PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENCATAT DATA KWH METER PELANGGAN SECARA REMOTE BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535 YANG DILENGKAPI DENGAN ANTAR MUKA KE PC

SKRIPSI

Disusun Oleh :

RATRI NAWANGSARI
NIM : 01.17.087

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

MARET 2006

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENCATAT DATA KWH METER
PELANGGAN SECARA REMOTE BERBASIS MIKROKONTROLER
ATMEGA8535 YANG DILENGKAPI DENGAN ANTAR MUKA KE PC

SKRIPSI

Disusun Oleh :

BAYU NAWANGSARI
NIM : 0117089

MARET 2006

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENCATAT DATA KWH METER PELANGGAN SECARA REMOTE BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535 YANG DILENGKAPI DENGAN ANTAR MUKA KE PC

SKRIPSI

Disusun Dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)

Disusun oleh:

RATRI NAWANGSARI
NIM: 01.17.087

Diperiksa dan Disetujui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1	Dosen Pembimbing
(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)	**(Ir. Eko Nurcahyo)**
NIP.Y : 103 950 0274	**NIP.Y : 102 870 0171**

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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Ratri Nawangsari

NIM : 01.17.087

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Elektronika

Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Antar Muka ke PC

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

Hari : Rabu

Tanggal : 22 Maret 2006

Dengan Nilai : 84,75 (A)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua	Sekretaris
(Ir. Mochtar Asroni, MSME)	(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP.Y. 1018100036	NIP.Y. 1039500274

Anggota Penguji

Penguji I	Penguji II
(Ir. Usman Djuanda, MM)	(Ir. Mimien Mustikawati)
NIP.Y. 1018700143	NIP.Y. 1030000352

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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Ratri Nawangsari

NIM : 01.17.037

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Elektronika

Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Antar Muka ke PC

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

Hari : Rabu

Tanggal : 22 Maret 2006

Dengan Nilai : 84.75 (A)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua	Sekretaris
(Ir. Mochtar Asroni, MSME)	(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP.Y. 1018100036	NIP.Y. 1039500274

Anggota Penguji

Penguji I	Penguji II
(Ir. Usman Djuanda, MM)	(Ir. Mimien Mustikawati)
NIP.Y. 1018700142	NIP.Y. 1030000352

Untuk "BOS BESAR"

Shang Hyang Widhi terimakasih banget ya atas semua keajaiban-keajaiban yang Kau berikan untukku selama ini, terutama untuk akhir-akhir ini. Kerasa banget lho aq dimanja 'Bos'. Tanpa itu semua, usahaku pasti nggak mungkin berhasil secepat ini. Meskipun aku bukan pengikutmu yang taat, tapi Kau selalu menyayangiku bahkan kurasa lebih dari yang lainnya. Selalu dengerin semua keluhku dan ngabulin setiap permintaanku. Kata orang kalo kita meminta sesuatu sama Tuhan dengan tulus, apalagi pake nangis (bukan dibikin2 lho !!), maka Tuhan akan langsung turun dan menolong kita. Emang terbukti sih. He...he...☺. Pokoknya thank's buangett deh God.

Untuk "Ibuk 'n Papah 'n mbak"

Bu'e....makasih ya buat doa dan puasanyanya. Berkat doa Mu semua tugasku disini luancar banget. Juga Papah, makasih untuk semua dukungannya. Biarpun kadang kesannya dukungnya pake acara marah2. Selama aku ngerj'n skripsi maap kalo aku sering sekali bikin orang rumah ikut bingung mpek kalang kabut juga. Aku janji nggak akan bikin kalian berdua sedih ato bikin kecewa lagi. Aku sayang banget ma kalian berdua. Papah ku yang SUPERMAN 'n Ibuk ku yang WONDERWOMAN.

Buat mb Ida yang selalu setia mengantarku ke Stasiun tiap aq mau pulang Malang, makasih ya. Jangan bosen2 lho tak bangunin pagi2 terus. Ntar kalo pulang tak bawain oleh2 deh. Mb yg laen thanks U.

Untuk Oma kostQ (ma Duhkito) makasih udah sabar selalu selama ini sama saya biarpun banyak sekali nuntut.

Untuk "My Boyprend"

Makasi ya Ney udah buanyak sekale bantu aku, mulai nganter2, nungguin, ampe ngubek2 Sby. Doa, nasehat, n dukungan Ney 'g bakal terlupa deh. 'G tau deh gimane nasipku kalo 'g da Ney. Yoga emang no One. Sekarang waktunya Ney pikirin diri sendiri (mikirin aqnya kan dah kelar), tapi maap yahh aq 'g bisa bantuin Ney kerjain TAnya ganti, tak bantu ma doa dri jauh aja ya... He..He.. Inget selalu aku dukung kamu, jd jangan pernah ngerasa hidup sendiri didunia n g da yg sayang ma kamu. Aku selalu sayang kamu....

Untuk "Dosen n Staff"

Makasi buat p.Eko (atas waktu, kesabaran&pengertianny disaat2 sulitku), b.Pudji (yg ikut ketar-ketir waktu kelulusan), p.Sugeng (maap klo slalu telat ngumpulin berkas&ngesruh terus), p.Usman&b.Mimien (nilainy ngebantu banget lho, biar un g tau ditanya antenna apa) p.Azhar (ntar klo sempet ajarin bikin flowchart ya pak), p.Yudi (maap nulis nip ny salah), p.Ibrahim (+ngaco aja pak).

Untuk "Prend2"

Spesial ThanksQ buat SobatQ yg punya "peternakan belut" (Mel), untuk semua kesabaran, dukungan, omelan & semua ketulusan yg udah dia kasi keaku. Buat Amel&Venus (jgn mikirin bikin 'mainan' aja, kerja dulu!!), Mama&Famili Mel (makasih ya udah ikutan bingung mikirin aku), Nano (maap dah ku ganggu pagi2, pake acara berantakin kostmu lagi), Uqi&Aris (yang rukun yah), Catur (belajar lebih sabar ya mb), Faisol (jd dosen kyknya cocok tuh), Syarif (makasi laporannya, skrg udah ludes), Alit mz (suami siaga jempolan), Hari mz (maap tangisanku bikin 'g bs tidur tenang), Endro mz (nasehatnya ngena banget lho), T-nyok, Endro, Chandra, Kadek (kita LULUS!!), Agus priyo (suwun dah nemenin aQ kompre) ,Yuri (jok+males lho), Galih(cpt kerj TAny), Hervin (jOk pringas/is), Rosy (makasih RLPny, klo g pasti aq blm lulus), Fadli,nYomn,Medi,Yudha (klo dpt kerj ntar rekrut aq ya), Dhany (kencan truss..), Krewul&Hafid (waktu aq sedih kalian mnghibur bgt), Tony,Deni,Nawir,Bodong (ayo ndang lulus, wis tuek), n buat temen2 yang laen yang ngg kesebut jangan marah ya, yang sabar, maklum nih bikinnya keburu-buru. Ntar menyusul aja ya, mungkin di laporan Desertasiku nanti. He..he... ☺

LAKSHMI

I LOVE U ALL

by Pieter Welter
www.sanatansocie

RATRI NAWANGSARI, 2005. Judul "Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Antar Muka ke PC", Skripsi Jurusan Teknik Elektro Strata 1, Program Studi Teknik Elektronika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen Pembimbing Ir. Eko Nurcahyo.

ABSTRAKSI

Kata kunci : Kwh, Remote, ATmega8535, RLPTLP, Max232, PC.

Alat pengambil data KWH ini merupakan alat yang memudahkan petugas pencatat data kwh untuk mengambil data dan memprosesnya ke dalam pc dengan lebih cepat.

Panel kwh meter dimodifikasi dengan menambahkan ATmega8535 sebagai kontrol utama yang mengatur semua proses disini, mulai dari pengcounteran data setiap photoreflektor mendeteksi daerah gelap pada piringan kwh, mengkonversi jumlah putaran menjadi besaran kwh, menampilkannya ke LCD dan mengirimkan data kwh tersebut ke remote jika ada permintaan (*request*).

Hubungan antar blok alat (panel, remote, pc) disini memiliki kemampuan komunikasi data secara dua arah. Remote mengirimkan data serial ke Panel sebagai *request* untuk panel mengirimkan data kwh melalui RLPTLP434A dengan frekuensi 315 MHz. Data kemudian disimpan sementara dalam EEPROM remote sebelum dipindahkan ke PC. Pengambilan data disini dapat dilakukan beberapa kali untuk nomor pelanggan yang berbeda hingga mencukupi kapasitas dari EEPROM ATmega8535 sebesar 512 byte.

Untuk memindahkan data ke pc, tinggal menghubungkan remote ke pc dengan menggunakan Max232 dan DB9. Setelah *connect*, maka tinggal menekan tombol *download* untuk memindahkan data. Pada tampilan tabel maka otomatis data akan terakumulasi hingga nilai rupiah yang wajib dibayarkan. Catatan : sebelum memindahkan data, harus sudah tersimpan dalam *database* identitas dari pelanggan tersebut.

RATRI NAWANGSARI, 2005, Judul "Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Antar Muka ke PC", Skripsi Jurusan Teknik Elektro Strata 1, Program Studi Teknik Elektronika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang, Dosen Pembimbing Ir. Eko Nurcahyo.

ABSTRAKSI

Kata kunci : Kwh, Remote, ATmega8535, RLPTLP, Max232, PC.

Alat pengambil data KWH ini merupakan alat yang memudahkan petugas pencatat data kwh untuk mengambil data dan memprosesnya ke dalam pc dengan lebih cepat.

Panel kwh meter dimodifikasi dengan menambahkan ATmega8535 sebagai kontrol utama yang mengatur semua proses disini, mulai dari pengeluaran data setiap photorelektor mendeteksi daerah gelap pada piringan kwh, mengkonversi jumlah putaran menjadi besaran kwh, menampilkannya ke LCD dan mengirimkan data kwh tersebut ke remote jika ada permintaan (*request*).

Hubungan antar blok alat (panel, remote, pc) disini memiliki kemampuan komunikasi data secara dua arah. Remote mengirimkan data secara ke Panel sebagai *request* untuk panel mengirimkan data kwh melalui RLPTLP434A dengan frekuensi 115 MHz. Data komunikasi disimpan sementara dalam EEPROM remote sebelum dipindahkan ke PC. Pengambilan data disini dapat dilakukan beberapa kali untuk nomor pelanggan yang berbeda hingga mencukupi kapasitas dari EEPROM ATmega8535 sebesar 512 byte.

Untuk memindahkan data ke pc, tinggal menghubungkan remote ke pc dengan menggunakan Max232 dan DB9. Setelah *connect*, maka tinggal menekan tombol *download* untuk memindahkan data. Pada tampilan tabel maka otomatis data akan terakumulasi hingga nilai rupiah yang wajib dibayarkan. Catatan : sebelum memindahkan data, harus sudah tersimpan dalam *database* identitas dari pelanggan tersebut.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan atas ke Agungan **Ida Shang Hyang Widhi Wasa,** atas berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **" PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENCATAT DATA KWH METER PELANGGAN SECARA REMOTE BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535 YANG DILENGKAPI DENGAN ANTAR MUKA KE PC".** Pengusunan skripsi merupakan syarat yang harus ditempuh mahasiswa jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Abraham lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri di Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku kajur Teknik Elektro (S-1) di Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Eko Nurcahyo selaku dosen pembimbing.
5. Bapak dan Ibu serta segenap keluarga lainnya yang telah memberikan dukungan, baik moril maupun materiil.
6. Teman-Temanku dan semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan Skripsi ini.

Untuk penyempurnaan skripsi ini, saya mengharapkan saran dan kritik kepada pembaca serta pengamat sehingga skripsi ini mendapatkan hasil yang lebih baik.

Malang, Maret 2006

Penyusun

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan atas ke Agungan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, atas berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENCATAT DATA KWH METER PELANGGAN SECARA REMOTE BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535 YANG DILENGKAPI DENGAN ANTAR MUKA KE PC". Penyusunan skripsi merupakan syarat yang harus ditempuh mahasiswa jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Ionti, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri di Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku kajur Teknik Elektro (S-1) di Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Eko Nurcahyo selaku dosen pembimbing.
5. Bapak dan Ibu serta segenap keluarga lainnya yang telah memberikan dukungan, baik moril maupun materiil.
6. Teman-Temanku dan semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan Skripsi ini.

Untuk penyempurnaan skripsi ini, saya mengharapkan saran dan kritik kepada pembaca serta pengamat sehingga skripsi ini mendapatkan hasil yang lebih baik.

Malang, Maret 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PERSETUJUAN ii

ABSTRAKSI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Metodologi Pembahasan 3

1.6 Sistematika Pembahasan 3

BAB II TEORI DASAR

2.1 KWH meter 5

2.2 Mikrokontroler ATmega8535 9

2.2.1 Arsitektur 9

2.2.2 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega8535 12

2.2.3 Organisasi Memori 14

2.2.3.1 Memori Program (*Flash ROM*) 14

2.2.3.2 Memori Data 15

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PERSETUJUAN ii

ABSTRAKSI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Metodologi Pembahasan 3

1.6 Sistematika Pembahasan 3

BAB II TEORI DASAR

2.1 KWH meter 5

2.2 Mikrokontroler ATmega8535 9

2.2.1 Arsitektur 9

2.2.2 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega8535 12

2.2.3 Organisasi Memori 14

2.2.3.1 Memori Program (Flash ROM) 14

2.2.3.2 Memori Data 15

2.2.3.2.1 Register Serbaguna (*General Purpose Working Register*) 15
2.2.3.2.2 Register I/O 16
2.2.3.2.3 Stack Pointer 18
2.2.3.2.4 SRAM Internal dan Eksternal 18
2.2.3.3 EEPROM 19
2.2.4 Reset dan Interupsi 20
2.2.5 Pembanding Tegangan 22
2.2.6 Timer/Counter 23
2.2.7 Watchdog Timer 25
2.2.8 Port-port I/O 25
2.3 Photo Reflektor 27
2.4 LCD 27
2.4.1 Teori 27
2.4.2 LCD M1632 29
2.4.2.1 Karakteristik 29
2.4.2.2 Fungsi-fungsi Terminal 30
2.5 DM74LS164 31
2.6 IC RLP dan TLP 434A 32
2.6.1 TLP 434A 32
2.6.2 RLP 434A 33
2.7 LM358 33
2.8 RS232 34
2.9 Personal Komputer 35
2.9.1 CPU (*Central Processing Unit*) 36

2.9.2 Memori Utama (*Main Memory*) 36

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Pendahuluan 38

3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*) 40

3.2.1 Rangkaian Photo Reflektor 40

3.2.2 Rangkaian MC ATmega8535 40

3.2.2.1 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 pada Panel 43

3.2.2.2 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 pada Remote 45

3.2.3 Rangkaian LCD 47

3.2.4 Rangkaian Pengirim Frekuensi 48

3.2.5 Rangkaian Penerima Frekuensi 50

3.2.6 Rangkaian PC Connector 52

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*) 54

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Umum 57

4.2 Pengujian Perangkat Keras 57

4.2.1 Pengujian Rangkaian Photo Reflektor 57

4.2.2 Pengujian Rangkaian LCD 59

4.2.3 Pengujian Rangkaian RS232 61

4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem 63

4.3.1 Pengujian Panel 63

4.3.2 Pengujian Transfer Data dari Panel ke Remote 65

4.3.3 Pengujian Transfer Data dari Remote ke PC 69

2.9.2 Memori Utama (*Main Memory*) 36

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Pendahuluan 38

3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*) 40

3.2.1 Rangkaian Photo Reflektor 40

3.2.2 Rangkaian MC ATmega8535 40

3.2.2.1 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 pada Panel 43

3.2.2.2 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 pada Remote 45

3.2.3 Rangkaian LCD 47

3.2.4 Rangkaian Pengirim Frekuensi 48

3.2.5 Rangkaian Penerima Frekuensi 50

3.2.6 Rangkaian PC Connector 52

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*) 54

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Umum 57

4.2 Pengujian Perangkat Keras 57

4.2.1 Pengujian Rangkaian Photo Reflektor 57

4.2.2 Pengujian Rangkaian LCD 59

4.2.3 Pengujian Rangkaian RS232 61

4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem 63

4.3.1 Pengujian Panel 63

4.3.2 Pengujian Transfer Data dari Panel ke Remote 65

4.3.3 Pengujian Transfer Data dari Remote ke PC 69

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 71

5.2 Saran..... 72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel *Halaman*

2.1 Reset dan Vektor Interupsi 21

2.2 Pin-pin LCD dan Fungsinya 30

4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Output RS232 62

4.2 Hasil Konversi Nilai KWH 64

4.3 Pengujian Transfer Data Berdasarkan Kuantitas 67

4.4 Pengujian Transfer Data Berdasarkan Jarak 68

DAFTAR GAMBAR

Gambar *Halaman*

2.1a Konstruksi KWH meter 6

2.1b Diagram Vektor KWH Jenis Induksi 7

2.1c Hubungan Segitiga Daya 8

2.2a Arsitektur AVR Atmega8535 10

2.2b Arsitektur AVR Atmega8535 11

2.3 Konfigurasi Mikrokontroler Atmega8535 12

2.4 Memory Maps Program Flash Memory 14

2.5 Register Serbaguna 15

2.6 Status Register 16

2.7 Stack Pointer 18

2.8 Map Memory Data 19

2.9 Blok Diagram Analog Komparator 23

2.10 Timer/Counter Prescaler 24

2.11 Blok Diagram Timer/Counter 24

2.12a Photo Reflektor 27

2.12b Konfigurasi Pin P5587 27

2.13 Bentuk Fisik LCD 28

2.14 Konfigurasi Pin DM74LS164 31

2.15 Definisi Pin IC TLP434A 32

2.16 Definisi Pin IC RLP434A 33

2.17 Konfigurasi Pin LM358 34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1a Konsruksi KWH meter	6
2.1b Diagram Vektor KWH Jenis Induksi	7
2.1c Hubungan Segitiga Daya	8
2.2a Arsitektur AVR Atmega8535	10
2.2b Arsitektur AVR Atmega8535	11
2.3 Konfigurasi Mikrokontroler Atmega8535	12
2.4 Memory Maps Program Flash Memory	14
2.5 Register Serbaguna	15
2.6 Status Register	16
2.7 Stack Pointer	18
2.8 Map Memory Data	19
2.9 Blok Diagram Analog Komparator	23
2.10 Timer/Counter Prescaler	24
2.11 Blok Diagram Timer/Counter	24
2.12a Photo Reflektor	27
2.12b Konfigurasi Pin P5587	27
2.13 Bentuk Fisik LCD	28
2.14 Konfigurasi Pin DM74LS164	31
2.15 Definisi Pin IC TLP434A	32
2.16 Definisi Pin IC RLP434A	33
2.17 Konfigurasi Pin LM358	34

2.18 Konfigurasi Pin MAX232 35

2.19 Skema Dasar Sistem Komputer 37

3.1 Diagram Blok Rangkaian Sistem 39

3.2 Rangkaian Photo Reflektor 40

3.3 Rangkaian Clock Atmega8535 41

3.4 Rangkaian Reset Eksternal 41

3.5 Rangkaian MC ATmega8535 pada Panel 44

3.6 Rangkaian MC ATmega8535 pada Remote 46

3.7 Rangkaian LCD 48

3.8 Rangkaian Pengirim TLP434A 49

3.9 Rangkaian Penerima RLP434A 51

3.10 Rangkaian PC Connector 53

3.11 Flowchart Panel KWH Digital 54

3.12 Flowchart Penyimpan Data Pada Remote 55

3.13 Flowchart Pemindahan Data ke PC 56

4.1a Blok Pengujian Photo Reflektor 58

4.1b Photo Reflektor Saat Mendeteksi Terang 58

4.1c Photo Reflektor Saat Mendeteksi Gelap 59

4.2a Blok Pengujian Rangkaian LCD 60

4.2b LCD Sebelum Dimatikan 60

4.2c LCD Setelah Dimatikan 60

4.3a Blok Pengujian RS232 61

4.3b Tegangan Input RS232 62

4.3c Tegangan Output RS232 63

2.18 Konfigurasi Pin MAX232 35
2.19 Skema Dasar Sistem Komputer 37
3.1 Diagram Blok Rangkaian Sistem 39
3.2 Rangkaian Photo Reflektor 40
3.3 Rangkaian Clock Atmega8535 41
3.4 Rangkaian Reset Eksternal 41
3.5 Rangkaian MC ATmega8535 pada Panel 44
3.6 Rangkaian MC ATmega8535 pada Remote 46
3.7 Rangkaian LCD 48
3.8 Rangkaian Pengirim TLP434A 49
3.9 Rangkaian Penerima RLP434A 51
3.10 Rangkaian PC Connector 53
3.11 Flowchart Panel KWH Digital 54
3.12 Flowchart Penyimpan Data Pada Remote 55
3.13 Flowchart Pemindahan Data ke PC 56
4.1a Blok Pengujian Photo Reflektor 58
4.1b Photo Reflektor Saat Mendeteksi Terang 58
4.1c Photo Reflektor Saat Mendeteksi Gelap 59
4.2a Blok Pengujian Rangkaian LCD 60
4.2b LCD Sebelum Dimatikan 60
4.2c LCD Setelah Dimatikan 60
4.3a Blok Pengujian RS232 61
4.3b Tegangan Input RS232 62
4.3c Tegangan Output RS232 63

4.4a Blok Pengujian Panel 64

4.4b Tampilan Pada Panel 65

4.5 Blok Pengujian Transfer Data ke Remote 66

4.6 Tampilan LCD Panel 66

4.7 Tampilan LCD Remote saat Stanby 67

4.8 Tampilan LCD Remote saat Proses Transfer Data 67

4.9 Tampilan LCD saat Data Diterima 67

4.10 Blok Pengujian Transfer Data ke PC 69

4.11 Tampilan Database Pelanggan 70

4.12 Tampilan Tabel Kerja 70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat, kebutuhan setiap orang akan listrik juga semakin besar. Hampir tidak bisa kita temukan sebuah rumah tanpa fasilitas listrik untuk sekarang ini. Semua ini dikarenakan hampir semua peralatan rumah tangga menggunakan listrik.

Untuk mengetahui berapa kWh daya listrik yang telah dipakai oleh setiap keluarga, PLN menggunakan kWh meter disetiap rumah pelanggan listrik. Sampai saat ini seperti yang kita ketahui kWh meter masih mempunyai outputan berupa analog.

Peletakan kWh meter, demi keamanan biasanya berada didalam pekarangan rumah pelanggan listrik. Hal ini sering kali menimbulkan kesulitan bagi petugas pencatat data. Misalkan saja pada saat pencatatan, pemilik rumah tidak ada sehingga petugas tidak bisa masuk dan melihat kWh meter secara langsung.

Maka dari itu perancangan dan pembuatan pencatat data kwh otomatis yang dapat mengambil data dari jauh ini menjadi solusi yang paling tepat untuk masalah kenyamanan kedua belah pihak selain itu juga untuk meningkatkan keakuratan dan efisiensi kerja.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat, kebutuhan setiap orang akan listrik juga semakin besar. Hampir tidak bisa kita temukan sebuah rumah tanpa fasilitas listrik untuk sekarang ini. Semua ini dikarenakan hampir semua perakitan rumah tangga menggunakan listrik.

Untuk mengetahui berapa kWh daya listrik yang telah dipakai oleh setiap keluarga, PLN menggunakan kWh meter disetiap rumah pelanggan listrik. Sampai saat ini seperti yang kita ketahui kWh meter masih mempunyai outputan berupa analog.

Peletakan kWh meter, demi keamanan biasanya berada didalam pekarangan rumah pelanggan listrik. Hal ini sering kali menimbulkan kesulitan bagi petugas pencatat data. Misalkan saja pada saat pencatatan, pemilik rumah tidak ada sehingga petugas tidak bisa masuk dan melihat kWh meter secara langsung.

Maka dari itu perancangan dan pembuatan pencatat data kwh otomatis yang dapat mengambil data dari jauh ini menjadi solusi yang paling tepat untuk masalah kenyamanan kedua belah pihak selain itu juga untuk meningkatkan keakuratan dan efisiensi kerja.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mendapatkan data yang akurat dan efisien dalam pengambilan data daya listrik yang digunakan oleh pelanggan maka dibutuhkan suatu alat yang dapat menunjang proses pencatatan tersebut. Dengan adanya alat pencatat data kWh otomatis ini petugas PLN dapat mengambil data dari jarak jauh melalui sensor yang dipasang pada kWh meter.

1.3 Tujuan

Merancang dan membuat alat pencatat data KWH meter pelanggan secara remote berbasis mikrokontroler Atmega8535 yang dilengkapi dengan antar muka ke PC, dimana diharapkan membantu dan mempermudah pekerjaan petugas pencatat kWh meter. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga.

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak meluas maka perlu adanya batasan-batasan masalah yang jelas. Adapun batasannya meliputi :

1. Menggunakan IC TLP dan RLP 434A sebagai media transfer data.
2. Tidak membahas noise-noise yang ditimbulkan oleh frekuensi diluar frekuensi yang digunakan.
3. Tidak membahas tentang proses transfer dan tampilan pada PC.
4. Tidak membahas catu daya.

1.5 Metodologi Pembahasan

Langkah-langkah yang diambil dalam perencanaan sampai dengan pembuatan alat adalah sebagai berikut :

1. Melakukan studi literatur tentang cara kerja kWh meter.
2. Mempelajari pengontrolan dengan menggunakan Mikrokontroler Atmega8535.
3. Mempelajari karakteristik dari komponen-komponen pendukung yang dipakai.
4. Membuat blok diagram keseluruhan sistem alat yang akan dibuat dan mempelajarinya untuk mempermudah implementasi dan pengujian.
5. Mengimplementasikan tiap-tiap blok diagram sistem kedalam hardware beserta softwarenya.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dalam skripsi ini terdiri dari lima bab, yang masing-masing bab memuat pembahasan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Meliputi beberapa uraian tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, metodologi, dan sistematika pembahasan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Membahas tentang teori dasar yang berisikan teori penunjang dan pendukung sebagai dasar perancangan dan pembuatan alat.

1.5 Metodologi Pembahasan

Langkah-langkah yang diambil dalam perencanaan sampai dengan pembuatan alat adalah sebagai berikut :

1. Melakukan studi literatur tentang cara kerja kWh meter.
2. Mempelajari pengontrolan dengan menggunakan Mikrokontroler Atmega8535.
3. Mempelajari karakteristik dari komponen-komponen pendukung yang dipakai.
4. Membuat blok diagram keseluruhan sistem alat yang akan dibuat dan mempelajarinya untuk mempermudah implementasi dan pengujian.
5. Mengimplementasikan tiap-tiap blok diagram sistem kedalam hardware beserta softwarenya.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dalam skripsi ini terdiri dari lima bab, yang masing-masing bab memuat pembahasan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Meliputi beberapa uraian tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, metodologi, dan sistematika pembahasan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Membahas tentang teori dasar yang berisikan teori penunjang dan pendukung sebagai dasar perancangan dan pembuatan alat.

BAB III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan sistem yang meliputi perangkat keras, cara kerja serta diagram skematik rangkaian.

BAB IV : PENGUJIAN ALAT

Membahas tentang pengujian dan pengukuran karakteristik hasil dari perancangan dan pembuatan alat dengan *software* yang telah dibuat.

BAB V : PENUTUP

Memuat tentang kesimpulan dan saran yang didapat selama perancangan dan pembuatan alat serta kemungkinan pengembangan maupun aplikasi-aplikasi yang dapat dilakukan pada alat yang telah dirancang.

BAB II

TEORI DASAR

Landasan teori sangat membantu untuk dapat memahami suatu sistem. Disamping itu dapat juga dijadikan sebagai bahan acuan didalam merencanakan suatu sistem. Dengan pertimbangan hal-hal tetrsebut, maka landasan teori merupakan bagian yang harus dipahami untuk pembahasan selanjutnya. Dalam landasan teori ini akan dibahas teori dasar komponen-komponen yang digunakan pada perancangan ini, antara lain : KWH meter, Photo Reflektor, Mikrokontroler Atmega8535, IC TLP dan RLP 434A (*Transmitter*) , LCD (*Liquid Crystal Display*), DM74LS164, RS232, LM358 dan PC (*Personal Computer*).

2.1 KWH Meter

Pemakaian energi listrik di Indonesia menggunakan satuan *kilowatt-hour* (KWH) dimana 1 KWH sama dengan 3,6 MJ. Karena itulah alat yang digunakan untuk mengukur energi pada industri dan rumah tangga dikenal dengan watthourmeter. Besar tagihan listrik biasanya berdasarkan pada angka-angka yang tertera pada KWH meter setiap bulannya untuk saat ini. KWH meter induksi adalah tipe yang digunakan pada perhitungan daya listrik rumah tangga.

Bagian-bagian utama dari KWH meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, sebuah piringan alumunium, sebuah magnet tetap dan sebuah gir mekanik yang mencatat banyaknya putaran piringan. Jika meter dihubungkan ke daya satu fasa, piringan mendapat torsi yang membuatnya berputar seperti motor dengan tingkat kepresisian yang tinggi.

BAB II

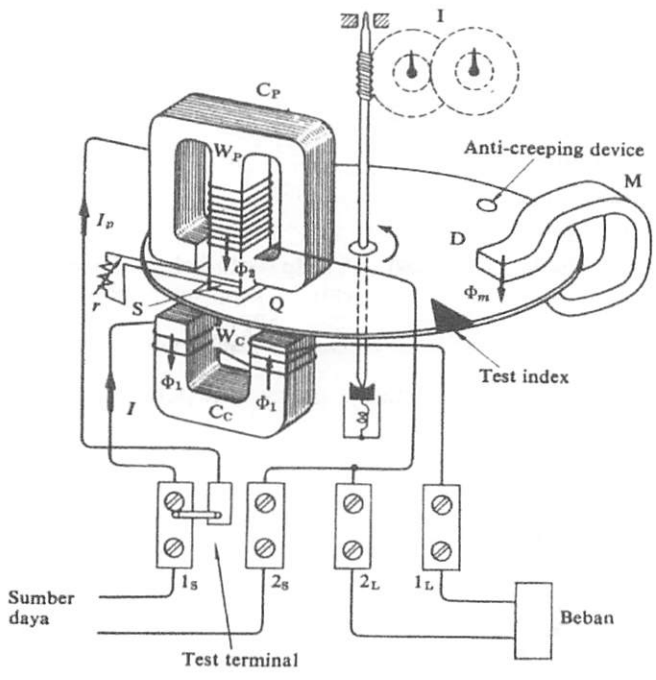
TEORI DASAR

Landasan teori sangat membantu untuk dapat memahami suatu sistem. Pemahaman ini dapat juga dijadikan sebagai bahan acuan dikalam memecahkan suatu sistem. Dengan pertimbangan hal-hal tersebut, maka landasan teori merupakan bagian yang harus dipahami untuk pembahasan selanjutnya. Dalam landasan teori ini akan dibahas teori dasar komponen-komponen yang digunakan pada pembuatan alat antara lain : KWH meter Phase Reflektor, Mikrokontroler Atmega8535, IC TLP dan RLP 4N4A (Transmitter) , LCD (Liquid Crystal Display), DM74LS164, KS232, LM339 dan PC (Personal Computer).

2.1 KWH Meter

Pemakaian energi listrik di Indonesia menggunakan satuan Kilowatt-hour (KWH) dimana 1 KWH sama dengan 3,6 MJ. Karena itulah alat yang digunakan untuk mengukur energi pada industri dan rumah tangga dikenal dengan wattmeter. Besar tagihan listrik biasanya berdasarkan pada angka-angka yang tertera pada KWH meter setiap bulannya untuk satu unit. KWH meter terbagi atas tipe yang digunakan pada perhitungan daya listrik rumah tangga.

Bagian-bagian meter dari KWH meter adalah lempengan logam, kumparan arus, sebuah piringan aluminium, sebuah magnet tetap dan sebuah gir mekanik yang mencatat banyaknya putaran piringan. Jika meter dihubungkan ke daya satu fasa, piringan mendapat torsi yang membuatnya berputar seperti motor dengan tingkat kepresisian yang tinggi.



Gambar 2.1a Konstruksi KWH meter
Sumber Pengukuran dan Alat Ukur Listrik

Dari gambar 2.1 dapat dijelaskan cara kerja KWH meter adalah sebagai berikut :

Arus beban I mengalir melalui W_c dan menyebabkan terjadinya fluksi magnetic Φ_1. W_p mempunyai sejumlah lilitan yang besar dan cukup besar untuk dianggap sebagai reaktansi murni sehingga arus I_p yang mengalir melalui W_p tertinggal fasanya terhadap tegangan beban dengan sudut sebesar 90^0 dan menyebabkan terjadinya fluksi magnetis sebesar Φ_2. Persamaan-persamaan ini ini dapat dilihat dalam gambar 2.1b. Maka terhadap keping alumunium momen gerak T_D berbanding lurus terhadap daya beban, dengan persamaan :

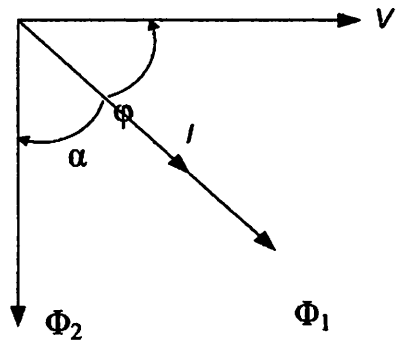
$$\omega\Phi_1\Phi_2 \sin\alpha = KVI\cos\varphi \qquad \text{..... (2.1)}$$

Gambar 2.1a Konstruksi KWH meter
Sumber: Pengukuran dan Alat Ukur Listrik

Dari gambar 2.1 dapat dijelaskan cara kerja KWH meter adalah sebagai berikan :

Arus beban I menghasilkan medan Ψ_p dan menyebabkan terjadinya fluksi magnetik Φ_p. Ψ_p mempunyai sejumlah lilitan yang besar dan cukup besar untuk ditanggap sebagai reaktansi murni sehingga arus I_p yang mengalir melalui Ψ_p tertinggal ibasanya terhadap tegangan beban dengan sudut sebesar 90° dan menyebabkan terjadinya fluksi magnetis sebesar Φ_p. Persamaan-persamaan ini dapat dilihat dalam gambar 2.1b. Nilai terhadap keping aluminium momen gerak T_p berbanding lurus terhadap daya beban dengan persamaan :

$$c\omega\Phi_p\Phi_s \sin\alpha = KVI\cos\varphi \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$$



Gambar 2.1b Diagram Vektor KWH Jenis Induksi
Sumber Pengukuran dan Alat Ukur Listrik

Karena pengaruh momen gerak ini keping alumunium berputar dengan kecepatan putaran *n*. sambil berputar keping alumunium akan memotong garis-garis fluksi magnetis Φ_m dan menyebabkan terjadinya arus-arus putar yang berbanding lurus terhadap $n\Phi_m$ didalam keping alumunium. Arus-arus putar tersebut akan pula memotong garis-garis fluksi Φ_m sehingga keping alumunium akan mengalami suatu momen redam T_d yang berbanding lurus terhadap $n\Phi_m^2$. Bila momen-momen tersebut dalam keadaan seimbang maka persamaan berikut akan berlaku.

$$k_d VI\cos\varphi = k_m n\Phi_m^{\ 2}$$

atau

$$n = \frac{k_d}{k_m \Phi_m^{\ 2}} VI\cos\varphi \qquad \text{..... (2.2)}$$

dengan kd dan km sebagai konstanta. Jadi dari persamaan tersebut dapat terlihat bahwa kecepatan putar n dari keping alumunium adalah berbanding lurus dengan beban VI cos, sehingga dengan demikian maka jumlah perputaran dari keping alumunium untuk suatu jangka waktu tertentu berbanding dengan enersi yang diukur untuk jangka waktu tersebut. Karena itu kecepatan putaran piringan sebanding dengan daya aktif yang terpakai. Semakin besar daya yang terpakai,

Фиг. 2.11 Пример за фазова диаграма

Фиг. 2.11 Пример за фазова диаграма

Фазовата диаграма е удобно средство за определяне на резултантната стойност на няколко синусоидални величини от еднаква честота. Нека са дадени две синусоидални величини i_1 и i_2 с амплитудни стойности I_{m1} и I_{m2} и начални фази ψ_1 и ψ_2. Ако $\psi_1 > \psi_2$, казваме, че i_1 изпреварва i_2 с ъгъл $\varphi = \psi_1 - \psi_2$. Ако $\psi_1 < \psi_2$, казваме, че i_1 изостава от i_2 с ъгъл $\varphi = \psi_2 - \psi_1$. Ако $\psi_1 = \psi_2$, казваме, че i_1 и i_2 са в фаза. Ако $\varphi = \pm 90°$, казваме, че i_1 и i_2 са в квадратура. Ако $\varphi = \pm 180°$, казваме, че i_1 и i_2 са в противофаза.

Нека са дадени две синусоидални величини i_1 и i_2 с амплитудни стойности I_{m1} и I_{m2} и начални фази ψ_1 и ψ_2. Ако $\psi_1 > \psi_2$, казваме, че i_1 изпреварва i_2 с ъгъл $\varphi = \psi_1 - \psi_2$. Ако $\psi_1 < \psi_2$, казваме, че i_1 изостава от i_2 с ъгъл $\varphi = \psi_2 - \psi_1$. Ако $\psi_1 = \psi_2$, казваме, че i_1 и i_2 са в фаза. Ако $\varphi = \pm 90°$, казваме, че i_1 и i_2 са в квадратура. Ако $\varphi = \pm 180°$, казваме, че i_1 и i_2 са в противофаза.

Фазовата диаграма е удобно средство за определяне на резултантната стойност на няколко синусоидални величини от еднаква честота. Нека са дадени две синусоидални величини i_1 и i_2 с амплитудни стойности I_{m1} и I_{m2} и начални фази ψ_1 и ψ_2. Ако $\psi_1 > \psi_2$, казваме, че i_1 изпреварва i_2 с ъгъл $\varphi = \psi_1 - \psi_2$. Ако $\psi_1 < \psi_2$, казваме, че i_1 изостава от i_2 с ъгъл $\varphi = \psi_2 - \psi_1$. Ако $\psi_1 = \psi_2$, казваме, че i_1 и i_2 са в фаза. Ако $\varphi = \pm 90°$, казваме, че i_1 и i_2 са в квадратура. Ако $\varphi = \pm 180°$, казваме, че i_1 и i_2 са в противофаза.

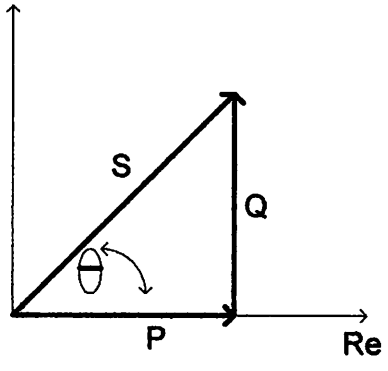
kecepatan piringan semakin besar, dan demikian sebaliknya.Untuk memungkinkan pengukuran maka jumlah perputaran keping alumunium ditransformasikan melalui sistim mekanis tertentu, dalam hal ini digunakan Photo Reflektor sebagai alat untuk mentransformasi dari putaran menjadi tegangan.

Secara umum perhitungan untuk daya listrik dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

- Daya Kompleks S(VA) = V.I ..... (2.3)
- Daya Reaktif Q(VAR) = V.I sin θ ..... (2.4)
- Daya Aktif P(Watt) = V.I cos θ ..... (2.5)

Hubungan dari ketiga daya diatas dapat dituliskan dengan menggunakan rumus dan digambarkan dalam segitiga daya sebagai berikut :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$
$$S = \sqrt{(VI)^2.(\sin^2\theta + \cos^2\theta)} \quad \text{..... (2.6)}$$
$$S = VI$$



Gambar 2.1c Hubungan Segitiga Daya

Dari ketiga daya diatas yang terukur pada KWH meter adalah daya aktif yang dinyatakan dengan satuan *Watt*. Sedangkan daya reaktif dapat diketahui besarnya dengan menggunakan alat ukur *VARmeter*. Untuk pemakaian pada rumah biasanya hanya berupa KWH meter.

kecepatan piringan semakin besar dan demikian sebaliknya.Untuk memungkinkan pengukuran maka jumlah perputaran keping alumunium ditransformasikan melalui sistim mekanis tertentu, dalam hal ini digunakan Photo Reflektor sebagai alat untuk menransformasi dari putaran menjadi tegangan.

Secara umum perhitungan untuk daya listrik dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

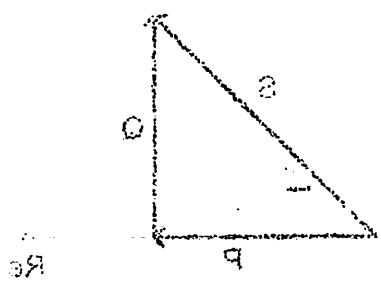
- Daya Kompleks S(VA) = V.I ..... (2.3)
- Daya Reaktif Q(VAR) = V.I sin θ ..... (2.4)
- Daya Aktif P(Watt) = V.I cos θ ..... (2.5)

Hubungan dari ketiga daya diatas dapat dituliskan dengan menggunakan rumus dan digambarkan dalam segitiga daya sebagai berikut :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{(P)^2.(\sin^2\theta + \cos^2\theta)} \quad \text{..... (2.6)}$$

$$S = P$$



Gambar 2.1e Hubungan Segitiga Daya

Dari ketiga daya diatas yang terukur pada KWH meter adalah daya aktif yang dinyatakan dengan satuan *Watt*. Sedangkan daya reaktif dapat diketahui besarnya dengan menggunakan alat ukur *KVRmeter*. Untuk pemakaian pada rumah biasanya hanya berupa KWH meter.

2.2 Mikrokontroler Atmega8535

2.2.1 Arsitektur

Mikrokontroler Atmega8535 adalah merupakan 8-bit CMOS, low power yang berdasarkan bentuk arsitektur AVR RISC (*Redused Instruction Set Computer*), yang hampir semua instruksinya selesai dikerjakan dalam satu siklus clok. AVR Atmega8535 mempunyai 32 general purpose working register dimana semuanya terhubung langsung dengan *Arithmetic Logic Unit* (ALU) yang memungkinkan untuk 2 register mandiri diakses dalam satu instruksi dan satu siklus clock. Dengan demikian hasil dari arsitektur ini lebih efisien dan 10 kali lebih cepat dari mikrokontroler conventional CISC.

Mikrokontroler Atmega8535 bermanfaat di bidang komputasi, industri dan komunikasi. Adapun ciri-ciri dari mikrokontroler Atmega 8535 adalah :

- Memiliki 32 General Purpose Working Registers
- 8K bytes In-System Self-Programmable Flash
- 512 Bytes EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*)
- 512 Bytes Internal SRAM (*Static Random Access Memory*)
- 8-Channel ADC (*Analog to Digital Converter*) 10-bit
- Programmable Serial USART (*Universal Asynchronous Receiver and Transmitter*)
- Serial Port SPI (*Serial Peripheral Interface*)
- Batas Operasi 4,5 V sampai 5,5 V
- Fully Static Operation

2.2 Mikrokontroler Atmega8535

2.2.1 Arsitektur

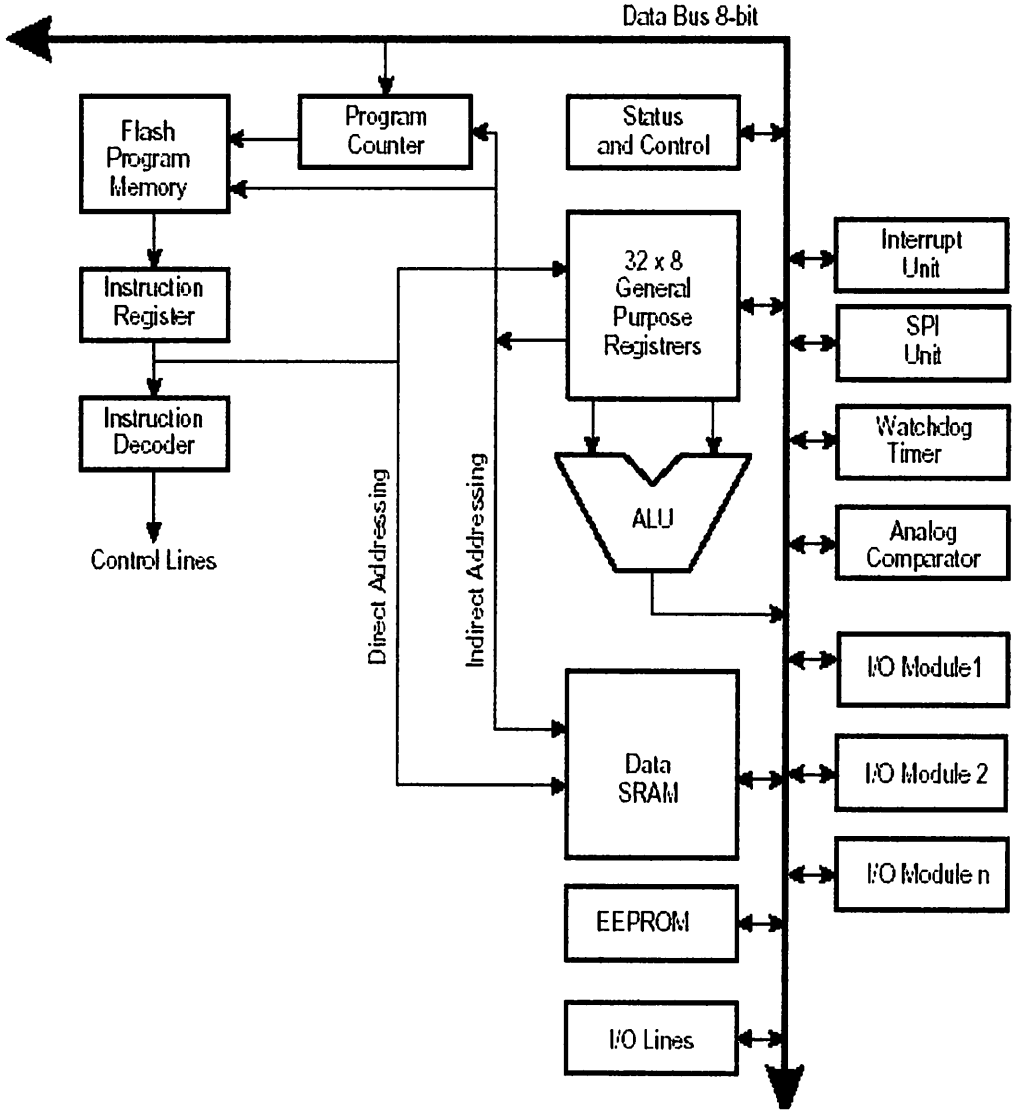
Mikrokontroler Atmega8535 adalah merupakan 8-bit CMOS, low power yang berdasarkan bentuk arsitektur AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computer*), yang hampir semua instruksinya selesai dikerjakan dalam satu siklus clok. AVR Atmega8535 mempunyai 32 general purpose working register dimana semuanya terhubung langsung dengan *Arithmetic Logic Unit* (ALU) yang memungkinkan untuk 2 register mandiri diakses dalam satu instruksi dan satu siklus clock. Dengan demikian hasil dari arsitektur ini lebih efisien dan 10 kali lebih cepat dari mikrokontroler conventional CISC.

Mikrokontroler Atmega8535 bermanfaat di bidang komputasi, industri dan komunikasi. Adapun ciri-ciri dari mikrokontroler Atmega 8535 adalah :

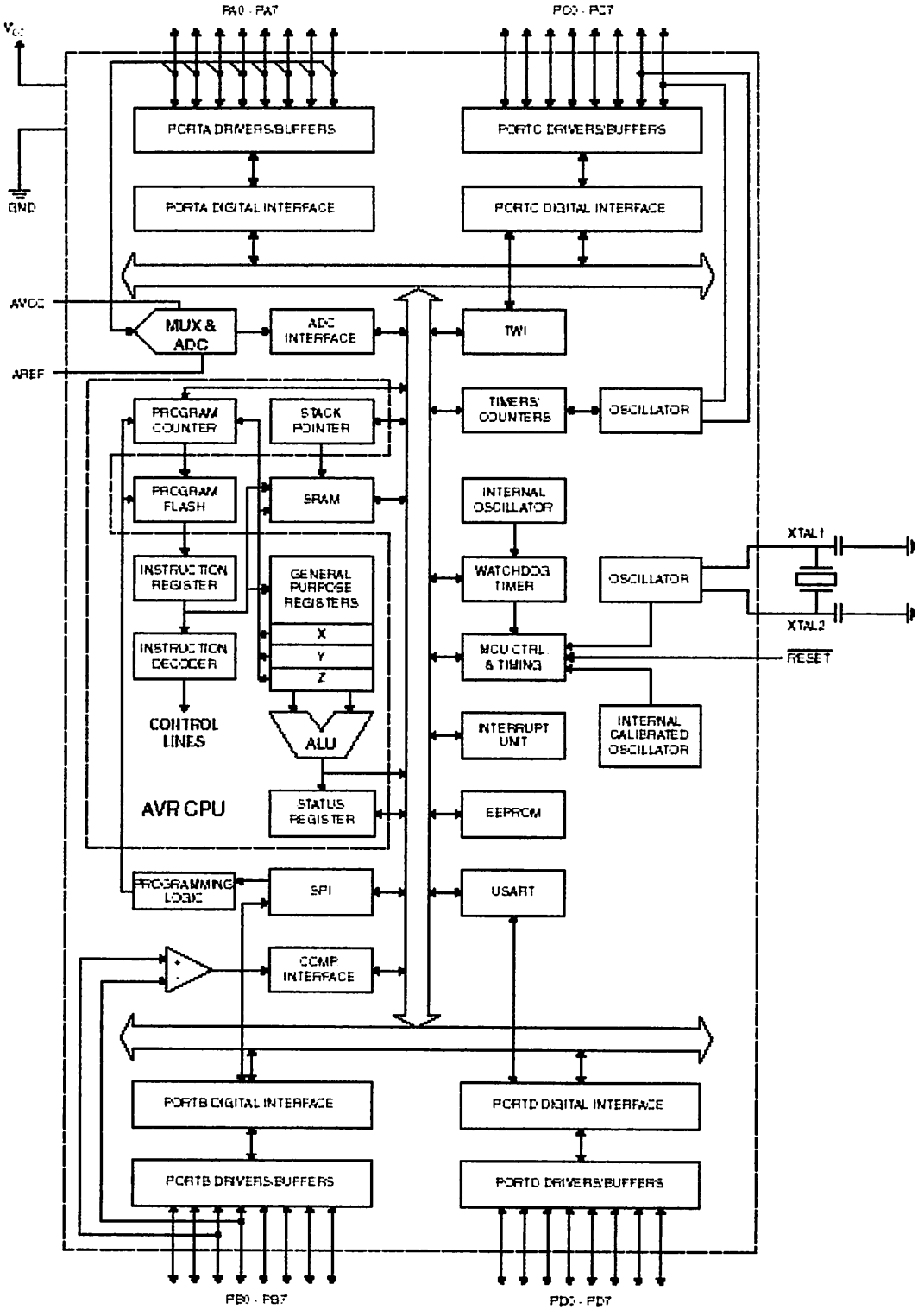
- Memiliki 32 General Purpose Working Registers
- 8K bytes In-System Self-Programmable Flash
- 512 Bytes EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*)
- 512 Bytes Internal SRAM (*Static Random Access Memory*)
- 8-Channel ADC (*Analog to Digital Converter*) 10-bit
- Programmable Serial USART (*Universal Asynchronous Receiver and Transmitter*)
- Serial Port SPI (*Serial Peripheral Interface*)
- Batas Operasi 4,5 V sampai 5,5 V
- Fully Static Operation

- 32 Programmable I/O Lines
- Interupsi internal dan eksternal
- Programmable Watchdog Timer

Adapun gambar dari arsitektur dan diagram blok dari mikrokontroler AVR Atmega8535 adalah sebagai berikut :



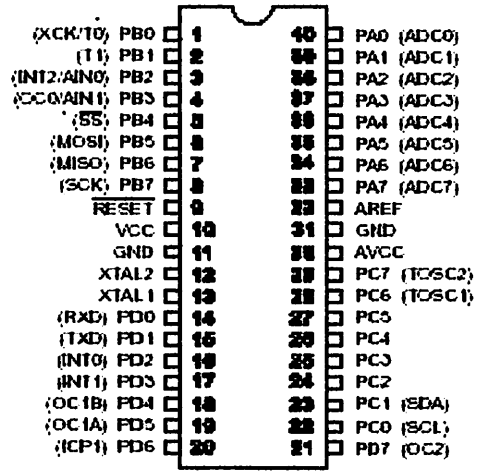
Gambar 2.2a. Arsitektur AVR Atmega8535
Sumber ATMEL, Datasheet Book



Gambar 2.2b. Arsitektur AVR Atmega8535
Sumber ATMEL, Datasheet Book

2.2.2 Konfigurasi Pin Mikrokontroler Atmega8535

Bentuk fisik dan konfigurasi dari kaki pin Mikrokontroler Atmega8535 adalah :



Gambar 2.3. Konfigurasi Mikrokontroller Atmega 8535
Sumber ATMEL, Datasheet Book

Deskripsi Pin pada Atmega8535 adalah sebagai berikut :

- Vcc

  Tegangan *Supply.*

- Gnd

  Ground.

