih jauh.

4.5.6 Gambar gelombang Infrared

Dari hasil pengujian alat yang telah kita lakukan maka gelombang sinyal pengiriman yang ditampilkan oleh gelombang sinyal pengirim dan gelombang sinyal penerima dari *Infrared* itu sendiri akan ditunjukkan seperti pada gambar 5.11 dibawah ini.



Gambar 4.11 Gelombang sinyal pengiriman yang digunakan oleh sensor *infrared* pada saat pengiriman data.

Sumber: Data percobaan.



Gambar 4.12 Alat Pembaca Data Debit Air Dan Alat Pengirim Data



Gambar 4.13 Alat Penerima Data Atau Transmitter

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. *ATmega8535 Datasheet*. http://atmel.com/dyn/resource/prod_document/doc250.pdf.
 - Malvino, A.P. 1995. *Prinsip-prinsip Elektronika Edisi kedua, diterjemahkan oleh Hanapi*. Jakarta: Erlangga.
 - Seiko Instrumen. 1987. *Liquid Cristal Display Module*. Seiko Instrumen.
 - Implementasi timer berbasis PC untuk sirkuit balap IT TELKOM. Anonim. 2006. *ATmega8535 Datasheet*. http://atmel.com/dyn/resource/prod_document/doc250.pdf.
 - Malvino, A.P. 1995. *Prinsip-prinsip Elektronika Edisi kedua, diterjemahkan oleh Hanapi*. Jakarta: Erlangga.
 - Seiko Instrumen. 1987. *Liquid Cristal Display Module*. Seiko Instrumen.
 - Implementasi timer berbasis PC untuk sirkuit balap IT TELKOM.
 - <http://science.hq.nasa.gov/kids/imagers/ems/infrared.html>
 - <http://www.myinfrared.com/>
 - <http://www.total.or.id/info.php?kk=Liquid%20Crystal%20Display>
 - <http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?cetakartikel&1085903780>
 - http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/Quick%20Start%20DT-10%204x4%20Keypad.pdf
 - <http://www.mikroe.com/eng/products/view/135/keypad-4x4-board/>
 - http://www.futurlec.com/ATMEGA8535_Educational_Board.shtml
-



FORM BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Lutfy B.
NIM : 04.12.203
Tgl Bimbingan : 20 Desember 2010 s/d 20 Desember 2011
Judul : Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengukur Debit Air PAM
Dilengkapi Dengan Tampilan Jumlah Tagihan Per-Bulan

Tanggal	Uraian	Paraf
19 JAN 2011	ACC BAB I	
21 JAN 2011	ACC BAB II	
25 JAN 2011	REVISI BAB III KETERANGAN GAMBAR.	
27 JAN 2011	REVISI BAB IV	
4 FEB '11	ACC MAKALAH SEMINAR HASIL	
6 FEB '11	ACC BAB V	
10 FEB '11	ACC SEMUA BAB.	

Malang, 2011
Dosen Pembimbing II

Ir. Eko Nurcahyo
NIP. 1028700172

Form S-4b



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Raya Karanglo Km 2
MALANG

FORM BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Lutfy B.
NIM : 04.12.203
Tahap Bimbingan : 20 Desember 2010 s/d 20 Desember 2011
Judul : Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengukur Debit Air PAM
Dilengkapi Dengan Tampilan Jumlah Tagihan Per-Bulan

Tanggal	Uraian	Paraf
19 JAN 2011	ACC BAB I	
21 JAN 2011	ACC BAB II	
25 JAN 2011	REVISI BAB III KETERANGAN GAMBAR.	
27 JAN 2011	REVISI BAB IV	
4 FEB '11	ACC MAKALAH SEMINAR HASIL	
6 FEB '11	ACC BAB V	
10 FEB '11	ACC SEMUA BAB.	

Malang, 2011
Dosen Pembimbing II

Ir. Eko Nurcahyo
NIP. 1028700172

Form S-4b



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

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

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

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Lutfy Basyaruddin
Nim : 04.12.203
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Hari / Tanggal : Kamis / 17 Februari 2011

Tanggal	Penguji	Uraian	Paraf
17 Februari 2011	Penguji I	1. Pengujian sensor. 2. Kesimpulan 3. Kalibrasi sensor yang digunakan	
	Penguji II	1. Abstrak 2. Flowchart 3. Revisi laporan sesuai dengan alat	

Telah Diperiksa / Disetujui:

Dosen Penguji I

I Komang Somawirata ST, MT
NIP.P.1030100361

Dosen Penguji II

Sonny Prasetyo ST, MT
NIP.P. 1031000433

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP. Y.1039700309

Dosen Pembimbing II

Ir. Eko Nurcahyo
NIP. P.1028700172



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : M. LUTFY B
NIM : 04.12.205
Perbaikan meliputi

- penyajian
- sensor
- kerangka
- kalibrasi sensor (yg dipalun)

A/B: to pembimbing

- sensor diganti tdk sama dgn yg di caporan
- test pasar (buat)
- perencanaan (buat)

Malang,



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaiki Ujian Skripsi

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

NAMA : Muhammad Luffy Bayaruddin
NIM : 0412203
Perbaikan meliputi :


- Abstrak 23/3

- Flowchart (digabung, hanya terdapat 2 Flowchart) 8 2/3

- Revisi laporan (sesuaikan dgn alat) 8 2/3
karena tidak menggunakan sensor hall effect

- Uji rangkaian pengirim infra red 8 2/3

Malang.

(7/2011)
2

(SONNY PRASETIO, ST, MT)

LAMP IRAN LAMP IRAN



Features

High Performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
RISC Architecture
10 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
2 x 8 General Purpose Working Registers
Fully Static Operation
Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
On-chip 2-cycle Multiplier
Separate 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
128 Bytes EEPROM
Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
128 Bytes Internal SRAM
Programmable 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
3-wire-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
Multiple 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
Operating Grades
0 - 8 MHz for ATmega8535L
0 - 16 MHz for ATmega8535



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

**ATmega8535
ATmega8535L**

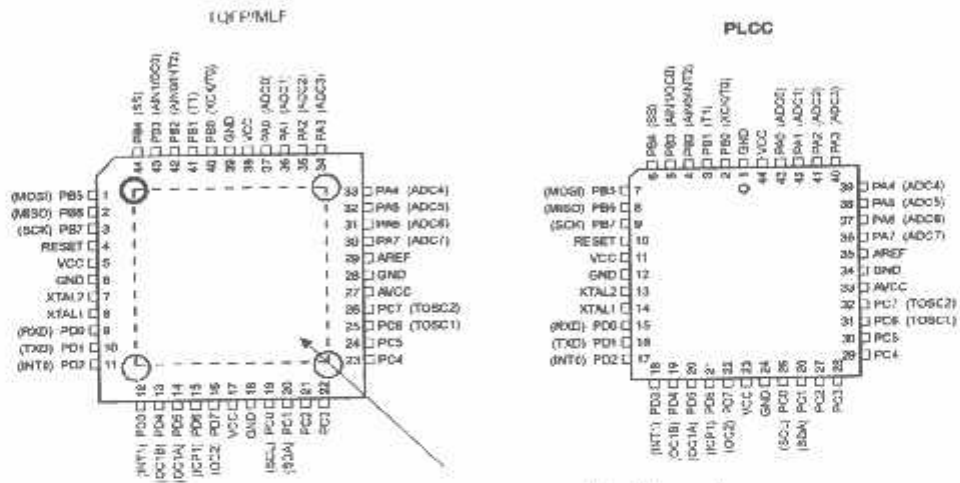
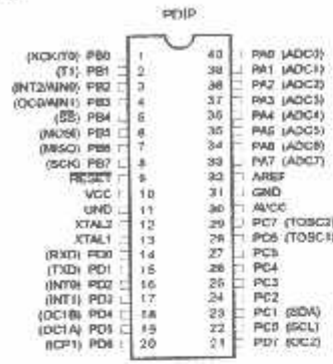
2502K-AVR-10/06





onfigurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



NOTE: MLF Bottom pad should be soldered to ground.

claimer

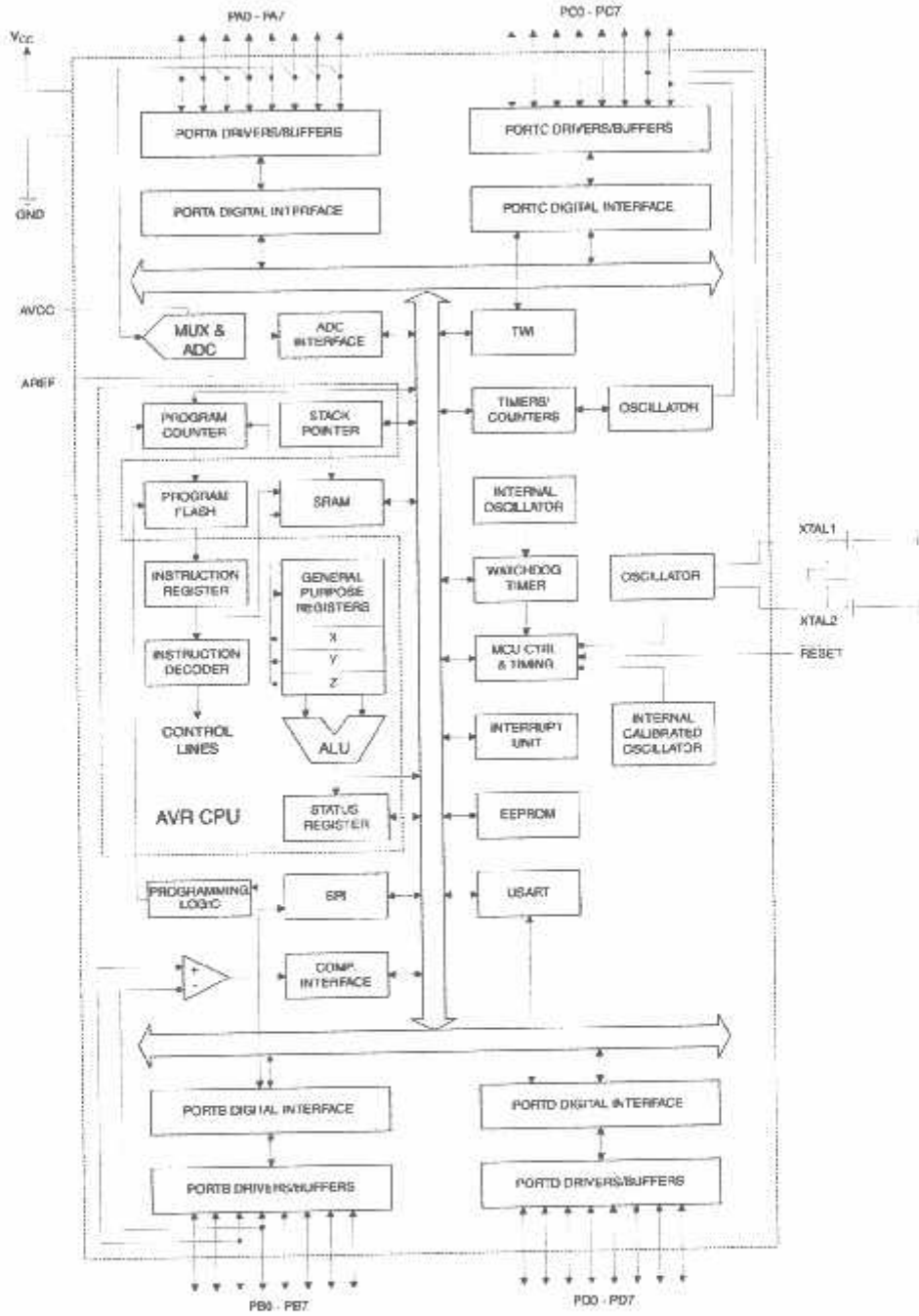
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