- Port A ($PA_7..PA_0$)

  Merupakan input analog untuk ADC, jika tidak digunakan port A dapat berfungsi sebagai port dua arah I/O 8-bit, kaki portnya dapat menyediakan resistor pull-up internal (dipilih untuk masing-masing bit).

- Port B ($PB_7..PB_0$)

  Port dua arah I/O 8-bit dengan resistor pull-up internal, digunakan pada fungsi-fungsi khusus dari karakteristik Atmega8535.

ﻛﻤﺎ ﻳﻤﻜﻦ ﺍﺳﺘﺨﺪﺍﻡ ﺍﻟﻤﻌﺎﻟﺞ ﺍﻟﺪﻗﻴﻖ ﻓﻲ ﺗﺼﻤﻴﻢ ﺍﻟﻤﺘﺤﻜﻤﺎﺕ ﺍﻟﻤﻨﻄﻘﻴﺔ ﻟﻠﻌﺪﻳﺪ ﻣﻦ ﺍﻟﺘﻄﺒﻴﻘﺎﺕ ﺍﻟﻤﺨﺘﻠﻔﺔ ﻛﻤﺎ ﻫﻮ ﻣﻮﺿﺢ ﺑﺎﻟﺠﺪﻭﻝ :

ﺷﻜﻞ (٤-٤) ﺍﻟﺘﺮﻛﻴﺐ ﺍﻟﺪﺍﺧﻠﻲ ﻟﻠﻤﻌﺎﻟﺞ ﺍﻟﺪﻗﻴﻖ ATmega 8535
(ﺍﻟﻤﺼﺪﺭ : ATMEL ، ﺍﻟﻤﻮﻗﻊ ﺍﻟﺮﺳﻤﻲ)

ﻭﻳﺘﻤﻴﺰ ﺍﻟﻤﻌﺎﻟﺞ ATmega 8535 ﺑﺎﻟﻌﺪﻳﺪ ﻣﻦ ﺍﻟﻤﻤﻴﺰﺍﺕ ﺍﻟﺘﺎﻟﻴﺔ :

* ٨ ﻛﻴﻠﻮ ﺑﺎﻳﺖ (٨ ﻣﻴﺠﺎ ﺑﺎﻳﺖ) ﺫﺍﻛﺮﺓ ﻓﻼﺵ ﻗﺎﺑﻠﺔ ﻟﻠﺒﺮﻣﺠﺔ ﺩﺍﺧﻞ ﺍﻟﻨﻈﺎﻡ ﻋﻦ ﻃﺮﻳﻖ ﻣﻨﻔﺬ SPI ﻭﻣﻨﻔﺬ JTAG ﻭﻫﻲ ﺗﺴﻤﺢ ﺑﺎﻟﻘﺮﺍﺀﺓ ﻭﺍﻟﻜﺘﺎﺑﺔ ﺃﻛﺜﺮ ﻣﻦ ١٠٠٠٠ ﻣﺮﺓ.

* ٥١٢ ﺑﺎﻳﺖ ﺫﺍﻛﺮﺓ EEPROM ﻗﺎﺑﻠﺔ ﻟﻠﻘﺮﺍﺀﺓ ﻭﺍﻟﻜﺘﺎﺑﺔ.

* ٥١٢ ﺑﺎﻳﺖ ﺫﺍﻛﺮﺓ ﺩﺍﺧﻠﻴﺔ ﻟﻠﻨﻈﺎﻡ.

* ٣٢ ﺧﻂ ﺇﺩﺧﺎﻝ/ﺇﺧﺮﺍﺝ ﻣﺒﺮﻣﺠﺔ.

* ٣٢ ﺳﺠﻞ ﻋﺎﻡ ﺍﻻﺳﺘﺨﺪﺍﻡ.

* ﺛﻼﺙ ﻣﺆﻗﺘﺎﺕ/ﻋﺪﺍﺩﺍﺕ ﻣﻨﻔﺼﻠﺔ ﻣﻊ ﻣﻘﺎﺭﻧﺎﺕ ﺩﺍﺧﻠﻴﺔ.

* ٣ ﻗﻨﻮﺍﺕ PWM.

* ٨ ﻗﻨﻮﺍﺕ ﻣﺤﻮﻝ ﺍﻟﺘﻨﺎﻇﺮﻱ ﺭﻗﻤﻲ ﺫﻭ ﺩﻗﺔ ١٠ ﺑﺖ.

* ﻣﻨﻔﺬ ﺗﻮﺍﺻﻞ ﺗﺴﻠﺴﻠﻲ ﺛﻨﺎﺋﻲ ﺍﻟﺴﻠﻚ.

* ﻣﻨﻔﺬ ﺗﻮﺍﺻﻞ ﺗﺴﻠﺴﻠﻲ ﻣﺘﺰﺍﻣﻦ ﻭﻏﻴﺮ ﻣﺘﺰﺍﻣﻦ.

* ﻣﻨﻔﺬ ﺗﻮﺍﺻﻞ ﺗﺴﻠﺴﻠﻲ ﺛﻨﺎﺋﻲ ﺍﻟﺴﻠﻚ.

* ﻣﻨﻔﺬ SPI ﻣﺘﺰﺍﻣﻦ.

* ﻣﺆﻗﺖ ﻣﺮﺍﻗﺒﺔ ﻗﺎﺑﻞ ﻟﻠﺒﺮﻣﺠﺔ.

* ﻣﻘﺎﺭﻧﺎﺕ ﺗﻨﺎﻇﺮﻳﺔ ﺩﺍﺧﻠﻴﺔ.

* ﻣﻘﺎﻃﻌﺔ ﺧﺎﺭﺟﻴﺔ ﻭﺩﺍﺧﻠﻴﺔ.

* ﻣﻨﻔﺬ ﺗﻮﺍﺻﻞ ﺗﺴﻠﺴﻠﻲ ﻣﺘﺰﺍﻣﻦ ﻭﻏﻴﺮ ﻣﺘﺰﺍﻣﻦ.

* ﻣﻨﻔﺬ ﺗﻮﺍﺻﻞ ﺗﺴﻠﺴﻠﻲ ﺛﻨﺎﺋﻲ ﺍﻟﺴﻠﻚ.

* ﻣﻨﻔﺬ SPI ﻣﺘﺰﺍﻣﻦ.

* ﻣﺆﻗﺖ ﻣﺮﺍﻗﺒﺔ ﻗﺎﺑﻞ ﻟﻠﺒﺮﻣﺠﺔ.

* ﻣﻘﺎﺭﻧﺎﺕ ﺗﻨﺎﻇﺮﻳﺔ ﺩﺍﺧﻠﻴﺔ.

* ﻣﻘﺎﻃﻌﺔ ﺧﺎﺭﺟﻴﺔ ﻭﺩﺍﺧﻠﻴﺔ.

- Port C ($PC_7..PC_0$)

  Port dua arah I/O 8-bit dengan resistor pull-up internal, digunakan sebagai alat keluaran saat SRAM eksternal digunakan.

- Port D ($PD_7..PD_0$)

  Port dua arah I/O 8-bit dengan resistor pull-up internal, digunakan untuk berbagai karakteristik khusus dari Atmega8535.

- RESET

  Input reset, jika kaki pinnya mendapat input 0 (low) dalam jangka waktu yang lebih lama dari panjang pulsa minimumnya maka akan menghasilkan kondisi reset, hal ini terjadi jika clock tidak berfungsi.

- $XTAL_1$

  Merupakan input untuk oscillator *inverting amplifire* dan input untuk clock internal pada operasi rangkaian.

- $XTAL_2$

  Output dari inverting oscillator amplifire.

- AVcc

  Merupakan pin tegangan supply untuk port A dan ADC. Dihubungkan ke Vcc secara eksternal jika ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan maka dihubungkan ke Vcc melalui low-pass filter.

- AR_{ef}

  Merupakan pin acuan analog untuk ADC

- Port C (PC_0..PC_6)

Port dua arah I/O 8-bit dengan resistor pull-up internal, digunakan sebagai alat keluaran saat SRAM eksternal digunakan.

- Port D (PD_0..PD_6)

Port dua arah I/O 8-bit dengan resistor pull-up internal, digunakan untuk berbagai karakteristik khusus dari Atmega8535.

- RESET

Input reset, jika kaki pinnya mendapat input 0 (low) dalam jangka waktu yang lebih lama dari panjang pulsa minimumnya maka akan menghasilkan kondisi reset. Hal ini terjadi jika clock tidak berfungsi.

- $XTAL_1$

Merupakan input untuk oscillator *inverting amplifire* dan input untuk clock internal pada operasi rangkaian.

- $XTAL_2$

Output dari inverting oscillator amplifire.

- AVcc

Merupakan pin tegangan supply untuk port A dan ADC. Dihubungkan ke Vcc secara eksternal jika ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan maka dihubungkan ke Vcc melalui low-pass filter.

- AR_1

Merupakan pin acuan analog untuk ADC

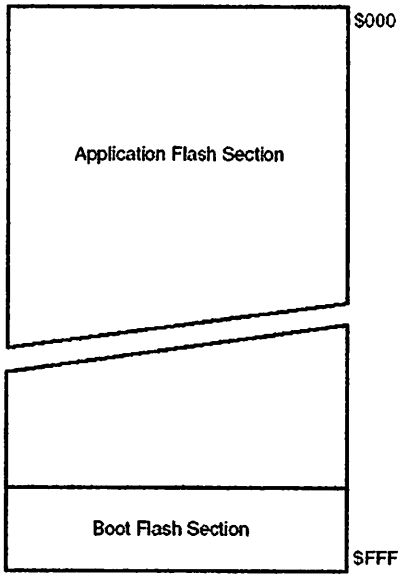
2.2.3 Organisasi Memory

Organisasi memori pada Mikrokontroller ATmega8535 dibagi menjadi dua bagian utama yaitu memori program (Flash Memori) dan memori data. Pembagian tersebut didasarkan atas fungsi dari penyimpangan data maupun program. Mikrokontroller ATmega8535 telah dilengkapi dengan EEPROM yang digunakan sebagai media penyimpanan data.

Berikut ini adalah penjelasan memori pada Mikrokontroller ATmega8535:

2.2.3.1 Memori Program (Flash ROM)

Memori program ATmega8535 disusun sebagai sistem memori- program 4K x 16 bit, yang dinomori mulai dari $0000 sampai $FFFF seperti terlihat pada gambar 2.4. Memori program pada ATmega8535 menggunakan *Programable Flash Program Memory*, tidak ada fasilitas untuk menambah memori program di luar chip ATmega8535.



Gambar 2-4 Memory Maps Program Flash Memory
Sumber ATMEL, Datasheet Book

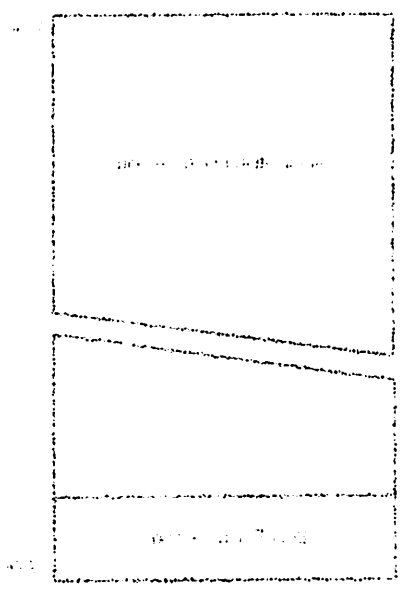
2.2.3 Organisasi Memory

Organisasi memori pada Mikrokontroller ATmega8535 dibagi menjadi dua bagian utama yaitu memori program (Flash Memori) dan memori data. Pembagian tersebut ditasarkan atas fungsi dari penyimpangan data maupun program. Mikrokontroller ATmega8535 telah dilengkapi dengan EEPROM yang digunakan sebagai media penyimpanan data.

Berikut ini adalah penjelasan memori pada Mikrokontroller ATmega8535:

2.2.3.1 Memori Program (Flash ROM)

Memori program ATmega8535 disusun sebagai sistem memori- program 4K x 16 bit, yang dinomori mulai dari $0000 sampai $FFFF seperti terlihat pada gambar 2.4. Memori program pada ATmega8535 menggunakan *Programmable Flash Program Memory*, tidak ada fasilitas untuk menambah memori program di luar chip ATmega8535.

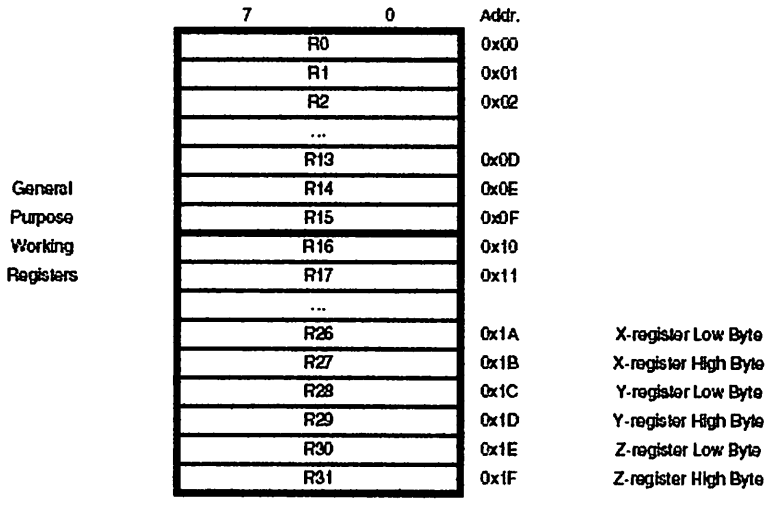


Gambar 2-4 Memory Maps Program Flash Memory
Sumber: ATMEL, Datasheet Book

Memori program tersebut dapat diisi ulang lewat saluran SPI (*Serial Peripheral Interface*) dengan cukup menggunakan tegangan +5 volt, sehingga rangkaian pengisi memori-program sangat sederhana bahkan bisa dibuat dengan sistem ISP (*In-System Programing*), yaitu pengisian memori program langsung pada rangkaian peralatan tanpa menggunakan alat khusus untuk mengisi memori-program.

2.2.3.2 Memori Data

2.2.3.2.1 Register Serba Guna (*General Purpose Working Register*)



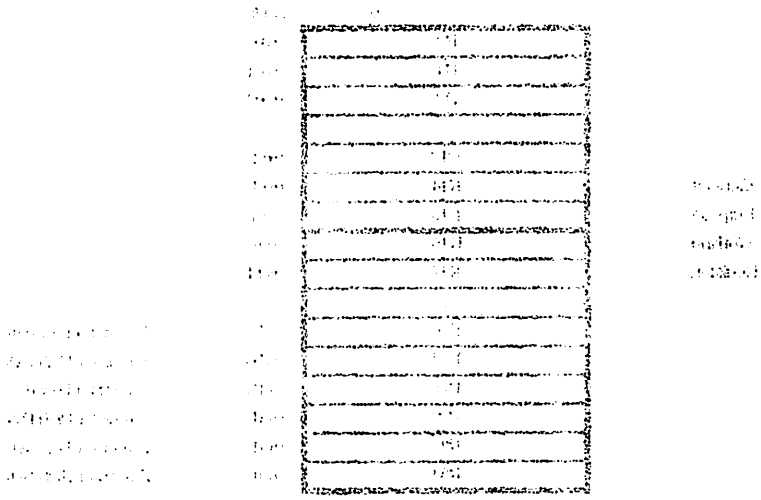
Gambar 2-5 Register Serba Guna
Sumber ATMEL, Datasheet Book

ATmega8535 mempunyai 32 register serbaguna yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menempati memori-data dengan nomor $0000 sampai $001F yang disebut sebagai R0 sampai R31. Semua register serba guna memiliki kemampuan yang hampir simitris, semuanya bisa berfungsi sebagai akumulator sehingga bisa melakukan proses menunjang kerja ALU dengan sangat baik dan menghasilkan kecepatan kerja yang sangat tinggi.

Memori program tersebut dapat diisi ulang lewat saluran SPI (*Serial Peripheral Interface*) dengan cukup menggunakan tegangan +5 volt, sehingga rangkaian pengisi memori-program sangat sederhana bahkan bisa dibuat dengan sistem ISP (*In-System Programming*), yaitu pengisian memori program langsung pada rangkaian peralatan tanpa menggunakan alat khusus untuk mengisi memori-program.

2.2.3.2 Memori Data

2.2.3.2.1 Register Serba Guna (*General Purpose Working Register*)



Gambar 2-5 Register Serba Guna
Sumber: [illegible]

ATmega8535 mempunyai 32 register serbaguna yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menampati memori-data dengan nomor $0000 sampai $001f yang disebut sebagai R0 sampai R31. Semua register serba guna memiliki kemampuan yang hampir simitris, semuanya bisa berfungsi sebagai akumulator sehingga bisa melakukan proses menanjang kerja ALU dengan sangat baik dan menghasilkan kecepatan kerja yang sangat tinggi.

2.2.3.2.2 Register I/O

AVR ATmega8535 mempunyai 64 register I/O yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menempati memori-data dengan nomor $0020 sampai $005F. Selain bisa dikenali dengan nomor memori-data tersebut ke-64 register ini bisa dikenali pula dengan nomor register I/O dari nomor $00 sampai $3F. Dalam prakteknya register I/O ini lebih dikenal sebagai I/O dengan instruksi IN atau OUT dari pada sebagai memori data biasa. Register untuk timer 8 bit ditempatkan di memori data nomor $0052 dan $0053, dan untuk *watchdog timer* ditempatkan di $0041.

Selain untuk tempat register I/O, sebagian memori-data nomor $0020 sampai $005F dipakai untuk menyimpan informasi prosesor dan pengaturan kerja prosesor. Misalnya memori-data nomor $005F dipakai sebagai *Status Register* (SREG) yang bertugas untuk menampung petanda (*Flags*) dari hasil kerja ALU. SREG didefinisikan sebagai:

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	

Gambar 2-6 Status Register
Sumber ATMEL, Datasheet Book

Keterangan :

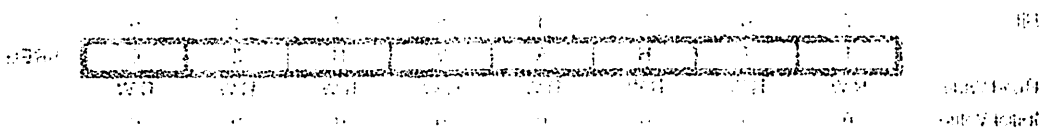
- Bit7-I: *Global Interupt Enable*

  Bit ini harus diset pada logic 0, maka seluruh interupsi tidak berfungsi walaupun masing-masing interupsi telah diset. Bit-I dikosongkan (*clear*) oleh hardware setelah terjadi interupsi dan di set oleh interupsi RETI untuk mengaktifkan interupsi berikutnya.

2.2.3.2.2 Register I/O

AVR ATmega8535 mempunyai 64 register I/O yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menempati memori-data dengan nomor $0020 sampai $005F. Selain bisa dikenali dengan nomor memori-data tersebut ke-64 register ini bisa dikenali pula dengan nomor register I/O dari nomor $00 sampai $3F. Dalam praktiknya register I/O ini lebih dikenal sebagai I/O dengan instruksi IN atau OUT dari pada sebagai memori data biasa. Register untuk timer 8 bit ditempatkan di memori data nomor $0052 dan $0053, dan untuk *watchdog timer* ditempatkan di $0041.

Selain untuk tempat register I/O, sebagian memori-data nomor $0020 sampai $005F dipakai untuk menyimpan informasi prosesor dan pengaturan kerja prosesor. Misalnya memori-data nomor $005F dipakai sebagai *Status Register* (SREG) yang bertugas untuk menampung petanda (*Flags*) dari hasil kerja ALU. SREG didefinisikan sebagai:



Gambar 2-6 Status Register
Sumber: ATMEL Datasheet Book

Keterangan :

- Bit7-I: *Global Interrupt Enable*

  Bit ini harus diset pada logic 1, maka seluruh interupsi tidak berfungsi walaupun masing-masing interupsi telah diset. Bit-I dikosongkan (*clear*) oleh hardware setelah terjadi interupsi dan di set oleh interupsi RETI untuk mengaktifkan interupsi berikutnya.

- Bit6-T: *Bit Copy Storage*

  Instruksi meng-copy bit BLD (Bit Load) dan BST (Bit Storage) menggunakan bit-T sebagai sumber dan tujuan pada operasi bit. Untuk meng-copy bit dari register dalam file register ke T digunakan instruksi BST dan bit yang ada di T dapat di-copy ke dalam bit yang ada di register dalam file register menggunakan instruksi BLD.

- Bit5-H: *Half Carry Flag*

  Bit-H mengindikasikan half-carry pada beberapa operasi aritmatika.

- Bit4-S: *Sign Bit*, S=N□V

  Bit-S selalu terpisah atau antara flag negative N dan dua komplemen overflow flag V.

- Bit3-V: *Two's Complement Overflow flag*

  Bit-V ini mendukung dua komplemen aritmatika.

- Bit2-N: *Negative Flag*

  Bit-N mengindikasikan hasil negatif setelah operasi aritmatika dan logika yang berbeda.

- Bit1-Z: *Zero Flag*

  Bit-Z mengindikasikan hasil nol setelah operasi aritmatika dan logika yang berbeda.

- Bit0-C: *Carry Flag*

  Bit-C mengindikasikan carry pada operasi aritmatika atau logika.

2.2.3.2.3 Stack Pointer

Memori data $005D ($3D) dan $005E ($3E) dipakai *Stack Pointer* (SP) register yang bertugas untuk mencatat nomor memori data yang dipakai sebagai stack.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	-	-	-	-	-	-	SP9	SP8	SPH
	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	SPL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	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	

Gambar 2-7 Stack Pointer
Sumber ATMEL, Datasheet Book

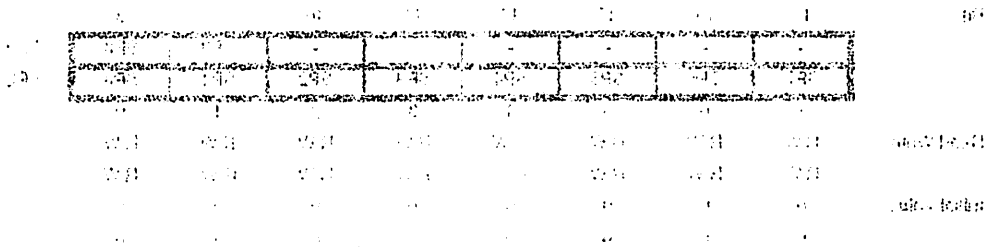
SP dikurangi 1 ketika data dimasukkan ke stack dengan instruksi PUSH dan dikurangi 2 ketika alamat dimasukkan ke stack dengan *subroutine call* dan interupsi. SP akan ditambah 1 ketika data dikeluarkan dari stack dengan instruksi POP dan ditambah 2 ketika alamat dikeluarkan dari stack dengan return dari subroutine RET atau return dari interupsi RETI.

2.2.3.2.4 SRAM Internal dan Eksternal

Seluruh data untuk memori data terdiri dari 8 jalur, menghubungkan register serbaguna, register I/O dan memori data internal maupun eksternal menjadi satu yang membentuk sistem memori 8 bit. Sistem memori-data ini dibentuk dengan SRAM (*Static Random Access Memory*), seperti terlihat pada gambar.

2.2.3.2.3 Stack Pointer

Memori data $005D ($3D) dan $005E ($3E) dipakai *Stack Pointer* (SP) register yang berfugas untuk mencatat nomor memori data yang dipakai sebagai stack.

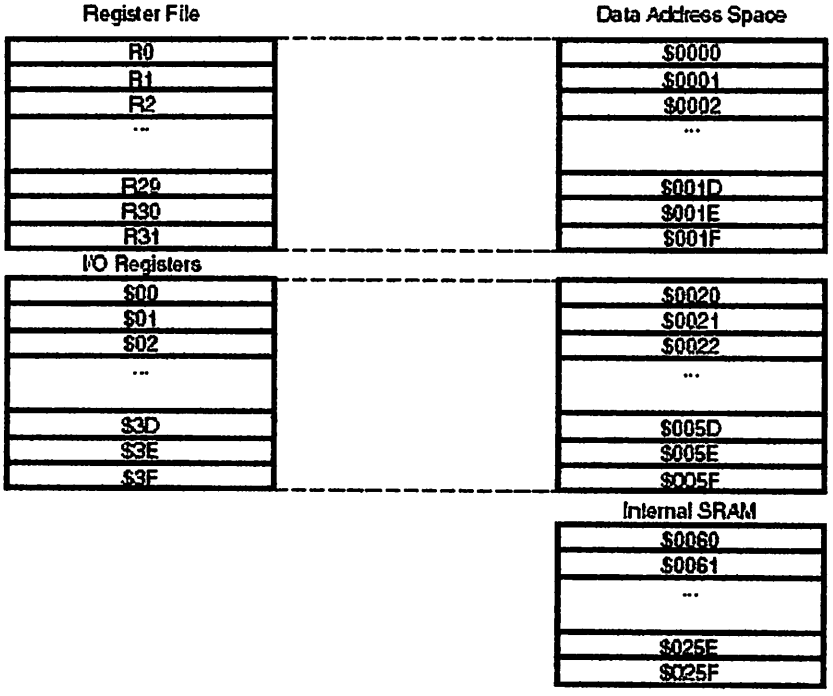


Gambar 2-7 Stack Pointer
Sumber: [illegible], Pointer Book

SP dikurangi 1 ketika data dimasukkan ke stack dengan instruksi PUSH dan dikurangi 2 ketika alamat dimasukkan ke stack dengan *subroutine call* dan interupsi. SP akan ditambah 1 ketika data dikeluarkan dari stack dengan instruksi POP dan ditambah 2 ketika alamat dikeluarkan dari stack dengan return dari subroutine RET atau return dari interupsi RETI.

2.2.3.2.4 SRAM Internal dan Eksternal

Seluruh data untuk memori data terdiri dari 8 jalur, menghubungkan register serbaguna, register PO dan memori data internal maupun eksternal menjadi satu yang membentuk sistem memori 8 bit. Sistem memori-data ini dibentuk dengan SRAM (*Static Random Access Memory*), seperti terlihat pada gambar.

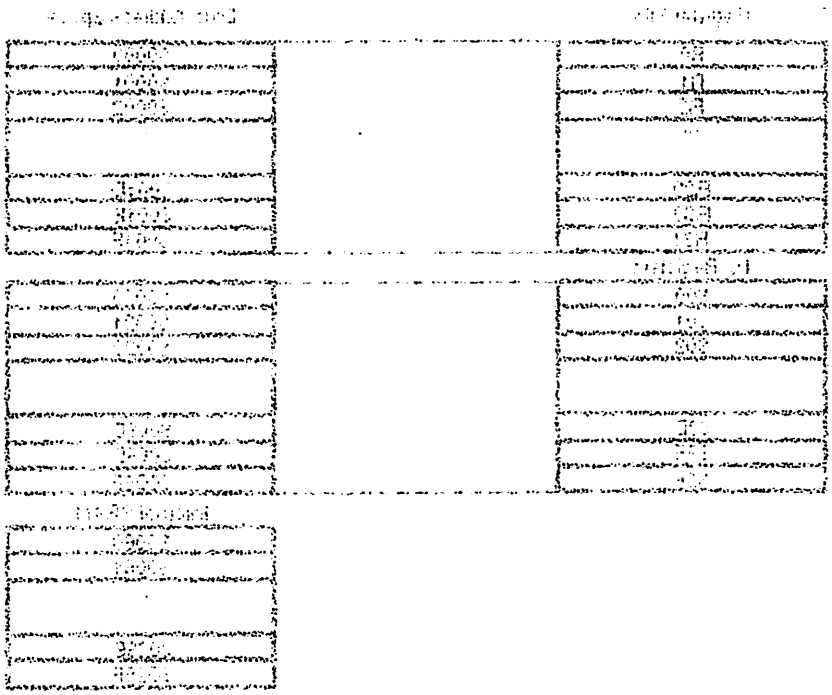


Gambar 2-8 Map Memori Data
Sumber ATMEL, Datasheet Book

2.2.3.3 EEPROM (*Electrical Erasable Programable Read Only Memory*)

EEPROM dalam AVR dikatakan sebagai memori-data khusus, karena saluran data, saluran alamat bahkan sinyal kontrol untuk EEPROM terpisah dari saluran data, saluran alamat dan sinyal kontrol untuk SRAM dan register I/O, meskipun sama-sama berada dalam satu chip.

EEPROM dapat ditulis ulang sampai 100.000 kali, waktu yang diperlukan untuk mengganti isi satu byte EEPROM berkisar antara 2.5 ms - 4 ms. Agar pengisian EEPROM dapat dilakukan dengan baik, sediakan sinyal yang menandai proses pengisian sudah selesai. Sesaat setelah EEPROM diisi, AVR akan berhenti bekerja selama 2 siklus clock. Hal ini juga terjadi saat setelah EEPROM dibaca isinya, AVR akan berhenti bekerja selama 4 siklus clock.



Gambar 2-8 Map Memori Data
Sumber: [illegible]

2.2.3.3 EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)

EEPROM dalam AVR dikatakan sebagai memori-data khusus, karena saluran data, saluran alamat bahkan sinyal kontrol untuk EEPROM terpisah dari saluran data, saluran alamat dan sinyal kontrol untuk SRAM dan register I/O, meskipun sama-sama berada dalam satu chip.

EEPROM dapat dimisis ulang sampai 100.000 kali, waktu yang diperlukan untuk menggantti isi satu byte EEPROM berkisar antara 2.5 ms - 4 ms. Agar pengisian EEPROM dapat dilakukan dengan baik, sediakan sinyal yang menandai proses pengisian sudah selesai. Sesaat setelah EEPROM diisi, AVR akan berhenti bekerja selama 2 siklus clock. Hal ini juga terjadi saat setelah EEPROM dibaca isinya, AVR akan berhenti bekerja selama 4 siklus clock.

Dari segi pemrograman EEPROM merupakan perangkat register I/O yang terdiri dari 3 bagian yaitu:

- EECR (*EEPROM Control Register*), yang ditempatkan di register I/O nomor $1C berfungsi untuk membangkitkan perintah mengisi EEPROM atau membaca isi EEPROM.
- EEDR (*EEPROM Data Register*), ditempatkan di register I/O nomor 1D, diperlakukan sebagai pengganti saluran data.
- EEAR (*EEPROM Address Register*), ditempatkan di register I/O nomor $1E, diperlakukan sebagai pengganti saluran alamat yang terdiri dari EEARH (*EEAR High Byte-Register* I/O nomor $1E) dan EEARL (*EEAR Low Byte-Register* I/O nomor $1F).

2.2.4 Reset dan Interupsi

ATmega8535 menyediakan 12 sumber interupsi yang berbeda. Interupsi-interupsi tersebut dan vektor pemisah reset masing-masing memiliki vektor pemisah program dalam memori program. Semua interupsi yang ditentukan oleh bit pengaktif individual harus di set pada logic 1 (high) bersama bit-1 pada status register untuk mengaktifkan perintah interupsi.

Alamat terendah dalam ruang memori-program secara otomatis didefinisikan sebagai Reset dan Vektor Interupsi. Daftar reset dan vektor interupsi secara lengkap ditunjukkan pada table di bawah ini:

Dari segi pemrograman EEPROM merupakan pemanfaat register I/O yang terdiri dari 3 bagian yaitu:

- EECR (EEPROM Control Register), yang dimanfaatkan di register I/O nomor $1C berfungsi untuk memberitahukan perintah mengisi EEPROM atau membaca isi EEPROM.
- EEDR (EEPROM Data Register), dimanfaatkan di register I/O nomor $1D dipertukarkan sebagai pengganti saluran data.
- EEAR (EEPROM Address Register), ditempatkan di register I/O nomor $1E, dipertukarkan sebagai pengganti saluran alamat yang terdiri dari EEARH (EEPROM High Byte-Register I/O nomor $1F) dan EEARL (EEPROM Low Byte-Register I/O nomor $1D).

2.2.4 Reset dan Interrupt

ATmega8535 mempunyai 12 sumber interrupt yang berbeda. Interrupt-interrupt tersebut dan vektor penting reset masing-masing memiliki vektor prioritas program dalam memori program. Semua interrupt yang dimasukkan oleh pengaktif individual harus di set pada logic 1 (high) bersama bit-I pada status register untuk mengaktifkan pemicuan interrupt.

Alamat terendah dalam ruang memori-program secara otomatis didefinisikan sebagai Reset dan Vektor Interrupt. Daftar reset dan vektor interrupt secara lengkap ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Reset dan Vektor Interupsi
Sumber ATMEL, Datasheet Book

Vector No.	Program Address[2]	Source	Interrupt Definition
1	0x000[1]	RESET	External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset and Watchdog Reset
2	0x001	INT0	External Interrupt Request 0
3	0x002	INT1	External Interrupt Request 1
4	0x003	TIMER2 COMP	Timer/Counter2 Compare Match
5	0x004	TIMER2 OVF	Timer/Counter2 Overflow
6	0x005	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
7	0x006	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
8	0x007	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
9	0x008	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
10	0x009	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
11	0x00A	SPI, STC	Serial Transfer Complete
12	0x00B	USART, RXC	USART, Rx Complete
13	0x00C	USART, UDRE	USART Data Register Empty
14	0x00D	USART, TXC	USART, Tx Complete
15	0x00E	ADC	ADC Conversion Complete
16	0x00F	EE_RDY	EEPROM Ready
17	0x010	ANA_COMP	Analog Comparator
18	0x011	TWI	Two-wire Serial Interface
19	0x012	INT2	External Interrupt Request 2
20	0x013	TIMER0 COMP	Timer/Counter0 Compare Match
21	0x014	SPM_RDY	Store Program Memory Ready

Tabel di atas juga membatasi tingkat prioritas dari interupsi yang berbeda. Alamat terendah merupakan prioritas tertinggi, reset merupakan prioritas tertinggi dan selanjutnya adalah INT0 (*External Interupt Request 0*).

Interupsi eksternal dipicu *(trigger)* oleh pin INT1 dan INT0. Interupsi akan aktif jika pin INT1/INT0 dikonfigurasikan sebagai output

Tabel 2.1 Reset dan Vektor Interrupt

No			
1			

Tabel di atas juga menjelaskan tingkat prioritas dari interupsi yang berbeda. Alamat terendah merupakan prioritas tertinggi. Reset merupakan prioritas tertinggi dan selanjutnya adalah INT0 (External Interrupt Request 0).

Interupsi eksternal dipicu tergantung oleh pin INT1 dan INT0. Interupsi akan aktif jika pin INT1/INT0 dikonfigurasikan sebagai output

ATmega8535L memiliki 3 sumber Reset yaitu:

1. Power-On Reset

   MCU akan di reset secara otomatis jika tegangan catu daya lebih rendah dari tegangan ambang batas reset (Power-On Reset Thresholt-V_{POT}). Tegangan V_{POT} berkisar antara 0.4 sampai 1.0.

2. External Reset

   MCU akan di reset jika kaki RESET bernilai'0' dalam waktu lebih lama dari 50 ns.

3. Watchdog Reset

   Jika sistem Watchdog diaktifkan, MCU akan di reset jika dalam batas waktu yang ditentukan Watchdog timer tidak juga diaktifkan.

2.2.5 Pembanding Tegangan

Pembanding tegangan AVR dibentuk dengan sebuah OpAmp (*Operasional Amplifier)* yang ditempatkan di dalam chip, input V+ dari OpAmp dihubungkan dengan kaki PB2 (AIN0), input V- dihubungkan dengan kaki PB3 (AIN1). Sedangkan output OpAmp tidak dihubungkan keluar chip, sehingga OpAmp tersebut hanya berfungsi sebagai pembanding tegangan , tidak bisa dipakai sebagai penguat karena tidak dipasangkan resistor antara output dan inputnya sebagai komponen *feedback.*

Tegangan AIN0 dan AIN1 selalu dibandingkan oleh OpAmp, jika tegangan pada AIN0 lebih positif dari AIN1 maka output OpAmp bernilai '1', sebaliknya jika tegangan pada AIN1 lebih positif dari AIN0 maka output OpAmp bernilai'0'. Keadaan output OpAmp bisa dipakai untuk menbangkitkan sinyal

ATmega8535L memiliki 3 sumber Reset yaitu:

1. Power-On Reset

MCU akan di reset secara otomatis jika tegangan catu daya lebih rendah dari tegangan ambang batas reset (Power-On Reset Threshold-V_{POT}). Tegangan V_{POT} berkisar antara 0,4 sampai 1,0.

2. External Reset

MCU akan di reset jika kaki RESET bernilai '0' dalam waktu lebih lama dari 50 ns.

3. Watchdog Reset

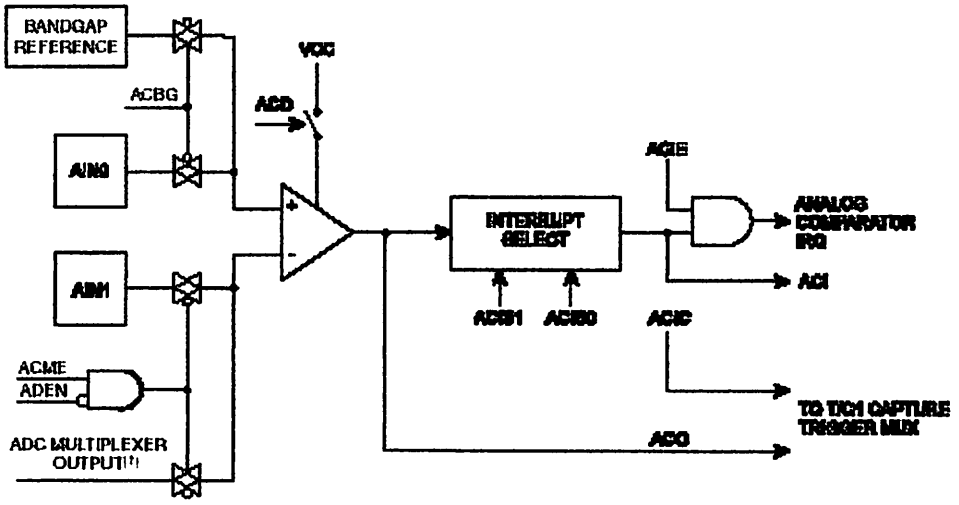
Jika sistem Watchdog diaktifkan, MCU akan di reset jika dalam batas waktu yang ditentukan Watchdog timer tidak juga diaktifkan.

2.2.5 Pembanding Tegangan

Pembanding tegangan AVR dibentuk dengan sebuah OpAmp (*Operational Amplifier*) yang ditempatkan di dalam chip. Input V+ dari OpAmp dihubungkan dengan kaki PB2 (AIN0), input V- dihubungkan dengan kaki PB3 (AIN1). Sedangkan output OpAmp tidak dihubungkan keluar chip, sehingga OpAmp tersebut hanya berfungsi sebagai pembanding tegangan , tidak bisa dipakai sebagai penguat karena tidak dipasangkan resistor antara output dan inputnya sebagai komponen *feedback*.

Tegangan AIN0 dan AIN1 selalu dibandingkan oleh OpAmp, jika tegangan pada AIN0 lebih positif dari AIN1 maka output OpAmp bernilai '1', sebaliknya jika tegangan pada AIN1 lebih positif dari AIN0 maka output OpAmp bernilai '0'. Keadaan output OpAmp bisa dipakai untuk membangkitkan sinyal

permintaan layanan interupsi. Sinyal ini dibangkitkan saat output OpAmp berubah dari '0' ke '1', atau sebaliknya.



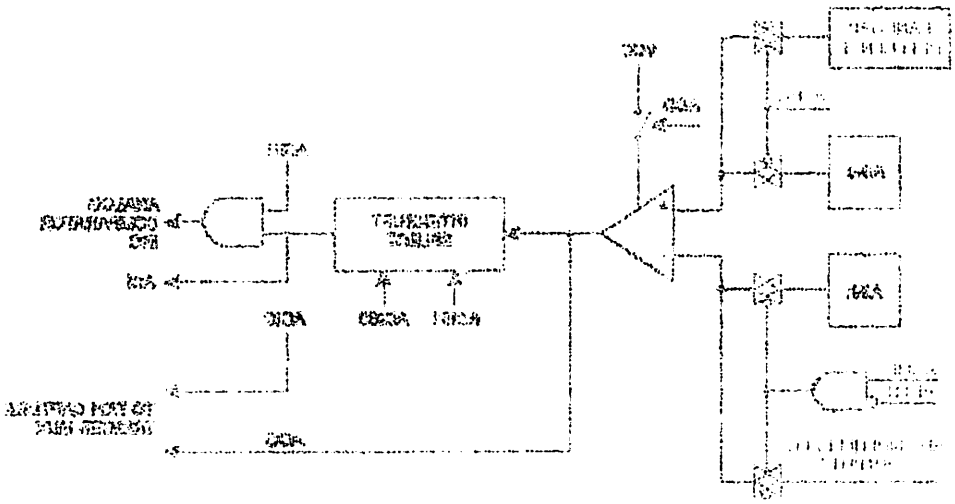
Gambar 2.9 Blok Diagram Analog Komparator
Sumber ATMEL, Datasheet Book

2.2.6 Timer/Counter

Timer/counter 0 (TCNT0) merupakan pencacah biner 8 bit, ditempatkan sebagai register I/O dengan nomor 32. TCNT0 bisa dipakai sebagai timer maupun sebagai counter, tergantung pada sumber sinyal yang dipakai untuk menggerakkannya. Sebagai timer sinyal penggeraknya berasal dari osilator kristal atau frekuensi yang diturunkan dari osilator kristal. Terdapat 5 frekuensi osilator kristal yang bisa dipilih yaitu CK, CK/8, CK/64, CK/256, atau CK/1024.

Sebagai counter sinyal yang dipakai sebgai penggerak berasal dari luar chip yang disalurkan melalui pin T0 dari IC ATmega8515. frekuensi luar yang masuk ke pin T0 dilewatkan oleh sebuah inverter, sehingga bisa dipilih fase yang sesuai untuk menggerakkan pencacah biner. TCCR0 (*Timer/Counter 0 Control Register*) pada register I/O nomor $33 digunakan untuk menentukan apakah

permintaan layanan interupsi. Sinyal ini dibangkitkan saat output OpAmp berubah dari '0' ke '1', atau sebaliknya.



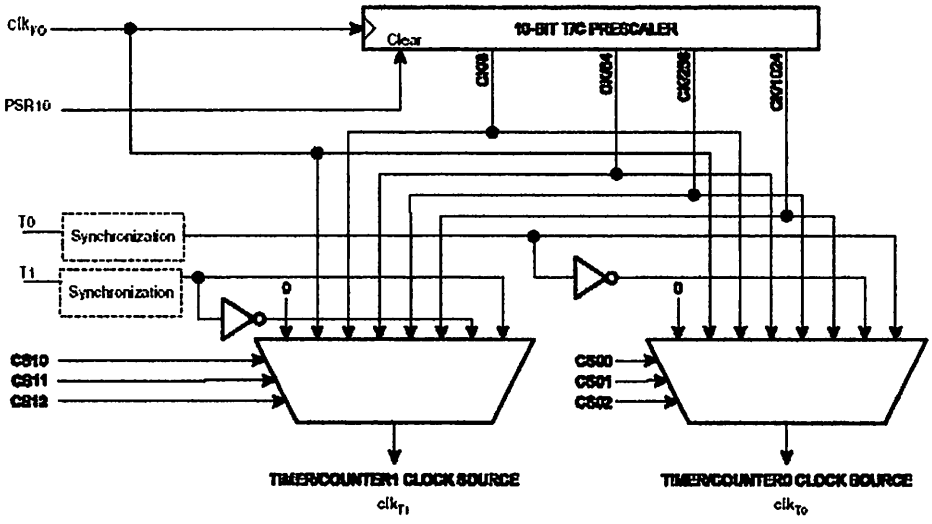
Gambar 2.9 Blok Diagram Analog Komparator
Sumber ATMEL, Datasheet Book

2.2.6 Timer/Counter

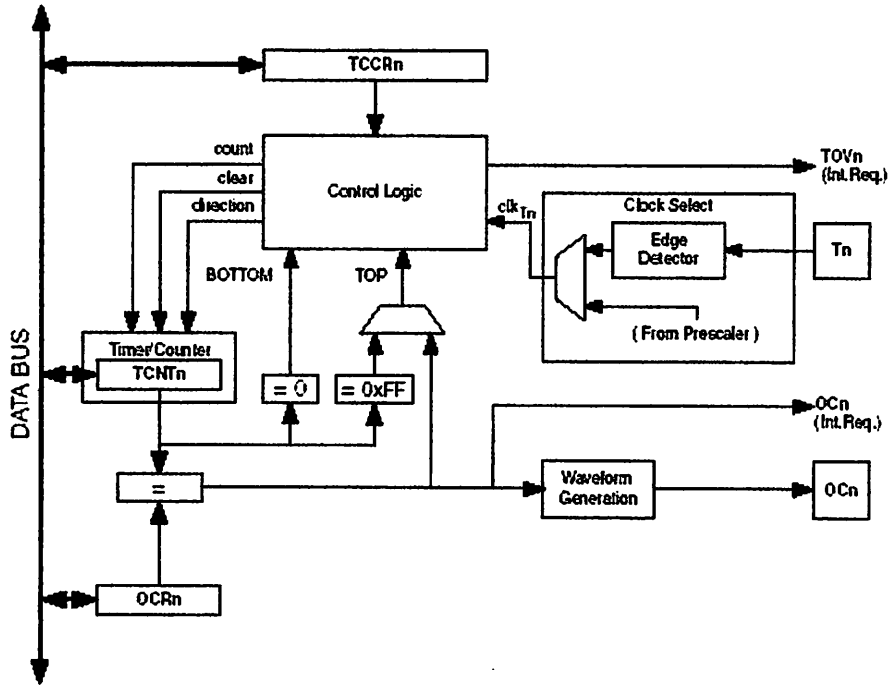
Timer/counter 0 (TCNT0) merupakan peneacah biner 8 bit, ditempatkan sebagai register I/O dengan nomor 32. TCNT0 bisa dipakai sebagai timer maupun sebagai counter, tergantung pada sumber sinyal yang dipakai untuk menggerakkannya. Sebagai timer sinyal penggeraknya berasal dari osilator kristal atau frekuensi yang diturunkan dari osilator kristal. Terdapat 5 frekuensi osilator kristal yang bisa dipilih yaitu CK, CK/8, CK/64, CK/256, atau CK/1024.

Sebagai counter sinyal yang dipakai sebagai penggerak berasal dari luar chip yang disalurkan melalui pin T0 dari IC ATmega8515. frekuensi luar yang masuk ke pin T0 dilewatkan oleh sebuah inverter, sehingga bisa dipilih fase yang sesuai untuk menggerakkan peneacah biner. TCCR0 (*Timer/Counter 0 Control Register*) pada register I/O nomor $33 digunakan untuk menentukan apakah

TCNT0 bekerja sebagai timer atau sebagai counter dan sekaligus untuk menghentikan atau menjalankan pencacahan TCNT0.

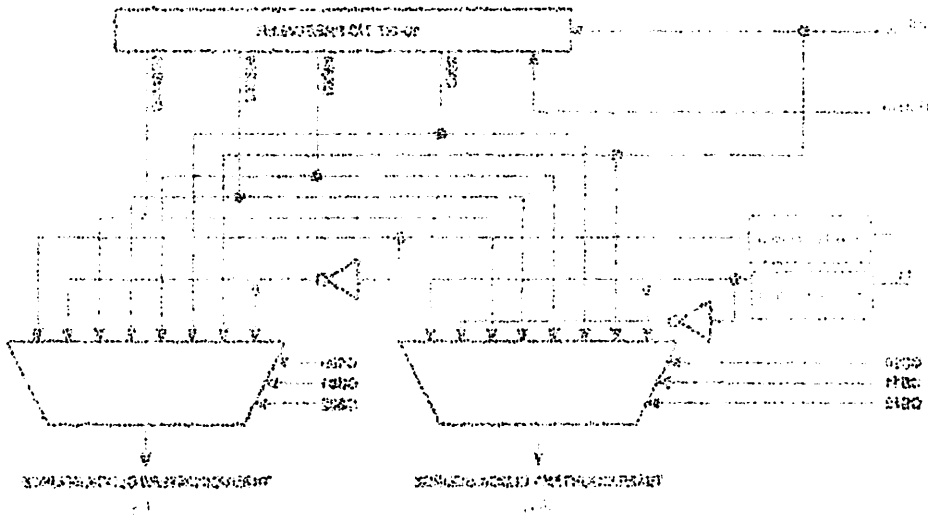


Gambar 2.10 Timer/Counter Prescaler
Sumber ATMEL, Datasheet Book

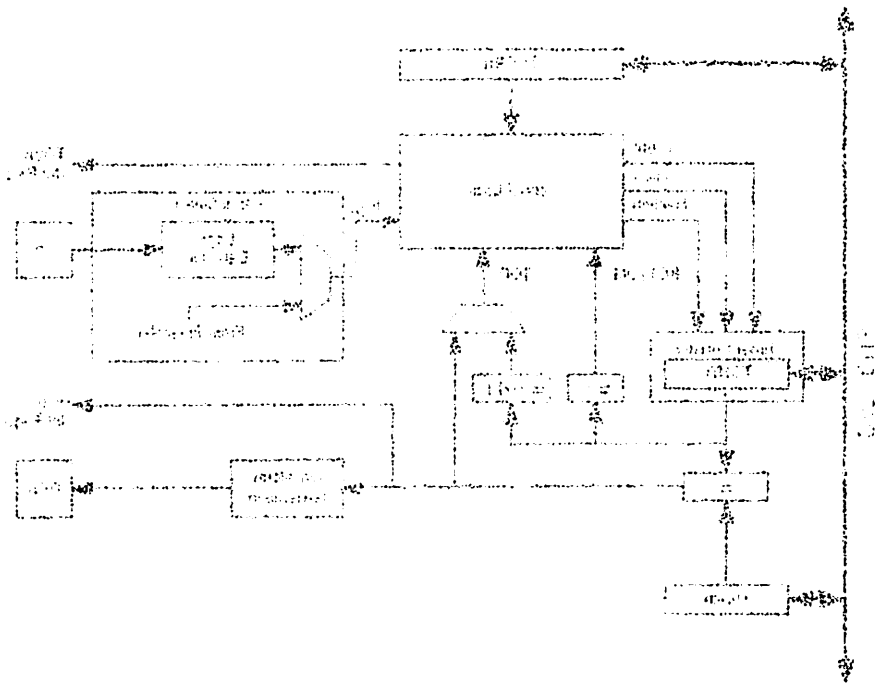


Gambar 2.11 Blok Diagram Timer/Counter
Sumber ATMEL, Datasheet Book

TCNT0 bekerja sebagai timer atau sebagai counter dan sekaligus untuk menghentikan atau menjalankan pencacahan TCNT0.