view

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.

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.

ATmega8535 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.

ATmega8535 Compatibility

e

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 45 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 146 for details.

ATmega8535(L)

2502K-AVR-10/08

Descriptions

Digital supply voltage.

Ground.

(PA7..PA0)

Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

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.

(PB7..PB0)

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.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 60.

(PC7..PC0)

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.

(PD7..PD0)

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.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 64.

 \bar{R}

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 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

1

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

2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

3

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.

4

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.





urces

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

ATmega8535(L)

2502K-AVR-10/06

Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.

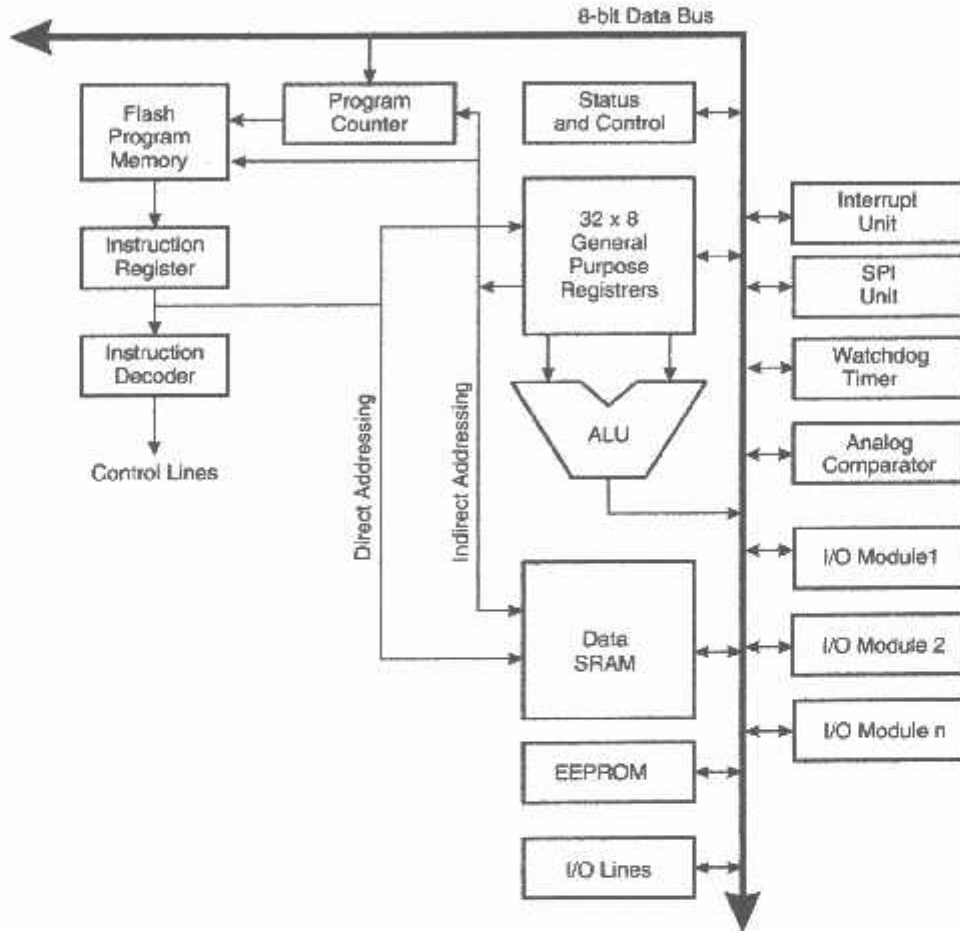
CPU Core

Introduction

This section discusses the AVR core architecture in general. The main function of the CPU core is to ensure correct program execution. The CPU must therefore be able to access memories, perform calculations, control peripherals, and handle interrupts.

Structural Overview

Figure 3. Block Diagram of the AVR MCU Architecture



In order to maximize performance and parallelism, the AVR uses a Harvard architecture – with separate memories and buses for program and data. Instructions in the program memory are executed with a single level pipelining. While one instruction is being executed, the next instruction is pre-fetched from the program memory. This concept enables instructions to be executed in every clock cycle. The program memory is In-System Re-Programmable Flash memory.

The fast-access Register File contains 32 x 8-bit general purpose working registers with a single clock cycle access time. This allows single-cycle Arithmetic Logic Unit (ALU) operation. In a typical ALU operation, two operands are output from the Register File, the operation is executed, and the result is stored back in the Register File – in one clock cycle.

Six of the 32 registers can be used as three 16-bit indirect address register pointers for Data Space addressing – enabling efficient address calculations. One of these address pointers can also be used as an address pointer for look up tables in Flash program memory. These added function registers are the 16-bit X-, Y-, and Z-registers, described later in this section.

The ALU supports arithmetic and logic operations between registers or between a constant and a register. Single register operations can also be executed in the ALU. After an arithmetic operation, the Status Register is updated to reflect information about the result of the operation.

Program flow is provided by conditional and unconditional jump and call instructions, able to directly address the whole address space. Most AVR instructions have a single 16-bit word format. Every program memory address contains a 16- or 32-bit instruction.

Program Flash memory space is divided in two sections, the Boot Program section and the Application Program section. Both sections have dedicated Lock bits for write and read/write protection. The SPM instruction that writes into the Application Flash memory section must reside in the Boot Program section.

During interrupts and subroutine calls, the return address Program Counter (PC) is stored on the Stack. The Stack is effectively allocated in the general data SRAM, and consequently the Stack size is only limited by the total SRAM size and the usage of the SRAM. All user programs must initialize the SP in the reset routine (before subroutines or interrupts are executed). The Stack Pointer SP is read/write accessible in the I/O space. The data SRAM can easily be accessed through the five different addressing modes supported in the AVR architecture.

The memory spaces in the AVR architecture are all linear and regular memory maps.

A flexible interrupt module has its control registers in the I/O space with an additional Global Interrupt Enable bit in the Status Register. All interrupts have a separate Interrupt Vector in the Interrupt Vector table. The interrupts have priority in accordance with their Interrupt Vector position. The lower the Interrupt Vector address, the higher the priority.

The I/O memory space contains 64 addresses for CPU peripheral functions as Control Registers, SPI, and other I/O functions. The I/O Memory can be accessed directly, or as the Data Space locations following those of the Register File, 0x20 - 0x5F.

– Arithmetic Logic

The high-performance AVR ALU operates in direct connection with all the 32 general purpose working registers. Within a single clock cycle, arithmetic operations between general purpose registers or between a register and an immediate are executed. The ALU operations are divided into three main categories – arithmetic, logical, and bit-functions. Some implementations of the architecture also provide a powerful multiplier supporting both signed/unsigned multiplication and fractional format. See the "Instruction Set" section for a detailed description.



Register

The Status Register contains information about the result of the most recently executed arithmetic instruction. This information can be used for altering program flow in order to perform conditional operations. Note that the Status Register is updated after all ALU operations, as specified in the Instruction Set Reference. This will, in many cases, remove the need for using the dedicated compare instructions, resulting in faster and more compact code.

The Status Register is not automatically stored when entering an interrupt routine and restored when returning from an interrupt. This must be handled by software.

The AVR Status Register – SREG – is defined as:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bit 7 – I: Global Interrupt Enable**

The Global Interrupt Enable bit must be set for the interrupts to be enabled. The individual interrupt enable control is then performed in separate control registers. If the Global Interrupt Enable Register is cleared, none of the interrupts are enabled independent of the individual interrupt enable settings. The I-bit is cleared by hardware after an interrupt has occurred, and is set by the RETI instruction to enable subsequent interrupts. The I-bit can also be set and cleared by the application with the SEI and CLI instructions, as described in the instruction set reference.

- **Bit 6 – T: Bit Copy Storage**

The Bit Copy instructions BLD (Bit Load) and BST (Bit Store) use the T-bit as source or destination for the operated bit. A bit from a register in the Register File can be copied into T by the BST instruction, and a bit in T can be copied into a bit in a register in the Register File by the BLD instruction.

- **Bit 5 – H: Half Carry Flag**

The Half Carry Flag H indicates a Half Carry in some arithmetic operations. Half carry is useful in BCD arithmetic. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 4 – S: Sign Bit, $S = N \oplus V$**

The S-bit is always an exclusive or between the Negative Flag N and the Two's Complement Overflow Flag V. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 3 – V: Two's Complement Overflow Flag**

The Two's Complement Overflow Flag V supports two's complement arithmetics. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 2 – N: Negative Flag**

The Negative Flag N indicates a negative result in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 1 – Z: Zero Flag**

The Zero Flag Z indicates a zero result in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 0 – C: Carry Flag**

The Carry Flag C indicates a carry in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

General Purpose Register File

The Register File is optimized for the AVR Enhanced RISC instruction set. In order to achieve the required performance and flexibility, the following input/output schemes are supported by the Register File:

- One 8-bit output operand and one 8-bit result input
- Two 8-bit output operands and one 8-bit result input
- Two 8-bit output operands and one 16-bit result input
- One 16-bit output operand and one 16-bit result input

Figure 4 shows the structure of the 32 general purpose working registers in the CPU.