Gambar 2.10 Timer/Counter Prescaler
Sumber ATMEL, Datasheet Book



Gambar 2.11 Blok Diagram Timer/Counter
Sumber ATMEL, Datasheet Book

2.2.7 Watchdog Timer

Watchdog timer adalah sarana yang disediakan di dalam chip untuk mereset AVR secara otomatis jika sistem tidak dapat dikendalikan. Jika sistem watchdog diaktifkan, secara periodik AVR akan di reset oleh pencacah watchdog (*Watchdog Prescal*). Untuk memperlancar kerja sistem maka pencacah watchdog selalu di reset lewat perangkat lunak sebelum sempat mereset AVR, dengan demikian selama program pengendali AVR bekerja dengan normal dan bisa mereset pencacah watchdog maka sistem akan bekerja dengan normal, jika tidak pencacah watchdog akan mereset AVR.

8 keluaran flip-flop pembentuk pencacah watchdog disalurkan ke rangkaian multiplex yang berfungsi sebagai pemilih periode watchdog, sehingga dengan mudah bisa diatur periode waktu pencacah watchdog mereset AVR lewat sinyal pada keluaran rangkaian multiplex. Keluaran rangkaian multiplex sebelum dipakai sebagai sinyal reset AVR dikendalikan dengan sebuah gerbang AND, untuk mengatur aktifitas *Watchdog Timer*.

2.2.8 Port-port I/O

Semua port pada AVR memiliki kebenaran fungsional *read-modify-write* ketika digunakan sebagai port I/O umum. Ini berarti bahwa arah dari satu pin port dapat diubah tanpa bermaksud mengubah arah dari pin yang lain dengan instruksi SBI dan CBI.

- Port A

  Tiga lokasi alamat memori I/O dilokasikan pada port A, masing-masing adalah register data-Port A, $1B ($3B), register data *direction* (register pengarah data)-DDRA, $1A ($3A), dan pin input port A-PIN A, $19

2.2.7 Watchdog Timer

Watchdog timer adalah sarana yang disediakan di dalam chip untuk mereset AVR secara otomatis jika sistem tidak dapat dikendalikan. Jika sistem watchdog diaktifkan, secara periodik AVR akan di reset oleh pencacah watchdog (*Watchdog Prescal*). Untuk memperlancar kerja sistem maka pencacah watchdog selalu di reset lewat perangkat lunak sebelum sempat mereset AVR, dengan demikian selama program pengendali AVR bekerja dengan normal dan bisa mereset pencacah watchdog maka sistem akan bekerja dengan normal, jika tidak pencacah watchdog akan mereset AVR.

8 keluaran flip-flop pembentuk pencacah watchdog disalurkan ke rangkaian multiplex yang bertingsi sebagai pemilih periode watchdog, sehingga dengan mudah bisa diatur periode waktu pencacah watchdog mereset AVR lewat sinyal pada keluaran rangkaian multiplex. Keluaran rangkaian multiplex sebelum dipakai sebagai sinyal reset AVR dikendalikan dengan sebuah gerbang AND, untuk mengatur aktifitas *Watchdog Timer*.

2.2.8 Port-port I/O

Semua port pada AVR memiliki kebenaran fungsional *read-modify-write* ketika digunakan sebagai port I/O umum. Ini berarti bahwa arah dari satu pin port dapat diubah tanpa bermaksud mengubah arah dari pin yang lain dengan instruksi SBI dan CBI.

- Port A

Tiga lokasi alamat memori I/O dilokasikan pada port A, masing-masing adalah register data-Port A, $1B ($3B), register data *direction* (register pengarah data)-DDRA, $1A ($3A), dan pin input port A-PIN A, $19

($39). Pin-pin port A memiliki fungsi alternatif yang terhubung pada plihan data eksternal SRAM. Port A dapat dikonfigurasikan menjadi multiplexed low order alamat/data bus selama akses ke data memori eksternal. (blok diagram dapat dilihat pada lampiran).

- Port B

  Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port D, masing-masing adalah register data-PORTB, $18 ($38), register pengarah data-DDRB, $17 ($37), dan pin input port B-PINB, $16 ($36). (Blok diagram port B dan fungsi alternative pinnya dapat dilihat pada lampiran).

- Port C

  Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port C, masing-masing adalah register data-PORTC, $15 ($35), register pengarah data-DDRC, $14 ($34), dan pin input port C-PINC, $13 ($33). (Blok diagram skematik dapat dilihat pada lampiran).

- Port D

  Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port D, masing-masing adalah register data-PORTD, $12 ($32), register pengarah data-DDRD, $11 ($31), dan pin input port D-PIND, $10 ($30). (Blok diagram skematik port D dan fungsi alternatif pinnya dapat dilihat pada lampiran).

(S39). Pin-pin port A memiliki fungsi alternatif yang terhubung pada pilihan data eksternal SRAM. Port A dapat dikonfigurasikan menjadi multiplexed low order alamat/data bus selama akses ke data memori eksternal. (blok diagram dapat dilihat pada lampiran).

- Port B

Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port D, masing-masing adalah register data-PORTB, S18 (S38), register pengarah data-DDRB, S17 (S37), dan pin input port B-PINB, S16 (S36). (Blok diagram port B dan fungsi alternative pinnya dapat dilihat pada lampiran).

- Port C

Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port C, masing-masing adalah register data-PORTC, S15 (S35), register pengarah data-DDRC, S14 (S34), dan pin input port C-PINC, S13 (S33). (Blok diagram skematik dapat dilihat pada lampiran).

- Port D

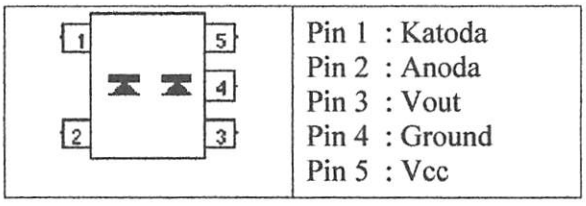
Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port D, masing-masing adalah register data-PORTD, S12 (S32), register pengarah data-DDRD, S11 (S31), dan pin input port D-PIND, S10 (S30). (Blok diagram skematik port D dan fungsi alternatif pinnya dapat dilihat pada lampiran).

2.3 Photo Reflektor

Photo reflektor atau photo sensor adalah sensor yang bekerja dengan mendeteksi suatu objek yang datang mendekat dengan memancarkan suatu berkas cahaya dan mendeteksi cahaya yang dipantulkan oleh suatu permukaan yang terang. Bentuknya kecil dan dilengkapi dengan amplifier didalamnya sehingga membuatnya ideal untuk membuat suatu inputan digital dengan komponen yang terbatas.

Gambar 2.12a Photo Reflektor
Sumber HAMAMATSU, Datasheet Book

Berikut adalah konfigurasi pin dari Hamamatsu Photo reflektor P5587 :



Gambar 2.12b Konfigurasi pin P5587
Sumber HAMAMATSU, Datasheet Book

2.4 LCD

2.4.1 Teori

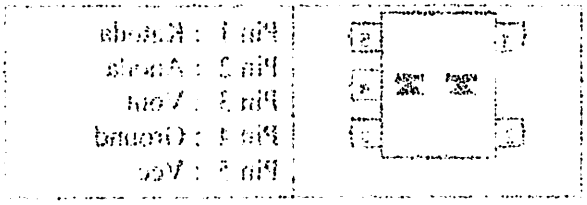
LCD merupakan komponen optoelektronik yaitu komponen yang dikerjakan atau dipengaruhi oleh sinar (optolistrik), komponen pembangkit cahaya (light emitting) dan komponen-komponen yang akan mengubah sinar. LCD terbuat dari bahan kristal cair yang merupakan suatu kompon organik yang mempunyai sifat optik seperti benda padat meskipun bahan tetap cair.

2.3 Photo Reflektor

Photo reflektor atau photo sensor adalah sensor yang bekerja dengan mendeteksi suatu objek yang datang mendekat dengan memancarkan suatu berkas cahaya dan mendeteksi cahaya yang dipantulkan oleh suatu permukaan yang terang. Bentuknya kecil dan dilengkapi dengan amplifier didalamnya sehingga membuatnya ideal untuk membuat suatu inputan digital dengan komponen yang terbatas.

Gambar 2.12a Photo Reflektor
Sumber: [illegible], Datasheet Book

Berikut adalah konfigurasi pin dari Hamamatsu Photo reflektor P5587 :



Gambar 2.12b Konfigurasi pin P5587
Sumber: [illegible], Datasheet Book

2.4 LCD

2.4.1 Teori

LCD merupakan komponen optoelektronik yaitu komponen yang dikerjakan atau dipengaruhi oleh sinar (optolistrik), komponen pembangkit cahaya (light emitting) dan komponen-komponen yang akan mengubah sinar. LCD terbuat dari bahan kristal cair yang merupakan suatu kompon organik yang mempunyai sifat optik seperti benda padat meskipun bahan tetap cair.

Sel kristal cair terdiri dari selapis bahan kristal cair yang diapit antara gelas tipis dengan elektroda lapisan logam transparan yang diendapkan (deposited) pada bagian dalam gelas, kedua lapisan juga transparan. Sel ini disebut sel tipe transmitif. Bila hanya sebuah lapisan gelas yang transparan sedangkan yang lain mempunyai lapisan reflektif, sel ini disebut tipe reflektif. Bila tidak diaktifkan, tipe transmitif sel itu akan meneruskan sinar dari belakang atau dari pinggir dalam garis lurus. Dalam hal ini sel tidak nampak cemerlang dan bila diaktifkan maka sinar yang datang dipendarkan kedepan dan difusikan sehingga sel akan nampak cemerlang dibawah cahaya kamar yang terang.

Karena sel-sel kristal cair merefleksikan atau meneruskan cahaya dan bukan membangkitkan cahaya maka daya yang diperlukan sangat kecil, energi yang dipergunakan hanya untuk mengaktifkan kristal cairnya.

LCD membutuhkan sumber listrik bolak-balik (AC) yang berbentuk sinus atau segi empat karena apabila dipergunakan arus searah (DC) maka akan terbentuk penempelan elektrolisa pada elektroda-elektrodanya yang dapat merusak komponen ini. Tegangan AC diperlukan untuk menghidupkan segment yang digunakan antara segment dan backplane, yang sama untuk semua segment. Segment dan backplane membentuk kapasitor yang membutuhkan arus listrik yang sangat kecil selama frekuensi AC dipertahankan low. Biasanya tidak lebih dari 25 Hz karena akan menghasilkan penglihatan yang bergetar.

Gambar 2.13 Bentuk Fisik LCD
Sumber LCD Module User Manual, Seiko Instrument Inc

Sel kristal cair terdiri dari selapis bahan kristal cair yang diapit antara gelas tipis dengan elektroda lapisan logam transparan yang diendapkan (deposited) pada bagian dalam gelas, kedua lapisan juga transparan. Sel ini disebut sel tipe transmitif. Bila hanya sebuah lapisan gelas yang transparan sedangkan yang lain mempunyai lapisan reflektif, sel ini disebut tipe reflektif. Bila tidak diaktifkan, tipe transmitif sel itu akan meneruskan sinar dari belakang atau dari pinggir dalam garis lurus. Dalam hal ini sel tidak nampak cemerlang dan bila diaktifkan maka sinar yang datang dipendarkan kedepan dan difusikan sehingga sel akan nampak cemerlang dibawah cahaya kamar yang terang.

Karena sel-sel kristal cair merefleksikan atau meneruskan cahaya dan bukan membangkitkan cahaya maka daya yang diperlukan sangat kecil, energi yang dipergunakan hanya untuk mengaktifkan kristal cairnya.

LCD membutuhkan sumber listrik bolak-balik (AC) yang berbentuk sinus atau segi empat karena apabila dipergunakan arus searah (DC) maka akan terbentuk penempelan elektrolisa pada elektroda-elektrodanya yang dapat merusak komponen ini. Tegangan AC diperlukan untuk menghidupkan segment yang digunakan antara segment dan backplane, yang sama untuk semua segment. Segment dan backplane membentuk kapasitor yang membutuhkan arus listrik yang sangat kecil selama frekuensi AC dipertahankan low. Biasanya tidak lebih dari 25 Hz karena akan menghasilkan penglihatan yang bergetar.

Gambar 2.13 Bentuk Fisik LCD

Sumber LCD Module User Manual, Seiko Instruments Inc.

2.4.2 LCD M1632

2.4.2.1 Karakteristik

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah display dengan konsumsi daya yang rendah yang disusun dari dot-matrik dan dikontrol oleh ROM/RAM generator karakter dan RAM data display. Semua fungsi display dikontrol dengan instruksi dan LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan mikrokontroler.

Adapun karakteristik dari LCD M1632 adalah sebagai berikut :

- 16 X 2 karakter dengan 5 X 7 dot-matrik + kurusor.
- ROM generator karakter dengan 192 tipe karakter.
- RAM generator karakter dengan 8 tipe karakter (untuk program write).
- 80 X 8 bit RAM data display.
- Dapat diinterfacekan dengan kemungkinan mikrokontroler 4-bit atau 8-bit.
- RAM data dan RAM generator karakter yang dapat dibaca dari mikrokontroler.
- +5 Volt single power supplay.
- Power on reset.
- Range temperatur operasi 0^0 C sampai 50^0 C.
- Beberapa fungsi instruksi :

  Display clear, Cursor home, Display On/Off, Cursor On/Off, Display Character blink, Cursor shift dan Display shift.

2.4.2 LCD M1632

2.4.2.1 Karakteristik

LCD (Liquid Crystal Display) adalah display dengan konsumsi daya yang rendah yang disusun dari dot-matrik dan dikontrol oleh RAM/ROM generator karakter dan RAM data display. Secara fungsi display dikontrol dengan instruksi dan LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan mikrokontroler.

Adapun karakteristik dari LCD M1632 adalah sebagai berikut :

- 16 X 2 karakter dengan 5 X 7 dot-matrik + kursor
- ROM generator karakter dengan 192 tipe karakter.
- RAM generator karakter dengan 8 tipe karakter (untuk program write).
- 80 X 8 bit RAM data display.
- Dapat diinterfacekan dengan kemungkinan mikrokontroler 4-bit atau 8-bit.
- RAM data dan RAM generator karakter yang dapat dibaca dari mikrokontroler.
- +5 Volt single power supply.
- Power on reset.
- Range temperatur operasi 0°C sampai 50°C.
- Beberapa fungsi instruksi :

Display clear, Cursor home, Display on/off, Cursor on/off, Display character blink, Cursor shift dan Display shift.

2.4.2.2 Fungsi-fungsi Terminal

LCD mempunyai 16 terminal yang masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda.

Tabel 2.2 Pin-pin LCD dan Fungsinya
Sumber : LCD Module User Manual, Seiko Instrument Inc

Nama Pin	Jumlah	I/O	Tujuan	Fungsi
DB0-DB3	4	I/O	MPU	Tristate bidirectional lower 4 data bus : data dibaca dari modul ke MPU ditulis ke modul melalui bus.
DB4-DB7	4	I/O	MPU	Tristate bidirectional upper 4 data bus : data dibaca dari modul ke MPU atau dari MPU ditulis ke modul memalui bus.
E	1	I	MPU	Sinyal operasi dimulai : sinyal aktif baca/tulis.
R/W	1	I	MPU	Sinyal pilih data dan tulis (0 : tulis, 1 : baca)
RS	1	-	Power Supply	Sinyal pilih register : 0 : instruction register (write) busy flag dan address counter (read). 1 : data register (write and read).
V_{LC}	1	-	Power Supply	Penyetelan kontras pada tampilan LCD
V_{DD}	1	-	Power Supply	+5 volt
V_{SS}	1	-	Power Supply	Ground 0 volt
V_{BL}-	1	-	-	Ground untuk lampu (backlight)
V_{BL}+	1	-	-	+5 volt untuk lampu (backlight)

2.4.2.2 Fungsi-fungsi Terminal

LCD mempunyai 16 terminal yang masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda.

Tabel 2.2 Pin-pin LCD dan Fungsinya

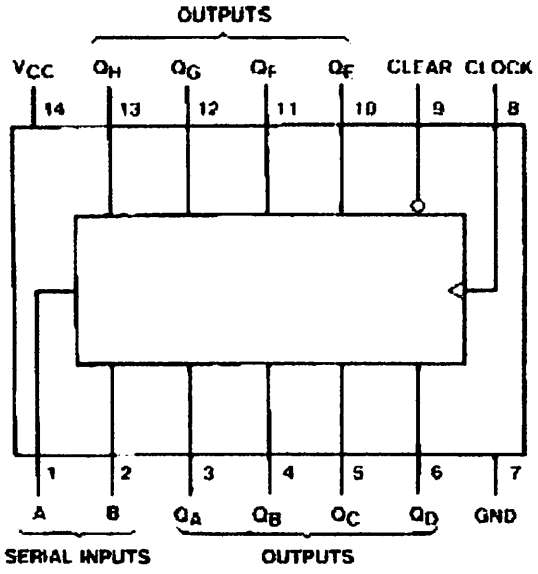
Sumber : LCD Module User Manual, Seiko Instrument Inc

Nama Pin	Jumlah	I/O	Tujuan	Fungsi
DB0-DB3	4	I/O	MPU	Tristate bidirectional lower 4 data bus : data dibaca dari modul ke MPU ditulis ke modul melalui bus.
DB4-DB7	4	I/O	MPU	Tristate bidirectional upper 4 data bus : data dibaca dari modul ke MPU atau dari MPU ditulis ke modul memalui bus.
E	1	I	MPU	Sinyal operasi dimulai : sinyal aktif baca/tulis.
R/W	1	I	MPU	Sinyal pilih data dan tulis (0 : tulis, 1 : baca)
RS	1	-	Power Supply	Sinyal pilih register : 0 : instruction register (write) busy flag dan address counter (read). 1 : data register (write and read).
V_{LC}	1	-	Power Supply	Penyetelan kontras pada tampilan LCD
V_{DD}	1	-	Power Supply	+5 volt
V_{SS}	1	-	Power Supply	Ground 0 volt
V_{BL-}	1	-	-	Ground untuk lampu (backlight)
V_{BL+}	1	-	-	+5 volt untuk lampu (backlight)

2.5 DM74LS164

DM74LS164 merupakan sebuah IC yang berfungsi sebagai shift register 8-bit. Ic ini memiliki 2 serial input, input clock, input reset dan output parallel. Pada saat logika LOW, kedua input menghalangi masukan data baru dan mereset flip-flop pertama menjadi Low pada pulsa clock berikutnya. Hal ini untuk mengendalikan data yang masuk. Sedangkan saat logika HIGH, kedua input memungkinkan adanya inputan yang lain, yang mana kemudian akan menentukan status flip-flop yang pertama. Data pada serial input kemungkinan akan berubah saat clock HIGH atau LOW tetapi hanya informasi saja yang akan masuk.

Adapun konfigurasi dari pin-pinnya adalah sebagai berikut :

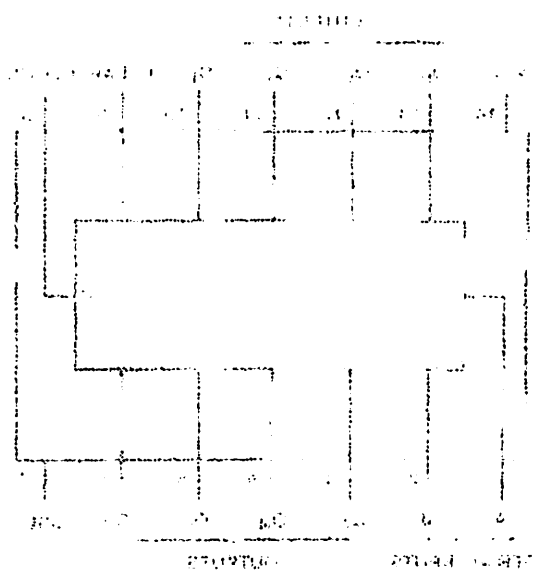


Gambar 2.14 Konfigurasi pin DM74LS164
sumber : Fairchild Semiconductor Corporation

2.5 DM74LS164

DM74LS164 merupakan sebuah IC yang bertungsi sebagai shift register 8-bit. Ic ini memiliki 2 serial input, input clock, input reset dan output parallel. Pada saat logika LOW, kedua input menghalangi masukan data baru dan mereset flip-flop pertama menjadi Low pada pulsa clock berikutnya. Hal ini untuk mengendalikan data yang masuk. Sedangkan saat logika HIGH, kedua input memungkinkan adanya inputan yang lain, yang mana kemudian akan menentukan status flip-flop yang pertama. Data pada serial input kemungkinan akan berubah saat clock HIGH atau LOW tetapi hanya informasi saja yang akan masuk.

Adapun konfigurasi dari pin-pinnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.14 Konfigurasi pin DM74LS164
Sumber : Fairchild Semiconductor Corporation

2.6 IC TLP dan RLP 434A

Sebagai media transfer data, modul yang digunakan adalah TLP 434A (pemancar) dan RLP 434A (penerima). Kelebihan modul ini adalah kemampuannya dalam pengiriman dan penerimaan cukup baik. Adapun karakteristik dari IC TLP dan RLP 434A adalah :

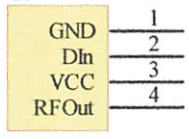
- Input data serial TTL (Transistor Transistor Logic).
- IC TLP 434A terdiri dari 4 pin.
- IC RLP 434A terdiri dari 8 pin.
- Jarak jangkauan maksimal adalah 100 meter tanpa halangan dan 30 meter di dalam gedung.
- Dipengaruhi oleh antenna.

2.6.1 TLP 434A

IC ini berfungsi seperti pemancar yang mengirimkan data. Adapun keunggulan IC TLP 434A (Ultra Small Transmitter) adalah :

- Frekuensi 315, 418 dan 433,92 MHz.
- Modulasi ASK.
- Operation Voltage 2 – 12 V_{DC}.

Definisi pin IC TLP 434A dapat dilihat pada tabel berikut :

	Pin 1 GND Pin 2 Data Input Pin 3 Vcc Pin 4 Antenna (RFOutp)

Tabel 2.15 Definisi pin IC TLP 434A
Sumber RF ASK Hybrid Modules for Radio Control

2.6 IC TLP dan RLP 434A

Sebagai media transfer data, modul yang digunakan adalah TLP 434A (pemancar) dan RLP 434A (penerima). Kelebihan modul ini adalah kemampuannya dalam pengiriman dan penerimaan cukup baik. Adapun karakteristik dari IC TLP dan RLP 434A adalah :

- Input data serial TTL (Transistor Transistor Logic).
- IC TLP 434A terdiri dari 4 pin.
- IC RLP 434A terdiri dari 8 pin.
- Jarak jangkauan maksimal adalah 100 meter tanpa halangan dan 30 meter di dalam gedung.
- Dipengaruhi oleh antenna.

2.6.1 TLP 434A

IC ini berfungsi seperti pemancar yang mengirimkan data. Adapun keunggulan IC TLP 434A (Ultra Small Transmitter) adalah :

- Frekuensi 315, 418 dan 433.92 MHz.
- Modulasi ASK.
- Operation Voltage 2 – 12 V_{DC}.

Definisi pin IC TLP 434A dapat dilihat pada tabel berikut :

GND	Pin 1 GND
DIN	Pin 2 Data Input
VCC	Pin 3 Vcc
RFOUT	Pin 4 Antenna (RFOutp)

Tabel 2.15 Definisi pin IC TLP 434A

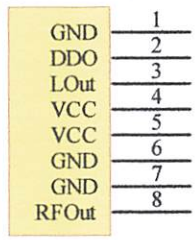
Sumber: RF-ISK Hybrid Modules for Radio Control

2.6.2 RLP 434A

Karakteristik dari IC RLP 434A adalah :

- Frekuensi 315, 418 dan 433,92 MHz.
- Modulasi ASK.
- Tegangan Supply 3,3 – 6.0 $V_{DC.}$
- Output berupa digital dan linier.

Definisi IC RLP 434A dapat dilihat pada tabel berikut :

	Pin 1 GND Pin 2 Digital Data Output Pin 3 Linier Data Output Pin 4 Vcc Pin 5 Vcc Pin 6 GND Pin 7 GND Pin 8 Antenna (RFOutp)

Tabel 2.16 Definisi IC RLP 434A
Sumber RF ASK Hybrid Modules for Radio Control

2.7 LM358

IC LM358 merupakan rangkaian dengan desain sempurna sebagai penguat operasional. Sebagai *dual operational amplifiers,* IC ini memiliki beberapa kelebihan tersendiri dibandingkan dengan tipe-tipe operational amplifier dengan single supply pada umumnya, diantaranya adalah memiliki range tegangan supply antara 3 – 32 volt dengan arus yang tetap dan didalamnya terdapat dua buah operational amplifier dengan dua tingkatan kerja. Pada tingkat pertama terjadi penguatan , penggeseran level dan juga reduksi transkonduktansi. Dengan adanya reduksi transkonduktansi maka kapasitor pengganti yang bernilai kecil yang digunakan dapat melindungi area chip itu. Untuk tingkat yang kedua terdiri dari suatu standart langkah amplifier sumber beban sekarang.

2.6.2 RLP 434A

Karakteristik dari IC RLP 434A adalah :

- Frekuensi 315, 418 dan 433,92 MHz.
- Modulasi ASK.
- Tegangan Supply 3,3 – 6,0 V_{DC}
- Output berupa digital dan linier.

Definisi IC RLP 434A dapat dilihat pada tabel berikut :

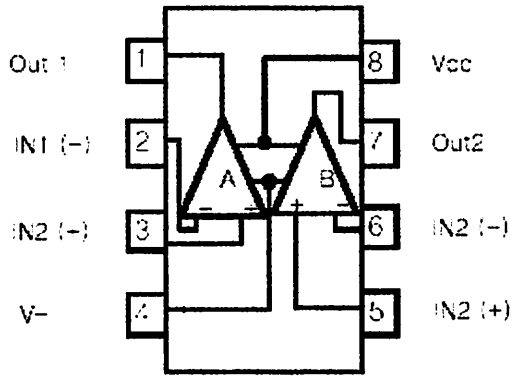
GND 1	Pin 1 GND
DIN 2	Pin 2 Digital Data Output
LOW 3	Pin 3 Linier Data Output
VCC 4	Pin 4 Vcc
VCC 5	Pin 5 Vcc
GND 6	Pin 6 GND
GND 7	Pin 7 GND
RF Out 8	Pin 8 Antenna (RFOutp)

Tabel 2.16 Definisi IC RLP 434A
Sumber RF ASK Hybrid Modules for Radio Control

2.7 LM358

IC LM358 merupakan rangkaian dengan desain sempurna sebagai penguat operasional. Sebagai *dual operational amplifiers*, IC ini memiliki beberapa kelebihan tersendiri dibandingkan dengan tipe-tipe operational amplifier dengan single supply pada umumnya, diantaranya adalah memiliki range tegangan supply antara 3 – 32 volt dengan arus yang tetap dan didalamnya terdapat dua buah operational amplifier dengan dua tingkatan kerja. Pada tingkat pertama terjadi penguatan , penggeseran level dan juga reduksi transkonduktansi. Dengan adanya reduksi transkonduktansi maka kapasitor penggantti yang bernilai kecil yang digunakan dapat melindungi area chip itu. Untuk tingkat yang kedua terdiri dari suatu standart langkah amplifier sumber beban sekarang.

Adapun konfigurasi dari pin-pinnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.17 Konfigurasi Pin LM358
Sumber : Onsemi.com

2.8 RS 232

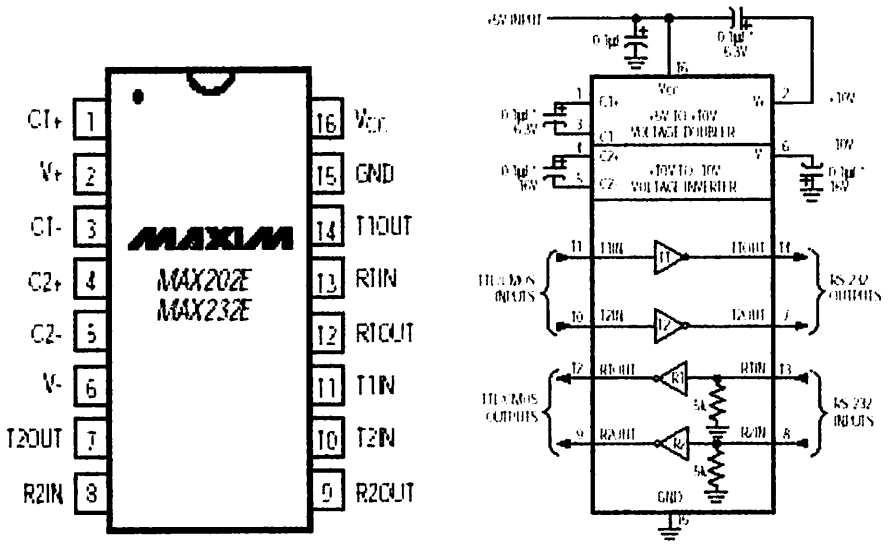
RS 232 merupakan salah satu jenis antarmuka (*interface*) dalam proses transfer data antar komputer dalam bentuk *serial transfer*. RS 232 merupakan kependekan dari *Recommended Standard number 232*. Alat ini dibuat oleh Electronic Industry Association untuk interface antar peralatan terminal data dan peralatan komunikasi data, dengan menggunakan data biner serial sebagai data yang ditransmisikan. IC MAX232 merupakan converter tegangan dari level-level TTL CMOS ke level RS 232. MAX232 mempunyai empat buah bagian converter yaitu dua buah driver receiver dan dua buah driver transmitter.

Adapun konfigurasi dari pin-pinnya adalah sebagai berikut :

Gambar 2.17 Konfigurasi Pin LM339

2.8 RS 232

RS 232 merupakan salah satu jenis komunikasi (interface) dalam proses transfer data antar komputer dalam bentuk serial maupun RS 232 merupakan kependekan dari Recommended Standard number 232 . Alat ini dibuat oleh Electronic Industry Association untuk interface antar peralatan terminal data dan peralatan komunikasi dan dengan menggunakan data biner serial sebagai data yang ditransmisikan. IC MAX232 merupakan converter sepasang dari level-level TTL (CMOS ke level RS 232. MAX232 merupakan salah buah bagian converter yang dua buah driver receiver dan dua buah driver transmitter.

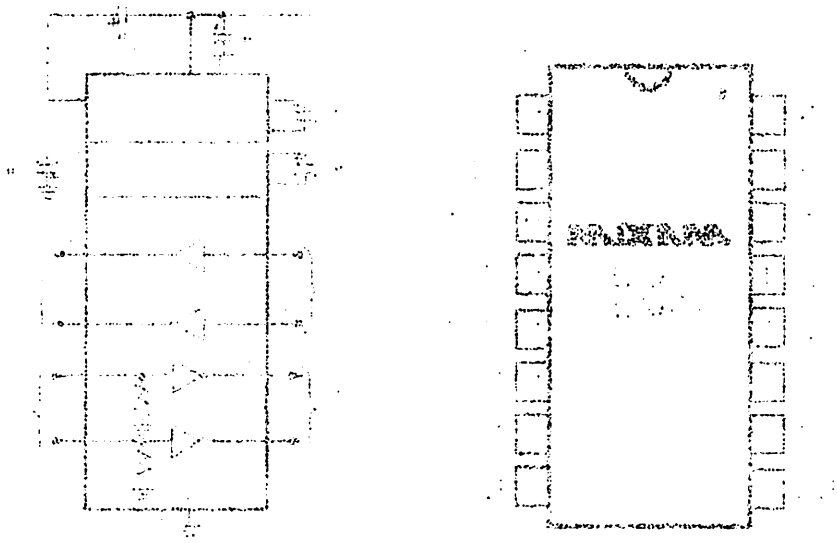


Gambar 2.18 Konfigurasi Pin MAX232
Sumber ALLDATASHEET, MAXIM

Untuk menyampaikan data ke PC maka digunakan port parallel DB9 untuk menghubungkan MAX232 dengan PC.

2.9 Persomal Komputer

IBM PC mempunyai organisasi dan struktur yang sama dengan computer pada umumnya. Komputer terdiri dari tiga komponen utama, yaitu sebuah unit pengolah pusat (*Central Processing Unit*/CPU), memory utama (*main memory*) dan piranti masukan atau keluaran (I/O *devices*). Ketiga komponen utama tersebut saling dihubungkan oleh tiga jalur penghubung (*bus*) yaitu bus data (*data bus*), bus alamat (*address bus*), dan bus kendali (*control bus*). Setiap bus memiliki fungsi yang berbeda-beda. Bus data berfungsi untuk melewatkan data, bus alamat untuk melewatkan alamat, dan bus kendali untuk mengatur dan mengkontrol penggunaan bus data dan bus alamat ketika kedua bus tersebut digunakan secara bersamaan.



Gambar 2.18 Konfigurasi Pin MAX232
Sumber: [illegible]

Untuk menyampaikan data ke PC maka digunakan port parallel DB9 untuk menghubungkan MAX232 dengan PC.

2.9 Personal Komputer

IBM PC mempunyai organisasi dan struktur yang sama dengan computer pada umumnya. Komputer terdiri dari tiga komponen utama, yaitu sebuah unit pengolah pusat (*Central Processing Unit*/CPU), memory utama (*main memory*) dan piranti masukan atau keluaran (*I/O devices*). Ketiga komponen utama tersebut saling dihubungkan oleh tiga jalur penghubung (*bus*) yaitu bus data (*data bus*), bus alamat (*address bus*), dan bus kendali (*control bus*). Setiap bus memiliki fungsi yang berbeda-beda. Bus data berfungsi untuk melewatkan data, bus alamat untuk melewatkan alamat, dan bus kendali untuk mengatur dan mengkontrol penggunaan bus data dan bus alamat ketika kedua bus tersebut digunakan secara bersamaan.

2.9.1 CPU (*Central Processing Unit*)

CPU (*Central Processing Unit*) yang lebih dikenal sebagai mikroprosesor berfungsi untuk mengendalikan semua operasi yang terjadi di dalam komputer, baik itu operasi pemindahan data, operasi aritmatika dan logika, dan operasi pengendalian piranti masukan atau keluaran. Sebuah mikroprosesor terdiri dari tiga komponen internal utama, yaitu ALU (*Arithmetic Logic Unit*) untuk menangani operasi logika, CU (*Control Unit*) untuk mengatur proses internal seperti pengendalian I/O dan *register-register* yang berfungsi sebagai penyimpan internal bagi CPU.

2.9.2 Memori Utama (*Main Memory*)

Memori utama pada komputer berfungsi untuk menyimpan data dan instruksi-instruksi program. Ada dua jenis memori yang digunakan pada komputer yaitu RAM (*Random Access Memory*) dan ROM (*Read Only Memory*).

RAM digunakan untuk menyimpan data dan instruksi program yang sedang dijalankan oleh komputer. RAM bersifat sementara (*temporary*) yang berarti isinya akan hilang jika catu daya komputer dimatikan. Berbeda dengan RAM, ROM pada komputer bersifat permanen. Data pada ROM tidak akan hilang meskipun catu daya komputer dimatikan. ROM biasanya digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi *initial boot-up*, yaitu instruksi-instruksi yang dijalankan ketika komputer baru dihidupkan. Instruksi ini berfungsi untuk mempersiapkan komputer agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

2.9.3 Piranti Masukan dan Keluaran (I/O *Devices*)

2.9.1 CPU (Central Processing Unit)

CPU (Central Processing Unit) yang lebih dikenal sebagai mikroprosesor berfungsi untuk mengendalikan semua operasi yang terjadi di dalam komputer baik itu operasi pemindahan data, operasi aritmetika dan logika, atau operasi pengendalian piranti masukan atau keluaran. Sebuah mikroprosesor terdiri dari tiga komponen internal utama yaitu ALU (Arithmetic Logic Unit) untuk menangani operasi logika, CU (Control Unit) untuk mengatur proses internal seperti pengendalian I/O dan register-register yang berfungsi sebagai penyimpan internal bagi CPU.

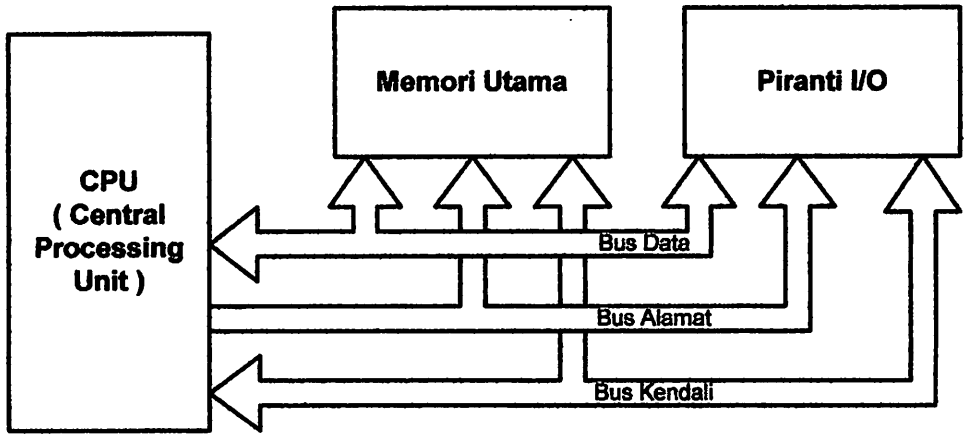
2.9.2 Memori Utama (Main Memory)

Memori utama pada komputer berfungsi untuk menyimpan data dan instruksi-instruksi program. Ada dua jenis memori yang digunakan pada komputer yaitu RAM (Random Access Memory) dan ROM (Read Only Memory).

RAM digunakan untuk menyimpan data dan instruksi program yang sedang dijalankan oleh komputer. RAM bersifat sementara (temporary) yang berarti isinya akan hilang jika catu daya komputer dimatikan. Berbeda dengan RAM, ROM pada komputer bersifat permanen. Data pada ROM tidak akan hilang meskipun catu daya komputer dimatikan. ROM biasanya digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi initial bootstrap yaitu instruksi-instruksi yang dijalankan ketika komputer baru dihidupkan. Instruksi ini berfungsi untuk memperiksakan komputer agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

2.9.3 Piranti Masukan dan Keluaran (I/O Devices)

Piranti masukan dan keluaran berfungsi memindahkan data antara komputer dan lingkungan eksternal. Lingkungan eksternal dapat diantar muka (interface) dengan beragam perangkat, seperti perangkat penyimpan sekunder dan perangkat komunikasi. Perangkat-perangkat tersebut berfungsi menghubungkan komputer dengan lingkungan luar, sehingga komputer bermanfaat bagi lingkungannya. Skema dasar sistem komputer ditunjukkan dalam gambar 2.15 berikut :



Gambar 2.19 Skema Dasar Sistem Komputer

Piranti masukan dan keluaran berfungsi memindahkan data antara komputer dan lingkungan eksternal. Lingkungan eksternal dapat diartikan mulai (interface) dengan beragam perangkat, seperti perangkat penyimpan sekunder dan perangkat komunikasi. Perangkat-perangkat tersebut berfungsi menghubungkan komputer dengan lingkungan luar, sehingga komputer bermanfaat bagi lingkungannya. Skema dasar sistem komputer diilustrasikan dalam gambar 2.15 berikut :

Gambar 2.15 Skema Dasar Sistem Komputer

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai peralatan yang di rancang dan akan di buat sesuai dengan fungsinya yaitu pengambil data dan pemroses data dari KWH meter secara otomatis agar dapat mempermudah kerja pegawai pencatat data KWH meter.

Dalam perancangan ini dilakukan bertahap blok demi blok untuk memudahkan penganalisaan sistem setiap bagian maupun sistem secara keseluruhan. Perancangan dan pembuatan sistem ini terdiri dari dua perancangan utama, yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software), disamping beberapa aspek lainnya yang juga perlu dijelaskan dalam pembahasan bab ini seperti blok diagram dan prinsip kerja sistem.

Perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Perancangan dan pembuatan perangkat keras (hardware)

  Meliputi menggunaan Photo Reflektor, Mikrokontroler Atmega8535, LCD, rangkaian TLP434A dan RLP434A, MAX232.

- Perancangan dan pembuatan perangkat lunak (software)

  Meliputi perancangan flowcart dan pembuatan software secara umum yang akan menunjukkan sistem kerja alat secara menyeluruh.

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai peralatan yang di rancang dan akan di buat sesuai dengan fungsinya yaitu pengambil data dan pemroses data dari KWH meter secara otomatis agar dapat memperundah kerja pegawai pencatat data KWH meter.

Dalam perancangan ini dilakukan pertahap blok demi blok untuk memudahkan pengenalisaan sistem setiap bagian maupun sistem secara keseluruhan. Perancangan dan pembuatan sistem ini terdiri dari dua perancangan utama, yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software), disamping beberapa aspek lainnya yang juga perlu dijelaskan dalam pembahasan bab ini seperti blok diagram dan prinsip kerja sistem.

Perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) dapat dijelaskan sebagai berikut :

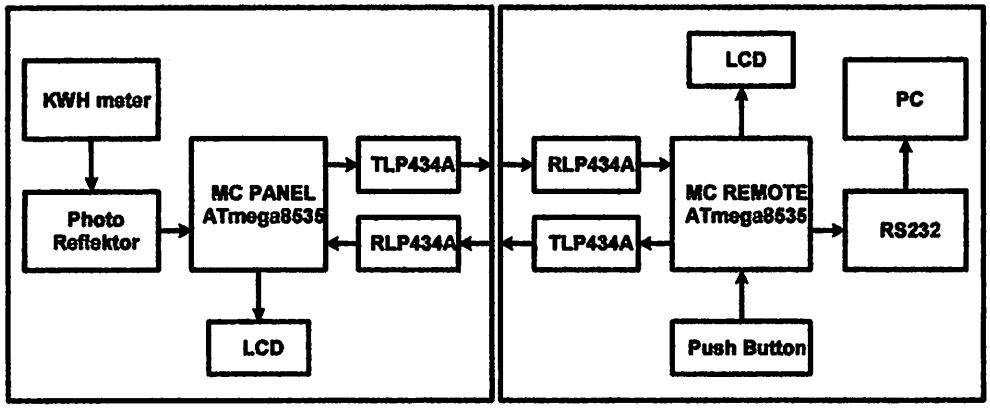
- Perancangan dan pembuatan perangkat keras (hardware)

  Meliputi menggunaan Photo Reflektor, Mikrokontroler Atmega8535, LCD, rangkaian TLP434-A dan RI P434-A, MAX232.

- Perancangan dan pembuatan perangkat lunak (software)

  Meliputi perancangan flowcart dan pembuatan software secara umum yang akan menunjukkan sistem kerja alat secara menyeluruh.

Dari studi literatur serta hasil dari observasi dikumpulkan dan dipelajari maka spesifikasi sistem yang akan dirancang dapat ditentukan. Adapun spesifikasi sistem yang akan dirancang dan dibuat adalah sebuah alat yang terbagi menjadi dua bagian, yaitu KWH meter yang telah dimodifikasi menggunakan MC Atmega8535 yang dilengkapi dengan LCD sebagai output digital serta pengirim data dan sebuah remote untuk mengambil data yang kemudian akan di olah ke PC.



Gambar 3.1 Diagram Blok Rangkaian Sistem

Dari gambar 3.1 diagram blok diatas dapat diketahui cara kerjanya seperti berikut:

Photo reflektor dihubungkan dengan KWH meter untuk menghitung putaran dari piringan alumunium yang sudah dimodifikasi dengan memberi warna gelap terang. Data yang diterima kemudian dikirim ke MC ATmega8535 untuk disimpan dalam EEPROM, yang kemudian juga dioutputkan ke LCD. Untuk kebutuhan pengiriman data, MC ATmega8535 juga dilengkapi dengan TLP dan RLP 434A.

Untuk proses pengumpulan data digunakan remote yang juga dilengkapi dengan TLP dan RLP 434A yang dapat mengirimkan dan menerima data dari jarak jauh. Data yang diterima kemudian kembali disimpan dalam EEPROM MC ATmega8535 dan juga dioutputkan ke LCD untuk memastikan data diterima

Gambar 3.1 Diagram Blok Rangkaian Sistem

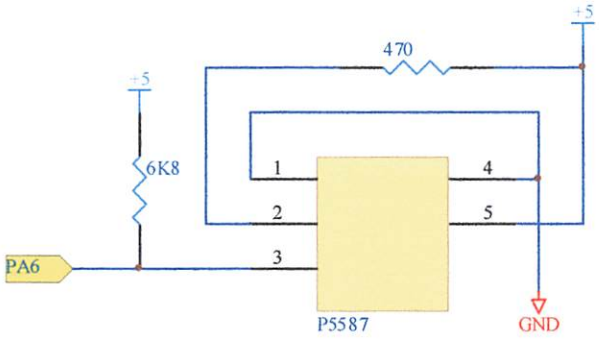
adalah benar. Jika proses pengumpulan data selesai dan ingin mentransfer dan mengolahnya ke PC maka digunakan pemrograman Delphi.

3.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

3.2.1 Rangkaian Photo Reflektor

Photo reflektor disini digunakan sebagai piranti untuk mengambil data dari KWH meter. Alat ini akan dipasang pada KWH meter untuk membaca data berupa putaran dari piringan KWH yang telah diwarna gelap terang.

Photo reflektor memberitahukan pada MC setiap satu putaran piringan KWH meter dengan mengenali kondisi dimana jika melewati daerah hitam maka akan berlogika '0' dan daerah putih berlogika '1'. Adapun gambar rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Rangkaian Photo Reflektor

3.2.2 Rangkaian MC Atmega8535

MC ATmega8535 pada sistem berfungsi untuk mengolah data masukan dari KWH meter dan RLP 434A yang selanjutnya data akan dikirim melalui TLP 434A ke remote. Adapun komponen lain pendukung MC ATmega8535 yang digunakan adalah rangkaian clock dan rangkaian reset.

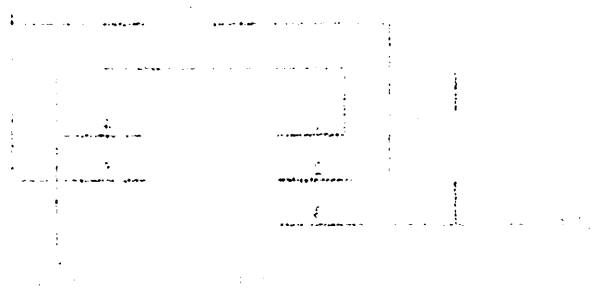
adalah benar. Jika proses pengumpulan data selesai dan ingin mentransfer dan mengolahnya ke PC maka digunakan pemrograman Delphi.

3.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

3.2.1 Rangkaian Photo Reflektor

Photo reflektor disini digunakan sebagai piranti untuk mengambil data dari KWH meter. Alat ini akan dipasang pada KWH meter untuk membaca data berupa putaran dari piringan KWH yang telah diwarna gelap terang.

Photo reflektor memberitahukan pada MC setiap satu putaran piringan KWH meter dengan mengenali kondisi dimana jika melewati daerah hitam maka akan berlogika '0' dan daerah putih berlogika '1'. Adapun gambar rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Rangkaian Photo Reflektor

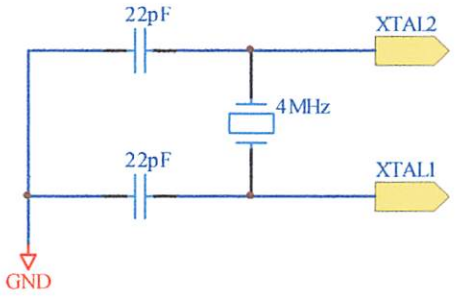
3.2.2 Rangkaian MC ATmega8535

MC ATmega8535 pada sistem berfungsi untuk mengolah data masukan dari KWH meter dan RLP 43-4A yang selanjutnya data akan dikirim melalui TLP 43-4A ke remote. Adapun komponen lain pendukung MC ATmega8535 yang digunakan adalah rangkaian clock dan rangkaian reset.

Rangkaian Clock

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki internal clock pada pin 12 (X2) dan pin 13 (X1) yang berfungsi sebagai sumber clock dan diperlukan rangkaian tambahan untuk membangkitkan clock tersebut.

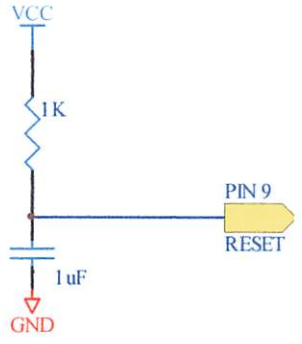
Dalam sistem ini digunakan dua buah capasitor sebesar 22 pF dan sebuah kristal 4 MHz. Rangkaian clock dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Rangkaian Clock ATmega8535

Rangkaian Reset

Untuk melakukan reset sistem pada mikrokontroler dapat memanfaatkan pin reset. Pin tersebut dihubungkan dengan rangkaian reset eksternal yang ditunjukkan gambar 3.4 dibawah :



Gambar 3.4 Rangkaian Reset Eksternal

Rangkaian Clock

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki internal clock pada pin 12 (XT2) dan pin 13 (XT1) yang berfungsi sebagai sumber clock dan dipergunakan rangkaian tambahan untuk membangkitkan clock tersebut.

Dalam sistem ini digunakan dua buah capasitor sebesar 22 pF dan sebuah kristal 4 MHz. Rangkaian clock dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut :

Gambar 3.3 Rangkaian Clock ATmega8535

Rangkaian Reset

Untuk mendukung reset sistem pada mikrokontroler dapat memanfaatkan pin reset. Ini berarti dibutuhkan dengan rangkaian reset eksternal yang ditunjukkan gambar 3.4 dibawah :

Gambar 3.4 Rangkaian Reset Eksternal

Rangkaian reset terbentuk oleh komponen R (resistor) dan C (kapasitor) yang sudah baku (telah ditetapkan nilainya oleh pembuat IC ATmega8535). Nilai R yang dipakai adalah 10K ohm dan C sebesar 10u Farad. Sedangkan untuk mencari frekuensi dari reset tersebut digunakan rumus sebagai berikut :

$$fo = \frac{1}{1{,}1RC}$$

sehingga dengan nilai R = 10K Ohm dan nilai C = 10 uFarad, maka akan dihasilkan nilai frekuensi sebesar :

$$fo = \frac{1}{1{,}1.10^{3}.10^{-6}}$$
$$fo = 909{,}09091Hz$$
$$fo = 0{,}9091KHz$$

maka dari perhitungan diatas dapat pula dihitung besar nilai periode clocknya dengan rumus :

$$T = \frac{1}{fo}$$
$$T = \frac{1}{0{,}9091.10^{3}}$$
$$T = 1{,}1.10^{-3}\ \text{det}ik$$

Selain menggunakan rangkaian reset eksternal, reset pada MC ATmega8535 juga dapat dilakukan dengan internal reset yang terdiri dari tiga macam cara yaitu :

- Power-On Reset

  Mikrokontroler akan dalam keadaan reset jika tegangan power supply dibawah tegangan ambang Power-On reset.