Figure 4. AVR CPU General Purpose Working Registers

	7	0	Addr	
General Purpose Working Registers	R0		0x00	
	R1		0x01	
	R2		0x02	
	...			
	R13		0x0D	
	R14		0x0E	
	R15		0x0F	
	R16		0x10	
	R17		0x11	
	...			
	R26		0x1A	X-register Low Byte
	R27		0x1B	X-register High Byte
	R28		0x1C	Y-register Low Byte
	R29		0x1D	Y-register High Byte
	R30		0x1E	Z-register Low Byte
	R31		0x1F	Z-register High Byte

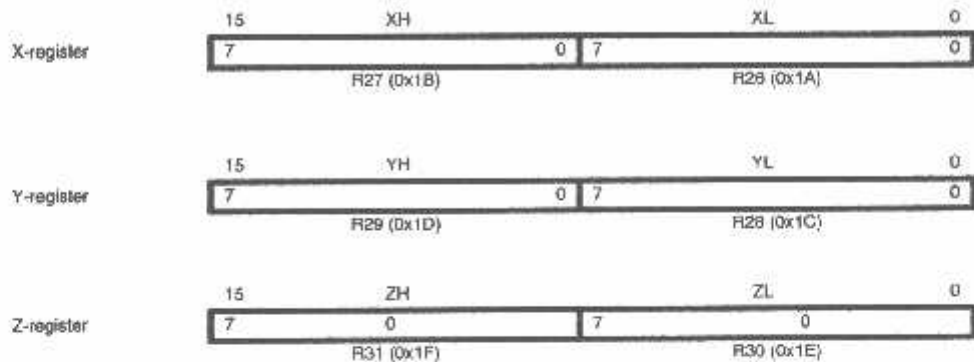
Most of the instructions operating on the Register File have direct access to all registers, and most of them are single cycle instructions.

As shown in Figure 4, each register is also assigned a data memory address, mapping them directly into the first 32 locations of the user Data Space. Although not being physically implemented as SRAM locations, this memory organization provides great flexibility in access of the registers, as the X-, Y-, and Z-pointer Registers can be set to index any register in the file.

Register, Y-register, and Z-register

The registers R26..R31 have some added functions to their general purpose usage. These registers are 16-bit address pointers for indirect addressing of the Data Space. The three indirect address registers X, Y, and Z are defined as described in Figure 5.

Figure 5. The X-, Y-, and Z-registers



In the different addressing modes, these address registers have functions as fixed displacement, automatic increment, and automatic decrement (see the instruction set reference for details).

Stack Pointer

The Stack is mainly used for storing temporary data, for storing local variables and for storing return addresses after interrupts and subroutine calls. The Stack Pointer Register always points to the top of the Stack. Note that the Stack is implemented as growing from higher memory locations to lower memory locations. This implies that a Stack PUSH command decreases the Stack Pointer.

The Stack Pointer points to the data SRAM Stack area where the Subroutine and Interrupt Stacks are located. This Stack space in the data SRAM must be defined by the program before any subroutine calls are executed or interrupts are enabled. The Stack Pointer must be set to point above 0x60. The Stack Pointer is decremented by one when data is pushed onto the Stack with the PUSH instruction, and it is decremented by two when the return address is pushed onto the Stack with subroutine call or interrupt. The Stack Pointer is incremented by one when data is popped from the Stack with the POP instruction, and it is incremented by two when data is popped from the Stack with return from subroutine RET or return from interrupt RETI.

The AVR Stack Pointer is implemented as two 8-bit registers in the I/O space. The number of bits actually used is implementation dependent. Note that the data space in some implementations of the AVR architecture is so small that only SPL is needed. In this case, the SPH Register will not be present.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	-	-	-	-	-	-	SP9	SP8	SPH
	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	EPL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Writes	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

Instruction Execution

This section describes the general access timing concepts for instruction execution. The AVR CPU is driven by the CPU clock clk_{CPU} , directly generated from the selected clock source for the chip. No internal clock division is used.

Figure 6 shows the parallel instruction fetches and instruction executions enabled by the Harvard architecture and the fast-access Register File concept. This is the basic pipelining concept to obtain up to 1 MIPS per MHz with the corresponding unique results for functions per cost, functions per clocks, and functions per power-unit.

Figure 6. The Parallel Instruction Fetches and Instruction Executions

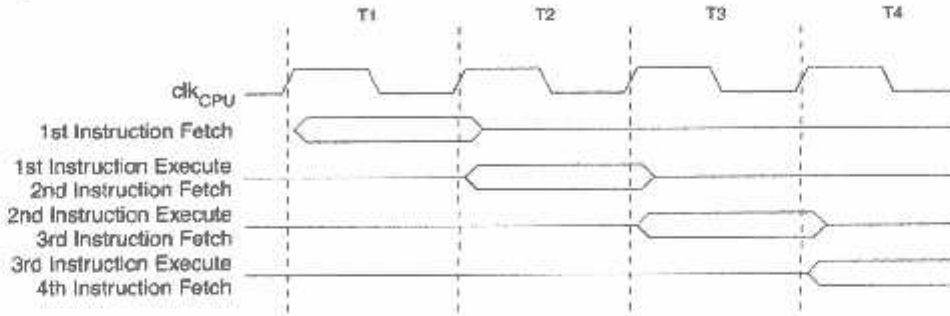
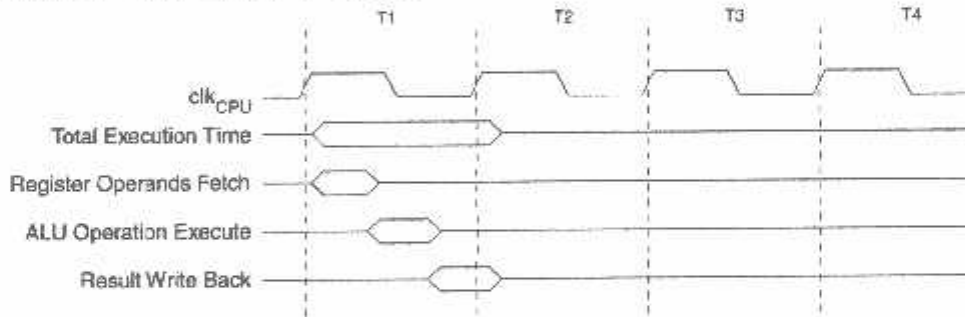