Rangkaian reset terbentuk oleh komponen R (resistor) dan C (kapasitor) yang sudah baku (telah ditetapkan nilainya oleh pembuat IC ATmega8535). Nilai R yang dipakai adalah 10K ohm dan C sebesar 10u Farad. Sedangkan untuk mencari frekuensi dari reset tersebut digunakan rumus sebagai berikut :

$$f_0 = \frac{1}{1.1RC}$$

sehingga dengan nilai R = 10K Ohm dan nilai C = 10 uFarad, maka akan dihasilkan nilai frekuensi sebesar :

$$f_0 = \frac{1}{1,1.10^3.10^{-6}}$$

$$f_0 = 909,09091Hz$$

$$f_0 = 0,9091KHz$$

maka dari perhitungan diatas dapat pula dihitung besar nilai periode clocknya dengan rumus :

$$T = \frac{1}{f_0}$$

$$T = \frac{1}{0,9091.10^3}$$

$$T = 1,1.10^{-3}\ \text{det}/k$$

Selain menggunakan rangkaian reset eksternal, reset pada MC ATmega8535 juga dapat dilakukan dengan internal reset yang terdiri dari tiga macam cara yaitu :

- Power-On Reset

Mikrokontroler akan dalam keadaan reset jika tegangan power supply dibawah tegangan ambang Power-On reset.

- Watchdog Reset

  Mikrokontroler akan dalam keadaan reset jika periode *Watchdog timer* berakhir dan *Watchdog* dalam kondisi *enable.*

- Brown-Out Reset

  Mikrokontroler akan dalam keadaan reset jika tegangan power supply dibawah tegangan ambang *Brown-Out Reset* dan detektor *Brown-Out* dalam kondisi *enable.*

Pada rangkaian ini komponen utamanya adalah unit mikrokontroler ATmega8535. komponen ini merupakan sebuah *chip* tunggal sebagai pengolah data dan pengontrolan alat. Sebagai pengolah data dan pengontrol sistem, pin-pin MC ATmega8535 dihubungkan dengan rangkaian pendukung membentuk suatu *minimum* sistem.

3.2.2.1 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 Pada Panel

MC pada panel berfungsi untuk meng-counter jumlah putaran yang dideteksi oleh photo reflektor yang selanjutnya data akan dikirim ke remote melalui TLP jika RLP diaktifkan. Disamping itu, MC juga berfungsi untuk menyimpan data serta mengoutputkannya ke sebuah LCD M1632.

- *Watchdog Reset*

  Mikrokontroler akan dalam keadaan reset jika periode *Watchdog Timer* berakhir dan *Time-out* dalam kondisi enable.

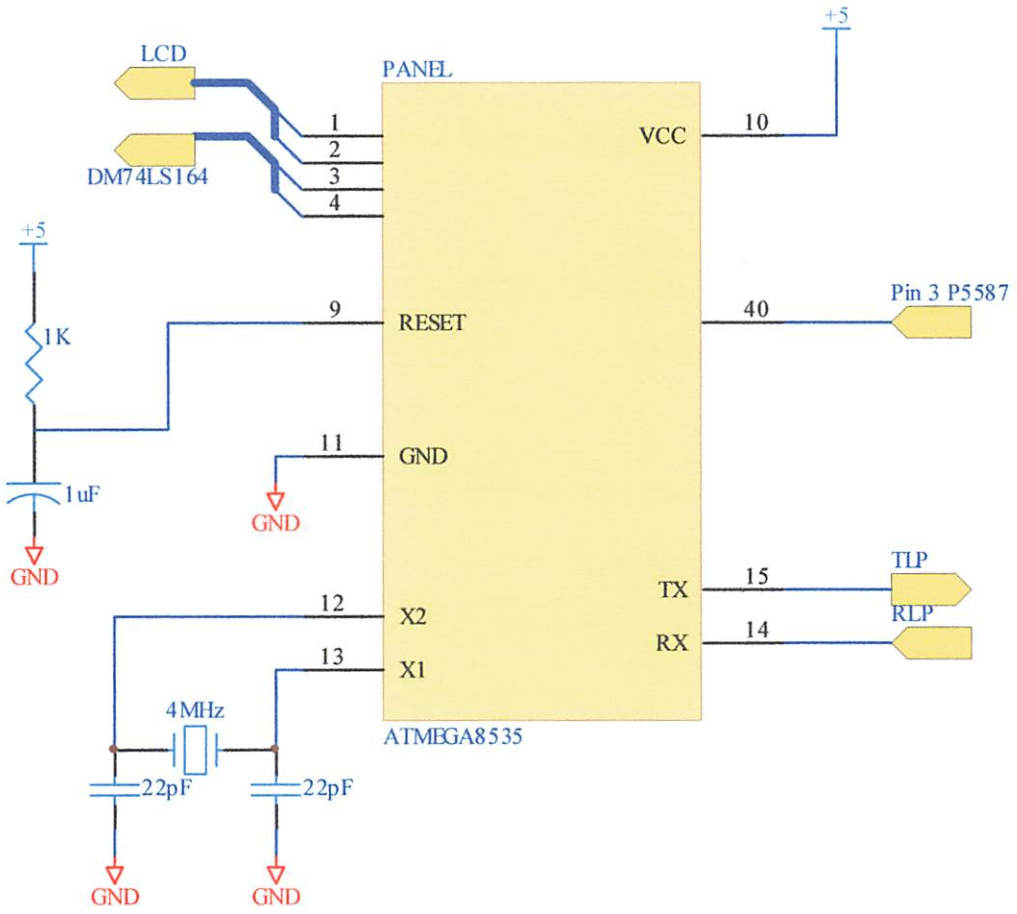
- *Brown-Out Reset*

  Mikrokontroler akan dalam keadaan reset jika tegangan power supply dibawah tegangan ambang *Brown-Out Reset* dan deteksi *Brown-out* dalam kondisi enable.

Pada rangkaian ini komponen utamanya adalah unit mikrokontroler ATmega8535. komponen ini merupakan sebuah chip integrasi sebagai pengolah data dan pengontrolan alat. sebagai perangkat dasar dan pengontrol sistem, pin-pin MC ATmega8535 dihubungkan dengan rangkaian pendukung membentuk suatu minimum sistem.

3.2.2.1 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 Pada Panel

MC pada panel berfungsi untuk mengkonter jumlah putaran yang didapat oleh photo reflektor yang sebanyak dua akan dikirim ke rotary modulasi TTP jika KLP dihubungkan. Disamping itu MC juga berfungsi untuk menginput data serta menghubungkan ke sebuah LCD M1632.



Gambar 3.5 Rangkaian MC ATmega8535 pada Panel

Fungsi dari masing-masing pin MC ATmega8535 yang digunakan adalah :

- Pin 1 (PB.0) dan pin 2 (PB.1) merupakan port inputan ke LCD.
- Pin 9 (RESET) merupakan reset aktif tinggi yang terhubung dengan power on reset dan bila diaktifkan akan mereset mikrokontroler.
- Pin 10 (VCC) sebagai Vcc + 5 volt.
- Pin 11 (GND) terhubung dengan ground.
- Pin 12 (XTAL2) merupakan input dari rangkaian pewaktu luar (X2).
- Pin 13 (XTAL1) merupakan output dari rangkaian pewaktu luar (X1).

- Pin 14 (PD.0) merupakan inputan data yang diterima dari RLP434A (RX).
- Pin 15 (PD.1) merupakan output data yang akan dikirim oleh TLP434A ke remote (TX).
- Pin 40 (PA.0) merupakan inputan data dari optokopler yang akan di counter oleh mikrokontroler.

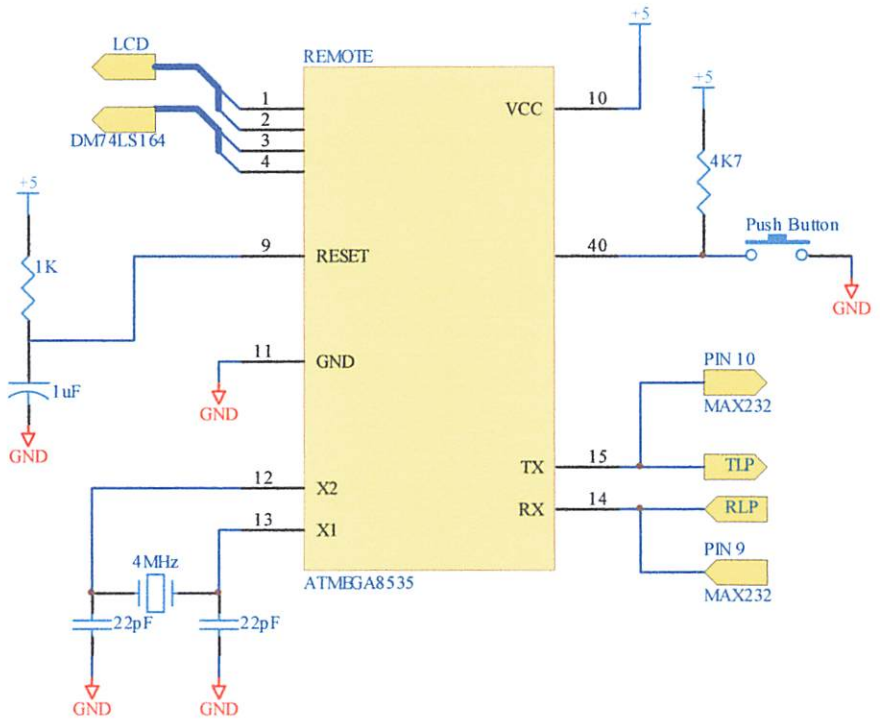
3.2.2.2 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 Pada Remote

Remote disini digunakan sebagai alat untuk mengambil data yang dapat dioperasikan dari jauh dan menyimpan sementara data sebelum dipindahkan ke PC. Remote dilengkapi dengan sensor TLP untuk mengaktifkan RX panel untuk mengirimkan data ke remote. RLP (RX remote) menerima data dan mengirimkan ke EEPROM MC untuk disimpan. Selain itu MC juga mengoutputkan data ke LCD remote untuk memastikan data telah diterima.

- Pin 14 (PD.0) merupakan inputan data yang diterima dari RLP434A (RX).
- Pin 15 (PD.1) merupakan output data yang akan dikirim oleh TLP434A ke remote (TX).
- Pin 40 (PA.0) merupakan inputan data dari optokopler yang akan di counter oleh mikrokontroler.

3.2.2.2 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 Pada Remote

Remote disini digunakan sebagai alat untuk mengambil data yang dapat dioperasikan dari jauh dan menyimpan sementara data sebelum dipindahkan ke PC. Remote dilengkapi dengan sensor TLP untuk mengaktifkan RX panel untuk mengirimkan data ke remote. RLP (RX remote) menerima data dan mengirimkan ke EEPROM MC untuk disimpan. Selain itu MC juga mengoutputkan data ke LCD remote untuk memastikan data telah diterima.



Gambar 3.6 Rangkaian MC ATmega8535 pada Remote

Fungsi dari masing-masing pin MC ATmega8535 yang digunakan adalah :

- Pin 1 (PB.0) dan pin 2 (PB.1) merupakan port inputan ke LCD.
- Pin 9 (RESET) merupakan reset aktif tinggi yang terhubung dengan power on reset dan bila diaktifkan akan mereset mikrokontroler.
- Pin 10 (VCC) sebagai Vcc + 5 volt.
- Pin 11 (GND) terhubung dengan ground.
- Pin 12 (XTAL2) merupakan input dari rangkaian pewaktu luar (X2).
- Pin 13 (XTAL1) merupakan output dari rangkaian pewaktu luar (X1).
- Pin 14 (PD.0) merupakan inputan data yang diterima dari RLP434A (RX).
- Pin 15 (PD.1) merupakan output data yang akan dikirim oleh TLP434A ke remote (TX).

- Pin 14 dan pin 15 juga merupakan inputan data ke MAX232 yang akan diinterfacekan ke PC.
- Pin 40 (PA.0) merupakan switch on/off untuk pengambilan data dari panel.

3.2.2 Rangkaian LCD

Rangkaian LCD dot matrik 2 X 16 karakter ini adalah komponen *display* yang paling umum digunakan saat ini. *Display* LCD 2 X 16 karakter ini memiliki ROM sebagai penyimpan karakter sebanyak 192 buah. Sebelum mengoperasikan LCD sebagai penampil karakter, terlebih dahulu ditentukan format penulisan LCD.

Dalam format penulisan LCD ada beberapa aturan yang diberikan oleh pabrik pembuatnya (*data sheet*) yaitu :

1. Menentukan jalur bit data yang akan digunakan (4-bit atau 8-bit).
2. Membersihkan layar *display* dari karakter *blank.*
3. Menentukan alamat baris pertama dan baris kedua.
4. Dalam penulisan karakter menggunakan *Cursor* atau tidak.

Jika penginisialisasian sudah selesai, langkah selanjutnya menulis karakter yang diinginkan, missal tampilan yang diinginkan "123", maka format data yang ditransferkan ke jalur data adalah format data BCD angka 123 yang masing-masing disertai data posisi baris. Data yang dikirim ke LCD cukup satu kali, selanjutnya data akan terus ditampilkan berulang-ulang oleh LCD itu sendiri selama tidak ada instruksi membersihkan layar display. Hubungan pin data dengan pin control LCD dengan MC ditunjukan pada gambar 3.7 dibawah :

- Pin 14 dan pin 15 juga merupakan inputan data ke MAX232 yang akan diinterfacekan ke PC.
- Pin 40 (PA.0) merupakan switch on/off untuk pengambilan data dari panel.

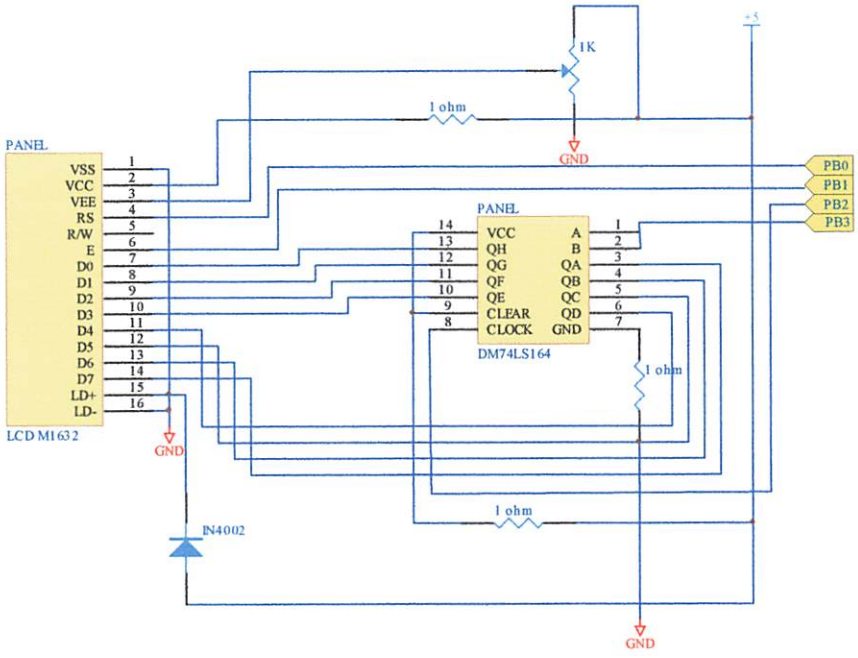
3.2.2 Rangkaian LCD

Rangkaian LCD dot matrik 2 X 16 karakter ini adalah komponen *display* yang paling umum digunakan saat ini. *Display* LCD 2 X 16 karakter ini memiliki ROM sebagai penyimpan karakter sebanyak 192 buah. Sebelum mengoperasikan LCD sebagai penampil karakter, terlebih dahulu ditentukan format penulisan LCD.

Dalam format penulisan LCD ada beberapa aturan yang diberikan oleh pabrik pembuatnya (*data sheet*) yaitu :

1. Menentukan jalur bit data yang akan digunakan (4-bit atau 8-bit).
2. Membersihkan layar *display* dari karakter *blank*.
3. Menentukan alamat baris pertama dan baris kedua.
4. Dalam penulisan karakter menggunakan *Cursor* atau tidak.

Jika penginisialisasian sudah selesai, langkah selanjutnya menulis karakter yang diinginkan, missal tampilan yang diinginkan "123", maka format data yang ditransferkan ke jalur data adalah format data BCD angka 123 yang masing-masing disertai data posisi baris. Data yang dikirim ke LCD cukup satu kali, selanjutnya data akan terus ditampilkan berulang-ulang oleh LCD itu sendiri selama tidak ada instruksi membersihkan layar display. Hubungan pin data dengan pin control LCD dengan MC ditunjukan pada gambar 3.7 dibawah :



Gambar 3.7 Rangkaian LCD

Fungsi dari masing-masing pin LCD yang digunakan adalah :

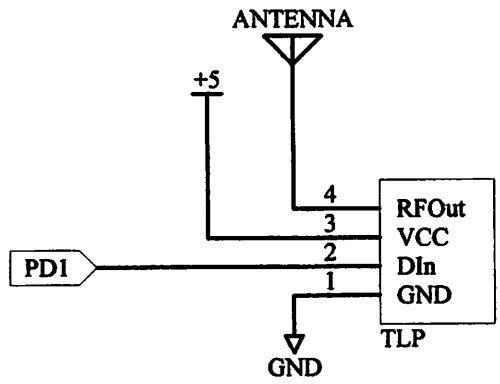
- Pin RS dihubungkan dengan PB.0 dari MC, untuk membedakan sinyal antara instruksi program atau instruksi penulisan data.
- Pin E dihubungkan dengan PB.1 dari MC, untuk memberikan instruksi tulis pada alamat LCD.
- Pin D0 – D7 dihubungkan dengan IC DM74LS164 sebagai shift register dimana IC tersebut terhubung dengan PB.2 – PB.3 dari MC, untuk mengurangi penggunaan port pada MC.

3.2.3 Rangkaian Pengirim Frekuensi

Untuk mengambil data dari jarak jauh digunakan sensor TLP 434A sebagai transmitter. Adapun kelebihan dari TLP 434A adalah sangat mudah

digunakan dan tidak membutuhkan komponen pendukung yang banyak. Tegangan yang dibutuhkan juga relative kecil yaitu 2 – 12 volt.

Mikrokontroler akan mengirimkan serial kode biner (data KWH meter) menuju TLP yang kemudian mengaktifkannya. Saat TLP aktif maka data akan terkirim. Untuk rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut :



Gambar 3.8 Rangkaian Pengirim TLP434A

Fungsi dari masing-masing pin TLP434A yang digunakan adalah :

- Pin RFOut dihubungkan dengan Anntena, sebagai pemancar frekuensi yang membawa data.
- Pin Din dihubungkan dengan PD.1 (TX), untuk menerima data dari MC yang ingin dikirimkan.

Agar transistor dapat bekerja (saturasi, Vbe = 0,7 Volt) maka penentuan besar resistor (Rb dan Rc) sangat penting. Jika diketahui Vcc = 12 volt (catu daya) dan Ic = 1 mA (datasheet), maka :

$$Rc = \frac{Vcc}{Ic}$$

$$Rc = \frac{12Volt}{1mA}$$

$$Rc = 12K\Omega$$

Dari data transistor yang dipakai diketahui βdc = 100 dan Vin = 2,4 volt, maka besar Ib dapat dihitung :

$$Ib = \frac{Ic}{\beta dc}$$
$$Ib = \frac{1mA}{100}$$
$$Ib = 10\mu A$$

Dari nilai Ib yang sudah diketahiu maka nilai Rb adalah :

$$Rb = \frac{Vin - Vbe}{Ib}$$
$$Rb = \frac{2,4 - 0,7}{10\mu}$$
$$Rb = 170K\Omega$$

Sebagai pengganti resistor 170 KΩ yang tidak tersedia dipasaran, digunakan resistor 180 KΩ.

3.2.4 Rangkaian Penerima Frekuensi

Sinyal serial kode biner yang dipancarkan oleh rangkaian pengirim (TLP) akan diterima oleh modul penerima yaitu RLP 434A. Modul ini bekerja pada frekuensi 315 MHz.

Output dari RLP (sudah berupa data digital) selanjutnya akan dikirim ke mikrokontroler untuk diinterfacekan dan disimpan dalam EEPROM yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8535. Adapun rangkaian RLP 434A adalah sebagai berikut :

Dari data transistor yang dipakai diketahui βdc = 100 dan Vin = 2,4 volt, maka besar Ib dapat dihitung :

$$Ib = \frac{Ic}{\beta dc}$$

$$Ib = \frac{1mA}{100}$$

$$Ib = 10\mu A$$

Dari nilai Ib yang sudah diketahui maka nilai Rb adalah :

$$Rb = \frac{Vin - VBe}{Ib}$$

$$Rb = \frac{2,4 - 0,7}{10\mu}$$

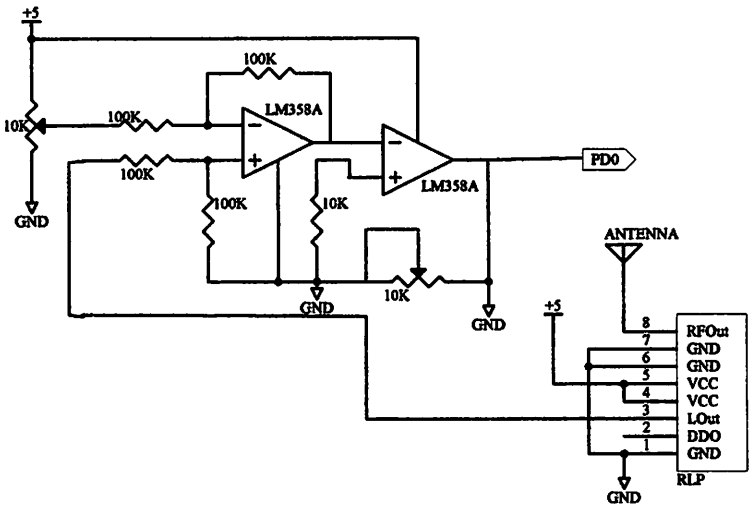
$$Rb = 170K\Omega$$

Sebagai pengganti resistor 170 KΩ yang tidak tersedia dipasaran, digunakan resistor 180 KΩ.

3.2.4 Rangkaian Penerima Frekuensi

Sinyal serial kode biner yang dipancarkan oleh rangkaian pengirim (TLP) akan diterima oleh modul penerima yaitu RLP 434A. Modul ini bekerja pada frekuensi 315 MHz.

Output dari RLP (sudah berupa data digital) selanjutnya akan dikirim ke mikrokontroler untuk diinterfacekan dan disimpan dalam EEPROM yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8535. Adapun rangkaian RLP 434A adalah sebagai berikut :



Gambar 3.9 Rangkaian Penerima RLP434A

Fungsi dari masing-masing pin RLP434A yang digunakan adalah :

- Pin RFOut dihubungkan dengan Anntena, untuk menerima frekuensi pengirim.
- Pin DDO dihubungkan dengan PD.0 dari MC, untuk mengirimkan data digital yang telah diterima ke MC.

Pada saat RLP menerima data Vout RSSI = 3 volt, pada osciloscop dapat dilihat bahwa tegangannya belum berada pada level 0 volt. Rangkaian penguat dengan IC LM358 ini digunakan untuk menguatkan tegangan serta mengkondisikan tegangan yang diterima agar berada pada posisi 0 volt.

$$Vref = \frac{R1}{R1 + R2} Vcc$$

$$Vref = \frac{5K}{5K + 5K} 5$$

$$Vref = 2{,}5volt$$

$$V_2 = \frac{R2}{R1+R2} Vout$$
$$V_2 = \frac{100K}{100K+100K} 3$$
$$V_2 = 1{,}5volt$$

$$A = \frac{Rf}{Ri} + 1$$
$$A = 2X$$

$$V_o = A(V_1 - V_2)$$
$$V_o = 2(2{,}5 - 1{,}5)$$
$$V_o = 2volt$$

Setelah penguatan pertama dibutuhkan lagi penguatan kedua karena bentuk gelombang belum dapat diolah oleh mikrokontroller maka dari itu dikuatkan lagi. Perhitungannya sebagai berikut :

$$A = \frac{R1}{R2} + 1$$
$$A = \frac{100K}{100K} + 1$$
$$A = 2X$$

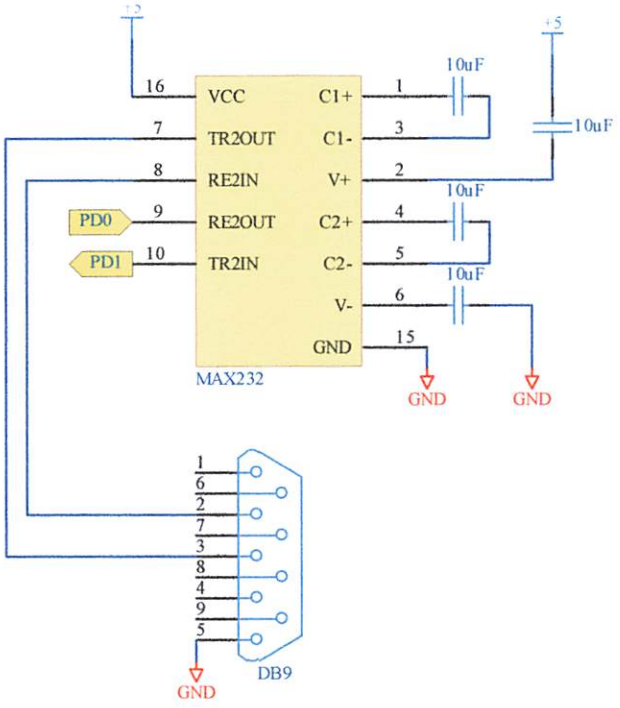
$$V_o = A \times Vin$$
$$V_o = 2\times$$

3.2.5 Rangkaian PC Connector

Di dalam rangkaian PC Connector terdapat dua bagian utama, yaitu maksimum sistem RS232 dan sebuah port parallel DB9. untuk menghubungkan antara rangkaian penerima dengan PC digunakan IC MAX 232.

Proses pengiriman data serial dilakukan dengan merubah level tegangan data serial terlebih dahulu, yaitu dari level tegangan TTL menjadi level tegangan RS 232. Penggunaan level converter ini karena PC tidak dapat mengolah level tegangan TTL. Sedangkan penggunaan port parallel DB9 adalah untuk

menyampaikan data dari MC remote ke PC untuk diolah lebih lanjut. Gambar rangkaian PC connector dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut :

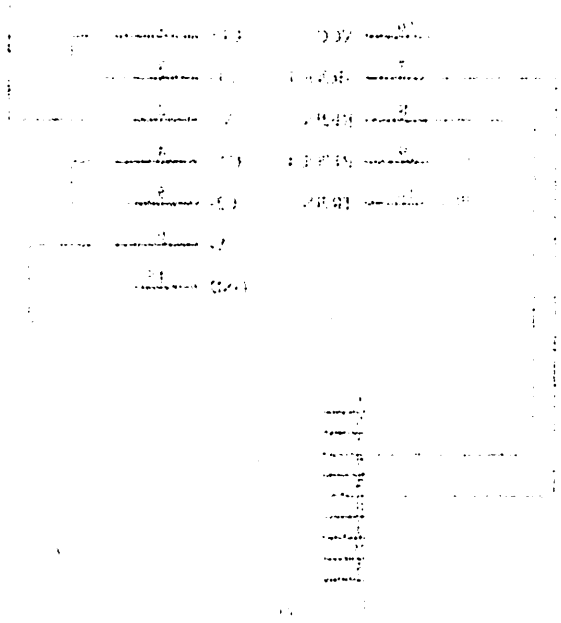


Gambar 3.10 Rangkaian PC Connector

Adapun fungsi masing-masing pin yang digunakan adalah :

- Pin 7 berfungsi menerima instruksi permintaan pengiriman data dari PC ke MC melalui DB9, dimana pin 3 berfungsi sebagai *Receiver Data.*
- Pin 8 berfungsi pengirim data dari remote ke PC melalui DB9, dimana pin 2 berfungsi sebagai *Transmitter Data.*
- Pin 9 berfungsi menerima data dari MC yang akan dipindahkan ke PC.
- Pin 10 berfungsi mengirimkan data serial dari PC ke MC untuk meminta atau memindahkan data KWH dari remote ke PC.

menyampaikan data dari MC remote ke PC untuk diolah lebih lanjut. Gambar rangkaian PC connector dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut :



Gambar 3.10 Rangkaian PC Connector

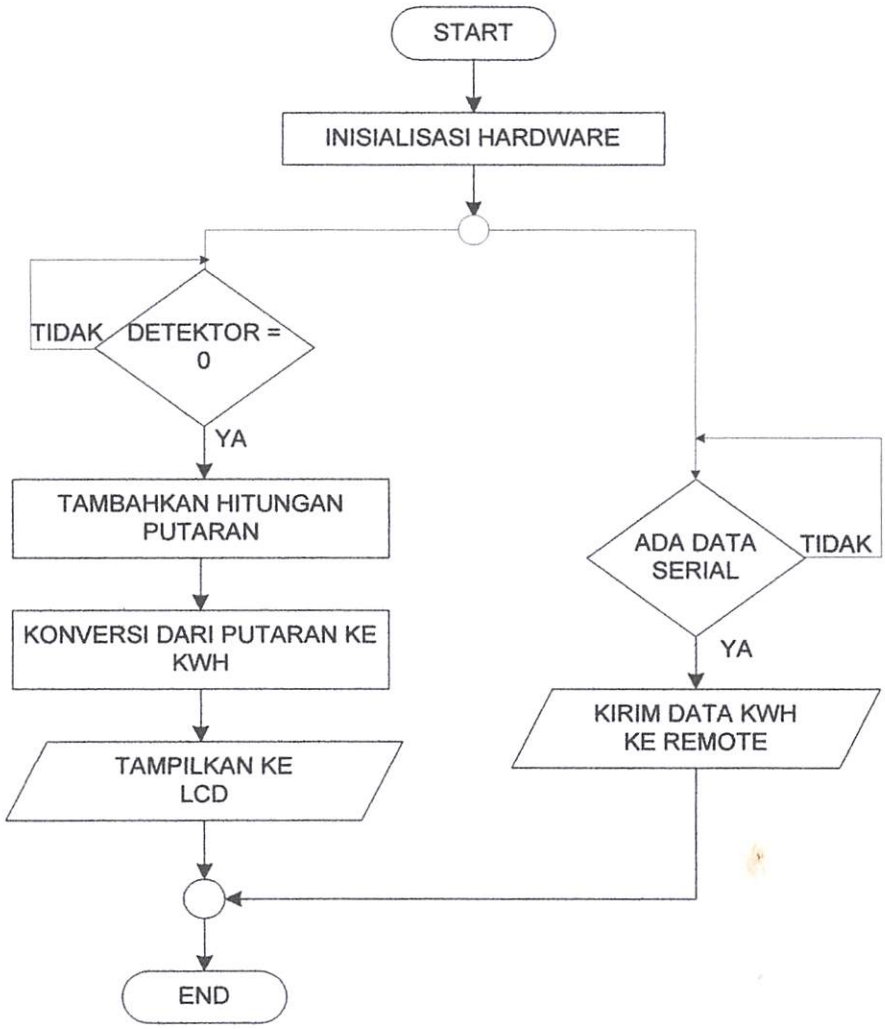
Adapun fungsi masing-masing pin yang digunakan adalah :

- Pin 7 berfungsi menerima instruksi permintaan pengiriman data dari PC ke MC melalui DB9, dimana pin 3 berfungsi sebagai *Receiver Data*.
- Pin 8 berfungsi pengirim data dari remote ke PC melalui DB9, dimana pin 2 berfungsi sebagai *Transmitter Data*.
- Pin 9 berfungsi menerima data dari MC yang akan dipindahkan ke PC.
- Pin 10 berfungsi mengirimkan data serial dari PC ke MC untuk meminta atau memindahkan data KWH dari remote ke PC.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak pada perencanaan dan pembuatan pencatat data KWH meter pelanggan yang dilengkapi dengan remote ini dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega8535. Perangkat lunak disini dibagi menjadi dua bagian, yaitu untuk mengkontrol sistem utama, dimana terdapat dua bagian yaitu panel dan remote, serta untuk interface ke PC.

FLOWCHART PANEL

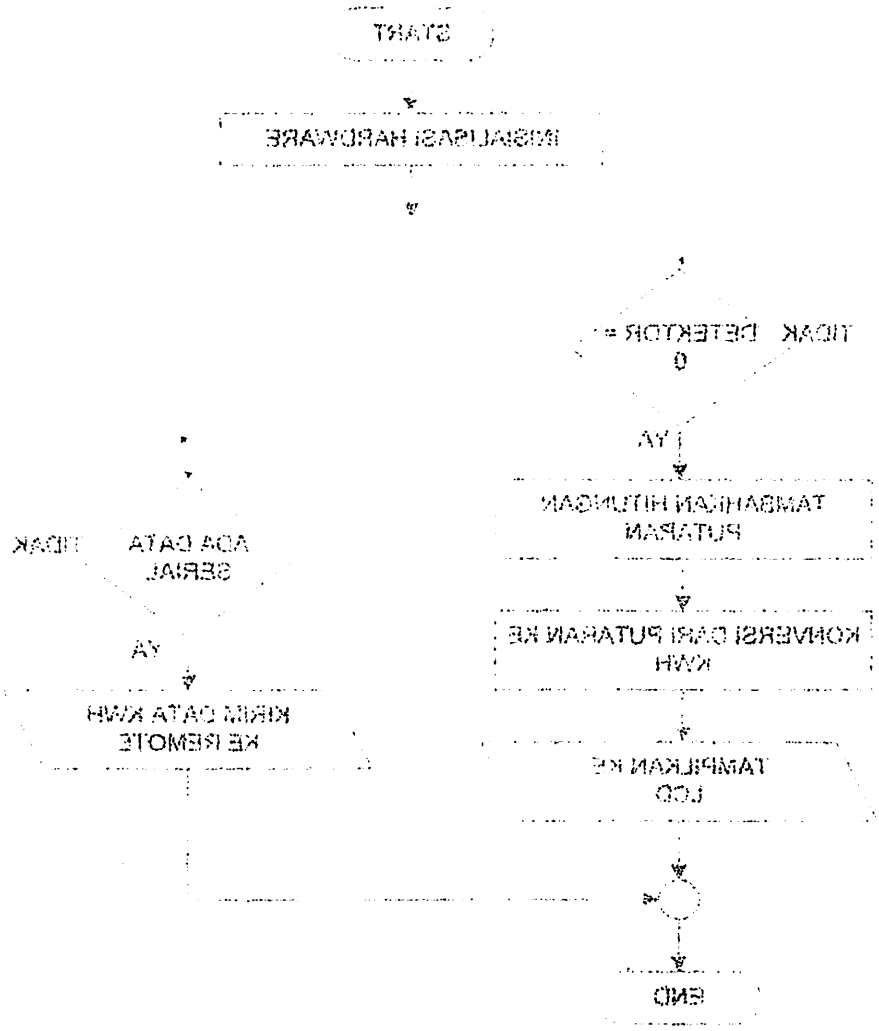


Gambar 3.11 Flowchart Panel kWh Digital

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

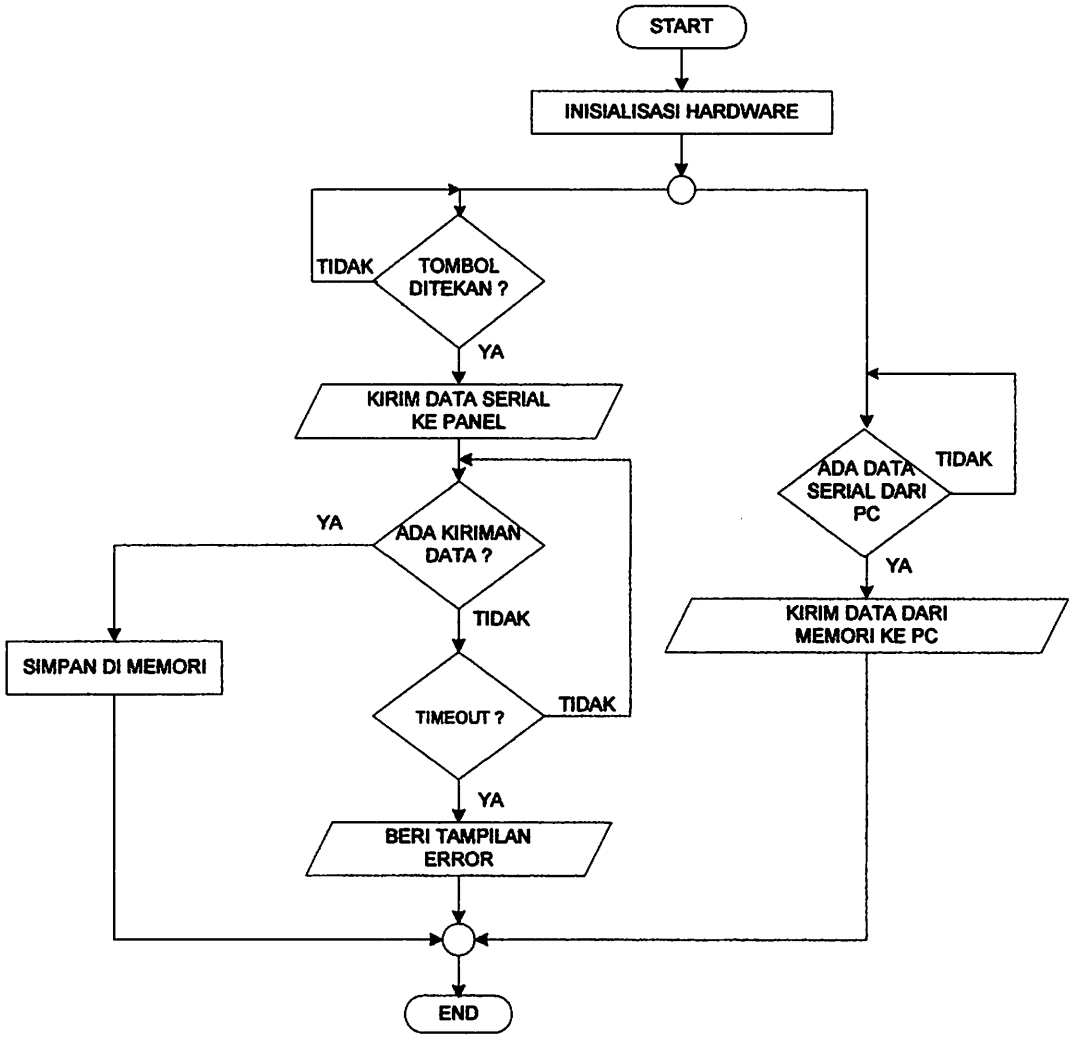
Perancangan perangkat lunak pada perencanaan dan pembuatan pencatat data KWH meter pelanggan yang dilengkapi dengan remote ini dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega8535. Perangkat lunak disini dibagi menjadi dua bagian, yaitu untuk mengkontrol sistem utama, dimana terdapat dua bagian yaitu panel dan remote, serta untuk interface ke PC.

FLOWCHART PANEL



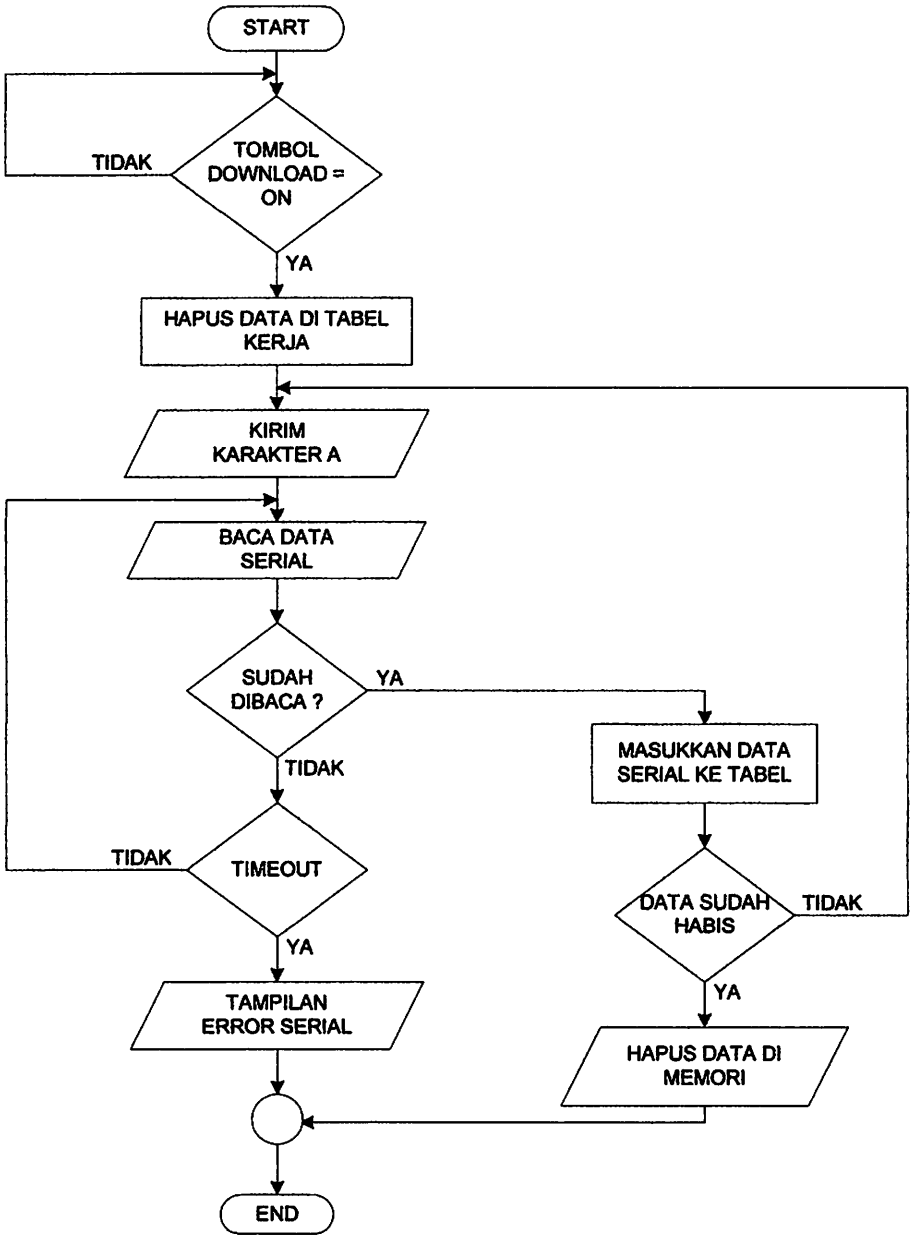
Gambar 3.11 Flowchart Panel KWh Digital

FLOWCHART REMOTE



Gambar 3.12 Flowchart Penyimpanan Data Pada Remote

FLOWCHART PC



Gambar 3.13 Flowchart Pemindahan Data ke PC

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Umum

Untuk mengetahui kinerja sistem apakah dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan, maka diperlukan serangkaian pengujian dan analisa hasil pengujian tersebut. Pengujian pada sistem ini dilakukan terhadap perangkat keras pada masing-masing blok rangkaian penyusun sistem.

4.2 Pengujian Perangkat Keras

Pada pengujian perangkat keras berikut akan dilakukan terhadap rangkaian rangkaian photo reflektor, rangkaian LCD, rangkaian RS232 dan pengujian keseluruhan sistem. Adapun tujuan pengujian, peralatan yang digunakan, langkah-langkah percobaan, beserta hasil percobaan akan dijelaskan sebagai berikut.

4.2.1 Pengujian Rangkaian Photo Reflektor

Pengujian photo reflektor bertujuan untuk mengetahui apakah sensor dapat mendeteksi dengan baik pantulan cahaya yang direfleksikan oleh warna gelap piringan alumunium.

Peralatan yang digunakan :

- Power supply
- KWH meter.
- Multimeter digital.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Umum

Untuk mengetahui kinerja sistem apakah dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan, maka diperlukan serangkaian pengujian dan analisa hasil pengujian tersebut. Pengujian pada sistem ini dilakukan terhadap perangkat keras pada masing-masing blok rangkaian penyusun sistem.

4.2 Pengujian Perangkat Keras

Pada pengujian perangkat keras berikut akan dilakukan terhadap rangkaian rangkaian photo reflektor, rangkaian LCD, rangkaian RS232 dan pengujian keseluruhan sistem. Adapun tujuan pengujian, peralatan yang digunakan, langkah-langkah pengujian, hasil yang diperoleh dan dijelaskan sebagai berikut.

4.2.1 Pengujian Rangkaian Photo Reflektor

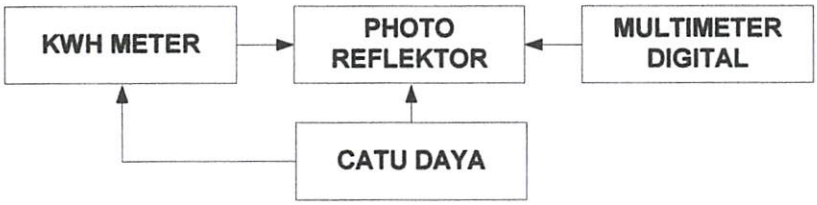
Pengujian photo reflektor bertujuan untuk mengetahui apakah sensor dapat mendeteksi dengan baik panjatan cahaya yang direfleksikan oleh warna gelap pirinyan aluminium.

Peralatan yang digunakan :

- Power supply
- KWH meter.
- Multimeter digital.

Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar dibawah :



Gambar 4.1 Blok pengujian photo reflektor

- Mengamati putaran KWH meter.
- Mengukur tegangan output photo reflektor pada kaki 3 dengan multimeter digital saat mendeteksi daerah gelap dan terang.

Hasil pengujian :

Gambar 4.2b Photo reflector saat mendeteksi terang

Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar diatas ini :

KWH METER → PHOTO REFLEKTOR → MULTIMETER DIGITAL

SUMBER DAYA

Gambar 4.1 Blok pengujian photo reflektor

- Menyambungkan putaran KWH meter.
- Mengukur tegangan output photo reflektor pada kaki 3 dengan multimeter digital saat mendeteksi durasi gelap dan terang.

Hasil pengujian :

Gambar 4.2b Photo reflector saat mendeteksi terang

Gambar 4.2c Photo reflector saat mendeteksi gelap

Pada saat mendeteksi daerah terang tegangan output photo reflektor adalah 4.96 Volt. Sedangkan saat mendeteksi daerah gelap tegangan output photo reflektor adalah 0.01 Volt.

Analisis pengujian :

Photo reflektor dapat mendeteksi daerah gelap piringan alumunium dengan baik. Tegangan output yang dihasilkan oleh photo reflektor adalah 0 – 5 volt, sesuai dengan range input tegangan yang dibutuhkan oleh mikrokontroler. Sehingga tidak dibutuhkan penguat tegangan.

4.2.2 Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian rangkaian tampilan berfungsi untuk mengetahui kemampuan rangkaian tampilan yang sudah dibuat apakah dapat mendukung sistem dengan baik sesuai dengan yang direncanakan untuk menampilkan data keluaran dari mikrokontroler ke LCD.

Gambar 4.2c Photo reflektor saat mendeteksi gelap

Pada saat mendeteksi daerah terang tegangan output photo reflektor adalah 4.66 Volt. Sedangkan saat mendeteksi daerah gelap tegangan output photo reflektor adalah 0.01 Volt.

Analisis pengujian :

Photo reflektor dapat mendeteksi daerah gelap piringan aluminium dengan baik. Tegangan output yang dihasilkan oleh photo reflektor adalah 0 - 5 volt, sesuai dengan range input tegangan yang dibutuhkan oleh mikrokontroler. Sehingga tidak dibutuhkan pengiat tegangan.

4.2.3 Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian rangkaian tampilan berfungsi untuk mengetahui kemampuan rangkaian tampilan yang sudah dibuat apakah dapat mendukung sistem dengan baik sesuai dengan yang diprogramkan untuk menampilkan data keluaran dari mikrokontroler ke LCD.

Peralatan yang digunakan :

- Power supply
- Mikrokontroler
- LCD

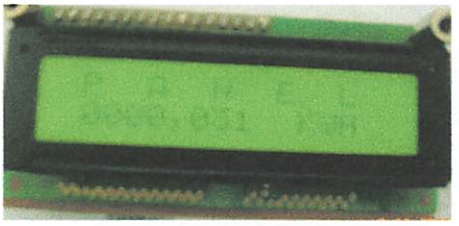
Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar dibawah :

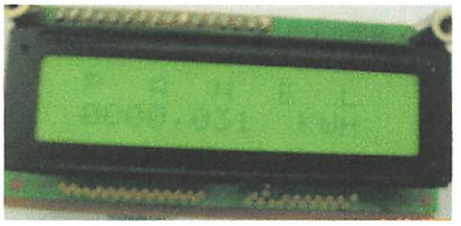
Gambar 4.2a Blok pengujian rangkaian LCD

- Mengamati tampilan data KWH meter pada LCD.
- Mematikan catu daya.
- Mengamati kembali tampilan data KWH meter pada LCD.

Hasil pengujian :



Gambar 4.2b LCD sebelum dimatikan



Gambar 4.2c LCD setelah dimatikan

Peralatan yang digunakan :

- Power supply
- Mikrokontroler
- LCD

Langkah-langkah pengujian :

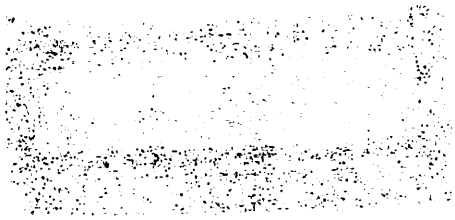
- Menyusun rangkaian seperti pada gambar dibawah :

CATU DAYA → MC PANEL → LCD

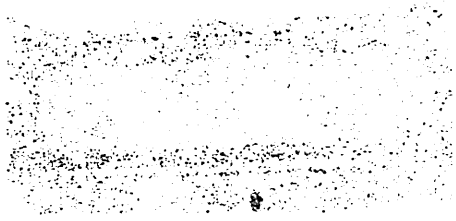
Gambar 4.2a Blok pengujian rangkaian LCD

- Mengamati tampilan data KWH meter pada LCD.
- Mematikan catu daya.
- Mengamati kembali tampilan data KWH meter pada LCD.

Hasil pengujian :



Gambar 4.2b LCD sebelum dimatikan



Gambar 4.2c LCD setelah dimatikan

Hasil pengujian penyimpan data menunjukan data sebelum catu daya dimatikan adalah 0000,031 dan setelah catu dihidupkan lagi data yang tersimpan pada EEPROM yaitu 0000,031.

Analisis pengujian :

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang tersimpan dalam EEPROM tidak hilang meskipun catu daya dimatikan. Dengan demikian dapat diketahui bahwa LCD dapat bekerja dengan baik pada saat menampilkan data dari sistem mikrokontroler.