Figure 7 shows the internal timing concept for the Register file. In a single clock cycle an ALU operation using two register operands is executed, and the result is stored back to the destination register.

Figure 7. Single Cycle ALU Operation



Interrupt and Interrupt Handling

The AVR provides several different interrupt sources. These interrupts and the separate Reset Vector each have a separate Program Vector in the program memory space. All interrupts are assigned individual enable bits which must be written logic one together with the Global Interrupt Enable bit in the Status Register in order to enable the interrupt. Depending on the Program Counter value, interrupts may be automatically disabled when Boot Lock bits BLB02 or BLB12 are programmed. This feature improves software security. See the section "Memory Programming" on page 237 for details.

The lowest addresses in the program memory space are, by default, defined as the Reset and Interrupt Vectors. The complete list of vectors is shown in "Interrupts" on page 46. The list also determines the priority levels of the different interrupts. The lower the address, the higher the priority level is. RESET has the highest priority, and next is INTO – the External Interrupt Request 0. The Interrupt Vectors can be moved to the start of the Boot Flash section by setting the IVSEL bit in the General Interrupt Control Register (GICR). Refer to "Interrupts" on page 46 for more information. The Reset Vector can



also be moved to the start of the Boot Flash section by programming the BOOTRST Fuse, see "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 224.

When an interrupt occurs, the Global Interrupt Enable I-bit is cleared and all interrupts are disabled. The user software can write logic one to the I-bit to enable nested interrupts. All enabled interrupts can then interrupt the current interrupt routine. The I-bit is automatically set when a Return from Interrupt instruction – RETI – is executed.

There are basically two types of interrupts. The first type is triggered by an event that sets the interrupt flag. For these interrupts, the Program Counter is vectored to the actual Interrupt Vector in order to execute the interrupt handling routine, and hardware clears the corresponding interrupt flag. Interrupt flags can also be cleared by writing a logic one to the flag bit position(s) to be cleared. If an interrupt condition occurs while the corresponding interrupt enable bit is cleared, the interrupt flag will be set and remembered until the interrupt is enabled, or the flag is cleared by software. Similarly, if one or more interrupt conditions occur while the Global Interrupt Enable bit is cleared, the corresponding interrupt flag(s) will be set and remembered until the Global Interrupt Enable bit is set, and will then be executed by order of priority.

The second type of interrupts will trigger as long as the interrupt condition is present. These interrupts do not necessarily have interrupt flags. If the interrupt condition disappears before the interrupt is enabled, the interrupt will not be triggered.

When the AVR exits from an interrupt, it will always return to the main program and execute one more instruction before any pending interrupt is served.

Note that the Status Register is not automatically stored when entering an interrupt routine, nor restored when returning from an interrupt routine. This must be handled by software.

When using the CLI instruction to disable interrupts, the interrupts will be immediately disabled. No interrupt will be executed after the CLI instruction, even if it occurs simultaneously with the CLI instruction. The following example shows how this can be used to avoid interrupts during the timed EEPROM write sequence.

Assembly Code Example	
<code>in r16, SREG</code>	<code>; store SREG value</code>
<code>cli</code>	<code>; disable interrupts during timed sequence</code>
<code>sbi EECR, EEMWE</code>	<code>; start EEPROM write</code>
<code>sbi EECR, EWE</code>	
<code>out SREG, r16</code>	<code>; restore SREG value (I-bit)</code>

C Code Example	
<code>char cSREG;</code>	
<code>cSREG = SREG; /* store SREG value */</code>	
<code>/* disable interrupts during timed sequence */</code>	
<code>_CLI();</code>	
<code>EECR = (1<<EEMWE); /* start EEPROM write */</code>	
<code>EECR = (1<<EWE);</code>	
<code>SREG = cSREG; /* restore SREG value (I-bit) */</code>	

When using the SEI instruction to enable interrupts, the instruction following SEI will be executed before any pending interrupts, as shown in this example.

Assembly Code Example
<pre>sei ; set global interrupt enable sleep ; enter sleep, waiting for interrupt ; note: will enter sleep before any pending ; interrupt(s)</pre>
C Code Example
<pre>_SEI(); /* set global interrupt enable */ _SLEEP(); /* enter sleep, waiting for interrupt */ /* note: will enter sleep before any pending interrupt(s) */</pre>

pt Response Time

The interrupt execution response for all the enabled AVR interrupts is four clock cycles minimum. After four clock cycles, the Program Vector address for the actual interrupt handling routine is executed. During this four clock cycle period, the Program Counter is pushed onto the Stack. The Vector is normally a jump to the interrupt routine, and this jump takes three clock cycles. If an interrupt occurs during execution of a multi-cycle instruction, this instruction is completed before the interrupt is served. If an interrupt occurs when the MCU is in sleep mode, the interrupt execution response time is increased by four clock cycles. This increase comes in addition to the start-up time from the selected sleep mode.

A return from an interrupt handling routine takes four clock cycles. During these four clock cycles, the Program Counter (two bytes) is popped back from the Stack, the Stack Pointer is incremented by two, and the I-bit in SREG is set.

ATmega8535 Series

This section describes the different memories in the ATmega8535. The AVR architecture has two main memory spaces, the Data Memory and the Program Memory space. In addition, the ATmega8535 features an EEPROM Memory for data storage. All three memory spaces are linear and regular.

Reprogrammable Flash Program Memory

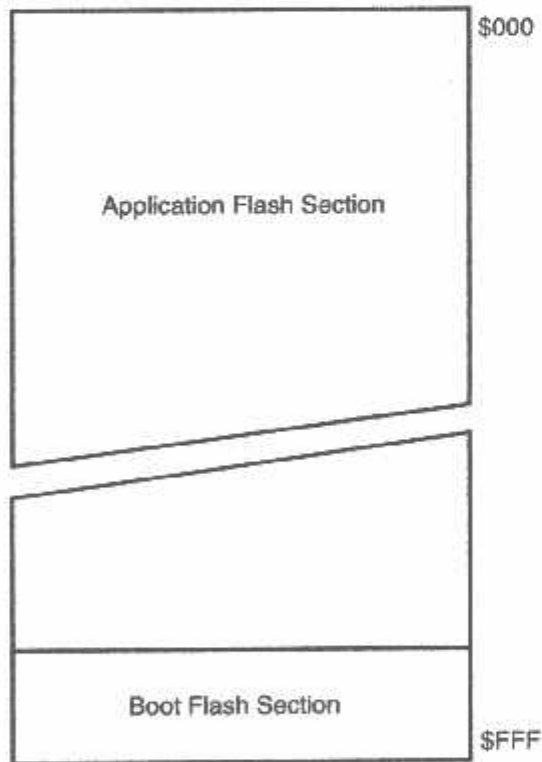
The ATmega8535 contains 8K bytes On-chip In-System Reprogrammable Flash memory for program storage. Since all AVR instructions are 16 or 32 bits wide, the Flash is organized as 4K x 16. For software security, the Flash Program memory space is divided into two sections, Boot Program section and Application Program section.

The Flash memory has an endurance of at least 10,000 write/erase cycles. The ATmega8535 Program Counter (PC) is 12 bits wide, thus addressing the 4K program memory locations. The operation of Boot Program section and associated Boot Lock bits for software protection are described in detail in "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 224. "Memory Programming" on page 237 contains a detailed description on Flash Programming in SPI or Parallel Programming mode.

Constant tables can be allocated within the entire program memory address space (see the LPM – Load Program Memory instruction description).

Timing diagrams for instruction fetch and execution are presented in "Instruction Execution Timing" on page 13.

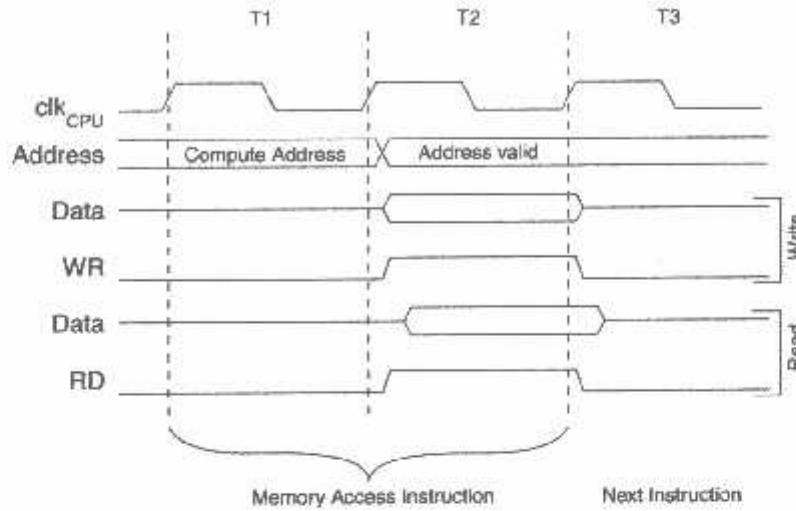
Figure 8. Program Memory Map



Memory Access Times

This section describes the general access timing concepts for internal memory access. The internal data SRAM access is performed in two clk_{CPU} cycles as described in Figure 10.

Figure 10. On-chip Data SRAM Access Cycles



I/O Data Memory

The ATmega8535 contains 512 bytes of data EEPROM memory. It is organized as a separate data space, in which single bytes can be read and written. The EEPROM has an endurance of at least 100,000 write/erase cycles. The access between the EEPROM and the CPU is described in the following, specifying the EEPROM Address Registers, the EEPROM Data Register, and the EEPROM Control Register.

"Memory Programming" on page 237 contains a detailed description on EEPROM Programming in SPI or Parallel Programming mode.

EEPROM Read/Write Access

The EEPROM Access Registers are accessible in the I/O space.