4.2.3 Pengujian Rangkaian RS232

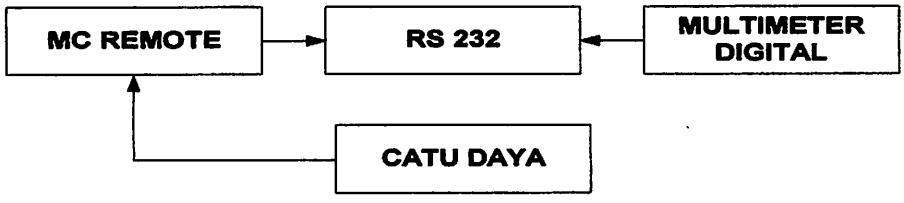
Pengujian RS 232 dimaksudkan untuk mengetahui apakah level tegangan keluaran dari rangkaian RS 232 telah sesuai dengan yang tercantum dalam data sheet.

Peralatan yang digunakan :

- Power Supply.
- MC Remote.
- Multimeter digital.

Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar dibawah :



Gambar 4.3a Blok pengujian RS 232

- Menghubungkan pin 15 (TXD) dengan pin 11 (GND) dengan tujuan MC mendapatkan logika low (0 volt).

Hasil pengujian penyimpan data menunjukan data sebelum catu daya dimatikan adalah 0000.031 dan setelah catu dihidupkan lagi data yang tersimpan pada EEPROM yaitu 0000.031.

Analisis pengujian :

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang tersimpan dalam EEPROM tidak hilang meskipun catu daya dimatikan. Dengan demikian dapat diketahui bahwa LCD dapat bekerja dengan baik pada saat menampilkan data dari sistem mikrokontroler.

4.2.3 Pengujian Rangkaian RS232

Pengujian RS 232 dimaksudkan untuk mengetahui apakah level tegangan keluaran dari rangkaian RS 232 telah sesuai dengan yang tercantum dalam data sheet.

Peralatan yang digunakan :

- Power Supply.
- MC Remote.
- Multimeter digital.

Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar dibawah :

Gambar 4.2a Blok pengujian RS 232

- Menghubungkan pin 15 (TXD) dengan pin 11 (GND) dengan tujuan MC mendapatkan logika low (0 volt).

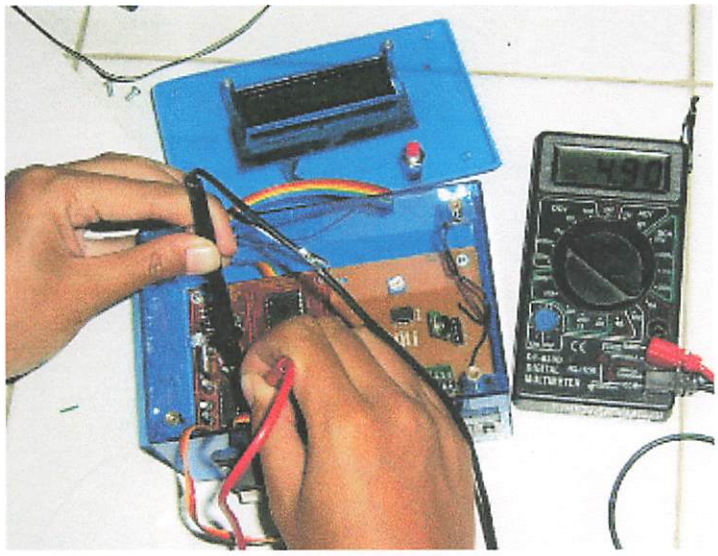
- Menghubungkan pin 15 (TXD) dengan pin 10 (VCC) dengan tujuan MC mendapatkan logika high (5 volt).
- Mengukur tegangan output RS 232 pada pin 7.

Hasil pengujian :

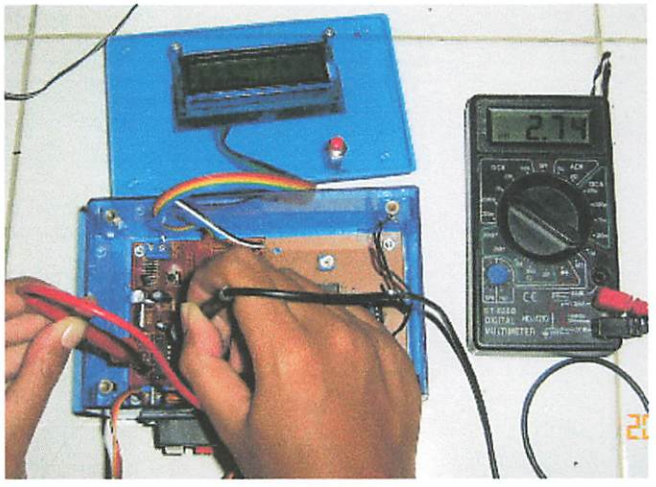
Dari hasil pengamatan dapat diambil data sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Output RS 232

	INPUT	OUTPUT
LOW	0,87 VOLT	0 VOLT
HIGH	4,90 VOLT	2,74 VOLT



Gambar 4.3b Tegangan input RS 232



Gambar 4.3c Tegangan output RS 232

Analisis pengujian :

Hasil pengujian menunjukan hal yang sama seperti dalam data sheet dimana output tegangan RS232 berkisar antara -15 volt sampai dengan 15 volt. Hal ini berarti RS232 dapat berfungsi dengan baik.

4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

4.3.1 Pengujian Panel

Pengujian panel ini bertujuan untuk melihat perbandingan hasil konversi data ke KWH meter antara tampilan analog dan digital. Dari pengamatan ini akan dapat dicari berapa *error* dari sistem ini.

Peralatan yang digunakan :

- KWH meter
- MC Panel
- Power supply

Gambar 4.3c Tegangan output RS 232

Analisis pengujian :

Hasil pengujian menunjukan hal yang sama seperti dalam data sheet dimana output tegangan RS232 berkisar antara -15 volt sampai dengan 15 volt. Hal ini berarti RS232 dapat bertungsi dengan baik.

4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

4.3.1 Pengujian Panel

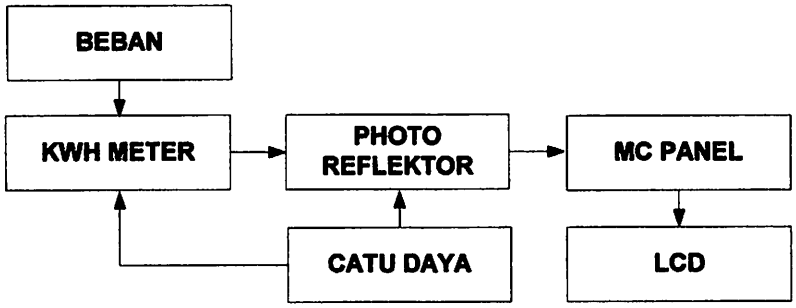
Pengujian panel ini bertujuan untuk melihat perbandingan hasil konversi data ke KWH meter antara tampilan analog dan digital. Dari pengamatan ini akan dapat dicari berapa error dari sistem ini.

Peralatan yang digunakan :

- KWH meter
- MC Panel
- Power supply

Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar dibawah :



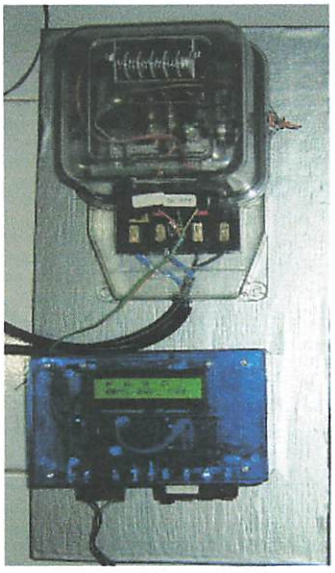
Gambar 4.4a Blok pengujian Panel

- Mencatat nilai awal dari data KWH analog dan digital.
- Menghidupkan catu daya.
- Setelah beberapa waktu (24 jam), mengamati dan mencatat nilai dari data KWH analog dan digital.

Hasil pengujian :

Tabel 4.2 Hasil Konversi Nilai KWH

Jenis Tampilan	Awal (KWH)	Akhir (KWH)	Data (KWH)
Analog	00000,14	00035,32	35,180
Digital	00000,340	00034,689	35.029



Gambar 4.4b Tampilan pada Panel

Analisis pengujian :

Beban yang dipasang untuk pengujian ini adalah sebuah lampu pijar 60 watt. Dari pengujian ini maka dapat dihitung nilai *error* konversi dari data KWH berdasarkan sistem analog dan sistem digital, yaitu :

$$error = DataAna\log - DataDigital$$
$$error = 35{,}180 - 35{,}029$$
$$error = 0{,}151 KWH$$

$$\%error = \frac{error}{DataAna\log} \times 100\%$$
$$\%error = \frac{0{,}151}{35{,}180} \times 100\%$$
$$\%error = 0{,}4292\%$$

Error yang terjadi pada sistem ini diakibatkan oleh faktor kesalahan pembacaan nilai awal data dan juga perbedaan dari pembacaan sensor putaran.

4.3.2 Pengujian Transfer Data dari Panel ke Remote

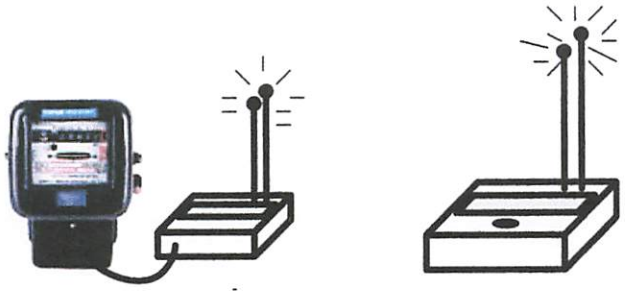
Pengujian transfer data ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat untuk mengambil data dari panel ke remote. Selain itu juga untuk mengetahui jarak jangkauan sensor terjauh. Selain itu juga untuk mengetahui berapa *error* dari sistem ini.

Peralatan yang digunakan :

- KWH meter dan MC Panel.
- Remote.
- Power Supply

Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar berikut :

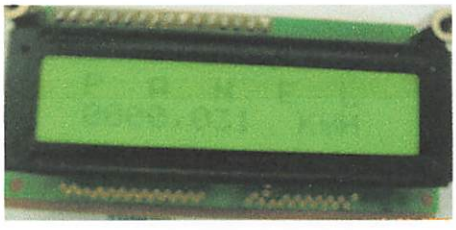


Gambar 4.5 Blok Pengujian Transfer Data ke Remote

- Melakukan proses pengambilan data.
- Mengamati keluaran pada LCD.
- Mencatat hasil pengujian dan menyimpulkannya.

Hasil pengujian :

- Tampilan pada LCD saat proses pengambilan data.



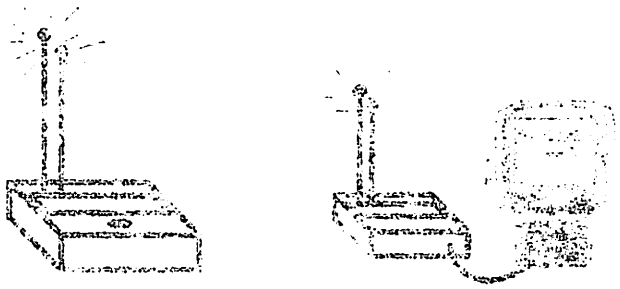
Gambar 4.6 Tampilan LCD Panel

Peralatan yang digunakan :

- KWH meter dan MC Panel.
- Remote.
- Power Supply

Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar berikut :

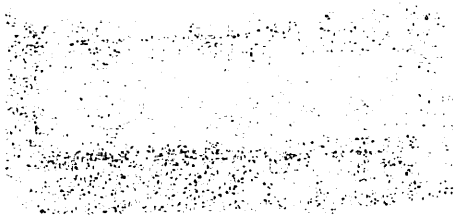


Gambar 4.5 Blok Pengujian Transfer Data ke Remote

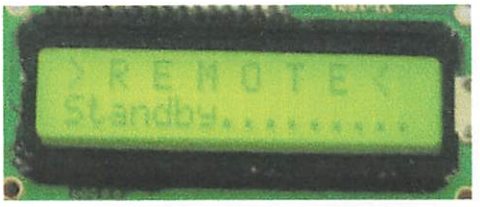
- Melakukan proses pengambilan data.
- Mengamati keluaran pada LCD.
- Mencatat hasil pengujian dan menyimpulkannya.

Hasil pengujian :

- Tampilan pada LCD saat proses pengambilan data.



Gambar 4.6 Tampilan LCD Panel



Gambar 4.7 Tampilan LCD Remote saat Stanby

Gambar 4.8 Tampilan LCD Remote saat Proses Transfer Data

Gambar 4.9 Tampilan LCD saat Data Diterima

- Pengujian berdasarkan pengambilan data.

Table 4.3 Pengujian Transfer Data Berdasarkan Kuantitas

Pengujian	Hasil
1	OK
2	OK
3	OK
4	OK
5	OK
6	OK
7	OK
8	GAGAL
9	OK
10	OK

- Pengujian berdasarkan jarak.

Table 4.4 Pengujian Transfer Data Berdasarkan Jarak

Jarak	Hasil
1	OK
3	OK
5	OK
7	OK
8	OK
10	OK
12	OK
13	OK
14	OK
15	OK

Analisis pengujian :

Dari hasil 10 kali pengujian terdapat 1 kali gagal pengiriman. Maka kita dapat menghitung *error*nya yaitu :

$$error = \frac{9}{10} \times 100\%$$
$$error = 0{,}9\%$$

Jadi tingkat keberhasilan dari alat ini adalah 9,1 %.

Error pada alat dapat disebabkan oleh beberapa hal, antara lain gangguan dari frekuensi lain yang terdapat diudara maupun dari halangan materi yang dapat melemahkan kemampuan antenna remote untuk menerima data. Selain itu juga dimungkinkan juga dari faktor manusia. Tetapi dari keseluruhan kinerja alat ini maka alat ini cukup stabil bila digunakan untuk pengambilan data dari jarak yang jauh.

- Pengujian berdasarkan jarak.

Table 4.4 Pengujian Transfer Data Berdasarkan Jarak

Jarak	Hasil
1	OK
3	OK
5	OK
7	OK
8	OK
10	OK
12	OK
13	OK
14	OK
15	OK

Analisis pengujian :

Dari hasil 10 kali pengujian terdapat 1 kali gagal pengiriman. Maka kita dapat menghitung errornya yaitu :

$$error = \frac{9}{10} \times 100\%$$

$$error = 0.9\%$$

Jadi tingkat kebenarsilan dari alat ini adalah 0,1 %.

Error pada alat dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain gangguan dari frekuensi lain yang terdapat diudara misalnya dari bilangan materi yang dapat menghambat kemampuan antenna remote untuk menerima data. Selain itu juga dimungkinkan juga dari faktor manusia. Tetapi dari keseluruhan kinerja alat ini maka alat ini cukup stabil bila digunakan untuk pengambilan data dari jarak yang jauh.

4.3.3 Pengujian Transfer Data Dari Remote ke PC

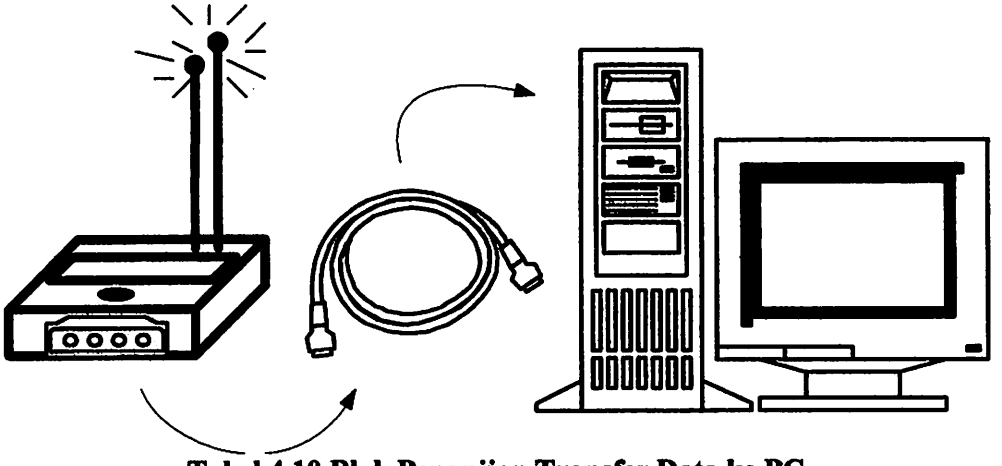
Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keberhasilan perancangan sistem antarmuka komunikasi serial yang memanfaatkan RS232.

Peralatan yang digunakan :

- Remote
- PC
- Power Supply

Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar berikut :



Tabel 4.10 Blok Pengujian Transfer Data ke PC

- Memasukan password untuk dapat mengaccess masuk.
- Menampilkan Database Pelanggan pada window.
- Menekan tombol **Start** untuk mendownload data dari remote ke PC.
- Setelah data masuk, tekan tombol **Proses** untuk mulai menghitung nilai rupiah.
- Setelah nilai hasil penghitungan selesai dan ingin mengakhirinya tekan tombol Simpan. Data akan tersimpan dalam PC.

4.3.3 Pengujian Transfer Data Dari Remote ke PC

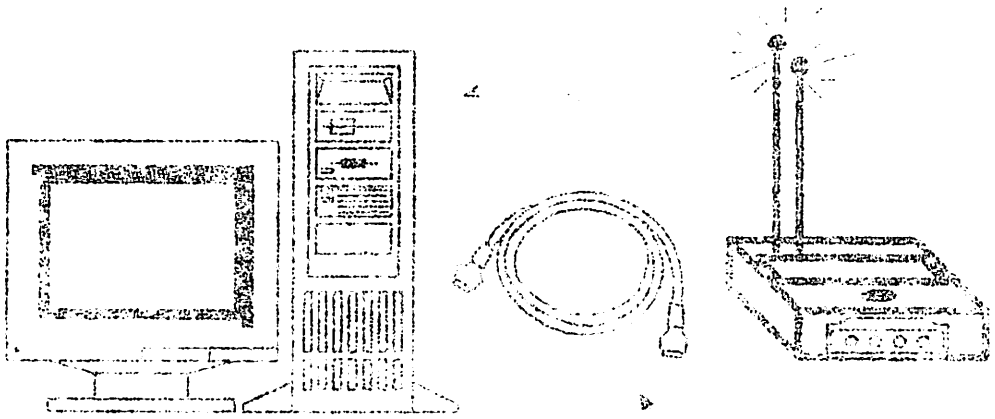
Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keberhasilan perancangan sistem antarmuka komunikasi serial yang memanfaatkan RS232.

Peralatan yang digunakan :

- Remote
- PC
- Power Supply

Langkah-langkah pengujian :

- Menyusun rangkaian seperti pada gambar berikut :

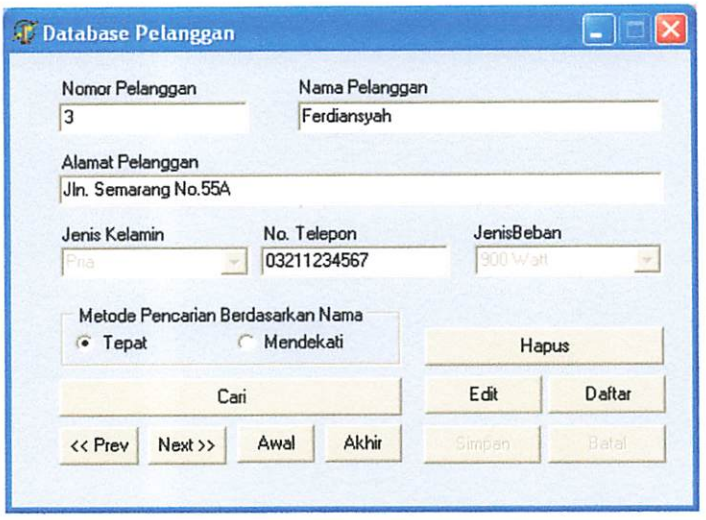


Tabel 4.10 Blok Pengujian Transfer Data ke PC

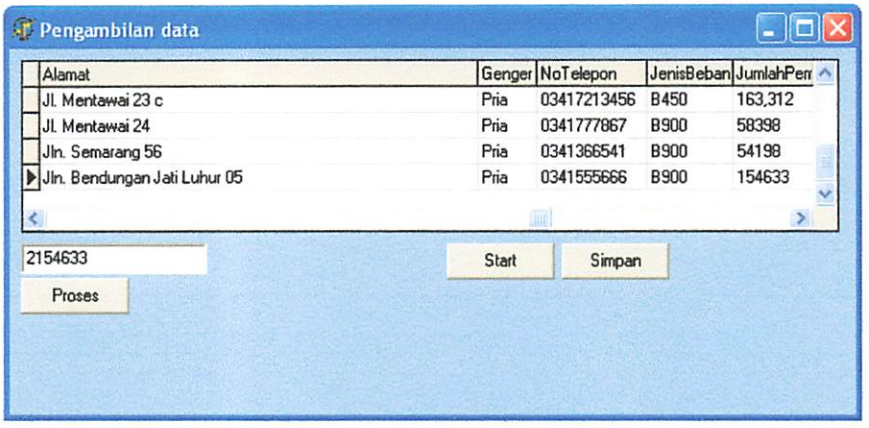
- Memasukan password untuk dapat mengaccess masuk.
- Menampilkan Database Pelanggan pada window.
- Menekan tombol Start untuk mendownload data dari remote ke PC.
- Setelah data masuk, tekan tombol Proses untuk mulai menghitung nilai rupiah.
- Setelah nilai hasil penghitungan selesai dan ingin mengakhirinya tekan tombol Simpan. Data akan tersimpan dalam PC.

Hasil pengujian :

Dari hasil pengujian diperoleh tampilan seperti berikut :



Gambar 4.11 Tampilan Database Pelanggan



Gambar 4.12 Tampilan Tabel Kerja

Analisis pengujian :

Sistem pengolahan data dapat berjalan dengan baik apabila didukung oleh keberhasilan komunikasi data serial dari remote ke PC. Jika hal itu terpenuhi maka tingkat kegagalan (*error*) pada sistem ini adalah 0 %.

BAB V

PENUTUP

Kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan pembahasan dalam perancangan dan pembuatan pencatat data KWH meter pelanggan secara remote berbasis mikrokontroler Atmega8535 yang dilengkapi dengan antar muka ke PC. Serta saran-saran yang digunakan untuk kesempurnaan atau pengembangan sistem yang akan datang.

5.1 Kesimpulan

- Jarak jangkauan efektif maksimal remote terhadap KWH meter adalah ± 15 meter.
- Waktu trasfer data dari kWh meter ke remote ± 5 detik hingga kondisi remote kembali stanby (siap mengambil data kembali).
- Ada perbedaan pembacaan data KWH pada tampilan analog dan LCD sebesar 0,151 KWH., atau 0,4292 %.
- Tingkat keberhasilan pengiriman data adalah 90,1 %.
- Data pada EEPROM remote otomatis akan terhapus jika data dipindahkan ke PC.
- Data pelanggan yang sudah pernah tersimpan dalam EEPROM remote tidak dapat tersimpan kembali selama data lama belum dihapus.

5.2. Saran

Untuk mencapai hasil yang lebih baik, dalam pengembangan yang akan datang, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

- Untuk meningkatkan prosentasi keberhasilan maka harus mempertimbangkan juga noise-noise yang ada.
- Menambahkan kapasitas penyimpanan data pada memory remote.
- Mengolah data hingga berupa printout tagihan.
- Tidak membuka atau mengubah kondisi KWH meter yang telah distandartkan oleh PLN.
- Menambah jangkauan dari sensor sehingga dapat mencapai jarak yang lebih jauh.
- Mengecilkan prosentase error pada tiap-tiap pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Datasheet* ATmega8535, www.atmel.com
2. *Datasheet* Photoreflector P5587, www.hamamatsu.com
3. *Datasheet* TLPRLP434A, www.digi-ware.com
4. *Datasheet* SIPO DM74LS164, www.fairchildsemi.com
5. *Datasheet* MAX232, www.maxim.com
6. *Datasheet* LM358, www.//onsemi.com
7. *Datasheet* LCD M1632, www.seiko.inc
8. Prof. Dr. Soedjana Sapiie, 2000, Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik, PT.Pradnya Paramita, Jakarta.
9. Hanapi Gunawan, 1992, Prinsip-prinsip Elektronik, Erlangga, Jakarta.
10. Roger L. Tokheim, 1995, Elektronika Digital, Erlangga, Jakarta.
11. Frans Gunterus, 1994, Sistem Pengendali Proses, PT. Elex Media Kompotindo, Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Datasheet* ATmega8535. *www.atmel.com*
2. *Datasheet* Photoreflector P5587. *www.hamamatsu.com*
3. *Datasheet* TLPKI.P434A. *www.digi-ware.com*
4. *Datasheet* SIPO DM74LS164. *www.fairchildsemi.com*
5. *Datasheet* MAX232. *www.maxim.com*
6. *Datasheet* LM358. *www.fonsemi.com*
7. *Datasheet* LCD M1632. *www.seiko.inc*
8. Prof. Dr. Soedjana Sapiie, 2000, Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik. PT.Pradnya Paramita. Jakarta.
9. Hanapi Gunawan, 1992, Prinsip-prinsip Elektronik. Erlangga, Jakarta.
10. Roger L. Tokheim, 1995, Elektronika Digital. Erlangga, Jakarta.
11. Frans Cumerus, 1994, Sistem Pengendali Proses. PT. Elex Media Kompotindo. Jakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama	: Ratri Nawangsari
NIM	: 01.17.087
Jurusan	: Teknik Elektro S-1
Konsentrasi	: Teknik Elektronika
Judul Skripsi	: Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Antar Muka ke PC
Tanggal Pengajuan Skripsi	: 8 Juli 2005
Selesai Penulisan Skripsi	: 21 Maret 2006
Dosen Pembimbing	: Ir. Eko Nurcahyo
Telah Dievaluasi Dengan Nilai	: 90 (Sembilan Puluh)

Mengetahui,
Ketua Jurusan T. Elektro S-1

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

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP.Y. 1028700172

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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Rani Nawangsari

NIM : 01.17.087

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Elektronika

Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Pemonitor Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Alert Nada Ke PC

Tanggal Pengajuan Skripsi : 8 Juli 2005

Selesai Penelitian Skripsi : 21 Maret 2006

Dosen Pembimbing : Ir. Eko Nurcahyo

Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 90 (Sembilan Puluh)

Mengetahui,
Ketua Jurusan T. Elektro S-1

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP.Y. 1039500271

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP.Y. 1028700172

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

NAMA : Ratri Nawangsari
NIM : 01.17.087
Masa Bimbingan : 15 Oktober 2005 – 15 April 2006
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan secara remote berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Yang Dilengkapi dengan antar muka ke PC

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	29 -10-2005	Revisi Batasan Masalah Bab I	
2.	05-11-2005	ACC Bab I Pendahuluan	
3.	16-11-2005	Revisi Bab II Teori Dasar, tambahkan gambar segitiga daya	
4.	27-11-2005	Revisi rumus dan gambar, Bab II	
5.	6-12-2005	Revisi Sumber, Bab II	
6.	15-12-2005	ACC Bab II Teori Dasar	
7.	27-12-2005	Tambahkan keterangan gambar dan hitungan frekuensi, Bab III	
8.	3-01-2006	Revisi gambar rangkaian, Bab III	
9.	10-01-2006	ACC Bab III Perancangan dan Pembuatan Alat	
10.	23-01-2006	Revisi langkah dan analisa pengujian, Bab IV	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

NAMA : Kauri Nawangsari

NIM : 01.17.082

Masa Bimbingan : 15 Oktober 2005 - 15 April 2006

Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan secara remote berbasis Mikrokontroler A Cmega8535 Yang Dihengkapi dengan antar muka ke PC

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	24-10-2005	Revisi Hasaan Masalah Bab I	
2.	05-11-2005	ACC Bab I Pendahuluan	
3.	16-11-2005	Revisi Bab II Teori Dasar, tambahkan gambar sevitiga daya	
4.	27-11-2005	Revisi rumus dan gambar, Bab II	
5.	6-12-2005	Revisi Sumber, Bab II	
6.	15-12-2005	ACC Bab II Teori Dasar	
7.	27-12-2005	Tambahkan keterangan gambar dan hitungan Rekuensi, Bab III	
8.	3-01-2006	Revisi gambar rangkaian, Bab III	
9.	10-01-2006	ACC Bab III Perancangan dan Pembuatan Alat	
10.	23-01-2006	Revisi langkah dan analisa pengujian, Bab IV	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
11.	23-01-2006	Revisi langkah dan analisa pengujian, Bab IV	
12.	30-01-2006	Revisi pengujian keseluruhan alat, Bab IV	
13.	03-02-2006	ACC Bab IV Pengujian Alat	
14.	18-02-2006	Revisi gambar Makalah Seminar	
15.	24-02-2006	Revisi flowchart Makalah Seminar	
16.	02-03-2006	ACC Makalah Seminar	
17.	12-03-2006	Revisi Bab V Penutup	
18.	19-03-2006	ACC Bab V Penutup	
19.			

Malang, ...
Dosen Pembimbing

Ir. Eko Nurcahyo
NIP.P:1028700172

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
11.	23-01-2006	Revisi langkah dan analisa pengujian. Bab IV	
12.	30-01-2006	Revisi pengujian keseluruhan alat. Bab IV	
13.	03-02-2006	ACC Bab IV Pengujian Alat	
14.	18-02-2006	Revisi gambar Makalah Seminar	
15.	24-02-2006	Revisi flowchart Makalah Seminar	
16.	02-03-2006	ACC Makalah Seminar	
17.	12-03-2006	Revisi Bab V Penutup	
18.	19-03-2006	ACC Bab V Penutup	
19.			

Malang, ...
Dosen Pembimbing

Ir. Eko Nurcahyo
NIP.P.1028700172

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : RATRI NAWANGSARI
NIM : 01.17.087
Perbaikan meliputi :

Metoda dari PLN ada Peraturan bahwa

1. Tidak boleh di ketik-ketik
2. Tidak boleh di baca segal nya
4. Pembacaan dari Sensor atau rasmatan
- harus ada jam-menit, tidak
- Tanggal dll

Malang,

(_____)

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

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Ratri Nawangsari

NIM : 01.17.087

Masa Bimbingan : 15 Oktober 2005 – 15 April 2006

Judul : Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Antar Muka ke PC

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	22 Maret 2006	Meter dari PLN ada peraturan bahwa : • Tidak boleh diutak-atik. • Tidak boleh dibuka segelnya.	
2	22 Maret 2006	Pembacaan dari sensor meliputi : • Jam, menit, detik. • Tanggal.	

Disetujui

Anggota penguji
Penguji I

(Ir. Usman Djuanda, MM)
NIP.P. 1018700143

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP.P. 1028700172

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

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Ratri Nawangsari

NIM : 01.17.087

Masa Bimbingan : 15 Oktober 2005 – 15 April 2006

Judul : Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Antar Muka ke PC

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	22 Maret 2006	Meter dari PLN ada peraturan bahwa : • Tidak boleh diuak-atik. • Tidak boleh dibuka segelnya.	
2	22 Maret 2006	Pembacaan dari sensor meliputi : • Jam, menit, detik. • Tanggal.	

Disetujui

Anggota penguji
Penguji I

(Ir. Usman Djuanda, MM)
NIP.P. 1018700143

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP.P. 1028700172

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

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Ratri Nawangsari

NIM : 01.17.087

Masa Bimbingan : 15 Oktober 2005 – 15 April 2006

Judul : Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Antar Muka ke PC

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	22 Maret 2006	Perhitungan %*error* pada pengujian Panel.	
2	22 Maret 2006	Kesimpulan.	
3	22 Maret 2006	Daftar Pustaka.	

Disetujui

Anggota penguji
Penguji II

(Ir. Mimien Mustikawati)
NIP. 1030000352

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP.P. 1028700172

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

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Ratri Nawangsari

NIM : 01.17.087

Masa Bimbingan : 15 Oktober 2005 – 15 April 2006

Judul : Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data KWH Meter Pelanggan Secara Remote Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Yang Dilengkapi Dengan Antar Muka ke PC

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	22 Maret 2006	Perhitungan *error* pada pengujian Panel.	
2	22 Maret 2006	Kesimpulan	
3	22 Maret 2006	Daftar Pustaka.	

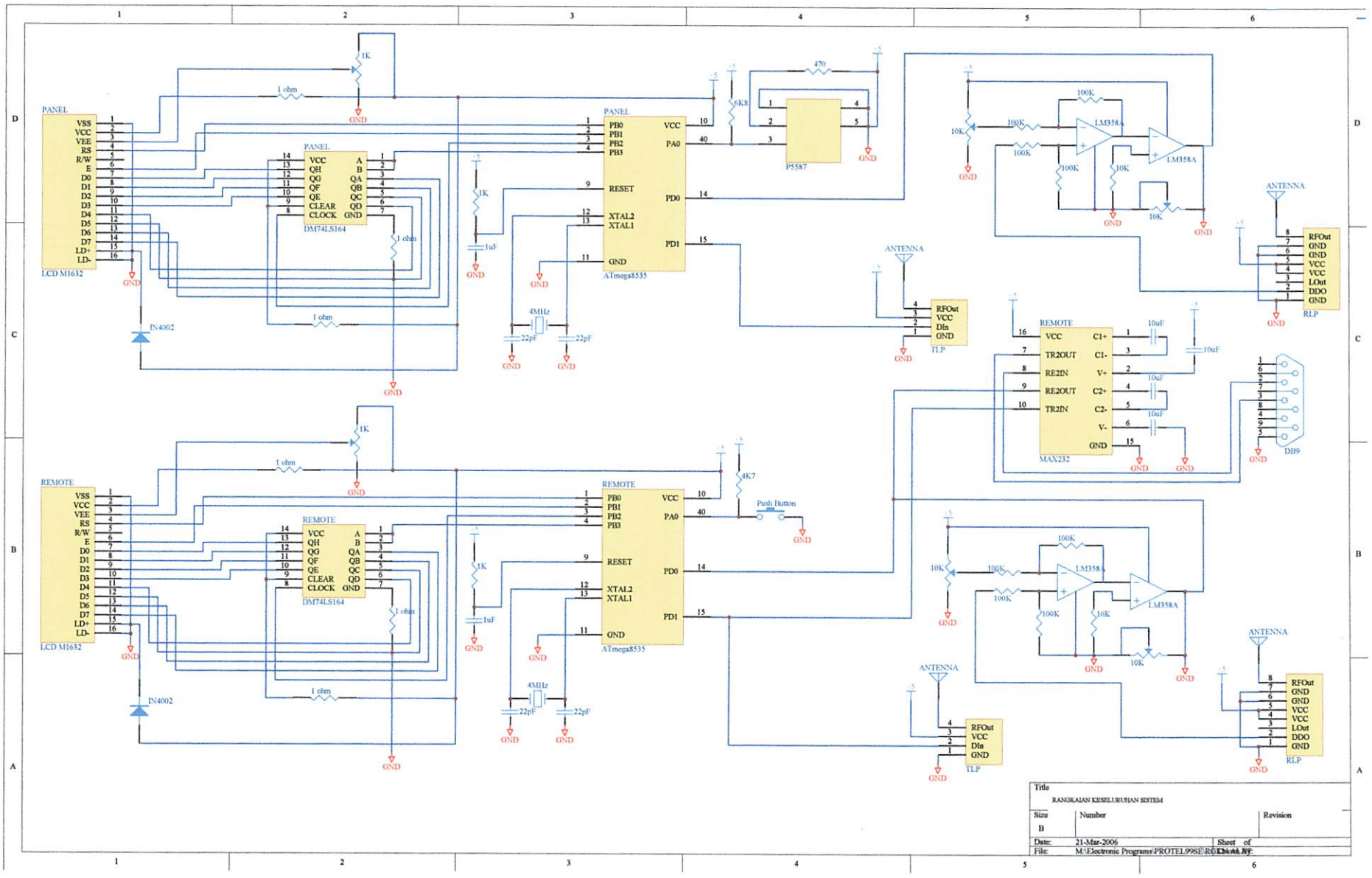
Disetujui

Anggota penguji
Penguji II

(Ir. Mimien Mustikawati)
NIP. 103000052

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP.P. 1028700172


PANEL
LCD M1632
VSS
VCC
VEE
RS
R/W
E
D0
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
LD+
LD-
1K
1 ohm
GND
IN4002
DM74LS164
CLEAR
CLOCK
QA
QB
QC
QD
ATmega8535
PB0
PB1
PB2
PB3
PA0
PD0
PD1
RESET
XTAL2
XTAL1
4MHz
22pF
1uF
6K8
470
P5587
LM358A
100K
10K
ANTENNA
TLP
RFOut
Din
RLP
REMOTE
4K7
Push Button
MAX232
TR2OUT
RE2IN
RE2OUT
TR2IN
C1+
C1-
V+
C2+
C2-
V-
10uF
DB9
Title
RANGKAIAN KESELURUHAN SISTEM
Size
B
Number
Revision
Date:
21-Mar-2006
Sheet of
File:
M:\Electronic Programs\PROTEL99SE\ROBOT.SCH
Drawn By:

SOFTWARE PADA PANEL

```
/*****************************************************
Project                 : REMOTE
Version                 : -
Date                    : -
Author                  : REGGE
Company                 : ITN
Comments                : SKRIPSI

Chip type               : ATmega8535L
Program type            : Application
Clock frequency         : 4,000000 MHz
Memory model            : Small
External SRAM size      : 0
Data Stack size         : 128
*****************************************************/

#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include <Serial.h>
#include <AVLCDSER.C>
#include <MyEEP.C>

#define   Port_Sensor PINA
#define   Sensor_Pin  0
#define   Chip_Number 5

unsigned char flag;
unsigned char Ribuan;
unsigned char Ratusan;
unsigned char Puluhan;
unsigned char Satuan;
unsigned int Jumlah_Pulsa;
unsigned int Jumlah_KWH;
unsigned char temp;
bit Sudah_Nambah;
bit Ada_Serial;
char Text_Panel[]=" P  A  N  E  L  ";
char Text_Data[] ="        KWH  ";

void Save_Data()
{
   EEPROM_write(1,(Jumlah_Pulsa/256) );
   EEPROM_write(2,(Jumlah_Pulsa%256) );
}


void Show_Data(unsigned int Dt)
```

```
{
   LCD_Data((Dt/1000) | 0x30);
   LCD_Data(((Dt/100)%10 )| 0x30);
   LCD_Data(((Dt/10)%10) | 0x30);
   LCD_Data((Dt%10)| 0x30);
}
void Show_Pecahan(unsigned int Dt)
{
   LCD_Data((Dt/1000) | 0x30);
   LCD_Data(((Dt/100)%10 )| 0x30);
   LCD_Data(((Dt/10)%10) | 0x30);
}

interrupt [USART_RXC] void serial(void)
{
 char temp;
 temp=UDR;
 USART_Send(Chip_Number); //Chip_Number
 USART_Send(Jumlah_Pulsa/256);
 USART_Send(Jumlah_Pulsa%256);
}

void Setup_Hardware()
{
  PORTA=0x01;
  DDRA=0x00;
  DDRB=0x0F;
  Ada_Serial=0;
  LCD_Init();
  LCD_Clear();
  USART_Init();
  #asm ("SEI");

}
void Display()
{
  Jumlah_Pulsa=((EEPROM_read(1)*256)+EEPROM_read(2));
  Printxy(1,1,Text_Panel);
  Printxy(2,1,Text_Data);
}
void main(void)
{
Setup_Hardware();
Display();
while (1)
{//begin of while
   if (Port_Sensor.Sensor_Pin)
   {
```

```
        if(!Sudah_Nambah)
        {
          Sudah_Nambah=1;
          Jumlah_Pulsa++;
          Save_Data();
          Display();
          Gotoxy(2,2);
          Show_Data(Jumlah_Pulsa/900);
          LCD_Data(',');
          Show_Pecahan((Jumlah_Pulsa*100)/9);
        }
    }
    else
    {
        Sudah_Nambah=0;
    }

}//end of while
}
```

SOFTWARE PADA REMOTE

```
/*****************************************************
Project                 : REMOTE
Version                 : -
Date                    : -
Author                  : REGGE
Company                 : ITN
Comments                : SKRIPSI

Chip type               : ATmega8535L
Program type            : Application
Clock frequency         : 4,000000 MHz
Memory model            : Small
External SRAM size      : 0
Data Stack size         : 128
*****************************************************/

#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include <Serial.h>
#include <AVLCDSER.C>
#include <MyEEP.C>

#define  Port_Tombol PINA
#define  Tombol_Pin  0

unsigned char Ribuan;
unsigned char Ratusan;
unsigned char Puluhan;
unsigned char Satuan;
unsigned int Jumlah_Pulsa;
unsigned int Jumlah_KWH;
unsigned char temp;
unsigned char Data1;
unsigned char Data2;
unsigned char Data3;
unsigned char Serial_Current;
char Chip_Number;
static bit Sudah_Nambah;
bit Ada_Interrupt;

char Text_Remote[]     =">R E M O T E<";
char Text_Standby[]    ="Standby.....";
char Text_Transfer[]   ="Transfer.....";
char Text_Transfer_OK[] ="Transfer.....OK!";
char Text_Data[]       ="        KWH ";
```

SOFTWARE PADA REMOTE

```
/*****************************************************************************
Project          : REMOTE
Version          : -
Date             : -
Author           : REGGE
Company          : ITN
Comments         : SKRIPSI

Chip type        : ATmega8535L
Program type     : Application
Clock frequency  : 4.000000 MHz
Memory model     : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size  : 128
*****************************************************************************

#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include <Serial.h>
#include <AVLCDSER.C>
#include <MyEEP.C>

#define  Port_Tombol PINA
#define  Tombol_Pin 0

unsigned char Ribuan;
unsigned char Ratusan;
unsigned char Puluhan;
unsigned char Satuan;
unsigned int Jumlah_Pulsa;
unsigned int Jumlah_KWH;
unsigned char temp;
unsigned char Data1;
unsigned char Data2;
unsigned char Data3;
unsigned char Serial_Current;
char Chip_Number;
static bit Sudah_Nambah;
bit Ada_Interrupt;

char Text_Remote[]      =">  R E M O T E  ";
char Text_Standby[]     ="Standby.......";
char Text_Transfer[]    ="Transfer ......";
char Text_Transfer_OK[] ="Transfer.....OK!";
char Text_Data[]        ="      KWH  ";
```

```
void Show_Data(unsigned int Dt)
{
   LCD_Data((Dt/1000) | 0x30);
   LCD_Data(((Dt/100)%10 )| 0x30);
   LCD_Data(((Dt/10)%10) | 0x30);
   LCD_Data((Dt%10)| 0x30);
}
void Show_Pecahan(unsigned int Dt)
{
   LCD_Data((Dt/1000) | 0x30);
   LCD_Data(((Dt/100)%10 )| 0x30);
   LCD_Data(((Dt/10)%10) | 0x30);
}
/*
interrupt [USART_RXC] void serial(void)
{
 Gotoxy(1,1);
 LCD_Data(UDR);
 Gotoxy(1,1);
 LCD_Data('>');
 Ada_Interrupt=1;
 Chip_Number=EEPROM_read(1);
 Jumlah_Pulsa=((EEPROM_read(2)*256)+EEPROM_read(3));
 USART_Send(Chip_Number); //Chip_Number
 USART_Send(Jumlah_Pulsa/256);
 USART_Send(Jumlah_Pulsa%256);
UCSRA.7=0;
USART_Send('S');
delay_ms(500);
UDR=' ';
Gotoxy(1,1);
LCD_Data(USART_Receive());
delay_ms(500);
} */

void main(void)
{
PORTA=0x01;   //PullUp for PortA.0
DDRA=0x00;    //All PortA as Input
DDRB=0x0F;    //
LCD_Init();
LCD_Clear();
USART_Init();
//#asm ("SEI");
Printxy(1,1,Text_Remote);
Printxy(2,1,Text_Standby);
Ada_Interrupt=0;
```

```
while (1)
{//begin of while
Gotoxy(1,1);
LCD_Data(USART_Receive());
USART_Send('S');
UCSRA.7=0;
/*
   if (!Port_Tombol.Tombol_Pin)
   {
      Printxy(2,1,Text_Transfer);
      UCSRB.7=0;
      delay_ms(200);
      USART_Send('1');
      Data1=USART_Receive();
      Data2=USART_Receive();
      Data3=USART_Receive();
      UCSRB.7=1;
      Jumlah_Pulsa=((Data2*256)+Data3);
      Printxy(2,1,Text_Transfer_OK);
      delay_ms(200);
      Printxy(2,1,Text_Data);
      Gotoxy(2,2);
      Show_Data(Jumlah_Pulsa/900);
      LCD_Data(',');
      Show_Pecahan((Jumlah_Pulsa*100)/9);
      delay_ms(200);
      delay_ms(200);
      delay_ms(200);
      Printxy(2,1,Text_Standby);
      EEPROM_write(1,Data1 );
      EEPROM_write(2,(Jumlah_Pulsa/256) );
      EEPROM_write(3,(Jumlah_Pulsa%256) );
   }
*/
//   if (Ada_Interrupt==1)
//   {
//      UCSRB.7=0;
//      Ada_Interrupt=0;
//      USART_Send('1');
//      USART_Send('2');
//      USART_Send('3');
//      delay_ms(500);
//      UCSRB.7=1;
//   }


}//end of while
}
```

PROGRAM PADA PC

```
unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, Menus, DB, DBTables, CPort, ComCtrls, ExtCtrls, StdCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    MainMenu1: TMainMenu;
    File1: TMenuItem;
    Daftar1: TMenuItem;
    Databasew1: TMenuItem;
    arif1: TMenuItem;
    Link: TMenuItem;
    Keluar1: TMenuItem;
    Ya1: TMenuItem;
    idak1: TMenuItem;
    tbTarif: TTable;
    Proteksi1: TMenuItem;
    Kunci1: TMenuItem;
    Buka1: TMenuItem;
    GantiPassword1: TMenuItem;
    tbPsw: TTable;
    Timer1: TTimer;
    PortSetup1: TMenuItem;
    Run1: TMenuItem;
    Stop1: TMenuItem;
    Panel1: TPanel;
    Label2: TLabel;
    Panel2: TPanel;
    Label3: TLabel;
    Panel3: TPanel;
    Image1: TImage;
    Label1: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    tbMaster: TTable;
    Label10: TLabel;
    Timer2: TTimer;
    DataSimpan1: TMenuItem;
```

```
    procedure Ya1Click(Sender: TObject);
    procedure arif1Click(Sender: TObject);
    procedure Kunci1Click(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure Daftar1Click(Sender: TObject);
    procedure Buka1Click(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure PortSetup1Click(Sender: TObject);
    procedure Stop1Click(Sender: TObject);
    procedure Run1Click(Sender: TObject);
    procedure GantiPassword1Click(Sender: TObject);
    procedure Timer2Timer(Sender: TObject);
    procedure Databasew1Click(Sender: TObject);
    procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
    procedure DataSimpan1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;
  Protek:integer;
implementation

uses Unit2, Unit3, Unit4, Unit5, Unit6, Unit7, Unit8, Unit9;

{$R *.dfm}

procedure TForm1.Ya1Click(Sender: TObject);
begin
  Application.Terminate;
end;

procedure TForm1.arif1Click(Sender: TObject);
begin
  if protek = 1 then
    Application.MessageBox ('  Anda tidak diperkenankan mengakses item ini.....!
',
    'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION)
  else
  begin
    FormTarif.Show;
    Form1.Enabled:=False;
  end;
end;
```

```
procedure TForm1.Kunci1Click(Sender: TObject);
begin
 FormPassword.Show;
 Form1.Enabled:=False;
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
 Protek:=1;

end;

procedure TForm1.Daftar1Click(Sender: TObject);
begin
 if protek = 1 then
   Application.MessageBox (' Anda tidak diperkenankan mengakses item ini.....!
',
   'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION)
 else
   begin
     form1.Enabled:=False;
     formPelanggan.show;
   end;
end;

procedure TForm1.Buka1Click(Sender: TObject);
begin
 FormPassword2.Show;
 Form1.Enabled:=False;
end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
 if protek = 1 then
   begin
   label2.Caption :='Terkunci';
   label2.Font.Color:=clRed;
   end
 else
   begin
    label2.Caption :='Tidak terkunci';
    label2.Font.Color:=clBlack;
   end
end;

procedure TForm1.PortSetup1Click(Sender: TObject);
begin
 Label3.Caption:='Sambung';
```

```
  label3.Font.Color:=clBlack;
  ComPort1.Open;
end;

procedure TForm1.Stop1Click(Sender: TObject);
begin
  Label3.Caption:='Putus';
  label3.Font.Color:=clRed;
  ComPort1.Close;
end;

procedure TForm1.Run1Click(Sender: TObject);
begin
  ComPort1.ShowSetupDialog;
end;

procedure TForm1.GantiPassword1Click(Sender: TObject);
begin
  FormGantiPassword.Show;
  Form1.Enabled:=False;
end;

procedure TForm1.Timer2Timer(Sender: TObject);
begin
  Label10.Caption:=FormatDateTime(' dd/mm/yyyy  hh:mm:ss ',now);
end;

procedure TForm1.Databasew1Click(Sender: TObject);
begin

   formdownload.show;
   Form1.Enabled:=false;
end;

procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var sss,DataSerial,JumpulHi,JumpulLo,ChipNumber:string;
    Jumlah_pulsa: longint;
    KWH_Sekarang:real;
begin
  ComPort1.ReadStr(sss,count);
  DataSerial:= DataSerial+sss;
  FormDownload.Edit1.Text:=DataSerial;
  if length(DataSerial)=8 then
  begin
    ChipNumber:=copy(DataSerial,2,1);
    JumpulHi:=copy(DataSerial,3,3);
    JumpulLo:=copy(DataSerial,6,3);
    FormDownload.Label7.Caption:= ChipNumber;
```

```
    FormDownload.Label8.Caption:= JumpulHi;
    FormDownload.Label9.Caption:= JumpulLo;
    Jumlah_pulsa:= ((strtoint(JumpulHi))*256)+strtoint(JumpulLo);
    KWH_Sekarang:= Jumlah_pulsa/900;
    FormDownload.Label10.Caption:= inttostr(Jumlah_pulsa);
    FormDownload.Label11.Caption:= FloatToStr(KWH_Sekarang);
    DataSerial :='';
    FormDownload.Button3.Click;


  end;
end;

procedure TForm1.DataSimpan1Click(Sender: TObject);
begin

   formDataSimpan.show;
   Form1.Enabled:=false;
end;

end.

unit Unit2;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls;

type
  TForm2 = class(TForm)
    ComboBox1: TComboBox;
    Button1: TButton;
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form2: TForm2;

implementation

uses Unit1;
```

```
{$R *.dfm}

procedure TForm2.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
   Form1.show;
   Form1.Enabled:=true;
end;

procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  Form1.ComPort1.Port:=ComboBox1.Text;
  Form1.Enabled:=True;
  Form2.Close;
end;

end.

unit Unit3;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls;

type
  TFormTarif = class(TForm)
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Label4: TLabel;
    Edit4: TEdit;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure FormShow(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
```

```
var
  FormTarif: TFormTarif;

implementation

uses Unit1;

{$R *.dfm}

procedure TFormTarif.Button1Click(Sender: TObject);
var s1,s2,s3,code1,code2,code3 :integer;
begin
  val(Edit1.Text,s1,Code1);
  val(Edit2.Text,s2,Code2);
  val(Edit3.Text,s3,Code3);
  if (code1 <>0) or (code2 <>0) or (code3 <>0) then
    Application.MessageBox ('  Error, data tarif harus berupa angka.....! ',
   'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION)
  else
  begin
    Form1.tbTarif.Edit;
    Form1.tbTarif.FieldByName('B450').AsString := Edit1.text;
    Form1.tbTarif.FieldByName('B900').AsString := Edit2.text;
    Form1.tbTarif.FieldByName('B1200').AsString := Edit3.text;
    Form1.tbTarif.FieldByName('TarifTDL').AsString := Edit4.text;
    Form1.tbTarif.Post;
    Application.MessageBox ('  Data Sudah Tersimpan Terima Kasih ',
   'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION);
  end;
end;

procedure TFormTarif.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
Form1.Enabled:=True;
end;

procedure TFormTarif.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  Form1.Enabled:=True;
  FormTarif.Close;
end;

procedure TFormTarif.FormShow(Sender: TObject);
begin
   Form1.tbTarif.Refresh;
   Edit1.Text := Form1.tbTarif['B450'] ;
   Edit2.Text := Form1.tbTarif['B900'] ;
   Edit3.Text := Form1.tbTarif['B1200'] ;
```

```
   Edit4.Text := Form1.tbTarif['TarifTDL'] ;
end;

end.

unit Unit4;

interface

uses
 Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
 Dialogs, StdCtrls;

type
 TFormPassword = class(TForm)
  Edit1: TEdit;
  Button1: TButton;
  Label1: TLabel;
  Button2: TButton;
  procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
  procedure FormShow(Sender: TObject);
 private
  { Private declarations }
 public
  { Public declarations }
 end;

var
 FormPassword: TFormPassword;

implementation

uses Unit1;

{$R *.dfm}

procedure TFormPassword.FormClose(Sender: TObject;
 var Action: TCloseAction);
begin
 Form1.Enabled:=True;
end;

procedure TFormPassword.Button1Click(Sender: TObject);
var pastabel,pasinput : string;
begin
 if Edit1.Text <> '' then
```

```
 begin
   pastabel := Form1.tbPsw['pass'];
   pasinput := Edit1.Text;
   if pastabel = pasinput then
    begin
    //Label1.Caption:='a';
    protek:=0;
    end
   else
    begin
    //Label1.Caption:='b';
    protek:=1;
    end;
 end;
 FormPassword.Close;
 Form1.Enabled:=True;
end;

procedure TFormPassword.Button2Click(Sender: TObject);
var pastabel,pasinput : string;
begin
  pastabel := Form1.tbPsw['pass'];
  Label1.Caption:=pastabel;
end;

procedure TFormPassword.FormShow(Sender: TObject);
begin
 Edit1.Text:='';
end;

end.



unit Unit5;

interface

uses
 Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
 Dialogs, StdCtrls;

type
 TFormPassword2 = class(TForm)
   Edit1: TEdit;
   Button1: TButton;
   procedure Button1Click(Sender: TObject);
   procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
```

```
  procedure FormShow(Sender: TObject);
 private
  { Private declarations }
 public
  { Public declarations }
 end;

var
 FormPassword2: TFormPassword2;

implementation

uses Unit1;

{$R *.dfm}

procedure TFormPassword2.Button1Click(Sender: TObject);
var pastabel,pasinput : string;
begin
 if Edit1.Text <> '' then
 begin
    protek:=1;
   pastabel := Form1.tbPsw['pass'];
   pasinput := Edit1.Text;
   if pastabel = pasinput then
    begin
    //Label1.Caption:='a';
    protek:=1;
    end
   else
    begin
    //Label1.Caption:='b';
    protek:=0;
    end;
 end;
 FormPassword2.Close;
 Form1.Enabled:=True;

end;

procedure TFormPassword2.FormClose(Sender: TObject;
 var Action: TCloseAction);
begin
 Form1.Enabled:=True;
end;

procedure TFormPassword2.FormShow(Sender: TObject);
begin
```

```
  Edit1.Text:='';
end;

end.

unit Unit6;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls;

type
  TFormPelanggan = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Edit4: TEdit;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    Button6: TButton;
    ComboBox1: TComboBox;
    ComboBox2: TComboBox;
    RadioGroup1: TRadioGroup;
    Button7: TButton;
    Button8: TButton;
    Button9: TButton;
    Button10: TButton;
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button7Click(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure Button8Click(Sender: TObject);
```

```
    procedure Button9Click(Sender: TObject);
    procedure Button10Click(Sender: TObject);
  private
    procedure LoadTable2Text();
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  FormPelanggan: TFormPelanggan;
  statussimpan:string;

implementation

uses Unit1, DB, DBTables;

{$R *.dfm}
procedure TFormPelanggan.LoadTable2Text();
var sem:string;
begin
  Edit1.Text:=Form1.tbMaster['NoPelanggan'];
  Edit2.Text:=Form1.tbMaster['Nama'];
  Edit3.Text:=Form1.tbMaster['Alamat'];
  Edit4.Text:=Form1.tbMaster['NoTelepon'];
  ComboBox2.Text:=Form1.tbMaster['Genger'];
  sem:=Form1.tbMaster['Jenisbeban'];
  if sem = 'B450' then ComboBox1.Text:= '450 Watt'
  else if sem = 'B900' then ComboBox1.Text:= '900 Watt'
  else if sem = 'B1200' then ComboBox1.Text:= '1200 Watt'
end;


procedure TFormPelanggan.FormClose(Sender: TObject;
  var Action: TCloseAction);
begin
  form1.Enabled :=true;
end;

procedure TFormPelanggan.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  Form1.tbMaster.Refresh;
  Form1.tbMaster.First;
  Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster';
  if RadioGroup1.ItemIndex = 0 then
  begin
    if not Form1.tbMaster.FindKey([Edit2.text]) then
    begin
```

```
    Application.MessageBox (' Data tidak ditemukan...! ',
   'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION);
    Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster2';
    Form1.tbMaster.First;
    LoadTable2Text;
    end
   else
   begin
    LoadTable2Text;
   end;
  end
  else
  begin
   Form1.tbMaster.FindNearest([Edit2.text]);
   LoadTable2Text;
  end
end;

procedure TFormPelanggan.Button5Click(Sender: TObject);
begin
 Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster2';
 Form1.tbMaster.Last;
 Edit1.Text:=inttostr((strtoint(Form1.tbMaster['NoPelanggan'])+1));
 Edit2.Text:='Nama Pelanggan';
 Edit3.Text:='Alamat Pelanggan';
 Edit4.Text:='No. Telepon';
 RadioGroup1.Enabled:=False;
 Edit2.ReadOnly:=False;
 Edit3.ReadOnly:=False;
 Edit4.ReadOnly:=False;
 ComboBox1.Enabled:=True;
 ComboBox2.Enabled:=True;
 Button2.Enabled:=False;
 Button3.Enabled:=False;
 Button4.Enabled:=False;
 Button1.Enabled:=True;
 Button6.Enabled:=True;
 Button5.Enabled:=False;
 Button7.Enabled:=False;
 Button9.Enabled:=False;
 Button10.Enabled:=False;
 statussimpan:='Daftar';
end;

procedure TFormPelanggan.Button6Click(Sender: TObject);
begin
 if (Edit2.Text='') or (Edit3.Text='') or (Edit4.Text='') then
 begin
```

```
    Application.MessageBox (' Data harus diisi lengkap...! ',
    'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION); end
  else
  begin
  if statussimpan = 'Edit' then
  begin
    Form1.tbMaster.Edit;
  end
  else
  begin
    Form1.tbMaster.Append;
  end;
    Form1.tbMaster.FieldByName('NoPelanggan').AsString:=Edit1.Text;
    Form1.tbMaster.FieldByName('Nama').AsString:=Edit2.Text;
    Form1.tbMaster.FieldByName('Alamat').AsString:=Edit3.Text;
    Form1.tbMaster.FieldByName('Notelepon').AsString:=Edit4.Text;
    Form1.tbMaster.FieldByName('Genger').AsString:=ComboBox2.Text;
    if ComboBox1.Text = '450 Watt' then
      Form1.tbMaster.FieldByName('JenisBeban').AsString:='B450'
    else if ComboBox1.Text = '900 Watt' then
      Form1.tbMaster.FieldByName('JenisBeban').AsString:='B900'
    else if ComboBox1.Text = '1200 Watt' then
      Form1.tbMaster.FieldByName('JenisBeban').AsString:='B1200';
    Form1.tbMaster.Post;

    RadioGroup1.Enabled:=True;
    Edit2.ReadOnly:=False;
    Edit3.ReadOnly:=True;
    Edit4.ReadOnly:=True;
    ComboBox1.Enabled:=False;
    ComboBox2.Enabled:=False;
    Button2.Enabled:=True;
    Button3.Enabled:=True;
    Button4.Enabled:=True;
    Button1.Enabled:=False;
    Button6.Enabled:=False;
    Button5.Enabled:=True;
    Button7.Enabled:=True;
    Button9.Enabled:=True;
    Button10.Enabled:=True;
  Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster';
  end;
end;

procedure TFormPelanggan.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster2';
  Form1.tbMaster.Last;
```

```
    LoadTable2Text;
    Edit2.ReadOnly:=False;
    Edit3.ReadOnly:=True;
    Edit4.ReadOnly:=True;
    ComboBox1.Enabled:=False;
    ComboBox2.Enabled:=False;
    Button2.Enabled:=True;
    Button3.Enabled:=True;
    Button4.Enabled:=True;
    Button1.Enabled:=False;
    Button6.Enabled:=False;
    Button5.Enabled:=True;
    Button7.Enabled:=True;
    Button9.Enabled:=True;
    Button10.Enabled:=True;
    RadioGroup1.Enabled:=True;
    Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster';
  end;

  procedure TFormPelanggan.Button3Click(Sender: TObject);
  begin
    Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster';
    Form1.tbMaster.Next;
    LoadTable2Text;
  end;

  procedure TFormPelanggan.Button4Click(Sender: TObject);
  begin
    Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster';
    Form1.tbMaster.Prior;
    LoadTable2Text;
  end;

  procedure TFormPelanggan.Button7Click(Sender: TObject);
  begin
    RadioGroup1.Enabled:=False;
    Edit2.ReadOnly:=False;
    Edit3.ReadOnly:=False;
    Edit4.ReadOnly:=False;
    ComboBox1.Enabled:=True;
    ComboBox2.Enabled:=True;
    Button2.Enabled:=False;
    Button3.Enabled:=False;
    Button4.Enabled:=False;
    Button1.Enabled:=True;
    Button6.Enabled:=True;
    Button5.Enabled:=False;
    Button7.Enabled:=False;
```

```
  Button9.Enabled:=False;
  Button10.Enabled:=False;
  Button8.Enabled:=True;
  statussimpan:='Edit';
end;

procedure TFormPelanggan.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster';
  Form1.tbMaster.First;
  LoadTable2Text;
end;

procedure TFormPelanggan.Button8Click(Sender: TObject);
begin
 with Form1.tbMaster do
 begin
    Delete;
    Refresh;
    First;
    LoadTable2Text;
    Button8.Enabled:=False;
 end;
end;

procedure TFormPelanggan.Button9Click(Sender: TObject);
begin
 with Form1.tbMaster do
 begin
    IndexName:='IndexMaster2';
    Refresh;
    First;
    LoadTable2Text;
    IndexName:='IndexMaster';
 end;
end;

procedure TFormPelanggan.Button10Click(Sender: TObject);
begin
 with Form1.tbMaster do
 begin
    IndexName:='IndexMaster2';
    Refresh;
    Last;
    LoadTable2Text;
    IndexName:='IndexMaster';
 end;
```

```
end;

end.

unit Unit7;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls;

type
  TFormGantiPassword = class(TForm)
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Button1: TButton;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  FormGantiPassword: TFormGantiPassword;

implementation

uses Unit1;

{$R *.dfm}

procedure TFormGantiPassword.FormClose(Sender: TObject;
  var Action: TCloseAction);
begin
form1.Enabled:=true;
end;

procedure TFormGantiPassword.Button1Click(Sender: TObject);
var passlama:string;
begin
  if Form1.tbPsw['pass'] = Edit1.Text then
```

```
 begin
   if(edit2.Text=edit3.Text)then
   begin
     form1.tbPsw.Edit;
     form1.tbPsw.FieldByName('pass').AsString:=edit2.Text;
     form1.tbPsw.Post;
    Application.MessageBox ('  Password sudah diganti  ',
   'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION);
   end
   else
   begin
    Application.MessageBox ('  Password Baru dan Konfirmasi harus sama  ! ',
   'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION);
   end;
 end
 else
 begin
   Application.MessageBox ('  Isikan Passwor lama dengan benar  ! ',
  'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION);
 end;
end;

end.

unit Unit8;

interface

uses
 Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
 Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, DBCtrls, DB, Grids, DBGrids, DBTables, CPort;

type
 TFormDownload = class(TForm)
   Table1: TTable;
   DBGrid1: TDBGrid;
   DataSource1: TDataSource;
   Button1: TButton;
   Edit1: TEdit;
   Button3: TButton;
   ComPort1: TComPort;
   Label7: TLabel;
   Label8: TLabel;
   Label9: TLabel;
   Label10: TLabel;
   Label11: TLabel;
   Label1: TLabel;
   Label2: TLabel;
```

```
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Button2: TButton;
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  FormDownload: TFormDownload;

implementation

uses Unit1, Unit9;

{$R *.dfm}

procedure TFormDownload.FormClose(Sender: TObject;
  var Action: TCloseAction);
begin
  form1.Enabled:=true;
end;

procedure TFormDownload.Button1Click(Sender: TObject);
begin
if form1.ComPort1.Connected then
 begin
  form1.ComPort1.WriteStr('A');
  FormDownload.Table1.First;
  while not (FormDownload.Table1.Eof) do FormDownload.Table1.Delete;;

 end
else
begin
   Application.MessageBox (' Serial Port belum Tersambung !',
   'Informasi', MB_OK or MB_ICONINFORMATION)
end;
end;


procedure TFormDownload.Button3Click(Sender: TObject);
```

```
var
  sBulanKemaren,
  sBulanSekarang,
  strtmp,
  sChip,
  sKWH_Bulan_Sekarang,
  sKWH_Bulan_Kemaren,
  sBiayaBeban,
  sTDL,
  No_Pelanggan        :string;

  rKWH_Bulan_Sekarang,
  rKWH_Bulan_Kemaren,
  rBiayaBeban,
  rTDL,
  rTotalPemakaian,
  rSelisihKWH         :real;

  iBulanKemaren,
  iBulanSekarang      :integer;

begin
  sKWH_Bulan_Sekarang  := Label11.Caption;
  sChip                := Label7.Caption;
  rKWH_Bulan_Sekarang  := StrToFloat(sKWH_Bulan_Sekarang);
  strtmp               := DateToStr(now());
  sBulanSekarang       := strtmp[1];
  iBulanKemaren        := StrToint(sBulanSekarang)-1;
  sBulanKemaren        := IntToStr(iBulanKemaren);
  formdatasimpan.Table1.First;
  formdatasimpan.Table1.IndexName:='nopelbul';
  if formdatasimpan.Table1.FindKey([sChip,sBulanSekarang]) then
  begin
    //jika data pelanggan bulan sekarang sudah ada di data simpan
    ShowMessage('Data Pelanggan bulan ini sudah ada dalam database');
  end
  else
  begin
    //jika data pelanggan bulan sekarang belum ada di data simpan
    //cari data bulan kemaren
    if not formdatasimpan.Table1.FindKey([sChip,sBulanKemaren]) then
    begin
      //ShowMessage('gak ada');
      //ShowMessage('ada');
      sKWH_Bulan_Kemaren   := '0';
      rKWH_Bulan_Kemaren   := StrToFloat(sKWH_Bulan_Kemaren);
      rSelisihKWH          := rKWH_Bulan_Sekarang-rKWH_Bulan_Kemaren;
      Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster2';
```

```
  if Form1.tbMaster.FindKey([sChip]) then
  begin
     //ShowMessage('jenis beban master ketemu');
     if form1.tbMaster['JenisBeban'] = 'B450' then
       sBiayaBeban := form1.tbTarif['B450']
     else if form1.tbMaster['JenisBeban'] = 'B900' then
       sBiayaBeban := form1.tbTarif['B900']
     else if form1.tbMaster['JenisBeban'] = 'B1200' then
       sBiayaBeban := form1.tbTarif['B1200'];

     rBiayaBeban      := StrToInt(sBiayaBeban);
     sTDL             := form1.tbTarif['TarifTDL'];
     rTDL             := StrToInt(sTDL);
     rTotalPemakaian  := (rSelisihKWH * rTDL) + rBiayaBeban;
     Label2.Caption:=sKWH_Bulan_Sekarang;
     Label3.Caption:=sKWH_Bulan_Kemaren;
     Label4.Caption:=FloatToStr(rSelisihKWH);
     Label5.Caption:=sBiayaBeban;
     Label6.Caption:=sTDL;
     Label1.Caption:=FloatToStr(rTotalPemakaian);

     FormDownload.Table1.Append;
     FormDownload.Table1.FieldByName('Nama').AsString :=
           Form1.tbMaster['Nama'];
     FormDownload.Table1.FieldByName('NoPelanggan').AsString :=
           Form1.tbMaster['NoPelanggan'];
     FormDownload.Table1.FieldByName('Alamat').AsString :=
           Form1.tbMaster['Alamat'];
     FormDownload.Table1.FieldByName('Genger').AsString :=
           Form1.tbMaster['Genger'];
     FormDownload.Table1.FieldByName('NoTelepon').AsString :=
           Form1.tbMaster['NoTelepon'];
     FormDownload.Table1.FieldByName('JenisBeban').AsString :=
           Form1.tbMaster['JenisBeban'];
     FormDownload.Table1.FieldByName('JumlahPemakaian').AsString :=
           FloatToStr(rSelisihKWH);
     FormDownload.Table1.FieldByName('BiayaPemakaian').AsString :=
           FloatToStr(rTotalPemakaian);
     FormDownload.Table1.Post;

  end
  else
  begin
     ShowMessage('Pelanggan belum terdaftar.....!');
  end;
end
else
begin
```

```
    //ShowMessage('ada');
    sKWH_Bulan_Kemaren     :=
FormDataSimpan.Table1['JumlahPemakaian'];
    rKWH_Bulan_Kemaren     := StrToFloat(sKWH_Bulan_Kemaren);
    rSelisihKWH            := rKWH_Bulan_Sekarang-rKWH_Bulan_Kemaren;
    Form1.tbMaster.IndexName:='IndexMaster2';
    if Form1.tbMaster.FindKey([sChip]) then
    begin
      //ShowMessage('jenis beban master ketemu');
      if form1.tbMaster['JenisBeban'] = 'B450' then
        sBiayaBeban := form1.tbTarif['B450']
      else if form1.tbMaster['JenisBeban'] = 'B900' then
        sBiayaBeban := form1.tbTarif['B900']
      else if form1.tbMaster['JenisBeban'] = 'B1200' then
        sBiayaBeban := form1.tbTarif['B1200'];

      rBiayaBeban      := StrToInt(sBiayaBeban);
      sTDL             := form1.tbTarif['TarifTDL'];
      rTDL             := StrToInt(sTDL);
      rTotalPemakaian  := (rSelisihKWH * rTDL) + rBiayaBeban;
      Label2.Caption:=sKWH_Bulan_Sekarang;
      Label3.Caption:=sKWH_Bulan_Kemaren;
      Label4.Caption:=FloatToStr(rSelisihKWH);
      Label5.Caption:=sBiayaBeban;
      Label6.Caption:=sTDL;
      Label1.Caption:=FloatToStr(rTotalPemakaian);
      FormDownload.Table1.Append;
      FormDownload.Table1.FieldByName('Nama').AsString :=
            Form1.tbMaster['Nama'];
      FormDownload.Table1.FieldByName('NoPelanggan').AsString :=
            Form1.tbMaster['NoPelanggan'];
      FormDownload.Table1.FieldByName('Alamat').AsString :=
            Form1.tbMaster['Alamat'];
      FormDownload.Table1.FieldByName('Genger').AsString :=
            Form1.tbMaster['Genger'];
      FormDownload.Table1.FieldByName('NoTelepon').AsString :=
            Form1.tbMaster['NoTelepon'];
      FormDownload.Table1.FieldByName('JenisBeban').AsString :=
            Form1.tbMaster['JenisBeban'];
      FormDownload.Table1.FieldByName('JumlahPemakaian').AsString :=
            FloatToStr(rSelisihKWH);
      FormDownload.Table1.FieldByName('BiayaPemakaian').AsString :=
            FloatToStr(rTotalPemakaian);
      FormDownload.Table1.Post;
    end
    else
    begin
      ShowMessage('Pelanggan belum terdaftar.....!');
```

```
      end;
    end;
  end;
End;

procedure TFormDownload.Button2Click(Sender: TObject);
var
strtmp,sBulanSekarang:string;
begin
        strtmp          := DateToStr(now());
        sBulanSekarang      := strtmp[1];

        FormDataSimpan.Table1.Append;
        FormDataSimpan.Table1.FieldByName('Nama').AsString :=
                FormDownload.Table1['Nama'];

        FormDataSimpan.Table1.FieldByName('NoPelanggan').AsString :=
                FormDownload.Table1['NoPelanggan'];

        FormDataSimpan.Table1.FieldByName('Bulan').AsString :=
                sBulanSekarang;

        FormDataSimpan.Table1.FieldByName('Alamat').AsString :=
                FormDownload.Table1['Alamat'];

        FormDataSimpan.Table1.FieldByName('Genger').AsString :=
                FormDownload.Table1['Genger'];

        FormDataSimpan.Table1.FieldByName('NoTelepon').AsString :=
                FormDownload.Table1['NoTelepon'];

        FormDataSimpan.Table1.FieldByName('JenisBeban').AsString :=
                FormDownload.Table1['JenisBeban'];

        FormDataSimpan.Table1.FieldByName('JumlahPemakaian').AsString :=
                FormDownload.Table1['JumlahPemakaian'];

        FormDataSimpan.Table1.FieldByName('BiayaPemakaian').AsString :=
                FormDownload.Table1['BiayaPemakaian'];

        FormDataSimpan.Table1.Post;
end;

end.

unit Unit9;

interface
```

```
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, DB, DBTables, Grids, DBGrids;

type
  TFormDataSimpan = class(TForm)
    DBGrid1: TDBGrid;
    Table1: TTable;
    DataSource1: TDataSource;
    Button1: TButton;
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  FormDataSimpan: TFormDataSimpan;

implementation

uses Unit1;

{$R *.dfm}

procedure TFormDataSimpan.FormClose(Sender: TObject;
  var Action: TCloseAction);
begin
form1.Enabled:=true;
end;

end.
```

atures

igh-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
dvanced RISC Architecture
– 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
– 32 x 8 General Purpose Working Registers
– Fully Static Operation
– Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
– On-chip 2-cycle Multiplier
onvolatile Program and Data Memories
– 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
  Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
– Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  In-System Programming by On-chip Boot Program
  True Read-While-Write Operation
– 512 Bytes EEPROM
  Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
– 512 Bytes Internal SRAM
– Programming Lock for Software Security
eripheral Features
– Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
– One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
– Real Time Counter with Separate Oscillator
– Four PWM Channels
– 8-channel, 10-bit ADC
  8 Single-ended Channels
  7 Differential Channels for TQFP Package Only
  2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
– Byte-oriented Two-wire Serial Interface
– Programmable Serial USART
– Master/Slave SPI Serial Interface
– Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
– On-chip Analog Comparator
pecial 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
O and Packages
– 32 Programmable I/O Lines
– 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad MLF
perating Voltages
– 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
– 4.5 - 5.5V for ATmega8535
peed Grades
– 0 - 8 MHz for ATmega8535L
– 0 - 16 MHz for ATmega8535

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

ATmega8535
ATmega8535L

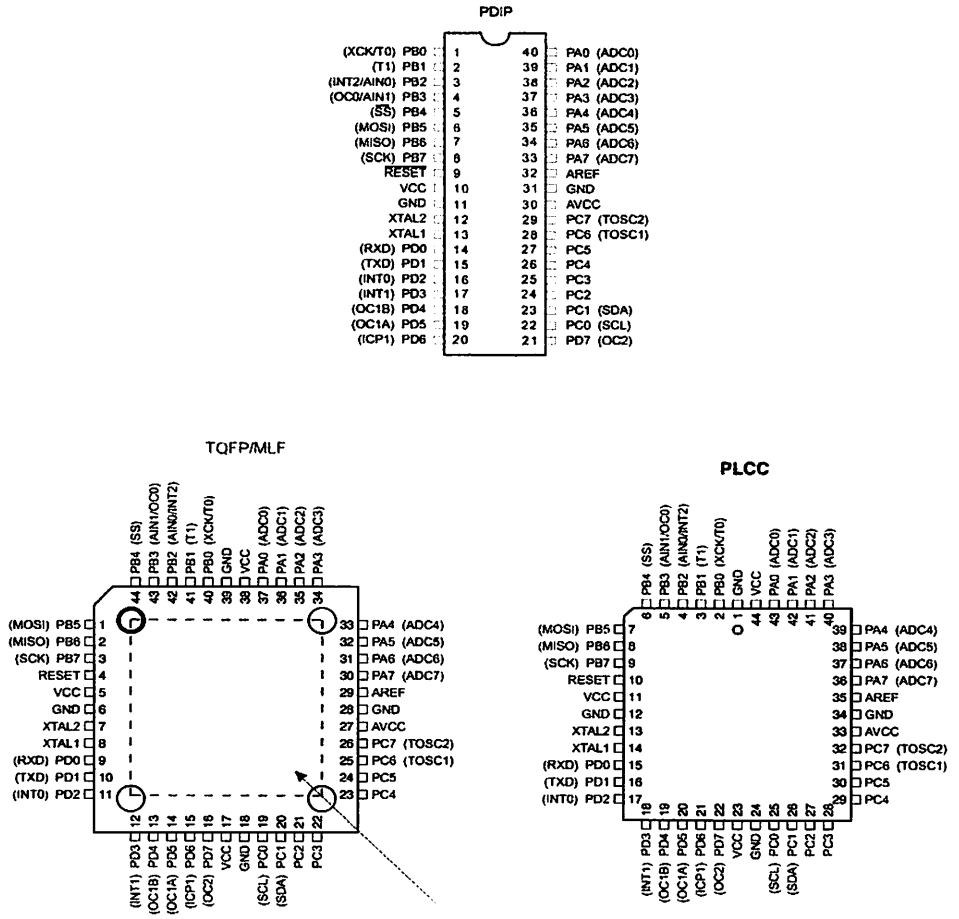
Preliminary Summary

Rev. 2502FS–AVR–06/04

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

n Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



NOTE: MLF Bottom pad should be soldered to ground.

sclaimer

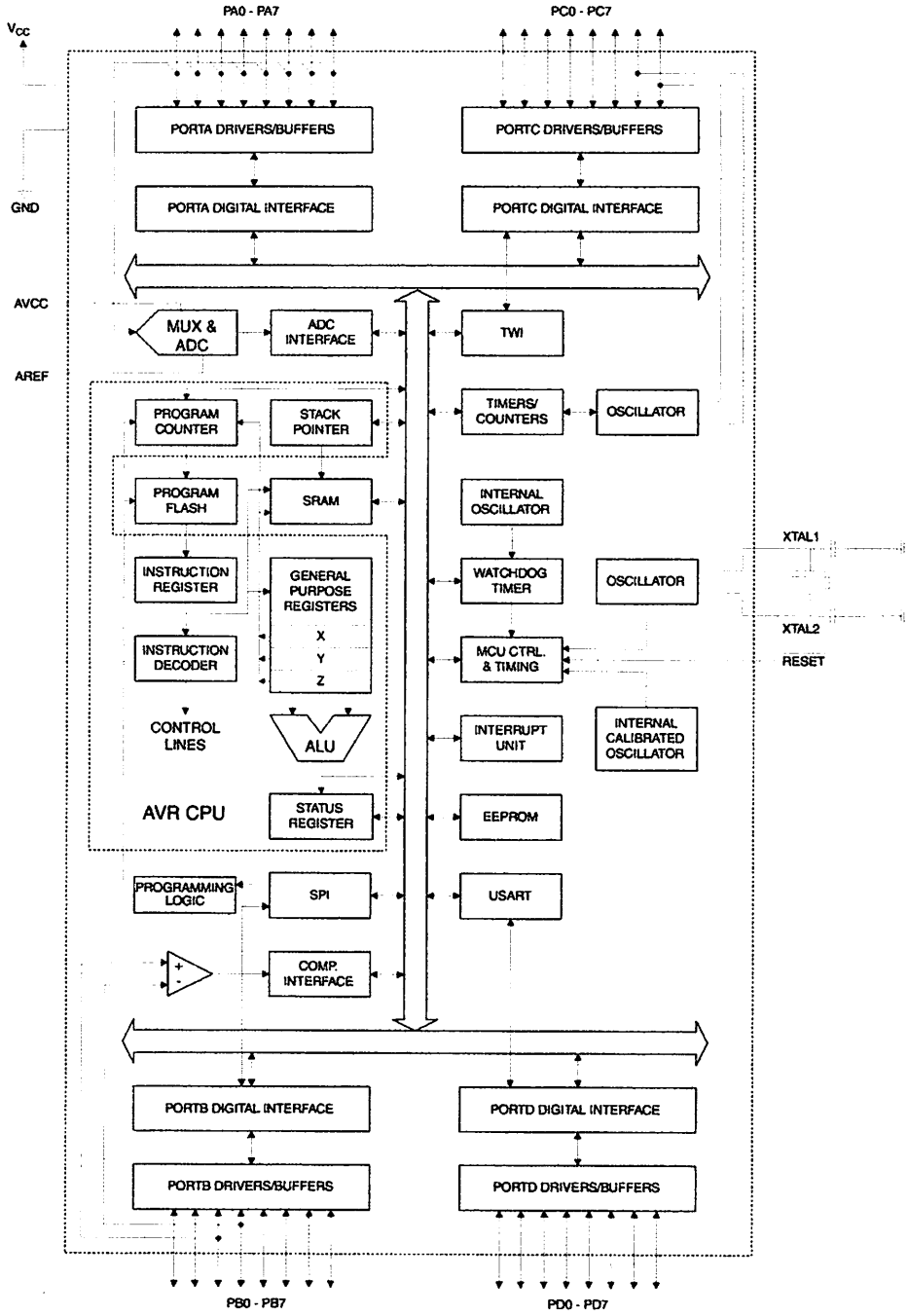
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

verview

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.

ock 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.

'90S8535 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.

90S8535 Compatibility ıde

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 43 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 143 for details.

n Descriptions

c	Digital supply voltage.
ID	Ground.
rt A (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.
rt B (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 58.
rt C (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.
rt D (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 62.
$\overline{\text{SET}}$	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 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
AL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
AL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
CC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.
EF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

egister Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	8
x3E (0x5E)	SPH	–	–	–	–	–	–	SP9	SP8	10
x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	10
x3C (0x5C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								83
x3B (0x5B)	GICR	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	47, 67
x3A (0x5A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2	–	–	–	–	–	68
x39 (0x59)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	83, 113, 131
x38 (0x58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	84, 114, 132
x37 (0x57)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	–	RWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	225
x36 (0x56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	–	TWIE	178
x35 (0x55)	MCUCR	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	30, 66
x34 (0x54)	MCUCSR	–	ISC2	–	–	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	38, 67
x33 (0x53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	81
x32 (0x52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								83
x31 (0x51)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								28
x30 (0x50)	SFIOR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSR2	PSR10	57,86,133,200,220
x2F (0x4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	108
x2E (0x4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	111
x2D (0x4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte								112
x2C (0x4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte								112
x2B (0x4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte								112
x2A (0x4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte								112
x29 (0x49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte								112
x28 (0x48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte								112
x27 (0x47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte								112
x26 (0x46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte								112
x25 (0x45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	126
x24 (0x44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								128
x23 (0x43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								129
x22 (0x42)	ASSR	–	–	–	–	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	129
x21 (0x41)	WDTCR	–	–	–	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	40
20[1] (0x40)[1]	UBRRH	URSEL	–	–	–	UBRR[11:8]				166
	UCSRC	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	164
x1F (0x3F)	EEARH	–	–	–	–	–	–	–	EEAR8	17
x1E (0x3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								17
x1D (0x3D)	EEDR	EEPROM Data Register								17
x1C (0x3C)	EECR	–	–	–	–	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	17
x1B (0x3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	64
x1A (0x3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	64
x19 (0x39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	64
x18 (0x38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	64
x17 (0x37)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	64
x16 (0x36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	65
x15 (0x35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	65
x14 (0x34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	65
x13 (0x33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	65
x12 (0x32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	65
x11 (0x31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	65
x10 (0x30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	65
x0F (0x2F)	SPDR	SPI Data Register								140
x0E (0x2E)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	SPI2X	140
x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	138
x0C (0x2C)	UDR	USART I/O Data Register								161
x0B (0x2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	162
x0A (0x2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	163
x09 (0x29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								166
x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	200
x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	216
x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	218
x05 (0x25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								219
x04 (0x24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								219
x03 (0x23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								180
x02 (0x22)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	180
x01 (0x21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	180

egister Summary (Continued)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
x00 (0x20)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								178

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

struction Set Summary

nemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
)D	Rd, Rr	Add two Registers	Rd ← Rd + Rr	Z,C,N,V,H	1
)C	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	Rd ← Rd + Rr + C	Z,C,N,V,H	1
)IW	Rdl,K	Add Immediate to Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl + K	Z,C,N,V,S	2
IB	Rd, Rr	Subtract two Registers	Rd ← Rd - Rr	Z,C,N,V,H	1
IBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	Rd ← Rd - K	Z,C,N,V,H	1
)C	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	Rd ← Rd - Rr - C	Z,C,N,V,H	1
)CI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	Rd ← Rd - K - C	Z,C,N,V,H	1
)IW	Rdl,K	Subtract Immediate from Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl - K	Z,C,N,V,S	2
)D	Rd, Rr	Logical AND Registers	Rd ← Rd • Rr	Z,N,V	1
)DI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	Rd ← Rd • K	Z,N,V	1
)	Rd, Rr	Logical OR Registers	Rd ← Rd v Rr	Z,N,V	1
)I	Rd, K	Logical OR Register and Constant	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
)R	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	Rd ← Rd ⊕ Rr	Z,N,V	1
)M	Rd	One's Complement	Rd ← 0xFF – Rd	Z,C,N,V	1
:G	Rd	Two's Complement	Rd ← 0x00 – Rd	Z,C,N,V,H	1
)R	Rd,K	Set Bit(s) in Register	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
)R	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	Rd ← Rd • (0xFF - K)	Z,N,V	1
C	Rd	Increment	Rd ← Rd + 1	Z,N,V	1
:C	Rd	Decrement	Rd ← Rd – 1	Z,N,V	1
:T	Rd	Test for Zero or Minus	Rd ← Rd • Rd	Z,N,V	1
)R	Rd	Clear Register	Rd ← Rd ⊕ Rd	Z,N,V	1
:R	Rd	Set Register	Rd ← 0xFF	None	1
)L	Rd, Rr	Multiply Unsigned	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
)LS	Rd, Rr	Multiply Signed	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
)LSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
)UL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
)ULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
)ULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
)ANCH INSTRUCTIONS					
)MP	k	Relative Jump	PC ← PC + k + 1	None	2
)MP		Indirect Jump to (Z)	PC ← Z	None	2
:ALL	k	Relative Subroutine Call	PC ← PC + k + 1	None	3
)ALL		Indirect Call to (Z)	PC ← Z	None	3
:T		Subroutine Return	PC ← STACK	None	4
:TI		Interrupt Return	PC ← STACK	I	4
'SE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if (Rd = Rr) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
'	Rd,Rr	Compare	Rd – Rr	Z, N,V,C,H	1
'C	Rd,Rr	Compare with Carry	Rd – Rr – C	Z, N,V,C,H	1
'I	Rd,K	Compare Register with Immediate	Rd – K	Z, N,V,C,H	1
)RC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if (Rr(b)=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
)RS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if (Rr(b)=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
)IC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if (P(b)=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
)IS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if (P(b)=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
)BS	s, k	Branch if Status Flag Set	if (SREG(s) = 1) then PC←PC+k + 1	None	1/2
)BC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if (SREG(s) = 0) then PC←PC+k + 1	None	1/2
)EQ	k	Branch if Equal	if (Z = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)NE	k	Branch if Not Equal	if (Z = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)CS	k	Branch if Carry Set	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)CC	k	Branch if Carry Cleared	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)SH	k	Branch if Same or Higher	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)LO	k	Branch if Lower	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)MI	k	Branch if Minus	if (N = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)PL	k	Branch if Plus	if (N = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)GE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if (N ⊕ V= 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)LT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if (N ⊕ V= 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)HS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if (H = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)HC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if (H = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)TS	k	Branch if T Flag Set	if (T = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)TC	k	Branch if T Flag Cleared	if (T = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)VS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if (V = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)VC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if (V = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)IE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)ID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
)TA TRANSFER INSTRUCTIONS					

nemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
)V	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
)VW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
I	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
	Rd, - X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
	Rd, - Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
D	Rd,Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	2
	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
D	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
S	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
	- X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
	- Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
D	Y+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
D	Z+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
S	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
M		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
M	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
M	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	3
M		Store Program Memory	(Z) ← R1:R0	None	-
	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
T	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
SH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2
P	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
I	P,b	Set Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 1	None	2
I	P,b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 0	None	2
L	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z,C,N,V	1
R	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z,C,N,V	1
OL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0)←C,Rd(n+1)← Rd(n),C←Rd(7)	Z,C,N,V	1
OR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7)←C,Rd(n)← Rd(n+1),C←Rd(0)	Z,C,N,V	1
R	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0..6	Z,C,N,V	1
AP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0)←Rd(7..4),Rd(7..4)←Rd(3..0)	None	1
ET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
LR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
T	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
D	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
C		Set Carry	C ← 1	C	1
C		Clear Carry	C ← 0	C	1
N		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
N		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
Z		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
Z		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
I		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
I		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
S		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
S		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
V		Set Twos Complement Overflow.	V ← 1	V	1
V		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
T		Set T in SREG	T ← 1	T	1
T		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
H		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
H		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
U CONTROL INSTRUCTIONS					
P		No Operation		None	1

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

rdering Information

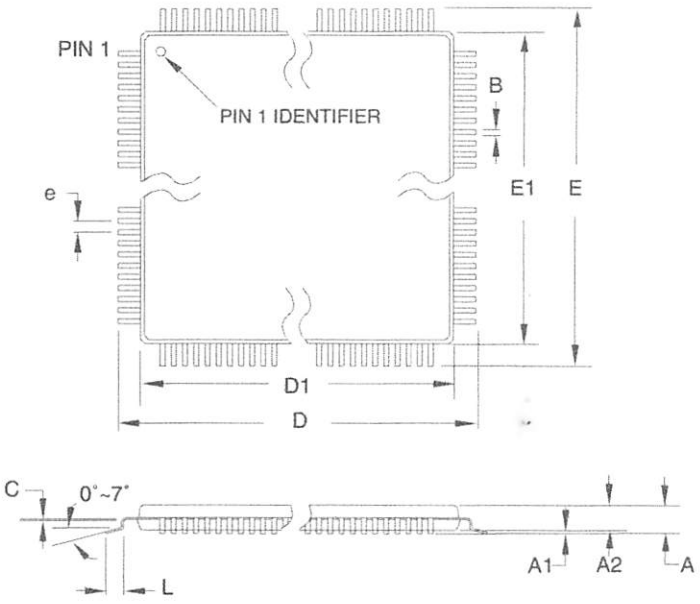
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package[1]	Operation Range
8	2.7 - 5.5V	ATmega8535L-8AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega8535L-8PC	40P6	
		ATmega8535L-8JC	44J	
		ATmega8535L-8MC	44M1	
		ATmega8535L-8AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega8535L-8PI	40P6	
		ATmega8535L-8JI	44J	
		ATmega8535L-8MI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

te: 1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.

	Package Type
4A	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
0P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
4J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
4M1-A	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Micro Lead Frame Package (MLF)

ackaging Information

4A



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

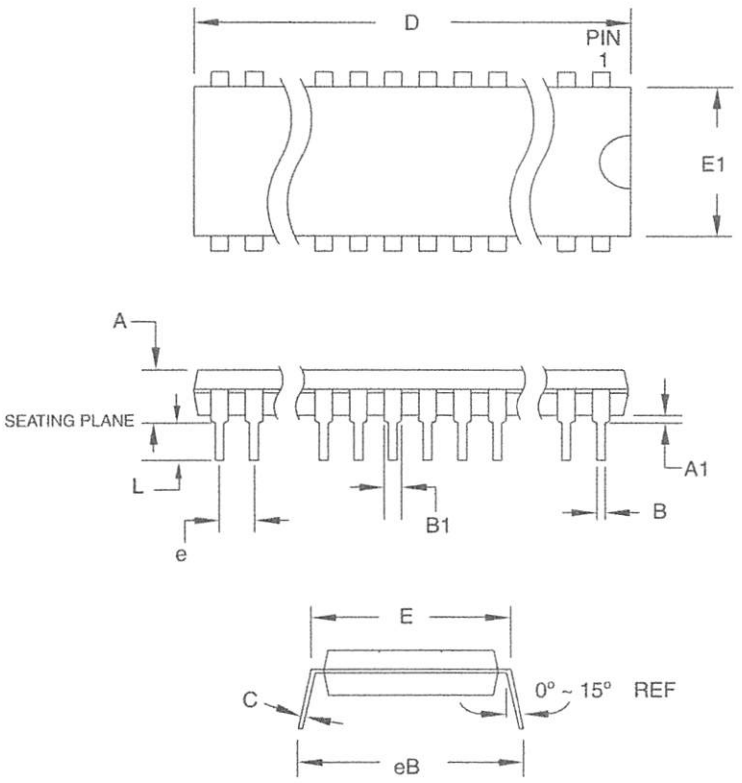
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	1.20	
A1	0.05	–	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	–	0.45	
C	0.09	–	0.20	
L	0.45	–	0.75	
e	0.80 TYP			

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

10/5/2001

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

0P6



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

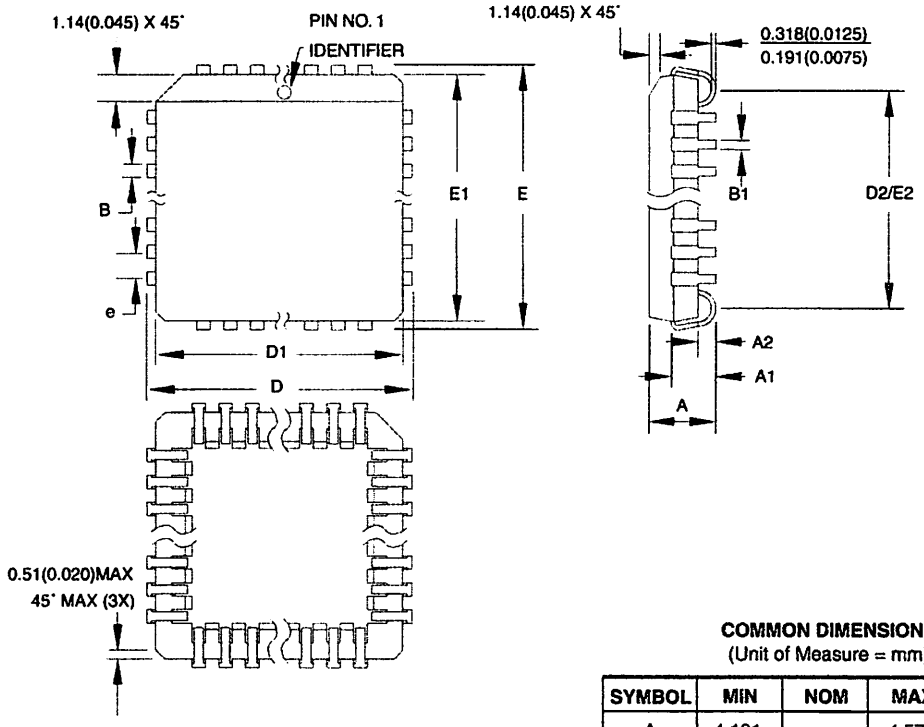
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	4.826	
A1	0.381	–	–	
D	52.070	–	52.578	Note 2
E	15.240	–	15.875	
E1	13.462	–	13.970	Note 2
B	0.356	–	0.559	
B1	1.041	–	1.651	
L	3.048	–	3.556	
C	0.203	–	0.381	
eB	15.494	–	17.526	
e	2.540 TYP			

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

09/28/01

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

J



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

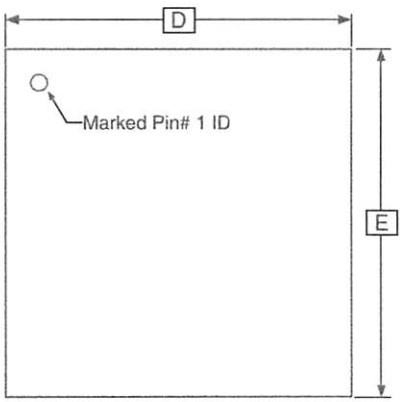
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	4.191	–	4.572	
A1	2.286	–	3.048	
A2	0.508	–	–	
D	17.399	–	17.653	
D1	16.510	–	16.662	Note 2
E	17.399	–	17.653	
E1	16.510	–	16.662	Note 2
D2/E2	14.986	–	16.002	
B	0.660	–	0.813	
B1	0.330	–	0.533	
e	1.270 TYP			

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

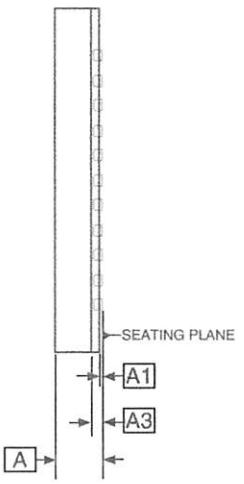
10/04/01

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

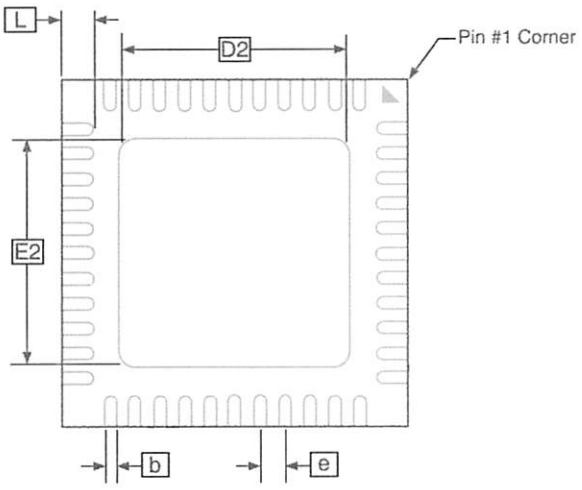
4M1-A



TOP VIEW



SIDE VIEW



BOTTOM VIEW

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.80	0.90	1.00	
A1	–	0.02	0.05	
A3		0.25 REF		
b	0.18	0.23	0.30	
D		7.00 BSC		
D2	5.00	5.20	5.40	
E		7.00 BSC		
E2	5.00	5.20	5.40	
e		0.50 BSC		
L	0.35	0.55	0.75	

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

01/15/03

	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	**44M1**, 44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm Body, Lead Pitch 0.50 mm Micro Lead Frame Package (MLF)	44M1	C

rrata

mega8535 all rev.	No known errata.

atasheet Change
ɔg for ATmega8535

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

ıanges from Rev. ;02E-12/03 to Rev. ;02F-06/04

1. Updated "Reset Characteristics" on page 35.
2. Updated SPH in "Stack Pointer" on page 10.
3. Updated C code in "USART Initialization" on page 147.
4. Updated "Errata" on page 16.

ıanges from Rev. ;02D-09/03 to Rev. ;02E-12/03

1. Updated "Calibrated Internal RC Oscillator" on page 27.
2. Added section "Errata" on page 16.

ıanges from Rev. ;02C-04/03 to Rev. ;02D-09/03

1. Removed "Advance Information" and some TBD's from the datasheet.
2. Added note to "Pinout ATmega8535" on page 2.
3. Updated "Reset Characteristics" on page 35.
4. Updated "Absolute Maximum Ratings" and "DC Characteristics" in "Electrical Characteristics" on page 252.
5. Updated Table 111 on page 255.
6. Updated "ADC Characteristics – Preliminary Data" on page 260.
7. Updated "ATmega8535 Typical Characteristics – Preliminary Data" on page 263.
8. Removed CALL and JMP instructions from code examples and "Instruction Set Summary" on page 8.

ıanges from Rev. ;02B-09/02 to Rev. ;02C-04/03

1. Updated "Packaging Information" on page 12.
2. Updated Figure 1 on page 2, Figure 84 on page 176, Figure 85 on page 182, Figure 87 on page 188, Figure 98 on page 204.
3. Added the section "EEPROM Write During Power-down Sleep Mode" on page 20.
4. Removed the references to the application notes "Multi-purpose Oscillator" and "32 kHz Crystal Oscillator", which do not exist.
5. Updated code examples on page 42.
6. Removed ADHSM bit.
7. Renamed Port D pin ICP to ICP1. See "Alternate Functions of Port D" on page 62.

8. Added information about PWM symmetry for Timer 0 on page 77 and Timer 2 on page 124.

9. Updated Table 68 on page 166, Table 75 on page 187, Table 76 on page 190, Table 77 on page 193, Table 108 on page 250, Table 113 on page 258.

10. Updated description on "Bit 5 – TWSTA: TWI START Condition Bit" on page 179.

11. Updated the description in "Filling the Temporary Buffer (Page Loading)" and "Performing a Page Write" on page 228.

12. Removed the section description in "SPI Serial Programming Characteristics" on page 251.

13. Updated "Electrical Characteristics" on page 252.

14. Updated "ADC Characteristics – Preliminary Data" on page 260.

14. Updated "Register Summary" on page 6.

15. Various Timer 1 corrections.

16. Added WD_FUSE period in Table 108 on page 250.

ıanges from Rev. 02A-06/02 to Rev. 02B-09/02

1. Canged the Endurance on the Flash to 10,000 Write/Erase Cycles.

ıtmel Corporation

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

legional Headquarters

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

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

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

Atmel Operations

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Literature Requests
www.atmel.com/literature

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

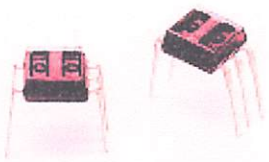
Atmel Corporation 2004. All rights reserved. Atmel® and combinations thereof, AVR®, and AVR Studio® are the registered trademarks of nel Corporation or its subsidiaries. Microsoft®, Windows®, Windows NT®, and Windows XP® are the registered trademarks of Microsoft Corpo-on. Other terms and product names may be the trademarks of others

Printed on recycled paper.

2502FS–AVR–06/04

Photoreflector
P5587, P5588

Photo IC output (digital) photoreflectors



P5587 and P5588 are photoreflectors combining a high power infrared LED and low voltage photo IC. The photo IC consists of a high sensitivity photodiode, amplifier, schmitt trigger circuit, and output phototransistor, etc. on a single chip.

Features

- Miniature package
- Low voltage operation
- Photo IC, open collector output
- P5587: "H" level output at light input
  P5588: "L" level output at light input

Applications

- Paper detection in copiers and printers, etc.
- Tape end detection in VTRs, tape recorders, etc.