The write access time for the EEPROM is given in Table 1. A self-timing function, however, lets the user software detect when the next byte can be written. If the user code contains instructions that write the EEPROM, some precautions must be taken. In heavily filtered power supplies, V_{CC} is likely to rise or fall slowly on Power-up/down. This causes the device, for some period of time, to run at a voltage lower than specified as minimum for the clock frequency used, see "Preventing EEPROM Corruption" on page 22 for details on how to avoid problems in these situations.

In order to prevent unintentional EEPROM writes, a specific write procedure must be followed. Refer to the description of the EEPROM Control Register for details on this.

When the EEPROM is read, the CPU is halted for four clock cycles before the next instruction is executed. When the EEPROM is written, the CPU is halted for two clock cycles before the next instruction is executed.

PROM Address Register – EEARH and EEARL

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	–	–	–	–	–	–	–	EEAR8	EEARH
	EEAR7	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	EEARL
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	X	
	X	X	X	X	X	X	X	X	

- **Bits 15.9 – Res: Reserved Bits**

These bits are reserved bits in the ATmega8535 and will always read as zero.

- **Bits 8.0 – EEAR8..0: EEPROM Address**

The EEPROM Address Registers – EEARH and EEARL specify the EEPROM address in the 512 bytes EEPROM space. The EEPROM data bytes are addressed linearly between 0 and 511. The initial value of EEAR is undefined. A proper value must be written before the EEPROM may be accessed.

EEPROM Data Register – EEDR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	MSB							LBB	EEDR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bits 7.0 – EEDR7..0: EEPROM Data**

For the EEPROM write operation, the EEDR Register contains the data to be written to the EEPROM in the address given by the EEAR Register. For the EEPROM read operation, the EEDR contains the data read out from the EEPROM at the address given by EEAR.

EEPROM Control Register – EECR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	–	–	–	–	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	EECR
Read/Write	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	X	0	

- **Bits 7.4 – Res: Reserved Bits**

These bits are reserved bits in the ATmega8535 and will always read as zero.

- **Bit 3 – EERIE: EEPROM Ready Interrupt Enable**

Writing EERIE to one enables the EEPROM Ready Interrupt if the I-bit in SREG is set. Writing EERIE to zero disables the interrupt. The EEPROM Ready interrupt generates a constant interrupt when EEWE is cleared.

- **Bit 2 – EEMWE: EEPROM Master Write Enable**

The EEMWE bit determines whether setting EEWE to one causes the EEPROM to be written. When EEMWE is set, setting EEWE within four clock cycles will write data to the EEPROM at the selected address. If EEMWE is zero, setting EEWE will have no effect. When EEMWE has been written to one by software, hardware clears the bit to zero after four clock cycles. See the description of the EEWE bit for an EEPROM write procedure.

- **Bit 1 – EEWE: EEPROM Write Enable**

The EEPROM Write Enable Signal EEWE is the write strobe to the EEPROM. When address and data are correctly set up, the EEWE bit must be written to one to write the





value into the EEPROM. The EEMWE bit must be written to one before a logical one is written to EEW E, otherwise no EEPROM write takes place. The following procedure should be followed when writing the EEPROM (the order of steps 3 and 4 is not essential):

1. Wait until EEW E becomes zero.
2. Wait until SPMEN in SPMCR becomes zero.
3. Write new EEPROM address to EEAR (optional).
4. Write new EEPROM data to EEDR (optional).
5. Write a logical one to the EEMWE bit while writing a zero to EEW E in EECR.
6. Within four clock cycles after setting EEMWE, write a logical one to EEW E.

The EEPROM can not be programmed during a CPU write to the Flash memory. The software must check that the Flash programming is completed before initiating a new EEPROM write. Step 2 is only relevant if the software contains a Boot Loader allowing the CPU to program the Flash. If the Flash is never updated by the CPU, step 2 can be omitted. See "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 224 for details about Boot programming.

Caution: An interrupt between step 5 and step 6 will make the write cycle fail, since the EEPROM Master Write Enable will time-out. If an interrupt routine accessing the EEPROM is interrupting another EEPROM access, the EEAR or EEDR Register will be modified, causing the interrupted EEPROM access to fail. It is recommended to have the Global Interrupt Flag cleared during all the steps to avoid these problems.

When the write access time has elapsed, the EEW E bit is cleared by hardware. The user software can poll this bit and wait for a zero before writing the next byte. When EEW E has been set, the CPU is halted for two cycles before the next instruction is executed.

• **Bit 0 – EERE: EEPROM Read Enable**

The EEPROM Read Enable Signal EERE is the read strobe to the EEPROM. When the correct address is set up in the EEAR Register, the EERE bit must be written to a logic one to trigger the EEPROM read. The EEPROM read access takes one instruction, and the requested data is available immediately. When the EEPROM is read, the CPU is halted for four cycles before the next instruction is executed.

The user should poll the EEW E bit before starting the read operation. If a write operation is in progress, it is neither possible to read the EEPROM, nor to change the EEAR Register.

The calibrated Oscillator is used to time the EEPROM accesses. Table 1 lists the typical programming time for EEPROM access from the CPU.

Table 1. EEPROM Programming Time

Symbol	Number of Calibrated RC Oscillator Cycles ⁽¹⁾	Typ Programming Time
EEPROM Write (from CPU)	8448	8.4 ms

Note: 1. Uses 1 MHz clock, independent of CKSEL Fuse settings.