■ Absolute maximum ratings (Ta=25 °C)

Parameter		Symbol	Value	Unit
Input (LED)	Forward current	I_F	50	mA
	Reverse voltage	V_R Max.	5	V
	Power dissipation	P	80	mW
Output (photo IC)	Supply voltage	Vcc	-0.5 to +7	V
	Output voltage	Vo	-0.5 to +7	V
	Output current	Io	8	mA
	Power dissipation	P	80	mW
Operating temperature		Topr	-25 to +85	°C
Storage temperature		Tstg	-30 to +85	°C
Soldering		-	260 °C, 3 s, refer to Dimensional outline	-

■ Electrical and optical characteristics (Ta=25 °C, Vcc=5 V, unless otherwise noted)

Parameter		Symbol	Condition	P5587			P5588			Unit
				Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input (LED)	Forward voltage	V_F	I_F=20 mA	-	1.23	1.45	-	1.23	1.45	V
	Reverse current	I_R	V_R=5 V	-	-	10	-	-	10	μA
	Terminal capacitance	Ct	V=0 V, f=1 MHz	-	30	-	-	30	-	pF
Output (photo IC)	Supply voltage	Vcc		2.2	-	7	2.2	-	7	V
	Low level output voltage	V_{OL}	I_{OL}=4 mA *1	-	0.1	0.4	-	0.1	0.4	V
	High level output current	I_{OH}	Vo=5 V *2	-	-	10	-	-	10	μA
	Current consumption	Icc		-	1.3	3.0	-	1.3	3.0	mA
Transfer characteristics	L→H Threshold input current	I_{FLH}	R_L=1.2 kΩ, d=3 mm Reflecting surface: white paper (reflectivity 90 % or more)	-	-	10	-	-	-	mA
	H→L Threshold input current	I_{FHL}		-	-	-	-	-	10	mA
	Hysterisis	-	*3	-	0.8	-	-	0.8	-	-
	L→H Propagation delay time	t_{PLH}	I_F=15 mA R_L=1.2 kΩ d=3 mm	-	-	20	-	-	30	μs
	H→L Propagation delay time	t_{PHL}		-	-	30	-	-	20	μs
	Rise time	tr		-	0.07	-	-	0.07	-	μs
	Fall time	tf		-	0.03	-	-	0.03	-	μs

*1: P5587: I_F=0 mA, P5588: I_F=15 mA
*2: P5587: I_F=15 mA, P5588: I_F=0 mA
*3: P5587: I_{FHL}/I_{FLH}, P5588: I_{FLH}/I_{FHL}

Note) Connect a 0.01 μF capacitor or larger between Vcc and GND.

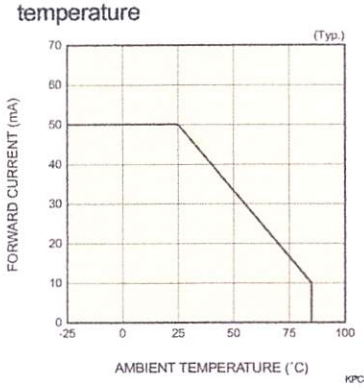
P8587, P8588

Photo IC output (digital photoelectric)

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

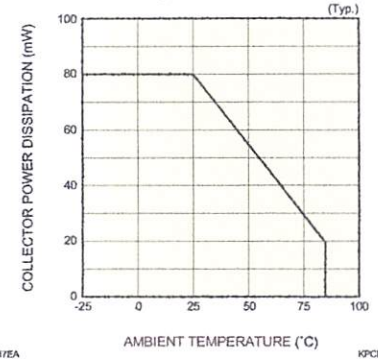
[redacted]						
[redacted]						
[redacted]						

LED forward current vs. ambient temperature



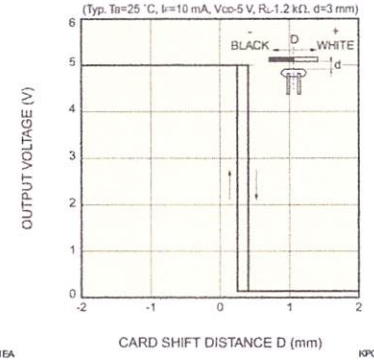
KPCB0017EA

Photo IC power dissipation vs. ambient temperature



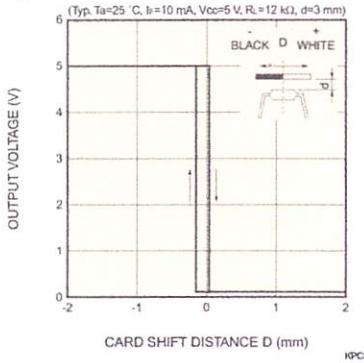
KPCB0001EA

Position detection characteristic (P5587)



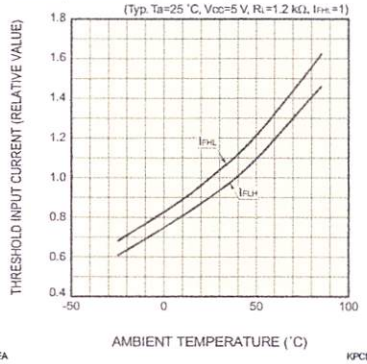
KPCB0008EA

Position detection characteristic (P5587)



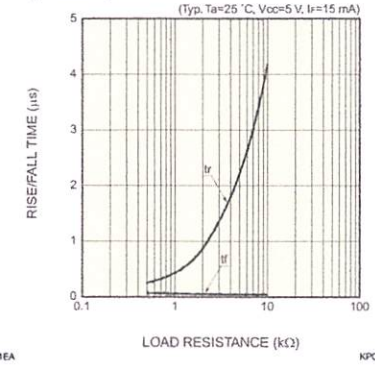
KPCB0009EA

Threshold input current vs. ambient temperature (P5587)



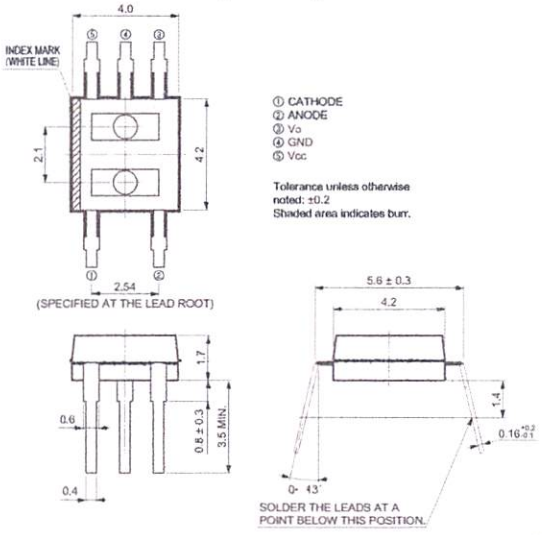
KPCB0011EA

Rise/fall time vs. load resistance (P5587)



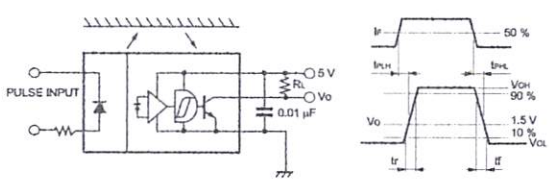
KPCB0012EA

Dimensional outline (unit: mm)



KPCA0002EA

Response time measurement circuit (P5587)



KPCC0001EA

HAMAMATSU

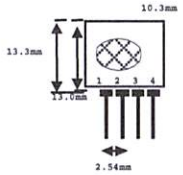
Information furnished by HAMAMATSU is believed to be reliable. However, no responsibility is assumed for possible inaccuracies or omissions.
Specifications are subject to change without notice. No patent rights are granted to any of the circuits described herein. ©2001 Hamamatsu Photonics K.K.

MAMATSU PHOTONICS K.K., Solid State Division
26-1 Ichino-cho, Hamamatsu City, 435-8558 Japan, Telephone: (81) 053-434-3311, Fax: (81) 053-434-5184, http://www.hamamatsu.com
.A.: Hamamatsu Corporation: 360 Foothill Road, P.O.Box 6910, Bridgewater, N.J. 08807-0910, U.S.A., Telephone: (1) 908-231-0960, Fax: (1) 908-231-1218
many: Hamamatsu Photonics Deutschland GmbH: Arzbergerstr. 10, D-82211 Herrsching am Ammersee, Germany, Telephone: (49) 08152-3750, Fax: (49) 08152-2658
nce: Hamamatsu Photonics France S.A.R.L.: 8, Rue du Saule Trapu, Parc du Moulin de Massy, 91882 Massy Cedex, France, Telephone: 33-(1) 69 53 71 00, Fax: 33-(1) 69 53 71 10
ed Kingdom: Hamamatsu Photonics UK Limited: 2 Howard Court, 10 Tewin Road, Welwyn Garden City, Hertfordshire AL7 1BW, United Kingdom, Telephone: (44) 1707-294888, Fax: (44) 1707-325777
th Europe: Hamamatsu Photonics Norden AB: Smidesvägen 12, SE-171 41 Solna, Sweden, Telephone: (46) 8-509-031-00, Fax: (46) 8-509-031-01
: Hamamatsu Photonics Italia S.R.L.: Strada della Moia, 1/E, 20020 Arese, (Milano), Italy, Telephone: (39) 02-935-81-733, Fax: (39) 02-935-81-741

Cat. No. KPC1003E02
May 2001 DN

TLP434A Ultra Small Transmitter

Easy-Link Wireless



pin 1 : GND
pin 2 : Data In
pin 3 : Vcc
pin 4 : Antenna (RF output)

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

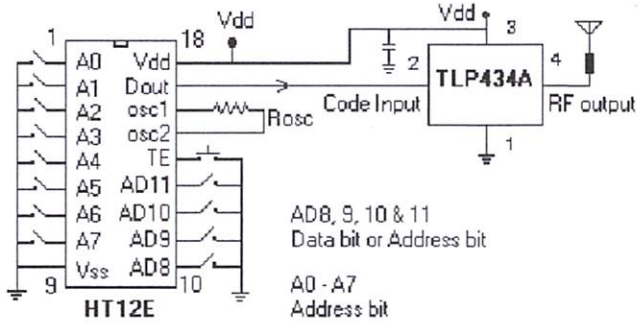
Modulation : ASK
Operation Voltage : 2 - 12 VDC

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
Vl	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 9V-12V	-	16	-	dBm
		Vcc = 5V-6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	External Encoding	512	4.8K	200K	bps

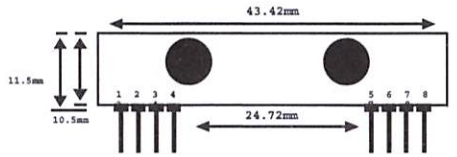
Notes : (Case Temperature = 25°C +- 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm)

Application Circuit :

Typical Key-chain Transmitter using HT12E-18DIP, a Binary 12 bit Encoder from Holtek Semiconductor Inc.



RLP434A SAW Based Receiver



pin 1 : Gnd
pin 2 : Digital Data Output
pin 3 : RSSI
pin 4 : Vcc
pin 5 : Vcc
pin 6 : E/D (Enable = 1, Disable = 0)
pin 7 : Gnd
pin 8 : Antenna

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

Modulation : ASK
Supply Voltage : 3.3 - 6.0 VDC
Output : Digital & Linear

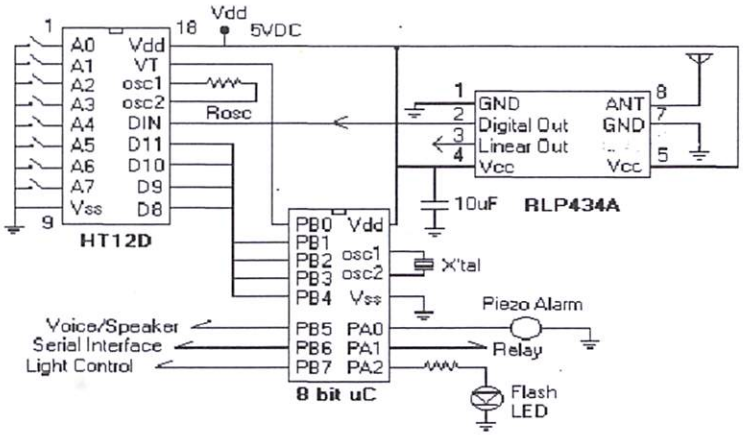
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
Vcc	Operating supply voltage		3.3	5.0V	6.0	V
Itot	Operating Current		-	4.5		mA
Vdata	Data Out	Idata = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		Idata = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V

Electrical Characteristics

Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit
Operation Radio Frequency	FC		315, 418 and 433.92		MHz
Sensitivity	Pref		-110		dBm
Channel Width			+-500		Khz
Noise Equivalent BW			4		Khz
Receiver Turn On Time			5		ms
Operation Temperature	Top	-20	-	80	C
Baseboard Data Rate			4.8		KHz

Application Circuit :

Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC HT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.



FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

August 1986
Revised April 2000

DM74LS164
8-Bit Serial In/Parallel Out Shift Register

General Description

These 8-bit shift registers feature gated serial inputs and an asynchronous clear. A low logic level at either input inhibits entry of the new data, and resets the first flip-flop to the low level at the next clock pulse, thus providing complete control over incoming data. A high logic level on either input enables the other input, which will then determine the state of the first flip-flop. Data at the serial inputs may be changed while the clock is HIGH or LOW, but only information meeting the setup and hold time requirements will be entered. Clocking occurs on the LOW-to-HIGH level transition of the clock input. All inputs are diode-clamped to minimize transmission-line effects.

Features

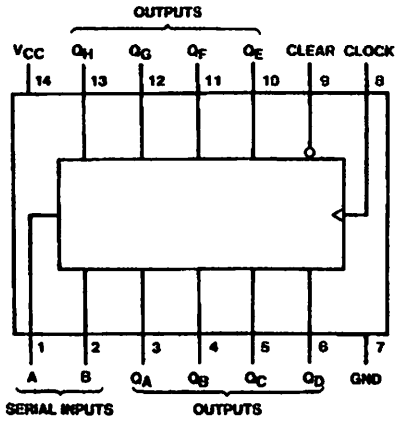
- Gated (enable/disable) serial inputs
- Fully buffered clock and serial inputs
- Asynchronous clear
- Typical clock frequency 38 MHz
- Typical power dissipation 80 mW

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS164M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS164N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

Inputs				Outputs			
Clear	Clock	A	B	Q_A	Q_B	...	Q_H
L	X	X	X	L	L	...	L
H	L	X	X	Q_{A0}	Q_{B0}	...	Q_{H0}
H	↑	H	H	H	Q_{An}	...	Q_{Gn}
H	↑	L	X	L	Q_{An}	...	Q_{Gn}
H	↑	X	L	L	Q_{An}	...	Q_{Gn}

H = HIGH Level (steady state)
L = LOW Level (steady state)
X = Don't Care (any input, including transitions)
↑ = Transition from LOW-to-HIGH level
Q_{A0}, Q_{B0}, Q_{H0} = The level of Q_A, Q_B, or Q_H, respectively, before the indicated steady-state input conditions were established.
Q_{An}, Q_{Gn} = The level of Q_A or Q_G before the most recent ↑ transition of the clock; indicates a one-bit shift.

© 2000 Fairchild Semiconductor Corporation

August 1986
Revised April 2000

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

DM74LS164
8-Bit Serial In/Parallel Out Shift Register

General Description

These 8-bit shift registers feature gated serial inputs and an asynchronous clear. A low logic level at either input inhibits entry of the new data, and resets the first flip-flop to the low level at the next clock pulse, thus providing complete control over incoming data. A high logic level on either input enables the other input, which will then determine the state of the first flip-flop. Data at the serial inputs may be changed while the clock is at either HIGH or LOW, but only information meeting the setup and hold time requirements will be entered. Clocking occurs on the LOW-to-HIGH level transition of the clock input. All inputs are diode-clamped to minimize transmission line effects.

Features

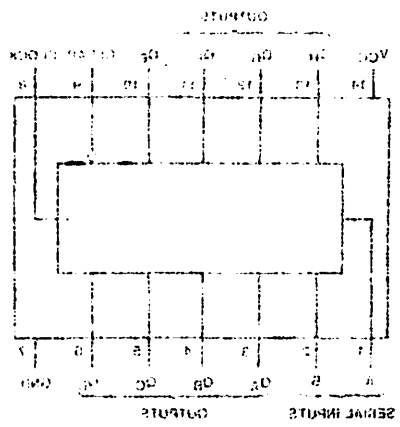
- Gated (enable/disable) serial inputs
- Fully buffered clock and serial inputs
- Asynchronous clear
- Typical clock frequency: 36 MHz
- Typical power dissipation 80 mW

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS164M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS164N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



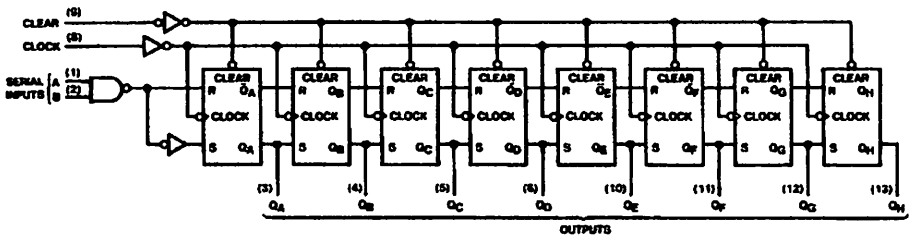
Function Table

Inputs				Outputs			
Clear	Clock	A	B	Q_A	Q_B	...	Q_H
L	X	X	X	L	L		L
H	L	X	X	Q_{A0}	Q_{B0}		Q_{H0}
H	↑	H	H	H	Q_{An}		Q_{Gn}
H	↑	L	X	L	Q_{An}		Q_{Gn}
H	↑	X	L	L	Q_{An}		Q_{Gn}

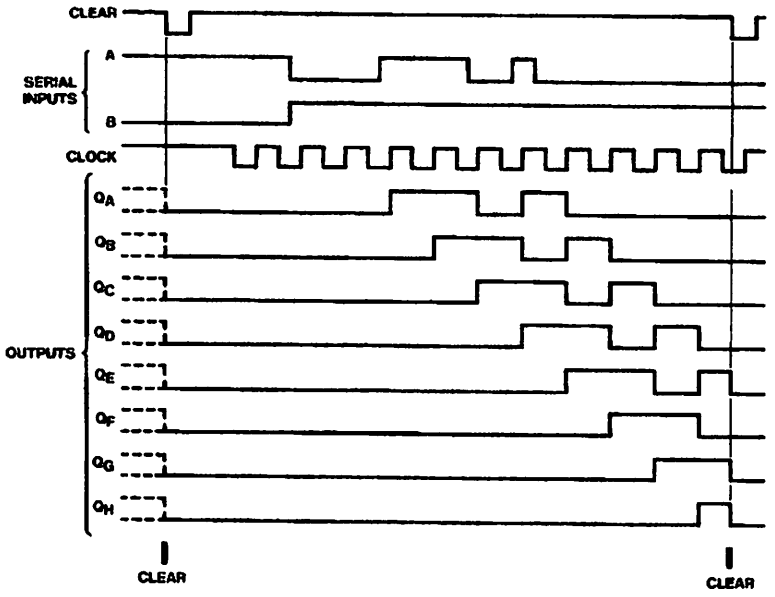
H = HIGH Level (steady state)
L = LOW Level (steady state)
↑ = LOW-to-HIGH transition
X = Either LOW or HIGH level (immaterial)
Q_{An}, Q_{Gn} = The first or second stable state preceding the LOW-to-HIGH transition of clock
Q_{A0}, Q_{B0}, Q_{H0} = The level of Q_A, Q_B, or Q_H before the indicated input conditions were established
Q_{An} = The level of Q_A before the most recent ↑ transition of clock; indicates one bit of shift

© 2000 Fairchild Semiconductor Corporation

Logic Diagram



Timing Diagram



Logic Diagram

Timing Diagram

www.fairchildsemi.com

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" tables will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter		Min	Nom	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage		4.75	5	5.25	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage		2			V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage				0.8	V
I_{OH}	HIGH Level Output Current				−0.4	mA
I_{OL}	LOW Level Output Current				8	mA
f_{CLK}	Clock Frequency (Note 2)		0		25	MHz
t_W	Pulse Width	Clock	20			ns
	(Note 2)	Clear	20			
t_{SU}	Data Setup Time (Note 2)		17			ns
t_H	Data Hold Time (Note 2)		5			ns
t_{REL}	Clear Release Time (Note 2)		30			ns
T_A	Free Air Operating Temperature		0		70	°C

Note 2: $T_A = 25°C$ and $V_{CC} = 5V$.

Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 3)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	V_{CC} = Min, I_I = −18 mA			−1.5	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OH} = Max, V_{IL} = Max, V_{IH} = Min	2.7	3.4		V
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OL} = Max, V_{IL} = Max, V_{IH} = Min		0.35	0.5	V
		I_{OL} = 4 mA, V_{CC} = Min		0.25	0.4	
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	V_{CC} = Max, V_I = 7V			0.1	mA
I_{IH}	HIGH Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 2.7V			20	µA
I_{IL}	LOW Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 0.4V			−0.4	mA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	V_{CC} = Max (Note 4)	−20		−100	mA
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = Max (Note 5)		16	27	mA

Note 3: All typicals are at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25°C$.

Note 4: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Note 5: I_{CC} is measured with all outputs OPEN, the SERIAL input grounded, the CLOCK input at 2.4V, and a momentary ground, then 4.5V, applied to the CLEAR input.

Switching Characteristics

at $V_{CC} = 5V$ and $T_A = 25°C$

Symbol	Parameter	From (Input) To (Output)	$R_L = 2\ k\Omega$				Units
			$C_L = 15\ pF$		$C_L = 50\ pF$		
			Min	Max	Min	Max	
f_{MAX}	Maximum Clock Frequency		25				MHz
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Clock to Output		27		30	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Clock to Output		32		40	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Clear to Output		36		45	ns

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	65°C to +155°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parameters listed are given as the Electrical Characteristics and Operating Conditions. Unless otherwise noted, the Electrical Characteristics are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter		Min	Nom	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage		4.75	5	5.25	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage		2			V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage				0.8	V
I_{OH}	HIGH Level Output Current				0.4	mA
I_{OL}	LOW Level Output Current				8	mA
I_{CLK}	Clock Frequency (Note 2)		0		25	MHz
t_{W}	Pulse Width (Note 2)	Clock	20			ns
		Clear	20			
t_{SU}	Data Setup Time (Note 2)		17			ns
t_{H}	Data Hold Time (Note 2)		5			ns
t_{REL}	Clear Release Time (Note 2)		30			ns
T_A	Free Air Operating Temperature		0		70	°C

Note 2: T_A = 25°C and V_{CC} = 5V

Electrical Characteristics

Unless otherwise noted operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 3)	Max	Units
V_{I}	Input Clamp Voltage	V_{CC} = Max, I_{IN} = 18 mA			1.5	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OH} = Max	2.7	3.5		V
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OL} = Max		0.35	0.5	V
		V_{IL} = Max, V_{IH} = Min		0.25	0.4	
I_{I}	Input Current @ Max Input Voltage	V_{CC} = Max, V_{IN} = 7V			0.1	mA
I_{IH}	HIGH Level Input Current	V_{CC} = Max, V_{IN} = 2.7V			0.1	mA
I_{IL}	LOW Level Input Current	V_{CC} = Max, V_{IN} = 0.4V			0.4	mA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	V_{CC} = Max (Note 4)	20		100	mA
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = Max (Note 5)		16	27	mA

Note 3: All typical values at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

Note 4: Not more than one output should be shorted at a time. Duration of the short circuit should not exceed one second.

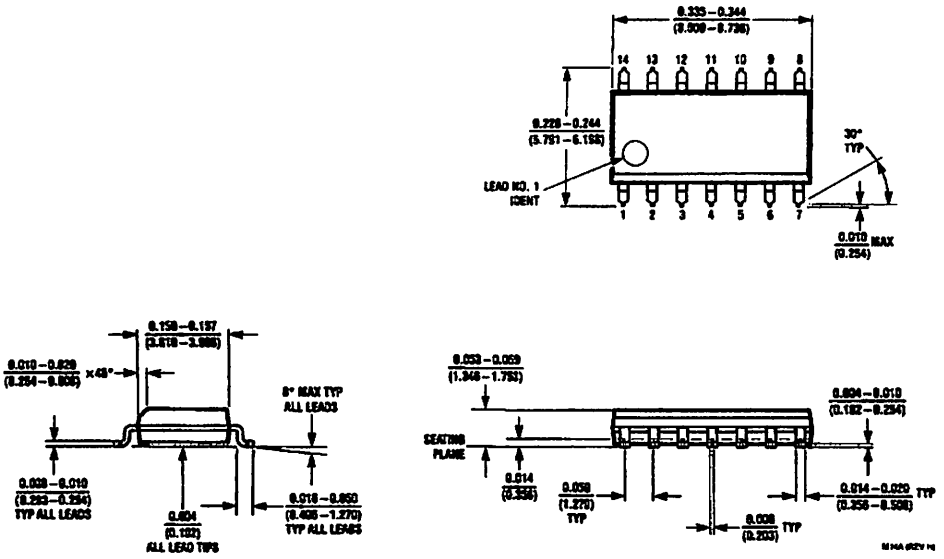
Note 5: I_{CC} is measured with all outputs in the HIGH Level Output Current, the CLOCK input at 2.4V, and the Clear Input at 4.5V, the Inputs at 0.5V (Ref. Note 4)

Switching Characteristics

at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C

Symbol	Parameter	From (Input) To (Output)	I_{CC} = 2.1 mA				Units
			C_L = 15 pF		C_L = 50 pF		
			Min	Max	Min	Max	
T_{MAX}	Maximum Clock Frequency		25				MHz
t_{PLH}	Propagation Delay Time to Logical Level Output	Clock to Output		27		37	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH to LOW Level Output	Clock to Output		30		45	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time HIGH to LOW Level Output	Clear to Output		35		45	ns

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

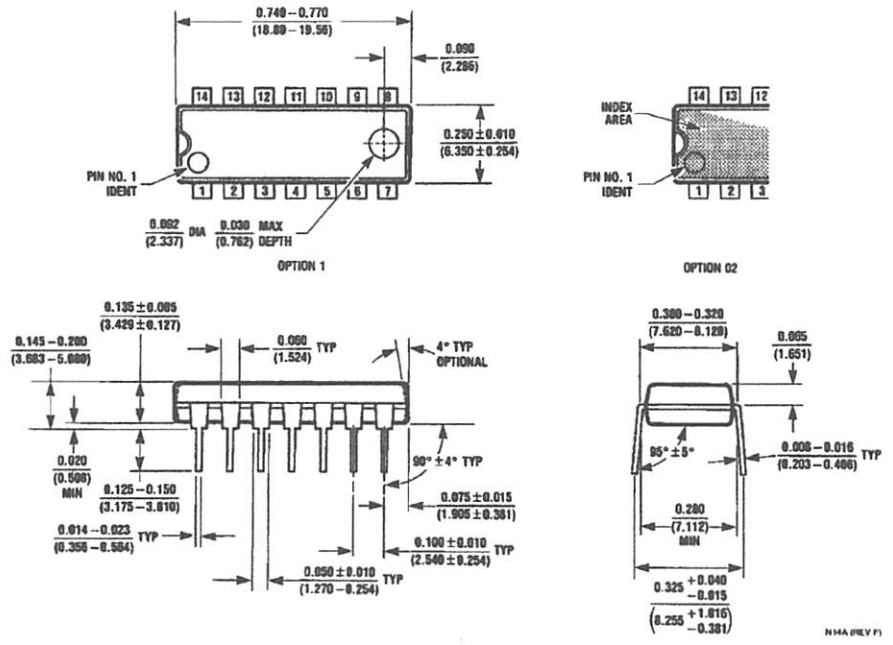


14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
Package Number M14A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
Package Number M14A

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



14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide
Package Number N14A

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

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

www.fairchildsemi.com

Physical Dimensions

14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide
Package Number N14A

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

LIFE SUPPORT POLICY

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

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

19-0175; Rev 3; 5/96

MAXIM

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

General Description

The MAX202E–MAX213E, MAX232E/MAX241E line drivers/receivers are designed for RS-232 and V.28 communications in harsh environments. Each transmitter output and receiver input is protected against ±15kV electrostatic discharge (ESD) shocks, without latchup. The various combinations of features are outlined in the *Selection Guide*. The drivers and receivers for all ten devices meet all EIA/TIA-232E and CCITT V.28 specifications at data rates up to 120kbps, when loaded in accordance with the EIA/TIA-232E specification.

The MAX211E/MAX213E/MAX241E are available in 28-pin SO packages, as well as a 28-pin SSOP that uses 60% less board space. The MAX202E/MAX232E come in 16-pin narrow SO, wide SO, and DIP packages. The MAX203E comes in a 20-pin DIP/SO package, and needs no external charge-pump capacitors. The MAX205E comes in a 24-pin wide DIP package, and also eliminates external charge-pump capacitors. The MAX206E/MAX207E/MAX208E come in 24-pin SO, SSOP, and narrow DIP packages. The MAX232E/MAX241E operate with four 1µF capacitors, while the MAX202E/MAX206E/MAX207E/MAX208E/MAX211E/MAX213E operate with four 0.1µF capacitors, further reducing cost and board space.

Applications

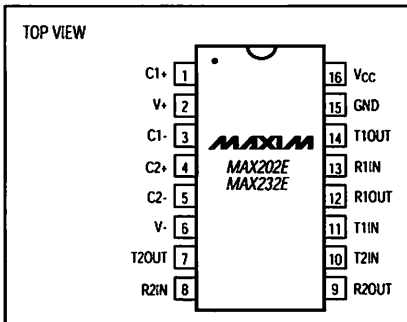
Notebook, Subnotebook, and Palmtop Computers
Battery-Powered Equipment
Hand-Held Equipment

Ordering Information appears at end of data sheet.

Features

- **ESD Protection for RS-232 I/O Pins:**
  ±15kV—Human Body Model
  ±8kV—IEC1000-4-2, Contact Discharge
  ±15kV—IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge
- **Latchup Free (unlike bipolar equivalents)**
- **Guaranteed 120kbps Data Rate—LapLink™ Compatible**
- **Guaranteed 3V/µs Min Slew Rate**
- **Operate from a Single +5V Power Supply**

Pin Configurations



DIP/SO

Pin Configurations and Typical Operating Circuits continued at end of data sheet.

Selection Guide

PART	No. of RS-232 DRIVERS	No. of RS-232 RECEIVERS	RECEIVERS ACTIVE IN SHUTDOWN	No. of EXTERNAL CAPACITORS	LOW-POWER SHUTDOWN	TTL THREE-STATE
MAX202E	2	2	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX203E	2	2	0	None	No	No
MAX205E	5	5	0	None	Yes	Yes
MAX206E	4	3	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX207E	5	3	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX208E	4	4	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX211E	4	5	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX213E	4	5	2	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX232E	2	2	0	4 (1µF)	No	No
MAX241E	4	5	0	4 (1µF)	Yes	Yes

LapLink is a registered trademark of Traveling Software, Inc.

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

VCC ..... -0.3V to +6V
V+ ..... (VCC - 0.3V) to +14V
V- ..... -14V to +0.3V
Input Voltages
T_IN ..... -0.3V to (V+ + 0.3V)
R_IN ..... ±30V
Output Voltages
T_OUT ..... (V- - 0.3V) to (V+ + 0.3V)
R_OUT ..... -0.3V to (VCC + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_OUT ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
20-Pin SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
24-Pin Wide Plastic DIP
(derate 14.29mW/°C above +70°C) 1.14W
24-Pin SO (derate 11.76mW/°C above +70°C) 941mW
24-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
28-Pin SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _EC_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2_ _EE_ _ ..... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +165°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

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

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(VCC = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; VCC = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1–C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1–C4 = 1µF for MAX232E/241E; TA = TMIN to TMAX; unless otherwise noted. Typical values are at TA = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
DC CHARACTERISTICS							
VCC Supply Current	ICC	No load, TA = +25°C	MAX202E/203E		8	15	mA
			MAX205E–208E		11	20	
			MAX211E/213E		14	20	
			MAX232E		5	10	
			MAX241E		7	15	
Shutdown Supply Current		TA = +25°C, Figure 1	MAX205E/206E		1	10	µA
			MAX211E/241E		1	10	
			MAX213E		15	50	
LOGIC							
Input Pull-Up Current		T_IN = 0V (MAX205E–208E/211E/213E/241E)			15	200	µA
Input Leakage Current		T_IN = 0V to VCC (MAX202E/203E/232E)				±10	µA
Input Threshold Low	VIL	T_IN; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX213E) or $\overline{EN}$, SHDN (MAX205E–208E/211E/241E)				0.8	V
Input Threshold High	VIH	T_IN		2.0			V
		EN, $\overline{SHDN}$ (MAX213E) or $\overline{EN}$, SHDN (MAX205E–208E/211E/241E)		2.4			
Output Voltage Low	VOL	R_OUT; IOUT = 3.2mA (MAX202E/203E/232E) or IOUT = 1.6mA (MAX205E/208E/211E/213E/241E)				0.4	V
Output Voltage High	VOH	R_OUT; IOUT = -1.0mA		3.5	VCC - 0.4		V
Output Leakage Current		$\overline{EN}$ = VCC, EN = 0V, 0V ≤ ROUT ≤ VCC, MAX205E–208E/211E/213E/241E outputs disabled			±0.05	±10	µA

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1–C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1–C4 = 1µF for MAX232E/241E; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

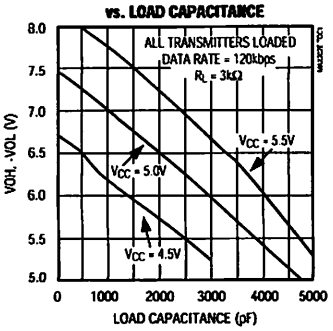
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
EIA/TIA-232E RECEIVER INPUTS							
Input Voltage Range				-30		30	V
Input Threshold Low		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	All parts, normal operation	0.8	1.2		V
			MAX213E, $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}	0.6	1.5		
Input Threshold High		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	All parts, normal operation		1.7	2.4	V
			MAX213E (R4, R5), $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}		1.5	2.4	
Input Hysteresis		V_{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
Input Resistance		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V		3	5	7	kΩ
EIA/TIA-232E TRANSMITTER OUTPUTS							
Output Voltage Swing		All drivers loaded with 3kΩ to ground (Note 1)		±5	±9		V
Output Resistance		V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300			Ω
Output Short-Circuit Current					±10	±60	mA
TIMING CHARACTERISTICS							
Maximum Data Rate		R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 1000pF, one transmitter switching		120			kbps
Receiver Propagation Delay	t_{PLHR}, t_{PHLR}	C_L = 150pF	All parts, normal operation		0.5	10	µs
			MAX213E (R4, R5), $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}		4	40	
Receiver Output Enable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2			600		ns
Receiver Output Disable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2			200		ns
Transmitter Propagation Delay	t_{PLHT}, t_{PHLT}	R_L = 3kΩ, C_L = 2500pF, all transmitters loaded			2		µs
Transition-Region Slew Rate		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 1000pF, measured from -3V to +3V or +3V to -3V, Figure 3		3	6	30	V/µs
ESD PERFORMANCE: TRANSMITTER OUTPUTS, RECEIVER INPUTS							
ESD-Protection Voltage		Human Body Model			±15		kV
		IEC1000-4-2, Contact Discharge			±8		
		IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge			±15		

Note 1: MAX211EE_ _ tested with V_{CC} = +5V ±5%.

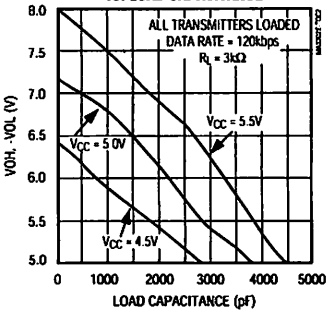
Typical Operating Characteristics

(Typical Operating Circuits, V_{CC} = +5V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

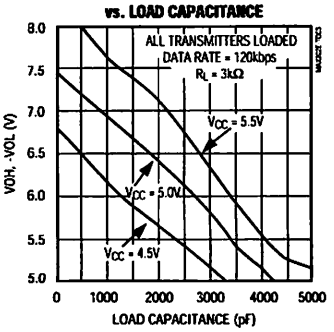
MAX232E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



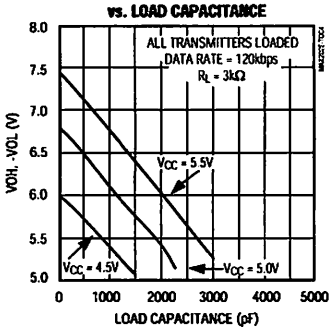
MAX202E/MAX203E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



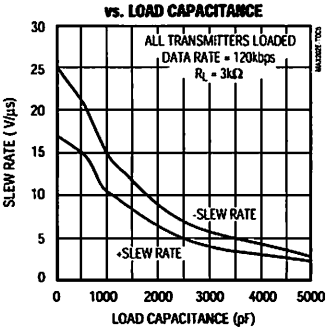
MAX241E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



MAX211E/MAX213E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



MAX211E/MAX213E/MAX241E
TRANSMITTER SLEW RATE
vs. LOAD CAPACITANCE



Pin Descriptions

MAX202E/MAX232E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP/SO	LCC		
1, 3	2, 4	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
2	3	V+	+2V_{CC} voltage generated by the charge pump
4, 5	5, 7	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
6	8	V-	-2V_{CC} voltage generated by the charge pump
7, 14	9, 18	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
8, 13	10, 17	R_IN	RS-232 Receiver Outputs
9, 12	12, 15	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
10, 11	13, 14	T_IN	RS-232 Driver Inputs
15	19	GND	Ground
16	20	V_{CC}	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
—	1, 6, 11, 16	N.C.	No Connect—not internally connected.

MAX203E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP	SO		
1, 2	1, 2	T_IN	RS-232 Driver Inputs
3, 20	3, 20	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
4,19	4, 19	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5,18	5, 18	T_OUT	RS-232 Transmitter Outputs
6, 9	6, 9	GND	Ground
7	7	V_{CC}	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
8	13	C1+	Make no connection to this pin.
10, 16	11, 16	C2-	Connect pins together.
12, 17	10, 17	V-	-2V_{CC} voltage generated by the charge pump. Connect pins together.
13	14	C1-	Make no connection to this pin.
14	8	V+	+2V_{CC} voltage generated by the charge pump
11, 15	12, 15	C2+	Connect pins together.

MAX205E

PIN	NAME	FUNCTION
1–4, 19	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
5, 10, 13, 18, 24	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
6, 9, 14, 17, 23	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
7, 8, 15, 16, 22	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V_{CC}.
11	GND	Ground
12	V_{CC}	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
20	$\overline{EN}$	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

[illegible] Environmental Noise Assessment

[illegible]

[illegible]

[illegible]

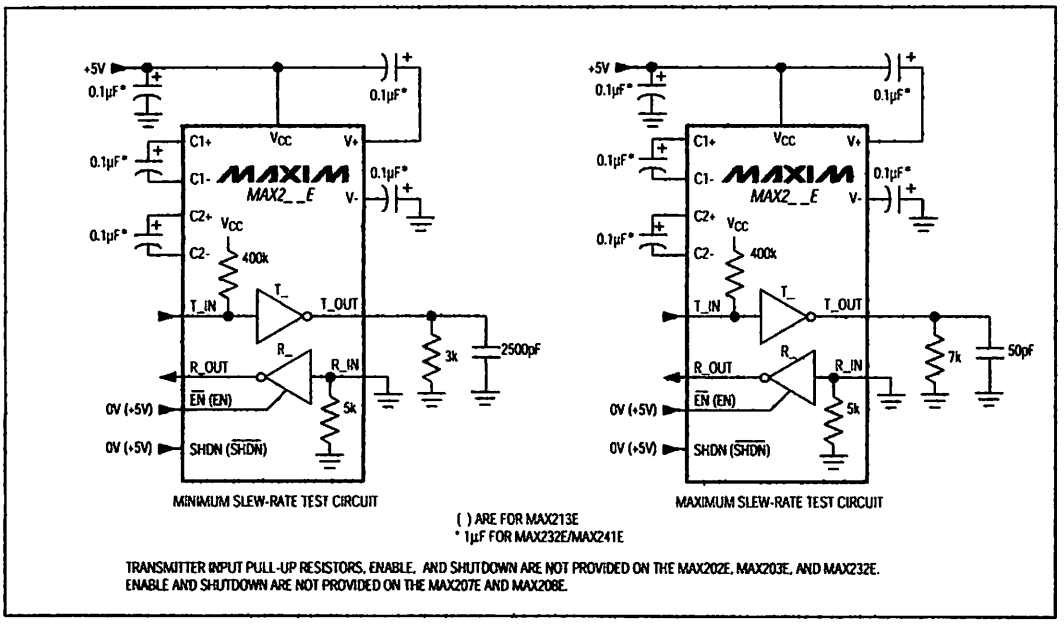


Figure 3. Transition Slew-Rate Circuit

Detailed Description

The MAX202E–MAX213E, MAX232E/MAX241E consist of three sections: charge-pump voltage converters, drivers (transmitters), and receivers. These E versions provide extra protection against ESD. They survive ±15kV discharges to the RS-232 inputs and outputs, tested using the Human Body Model. When tested according to IEC1000-4-2, they survive ±8kV contact-discharges and ±15kV air-gap discharges. The rugged E versions are intended for use in harsh environments or applications where the RS-232 connection is frequently changed (such as notebook computers). The standard (non-"E") MAX202, MAX203, MAX205–MAX208, MAX211, MAX213, MAX232, and MAX241 are recommended for applications where cost is critical.

+5V to ±10V Dual Charge-Pump Voltage Converter

The +5V to ±10V conversion is performed by dual charge-pump voltage converters (Figure 4). The first charge-pump converter uses capacitor C1 to double the +5V into +10V, storing the +10V on the output filter capacitor, C3. The second uses C2 to invert the +10V into -10V, storing the -10V on the V- output filter capacitor, C4.

In shutdown mode, V+ is internally connected to Vcc by a 1kΩ pull-down resistor, and V- is internally connected to ground by a 1kΩ pull-up resistor.

RS-232 Drivers

With Vcc = 5V, the typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver. The output swing is guaranteed to meet EIA/TIA-232E and V.28 specifications that call for ±5V minimum output levels under worst-case conditions. These include a 3kΩ load, minimum Vcc, and maximum operating temperature. The open-circuit output voltage swings from (V+ - 0.6V) to V-.

Input thresholds are CMOS/TTL compatible. The unused drivers' inputs on the MAX205E–MAX208E, MAX211E, MAX213E, and MAX241E can be left unconnected because 400kΩ pull-up resistors to Vcc are included on-chip. Since all drivers invert, the pull-up resistors force the unused drivers' outputs low. The MAX202E, MAX203E, and MAX232E do not have pull-up resistors on the transmitter inputs.

When in low-power shutdown mode, the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E driver outputs are turned off and draw only leakage currents—even if they are back-driven with voltages between 0V and 12V. Below -0.5V in shutdown, the transmitter output is diode-clamped to ground with a 1kΩ series impedance.

RS-232 Receivers

The receivers convert the RS-232 signals to CMOS-logic output levels. The guaranteed 0.8V and 2.4V receiver input thresholds are significantly tighter than the ±3V thresholds required by the EIA/TIA-232E specification. This allows the receiver inputs to respond to TTL/CMOS-logic levels, as well as RS-232 levels.

The guaranteed 0.8V input low threshold ensures that receivers shorted to ground have a logic 1 output. The 5kΩ input resistance to ground ensures that a receiver with its input left open will also have a logic 1 output.

Receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis. This provides clean output transitions, even with slow rise/fall-time signals with moderate amounts of noise and ringing.

In shutdown, the MAX213E's R4 and R5 receivers have no hysteresis.

Shutdown and Enable Control (MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E)

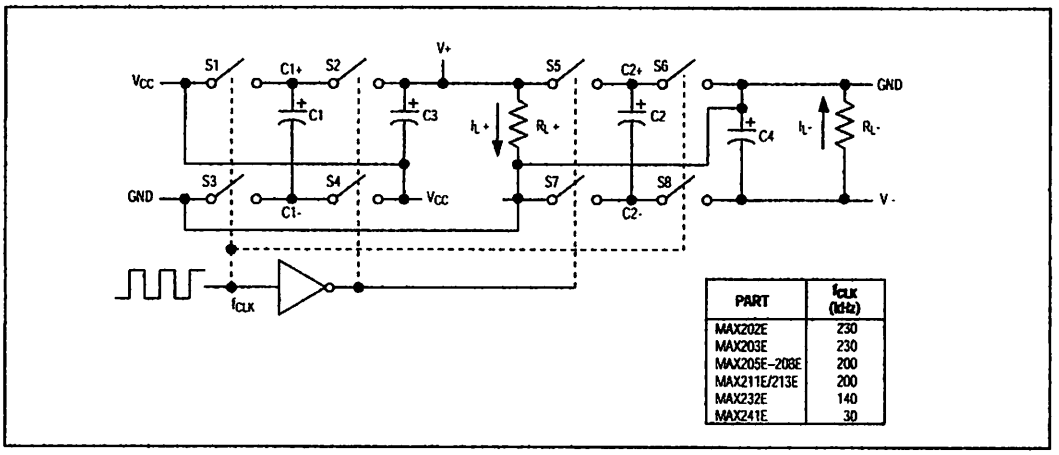
In shutdown mode, the charge pumps are turned off, V+ is pulled down to V_{CC}, V- is pulled to ground, and the transmitter outputs are disabled. This reduces supply current typically to 1µA (15µA for the MAX213E). The time required to exit shutdown is under 1ms, as shown in Figure 5.

Receivers

All MAX213E receivers, except R4 and R5, are put into a high-impedance state in shutdown mode (see Tables 1a and 1b). The MAX213E's R4 and R5 receivers still function in shutdown mode. These two awake-in-shutdown receivers can monitor external activity while maintaining minimal power consumption.

The enable control is used to put the receiver outputs into a high-impedance state, to allow wire-OR connection of two EIA/TIA-232E ports (or ports of different types) at the UART. It has no effect on the RS-232 drivers or the charge pumps.

Note: The enable control pin is active low for the MAX211E/MAX241E (EN), but is active high for the MAX213E (EN). The shutdown control pin is active high for the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E (SHDN), but is active low for the MAX213E (SHDN).



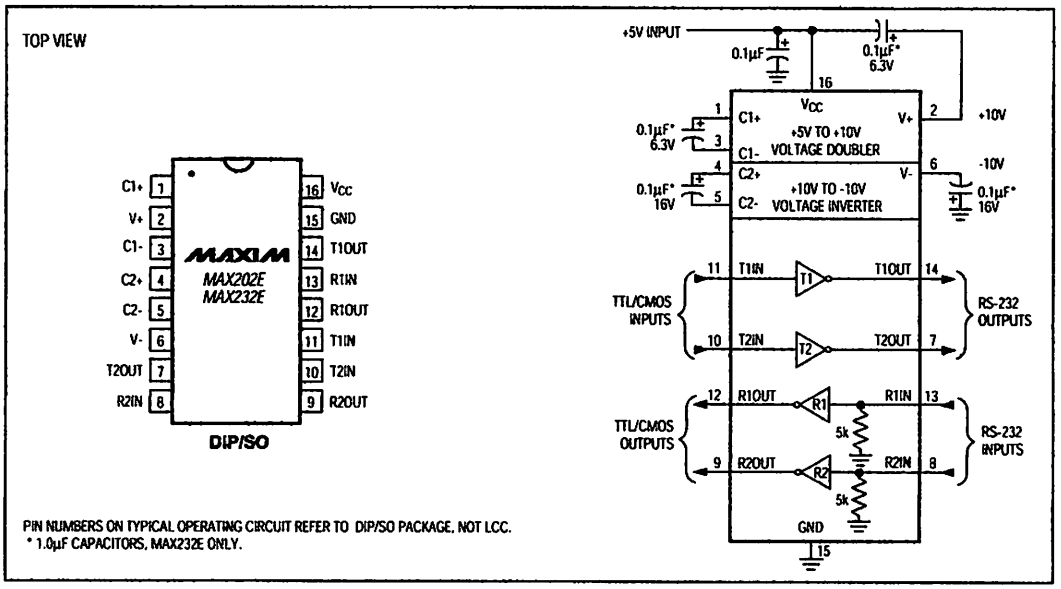
PART	f_{CLK} (kHz)
MAX202E	230
MAX203E	230
MAX205E–208E	200
MAX211E/213E	200
MAX232E	140
MAX241E	30

Figure 4. Charge-Pump Diagram

Table 3. DB9 Cable Connections Commonly Used for EIA/TIAE-232E and V.24 Asynchronous Interfaces

PIN	CONNECTION	
1	Received Line Signal Detector (sometimes called Carrier Detect, DCD)	Handshake from DCE
2	Receive Data (RD)	Data from DCE
3	Transmit Data (TD)	Data from DTE
4	Data Terminal Ready	Handshake from DTE
5	Signal Ground	Reference point for signals
6	Data Set Ready (DSR)	Handshake from DCE
7	Request to Send (RTS)	Handshake from DTE
8	Clear to Send (CTS)	Handshake from DCE
9	Ring Indicator	Handshake from DCE

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

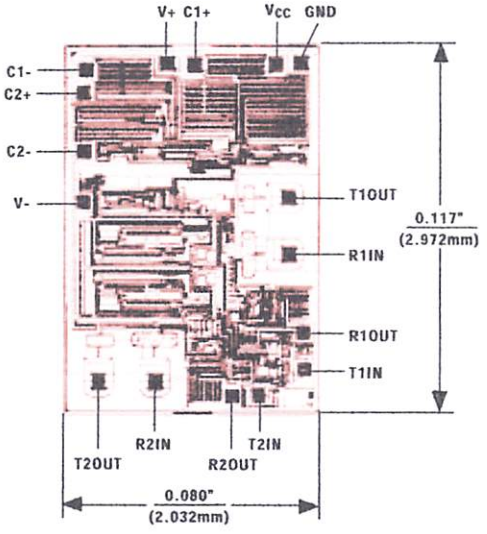


PIN NUMBERS ON TYPICAL OPERATING CIRCUIT REFER TO DIP/SO PACKAGE, NOT LCC.
* 1.0µF CAPACITORS, MAX232E ONLY.

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

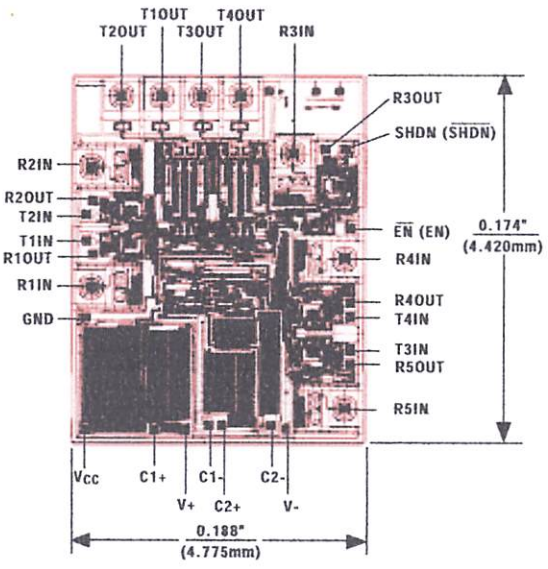
Chip Topographies

MAX202E/MAX232E



TRANSISTOR COUNT: 123
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

MAX211E/MAX213E/MAX241E



( ) ARE FOR MAX213E ONLY

TRANSISTOR COUNT: 542
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

Chip Information

MAX205E/MAX206E/MAX207E/MAX208E
TRANSISTOR COUNT: 328
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

LM358, LM258, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

Single Supply Dual Operational Amplifiers

Utilizing the circuit designs perfected for Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature low power drain, a common mode input voltage range extending to ground/V_{EE}, and single supply or split supply operation. The LM358 series is equivalent to one–half of an LM324.

These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V, with quiescent currents about one–fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

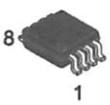
- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V (LM258/LM358)
  3.0 V to 26 V (LM2904, A, V)
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation

ON Semiconductor®

http://onsemi.com

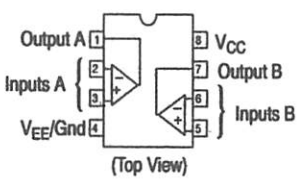
PDIP–8
N, AN, VN SUFFIX
CASE 626

SO–8
D, VD SUFFIX
CASE 751



Micro8™
DMR2 SUFFIX
CASE 846A

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 10 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 11 of this data sheet.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2002

LM358, LM358, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

Single Supply Dual Operational Amplifiers

The LM358 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V, with quiescent currents about one−fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V (LM358, LM358A)
  (LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904)
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Operation

Figure 1.

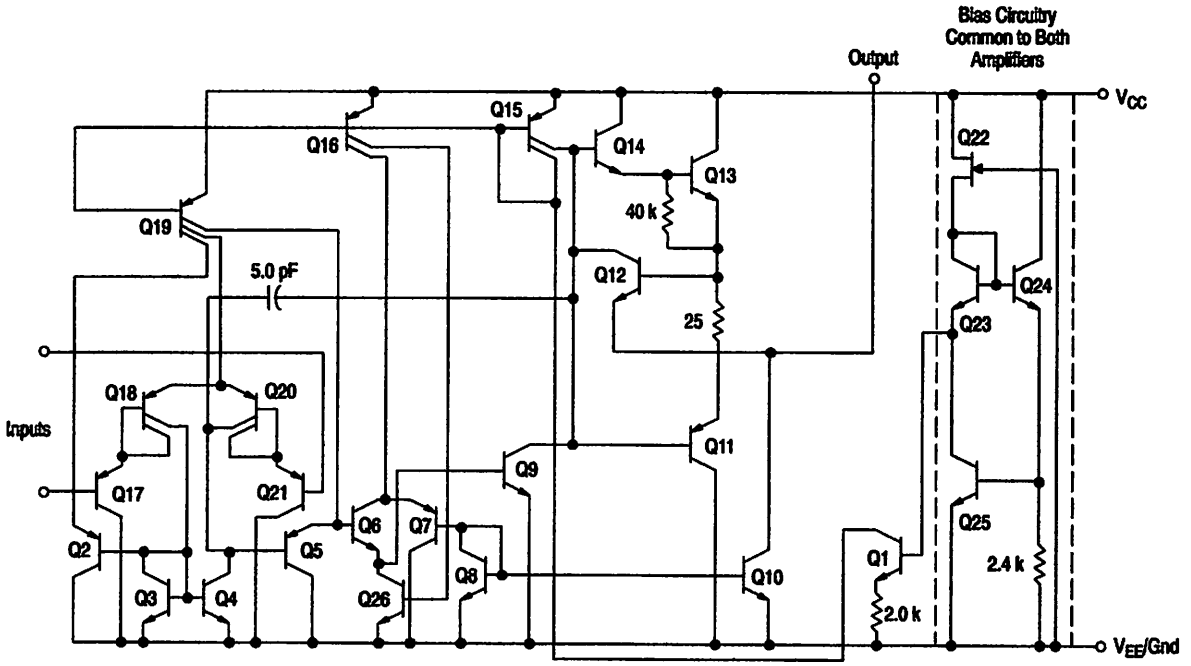


Figure 2. Representative Schematic Diagram
(One–Half of Circuit Shown)

Figure 1.

Figure 2. Representative Schematic Diagram
(One−Half of Circuit Shown)

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM258 LM358	LM2904, LM2904A LM2904V, NCV2904	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	 V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	 32 ±16	 26 ±13	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	±32	±26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V_{ICR}	−0.3 to 32	−0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		°C
Thermal Resistance, Junction−to−Air (Note 3)	$R_{\theta JA}$	238		°C/W
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55 to +125		°C
ESD Tolerance − Human Body Model (Note 4)	−	2000		V
Operating Ambient Temperature Range LM258 LM358 LM2904/LM2904A LM2904V, NCV2904 (Note 5)	T_A	 −25 to +85 0 to +70 − −	 − − −40 to +105 −40 to +125	°C

1. Split Power Supplies.
2. For Supply Voltages less than 32 V for the LM258/358 and 26 V for the LM2904, A, V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
3. $R_{\theta JA}$ for Case 848A.
4. ESD data available upon request.
5. *NCV2904 is qualified for automotive use.*

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM258 LM358	LM2904, LM2904A LM2904V, NCV2904	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	32 ±16	26 ±13	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	±32	±26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V_{ICR}	−0.3 to 32	−0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		°C
Thermal Resistance, Junction−to−Air (Note 3)	$R_{\theta JA}$	256		°C/W
Storage Temperature Range	T_{stg}	−65 to +150		°C
ESD Tolerance − Human Body Model (Note 4)	−	2000		V
Operating Ambient Temperature Range LM258 LM358 LM2904/LM2904A LM2904V, NCV2904 (Note 5)	T_A	 −25 to +85 0 to +70 − −	 −40 to +105 −40 to +125	°C

1. Split Power Supplies.
2. For Supply Voltages less than 32 V for the LM258, LM358 and 26 V for the LM2904, V_{ICR} does not go to the minimum input voltage but is equal to the supply voltage.
3. $R_{\theta JA}$ for Case 846A.
4. ESD rate available upon request.
5. NCV2904 is qualified for automotive use.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM258			LM358			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V_{CC} = 5.0 V to 30 V (26 V for LM2904, V), V_{IC} = 0 V to V_{CC} −1.7 V, $V_O \approx$ 1.4 V, R_S = 0 Ω	V_{IO}							mV
T_A = 25°C		–	2.0	5.0	–	2.0	7.0	
$T_A = T_{high}$ (Note 6)		–	–	7.0	–	–	9.0	
$T_A = T_{low}$ (Note 6)		–	–	7.0	–	–	9.0	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 6)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	–	7.0	–	–	7.0	–	μV/°C
Input Offset Current	I_{IO}	–	3.0	30	–	5.0	50	nA
$T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 6)		–	–	100	–	–	150	
Input Bias Current	I_{IB}	–	−45	−150	–	−45	−250	
$T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 6)		–	−50	−300	–	−50	−500	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 6)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	–	10	–	–	10	–	pA/°C
Input Common Mode Voltage Range (Note 7), V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V)	V_{ICR}	0	–	28.3	0	–	28.3	V
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), $T_A = T_{high}$ to T_{low}		0	–	28	0	–	28	
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain	A_{VOL}							V/mV
R_L = 2.0 kΩ, V_{CC} = 15 V, For Large V_O Swing,		50	100	–	25	100	–	
$T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 6)		25	–	–	15	–	–	
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	–	−120	–	–	−120	–	dB
Common Mode Rejection R_S ≤ 10 kΩ	CMR	70	85	–	65	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	–	65	100	–	dB
Output Voltage−High Limit $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 6)	V_{OH}							V
V_{CC} = 5.0 V, R_L = 2.0 kΩ, T_A = 25°C		3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), R_L = 2.0 kΩ		26	–	–	26	–	–	
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), R_L = 10 kΩ		27	28	–	27	28	–	
Output Voltage−Low Limit V_{CC} = 5.0 V, R_L = 10 kΩ, $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 6)	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	mV
Output Source Current V_{ID} = +1.0 V, V_{CC} = 15 V	I_{O+}	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current	I_{O-}							
V_{ID} = −1.0 V, V_{CC} = 15 V		10	20	–	10	20	–	mA
V_{ID} = −1.0 V, V_O = 200 mV		12	50	–	12	50	–	μA
Output Short Circuit to Ground (Note 8)	I_{SC}	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current (Total Device) $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 6)	I_{CC}							mA
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), V_O = 0 V, R_L = ∞		–	1.5	3.0	–	1.5	3.0	
V_{CC} = 5 V, V_O = 0 V, R_L = ∞		–	0.7	1.2	–	0.7	1.2	

6. LM258: T_{low} = −25°C, T_{high} = +85°C; LM358: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
   LM2904/LM2904A: T_{low} = −40°C, T_{high} = +105°C; LM2904V & NCV2904: T_{low} = −40°C, T_{high} = +125°C
   NCV2904 is qualified for automotive use.
7. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} −1.7 V.
8. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = +5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM258			LM358			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V_{CC} = 5.0 V to 30 V (26 V for LM2904, V) V_{IC} = 0 V to V_{CC} − 1.7 V, V_O = 1.4 V, R_S = 0 Ω T_A = 25°C T_A = T_{high} (Note 6) T_A = T_{low} (Note 6)	V_{IO}		2.0 – –	5.0 7.0 7.0		3.0 – –	7.0 9.0 9.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T_A = T_{high} to T_{low} (Note 6)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	–	7.0	–	–	7.0	–	μV/°C
Input Offset Current T_A = T_{high} to T_{low} (Note 6) Input Bias Current T_A = T_{high} to T_{low} (Note 6)	I_{IO} I_{IB}	– – – –	3.0 – –45 –80	30 100 –150 –300	– – – –	5.0 – –65 –90	50 150 –250 –500	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T_A = T_{high} to T_{low} (Note 6)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	–	10	–	–	10	–	pA/°C
Input Common Mode Voltage Range (Note 7), V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V) T_A = T_{high} to T_{low}	V_{ICR}	0 0	–	28.3 28	0 0	–	28.3 28	V
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain R_L = 2.0 kΩ, V_{CC} = 15 V, For Large V_O Swing, T_A = T_{high} to T_{low} (Note 8)	A_{VOL}	50 25	100 –	– –	25 15	100 –	– –	V/mV
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	–	−120	–	–	−120	–	dB
Common Mode Rejection R_S = 10 kΩ	CMR	70	85	–	65	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	–	65	100	–	dB
Output Voltage−High Limit T_A = T_{high} to T_{low} (Note 8) V_{CC} = 5.0 V, R_L = 2.0 kΩ, T_A = 25°C V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), R_L = 2.0 kΩ V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), R_L = 10 kΩ	V_{OH}	3.5 26 27	3.6 – 28	– – –	3.5 26 27	3.6 – 28	– – –	V
Output Voltage−Low Limit V_{CC} = 5.0 V, R_L = 10 kΩ T_A = T_{high} to T_{low} (Note 8)	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	mV
Output Source Current V_{ID} = +1.0 V, V_O = 2.0 V	I_{O+}	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current V_{ID} = −1.0 V, V_O = 15 V V_{ID} = −1.0 V, V_O = 200 mV	I_{O-}	10 12	20 50	– –	10 12	20 50	– –	mA μA
Output Short Circuit to Ground (Note 9)	I_{SC}	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current (Total Device) T_A = T_{high} to T_{low} (Note 8) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), V_O = 0 V, R_L = ∞ V_{CC} = 5.0 V, V_O = 0 V, R_L = ∞	I_{CC}	– –	1.5 0.7	3.0 1.2	–	1.5 0.7	3.0 1.2	mA

6. LM258: T_{low} = −25°C, T_{high} = +85°C; LM358: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
   LM2904, LM2904A: T_{low} = −40°C, T_{high} = +105°C; LM2904V & NCV2904: T_{low} = −40°C, T_{high} = +125°C
   NCV2904 is qualified for automotive use.
7. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} − 1.7 V.
8. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM2904			LM2904A			LM2904V, NCV2904			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V_{CC} = 5.0 V to 30 V (26 V for LM2904, V), V_{IC} = 0 V to V_{CC} −1.7 V, $V_O \approx$ 1.4 V, R_S = 0 Ω	V_{IO}										mV
T_A = 25°C		–	2.0	7.0	–	2.0	7.0	–	–	7.0	
$T_A = T_{high}$ (Note 9)		–	–	10	–	–	10	–	–	13	
$T_A = T_{low}$ (Note 9)		–	–	10	–	–	10	–	–	10	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 9)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	–	7.0	–	–	7.0	–	–	7.0	–	μV/°C
Input Offset Current	I_{IO}	–	5.0	50	–	5.0	50	–	5.0	50	nA
$T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 9)		–	45	200	–	45	200	–	45	200	
Input Bias Current	I_{IB}	–	–45	–250	–	–45	–100	–	–45	–250	
$T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 9)		–	–50	–500	–	–50	–250	–	–50	–500	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 9)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	–	10	–	–	10	–	–	10	–	pA/°C
Input Common Mode Voltage Range (Note 10), V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V)	V_{ICR}	0	–	24.3	0	–	24.3	0	–	24.3	V
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), $T_A = T_{high}$ to T_{low}		0	–	24	0	–	24	0	–	24	
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain	A_{VOL}										V/mV
R_L = 2.0 kΩ, V_{CC} = 15 V, For Large V_O Swing,		25	100	–	25	100	–	25	100	–	
$T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 9)		15	–	–	15	–	–	15	–	–	
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	dB
Common Mode Rejection R_S ≤ 10 kΩ	CMR	50	70	–	50	70	–	50	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	50	100	–	50	100	–	50	100	–	dB
Output Voltage–High Limit $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 9)	V_{OH}										V
V_{CC} = 5.0 V, R_L = 2.0 kΩ, T_A = 25°C		3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), R_L = 2.0 kΩ		22	–	–	22	–	–	22	–	–	
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), R_L = 10 kΩ		23	24	–	23	24	–	23	24	–	
Output Voltage–Low Limit V_{CC} = 5.0 V, R_L = 10 kΩ, $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 9)	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	20	mV
Output Source Current V_{ID} = +1.0 V, V_{CC} = 15 V	I_{O+}	20	40	–	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current	I_{O-}										
V_{ID} = −1.0 V, V_{CC} = 15 V		10	20	–	10	20	–	10	20	–	mA
V_{ID} = −1.0 V, V_O = 200 mV		–	–	–	–	–	–	–	–	–	μA
Output Short Circuit to Ground (Note 11)	I_{SC}	–	40	60	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current (Total Device) $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 9)	I_{CC}										mA
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), V_O = 0 V, R_L = ∞		–	1.5	3.0	–	1.5	3.0	–	1.5	3.0	
V_{CC} = 5 V, V_O = 0 V, R_L = ∞		–	0.7	1.2	–	0.7	1.2	–	0.7	1.2	

9. LM258: T_{low} = −25°C, T_{high} = +85°C; LM358: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
   LM2904/LM2904A: T_{low} = −40°C, T_{high} = +105°C; LM2904V & NCV2904: T_{low} = −40°C, T_{high} = +125°C
   NCV2904 is qualified for automotive use.
10. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} −1.7 V.
11. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM2904			LM2904A			LM2904V, NCV2904			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V_{CC} = 5.0 V to 30 V (2.0 V for LM2904, V) V_{IC} = 0 V to V_{CC} −1.7 V, V_O = 1.4 V, R_S = 0 Ω T_A = 25°C T_A = T_{low} (Note 9) T_A = T_{high} (Note 9)	V_{IO}	– – –	2.0 – –	7.0 10 13	– – –	2.0 – –	7.0 10 13	– – –		7.0 12 15	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T_A = T_{low} to T_{high} (Note 9)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	–	7.0	–	–	7.0	–	–	7.0	–	μV/°C
Input Offset Current T_A = T_{low} to T_{high} (Note 9)	I_{IO}	– –	3.0 5.0	50 200	– –	5.0 15	30 100	– –	5.0 40	50 200	nA
Input Bias Current T_A = T_{low} to T_{high} (Note 9)	I_{IB}	– –	-45 -80	-250 -500	– –	-45 -81	-150 -250	– –	-45 -50	-250 -500	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T_A = T_{low} to T_{high} (Note 9)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	–	10	–	–	10	–	–	10	–	pA/°C
Input Common Mode Voltage Range (Note 10) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904 V) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904 V), T_A = T_{low} to T_{high}	V_{ICR}	0 0	– –	28.3 28	0 0	– –	28.3 28	0 0	– –	28.3 28	V
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain R_L = 2.0 kΩ, V_{CC} = 15 V For Large V_O Swing, T_A = T_{high} (Note 9)	A_{VOL}	25 15	100 –	– –	25 15	100 –	– –	25 15	100 –	– –	V/mV
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	–	-120	–	–	-120	–	–	-120	–	dB
Common Mode Rejection R_S = 10 kΩ	CMR	50	70	–	65	70	–	32	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	–	70	100	–	50	100		dB
Output Voltage−High Level T_A = T_{high} to T_{low} (Note 9) V_{CC} = 5.0 V, R_L = 2.0 kΩ, T_A = 25°C V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904), R_L = 2.0 kΩ V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), R_L = 10 kΩ	V_{OH}	3.5 26 27	3.6 – 28	– – –	3.5 26 27	3.6 – 28	– – –	3.5 22 23	3.6 – 24	– – –	V
Output Voltage−Low Level V_{CC} = 5.0 V, R_L = 10 kΩ T_A = T_{high} to T_{low} (Note 9)	V_{OL}	–	5.0	20		5.0	20	–	5.0	20	mV
Output Source Current V_{ID} = +1.0 V, V_{CC} = 15 V	I_O	20	40	–	30	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current V_{ID} = −1.0 V, V_O = 15 V V_{ID} = −1.0 V, V_O = 200 mV	I_{Sink}	10 –	20 –	– –	10 –	20 –	– –	10 –	20 –	– –	mA μA
Output Short Circuit to Ground (Note 11)	I_{SC}	–	40	60	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current (Total Device) T_A = T_{high} to T_{low} (Note 9) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904, V), V_O = 0 V R_L = ∞ V_{CC} = 5 V, V_O = 0 V, R_L = ∞	I_{CC}	–	1.5 0.7	3.0 1.2	–	1.5 0.7	3.0 1.2	–	1.5 0.7	3.0 1.2	mA

LM258: T_{low} = −25°C, T_{high} = +85°C
LM2904, LM2904V, NCV2904: T_{low} = −40°C, T_{high} = +105°C
LM358: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
LM2904V & NCV2904: T_{low} = −40°C, T_{high} = +125°C

10. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} − 1.7 V.
11. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

CIRCUIT DESCRIPTION

The LM358 series is made using two internally compensated, two−stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single−ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

Each amplifier is biased from an internal−voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

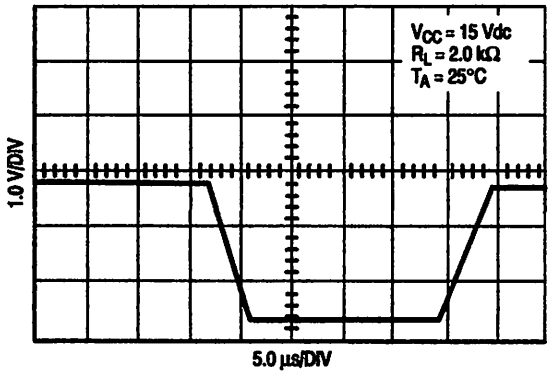


Figure 3. Large Signal Voltage Follower Response

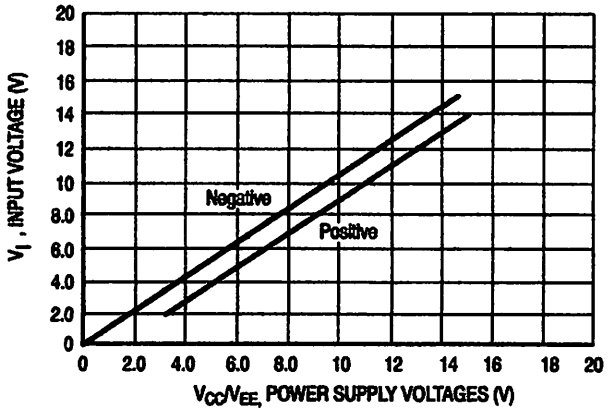


Figure 4. Input Voltage Range

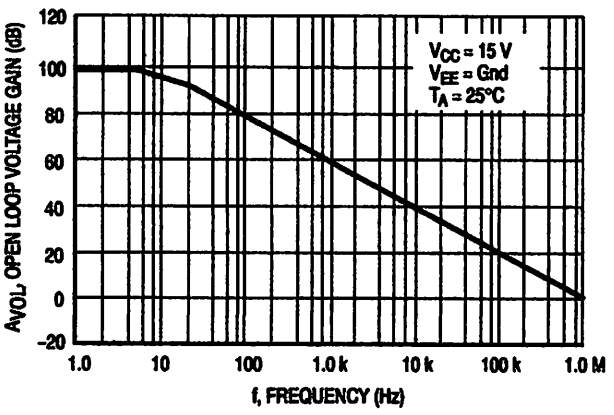


Figure 5. Large−Signal Open Loop Voltage Gain

CIRCUIT DESCRIPTION

The LM358 series is made using two internally compensated, two−stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended conversion Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

Each amplifier is biased from an internal−voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

Figure 3. Large Signal Voltage Follower Response

Figure 4. Input Voltage Range

Figure 5. Large−Signal Open Loop Voltage Gain

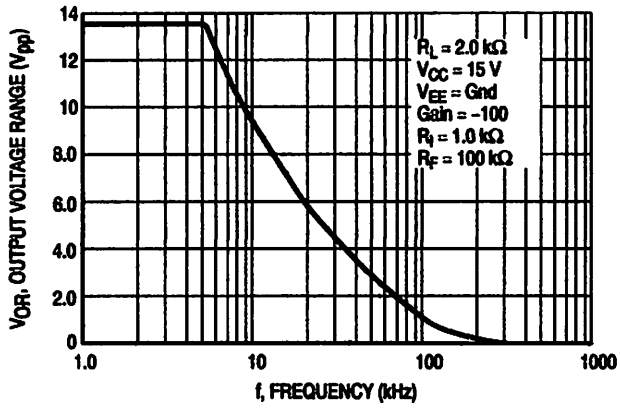


Figure 6. Large−Signal Frequency Response

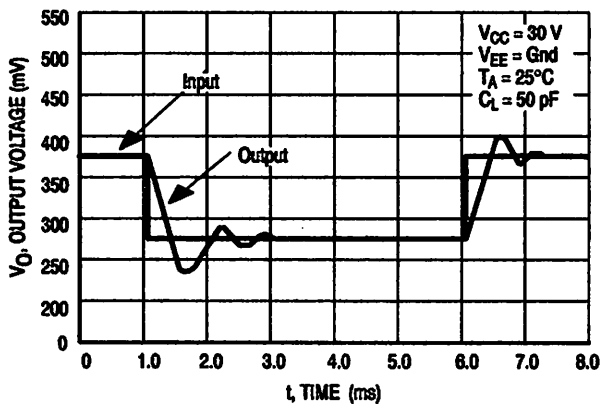


Figure 7. Small Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

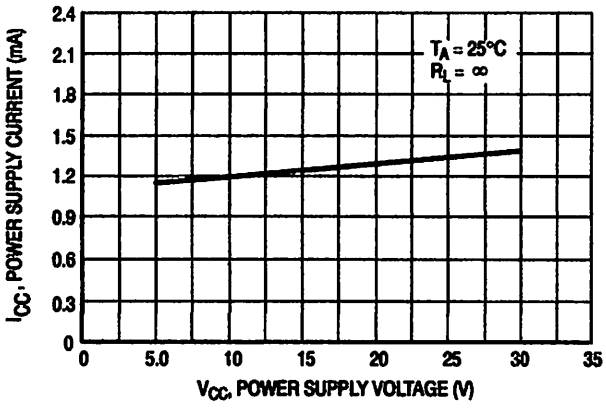


Figure 8. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

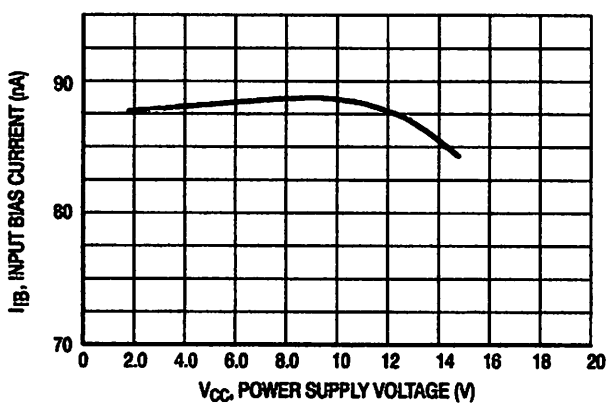


Figure 9. Input Bias Current versus Supply Voltage

Figure 6. Large−Signal Frequency Response

Figure 7. Small Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

Figure 8. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

Figure 9. Input Bias Current versus Supply Voltage

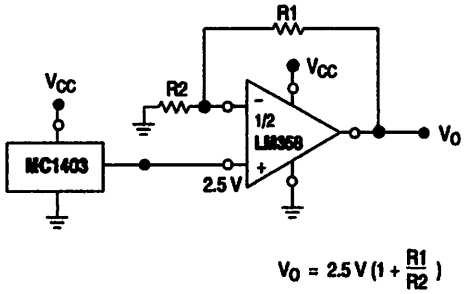


Figure 10. Voltage Reference

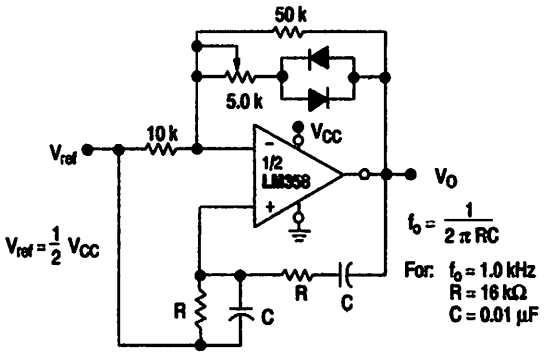


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

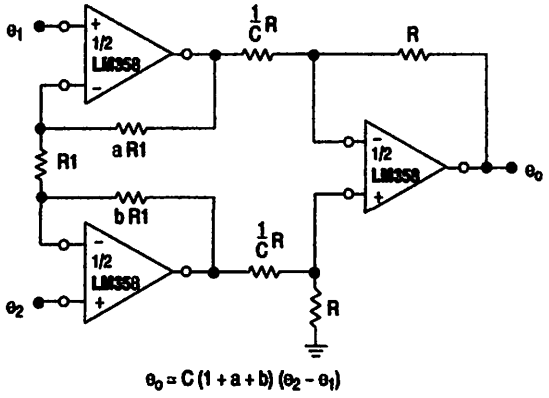


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

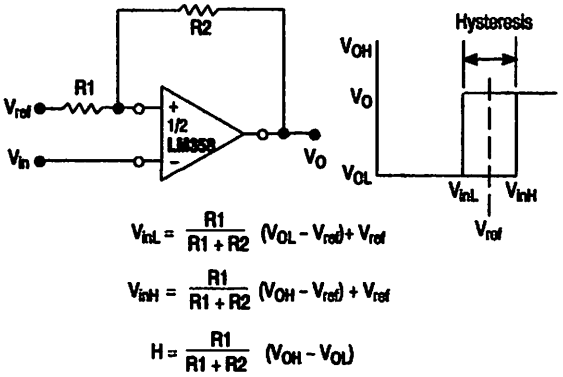


Figure 13. Comparator with Hysteresis

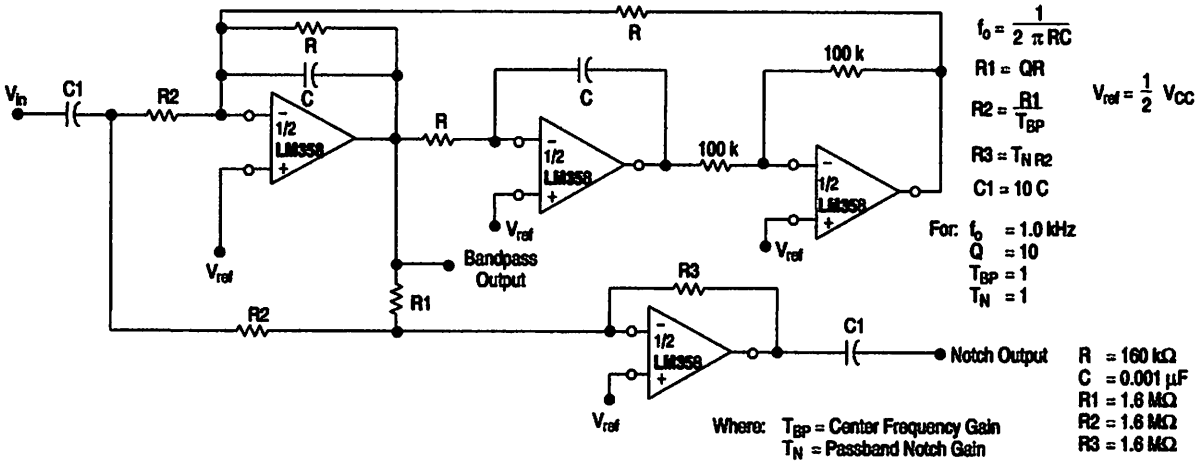
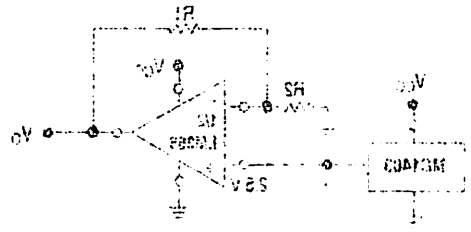


Figure 14. Bi-Quad Filter



$V_O = 2.5\,V\left(1 + \frac{R1}{R2}\right)$

Figure 10. Voltage Reference

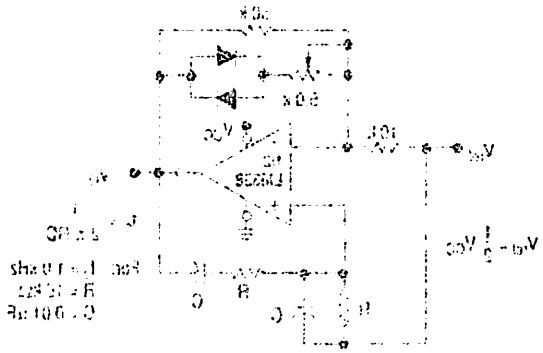


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

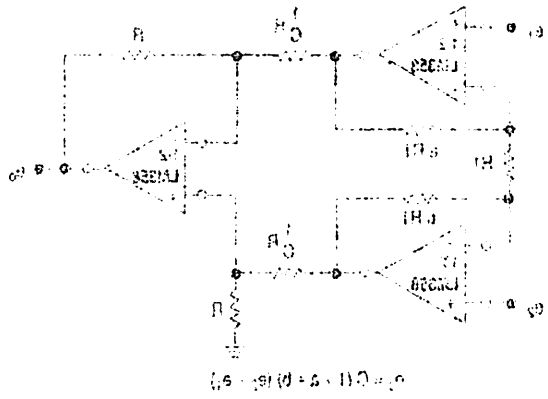


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

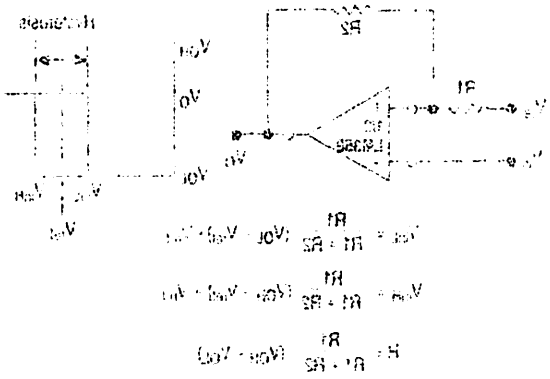


Figure 13. Comparator with Hysteresis

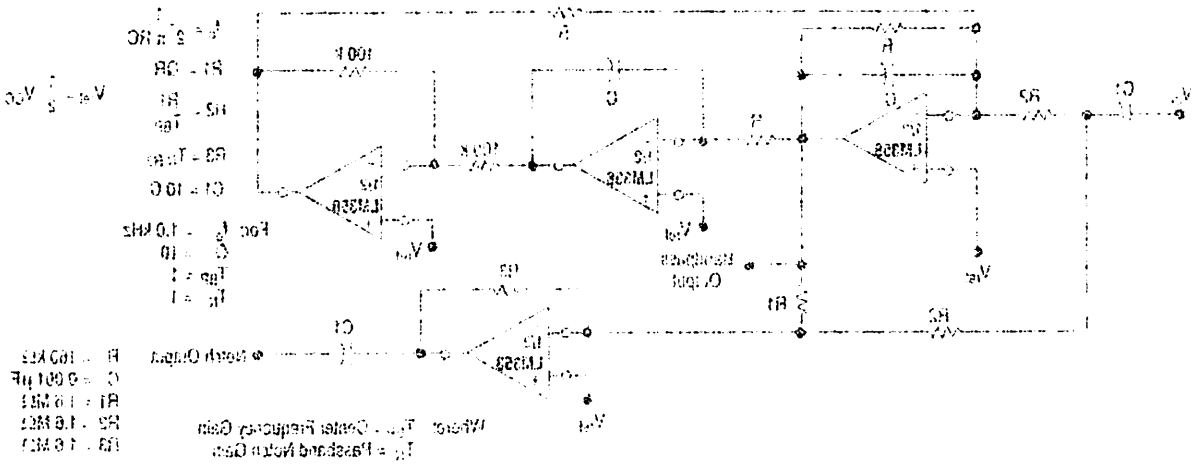
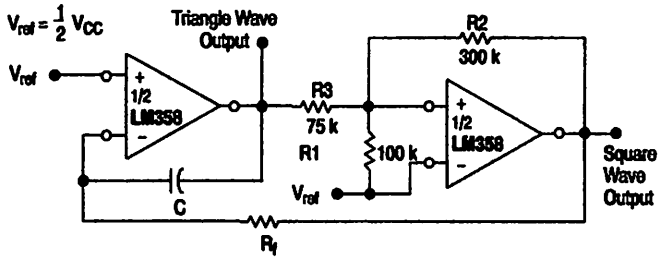
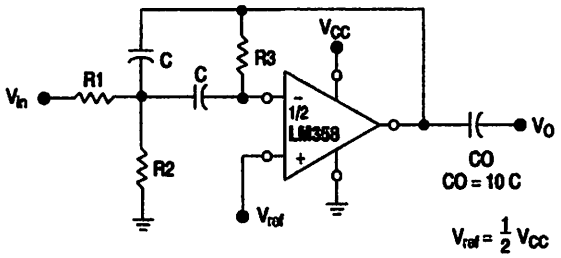


Figure 14. Bi–Quad Filter



$$f = \frac{R1 + R_C}{4\,C R_f\,R1} \quad \text{if, } R3 = \frac{R2\,R1}{R2 + R1}$$

Figure 15. Function Generator



Given: f_o = center frequency
$A(f_o)$ = gain at center frequency

Choose value f_o, C

Then: $R3 = \frac{Q}{\pi f_o C}$

$$R1 = \frac{R3}{2\,A(f_o)}$$

$$R2 = \frac{R1\,R3}{4Q^2\,R1 - R3}$$

For less than 10% error from operational amplifier. $\frac{Q_o f_o}{BW} < 0.1$

Where f_o and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter

Figure 15. Function Generator

Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Operating Temperature Range	Shipping
LM358D	SO–8	0° to +70°C	98 Units/Rail
LM358DR2	SO–8		2500 Tape & Reel
LM358DMR2	Micro8		4000 Tape & Reel
LM358N	PDIP–8		50 Units/Rail
LM258D	SO–8	–25° to +85°C	98 Units/Rail
LM258DR2	SO–8		2500 Tape & Reel
LM258DMR2	Micro8		4000 Tape & Reel
LM258N	PDIP–8		50 Units/Rail
LM2904D	SO–8	–40° to +105°C	98 Units/Rail
LM2904DR2	SO–8		2500 Tape & Reel
LM2904DMR2	Micro8		2500 Tape & Reel
LM2904N	PDIP–8		50 Units/Rail
LM2904ADMR2	Micro8		4000 Tape & Reel
LM2904AN	PDIP–8		50 Units/Rail
LM2904VD	SO–8	–40° to +125°C	98 Units/Rail
LM2904VDR2	SO–8		2500 Tape & Reel
LM2904VDMR2	Micro8		4000 Tape & Reel
LM2904VN	PDIP–8		50 Units/Rail
NCV2904DR2*	SO–8		2500 Tape & Reel

*NCV2904 is qualified for automotive use.

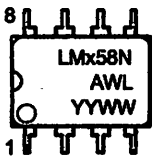
ORDERING INFORMATION

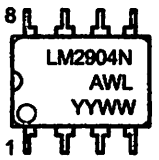
Device	Package	Operating Temperature Range	Shipping
LM358D	SO−8	0° to +70°C	98 Units/Rail
LM358DR2	SO−8		2500 Tape & Reel
LM358DMR2	MiniDip		4000 Tape & Reel
LM358N	PDIP−8		50 Units/Rail
LM258D	SO−8	−25° to +85°C	98 Units/Rail
LM258DR2	SO−8		2500 Tape & Reel
LM258DMR2	MiniDip		4000 Tape & Reel
LM258N	PDIP−8		50 Units/Rail
LM2904D	SO−8	−40° to +105°C	98 Units/Rail
LM2904DR2	SO−8		2500 Tape & Reel
LM2904DMR2	MiniDip		4000 Tape & Reel
LM2904N	PDIP−8		50 Units/Rail
LM2904AD	SO−8		98 Units/Rail
LM2904ADR2	SO−8		2500 Tape & Reel
LM2904ADMR2	MiniDip		4000 Tape & Reel
LM2904AN	PDIP−8		50 Units/Rail
LM2904VD	SO−8	−40° to +125°C	98 Units/Rail
LM2904VDR2	SO−8		2500 Tape & Reel
LM2904VDMR2	MiniDip		4000 Tape & Reel
LM2904VN	PDIP−8		50 Units/Rail
NCV2904DR2*	SO−8		2500 Tape & Reel

*NCV2904 is qualified for automotive use

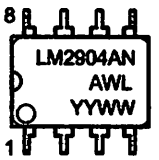
MARKING DIAGRAMS

PDIP–8
N SUFFIX
CASE 626

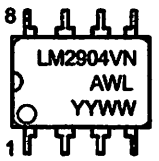




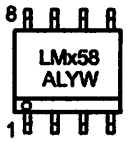
PDIP–8
AN SUFFIX
CASE 626

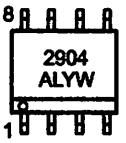


PDIP–8
VN SUFFIX
CASE 626

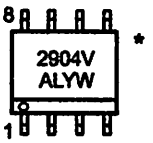


SO–8
D SUFFIX
CASE 751

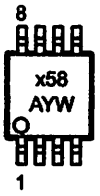


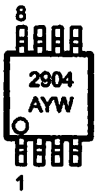


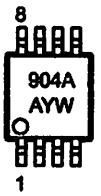
SO–8
VD SUFFIX
CASE 751



Micro8
DMR2 SUFFIX
CASE 846A







x	= 2 or 3
A	= Assembly Location
WL, L	= Wafer Lot
YY, Y	= Year
WW, W	= Work Week

*This marking diagram also applies to NCV2904DR2.

MARKING DIAGRAMS

PDIP−8
N SUFFIX
CASE 626

PDIP−8
AN SUFFIX
CASE 626

PDIP−8
VN SUFFIX
CASE 626

SO−8
D SUFFIX
CASE 751

SO−8
VD SUFFIX
CASE 751

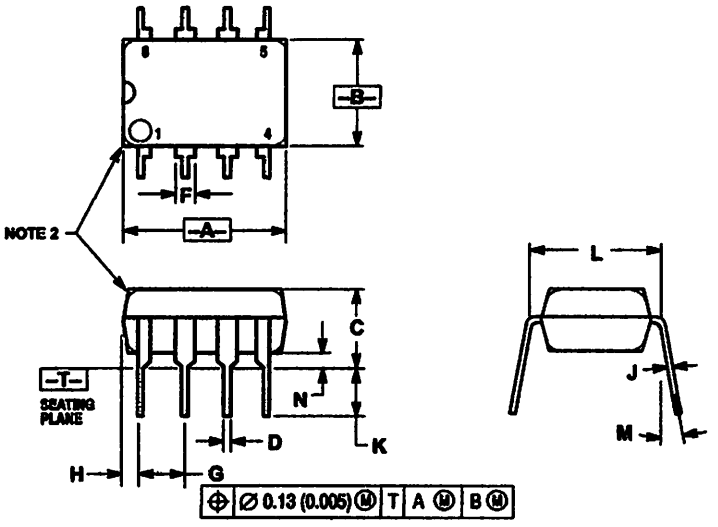
Micro8
DMR2 SUFFIX
CASE 846A

x = 2 or 3
A = Assembly Location
WL, L = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

*This marking diagram also applies to NCV2904DR2

PACKAGE DIMENSIONS

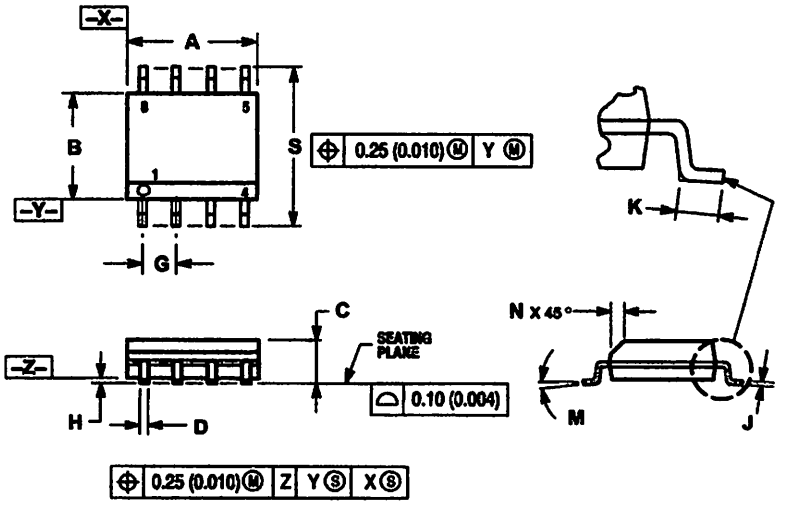
PDIP–8
N, AN, VN SUFFIX
CASE 626–05
ISSUE L



NOTES:
1. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
2. PACKAGE CONTOUR OPTIONAL (ROUND OR SQUARE CORNERS).
3. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.40	10.16	0.370	0.400
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.94	4.45	0.155	0.175
D	0.38	0.51	0.015	0.020
F	1.02	1.78	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.76	1.27	0.030	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	—	10°	—	10°
N	0.76	1.01	0.030	0.040

SO–8
D, VD SUFFIX
CASE 751–07
ISSUE AA



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
6. 751–01 THRU 751–06 ARE OBSOLETE. NEW STANDARD IS 751–07

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.80	5.00	0.189	0.197
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.053	0.069
D	0.33	0.51	0.013	0.020
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
H	0.10	0.25	0.004	0.010
J	0.19	0.25	0.007	0.010
K	0.40	1.27	0.016	0.050
M	0°	8°	0°	8°
N	0.25	0.50	0.010	0.020
S	5.80	6.20	0.228	0.244

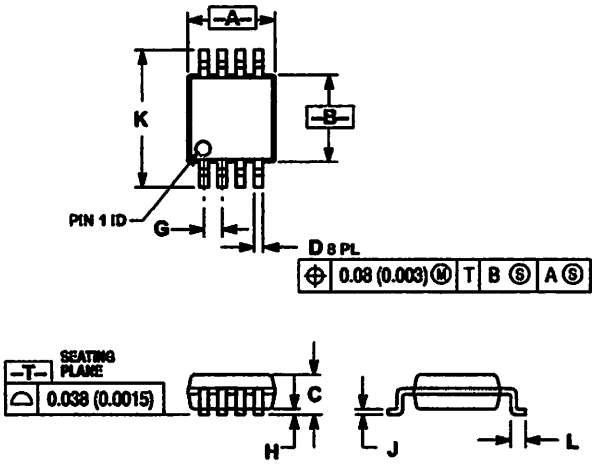
ISSUE AA
CASE 751-07
D SUFFIX
SO-8

ISSUE L
CASE 626-05
N SUFFIX
PDIP-8

PACKAGE DIMENSIONS

PACKAGE DIMENSIONS

Micro8
DMR2 SUFFIX
CASE 846A–02
ISSUE F



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
5. 846A–01 OBSOLETE, NEW STANDARD 846A–02.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	2.90	3.10	0.114	0.122
B	2.90	3.10	0.114	0.122
C	—	1.10	—	0.043
D	0.25	0.40	0.010	0.016
G	0.65 BSC		0.026 BSC	
H	0.05	0.15	0.002	0.006
J	0.13	0.23	0.005	0.009
K	4.75	5.05	0.187	0.199
L	0.40	0.70	0.016	0.028

PACKAGE DIMENSIONS

LCM

Liquid Crystal Display Modules

Seiko Instruments GmbH

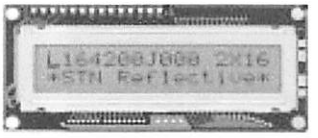
Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

CHARACTER TYPE

• FEATURES :

- Slim, light weight and low power consumption
- High contrast and wide viewing angle
- Built-in controller for easy interfacing
- LCD modules with built-in EL or LED backlight

M1641



L1642

L1614

M1632

L1652

L2012

• SPECIFICATIONS :

: Standard products : Products of optional specification

Character Format (character x line)			16 x 1	16 x 2	16 x 2	16 x 2	16 x 4	20 x 2
Model			M1641	M1632	L1642	L1652	L1614	L2012
Reflective			M16410AS	M16320AS	L164200J000S	L165200J200S	L161400J000S	L201200J000S
EL backlight			M16419DWS	M16329DWS	L164221J000S	L165221J200S	L161421J000S	L201221J000S
LED backlight			M16417DYS	M16327DYS	L1642B1J000S	L1652B1J200S	L1614B1J000S	L2012B1J000S
Reflective (wide temp)			M16410CS	M16320CS	L164200L000S	L165200L200S	L161400L000S	L201200L000S
LED backlight (wide temp)			M16417JYS	M16327JYS	L1642B1L000S	L1652B1L200S	L1614B1L000S	L2012B1L000S
Character font			5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor
Module size (HxVxT) mm	Reflective		80,0 x 36,0 x 11,3	85,0 x 30,0 x 10,1	80,0 x 36,0 x 11,3	122,0 x 44,0 x 11,3	87,0 x 60,0 x 11,6	116,0 x 37,0 x 11,3
	EL backlight		80,0 x 36,0 x 11,3	85,0 x 30,0 x 10,1	80,0 x 36,0 x 11,3	122,0 x 44,0 x 11,3	87,0 x 60,0 x 11,6	116,0 x 37,0 x 11,3
	LED backlight		80,0 x 36,0 x 15,8	80,0 x 30,0 x 15,8	80,0 x 36,0 x 15,8	122,0 x 44,0 x 15,8	87,0 x 60,0 x 15,8	116,0 x 37,0 x 15,8
Viewing area (HxV) mm			64,5 x 13,8	62,0 x 16,0	64,5 x 13,8	99,0 x 24,0	61,8 x 25,2	83,0 x 18,6
Character size (HxV) mm *1			3,07 x 5,73	2,78 x 4,27	2,95 x 3,80	4,84 x 8,06	2,95 x 4,15	3,20 x 4,85
Dot size (HxV) mm			0,55 x 0,75	0,50 x 0,55	0,50 x 0,55	0,92 x 1,10	0,55 x 0,55	0,60 x 0,65
Power supply voltage (VDD-VSS) V			+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V
Current consumption (mA,typ)		IDD	1,5	2,0	1,6	2,0	2,7	2,0
		ILC *4	0,2	0,2	0,3	0,4	1,1	0,4
Driving method (duty)			1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
Built-in LSI			KS0066 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent
Operating temperature (°C)		normal temp.	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50
		wide temp. *2	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70
Storage temperature (°C)		normal temp.	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60
		wide temp.	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80
Weight (g, typ.)	Reflective		25	25	25	50	50	40
	EL backlight		30	30	30	55	55	45
	LED backlight		35	40	35	65	65	60
Inverters for EL	Model		5S	5S	5S	5C	5A	5A
	Power supply (V)		+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0
	current consumption (mA) *3		10	10	10	35	45	45
LED backlight	Forward current consumption (mA)		100	112	100	240	200	154
	Forward input voltage (V,typ.)		+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1

*1 : Excluding cursor

H : Horizontal V : Vertical T : Thickness (max)

*2 : With external temperature compensation

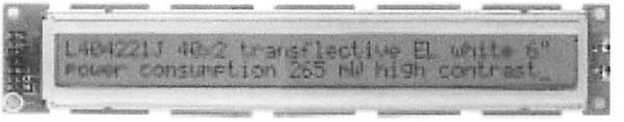
*3 : Including EL backlight

*4 : Based on normal temperature range

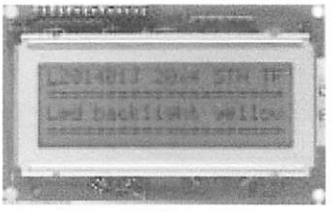
Since our policy is one of continues improvements we reserve the right to change the specifications for the products in the catalogue without notice.

L2022

L2432



L4042



L2014

M4024

• SPECIFICATIONS :

: Standard products : Products of optional specification

Character Format (character x line)		20 x 2	20 x 4	24 x 2	40 x 2	40 x 4
Model		L2022	L2014	L2432	L4042	M4024
Reflective		-	L201400J000S	L243200J000S	L404200J000S	M40240AS
EL backlight		-	L201421J000S	L243221J000S	L404221J000S	M40249DWS
LED backlight		-	L2014B1J000S	L2432B1J000S	L4042B1J000S	M40247DYS
Reflective (wide temp)		L202200P000S	L201400L000S	L243200L000S	L404200L000S	M40240CS
LED backlight (wide temp)		L2022B1P000S	L2014B1L000S	L2432B1L000S	L4042B1L000S	M40247JYS
Character font		5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor
Module size (HxVxT) mm	Reflective	180,0 x 40,0 x 10,5	98,0 x 60,0 x 11,6	118,0 x 36,0 x 11,3	182,0 x 33,5 x 11,3	190,0 x 54,0 x 10,1
	EL backlight	180,0 x 40,0 x 10,5	98,0 x 60,0 x 11,6	118,0 x 36,0 x 11,3	182,0 x 33,5 x 11,3	190,0 x 54,0 x 10,1
	LED backlight	180,0 x 40,0 x 14,8	98,0 x 60,0 x 15,8	118,0 x 36,0 x 15,8	182,0 x 33,5 x 16,3	190,0 x 54,0 x 16,3
Viewing area (HxV) mm		149,0 x 23,0	76,0 x 25,2	94,5 x 17,8	154,4 x 15,8	147,0 x 29,5
Character size (HxV) mm *1		6,00 x 9,66	2,95 x 4,15	3,20 x 4,85	3,20 x 4,85	2,78 x 4,27
Dot size (HxV) mm		1,12 x 1,12	0,55 x 0,55	0,60 x 0,65	0,60 x 0,65	0,50 x 0,55
Power supply voltage (VDD-VSS) V		+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V
Current consumption (mA,typ)	IDD	4,2	2,9	2,5	3,0	8,0
	ILC *4	2,6	1,2	0,5	1,0	3,0
Driving method (duty)		1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
Built-in LSI		KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent
Operating temperature (°C)	normal temp.	-	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50	0 to + 50
	wide temp. *2	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70
Storage temperature (°C)	normal temp.	-	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60	- 20 to + 60
	wide temp.	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80
Weight (g, typ.)	Reflective	80	55	40	70	90
	EL backlight	-	60	45	75	105
	LED backlight	110	70	60	95	140
Inverters for EL	Model	-	5A	5A	5C	5D
	Power supply (V)	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0
	current consumption (mA) *3	-	45	45	25	80
LED backlight	Forward current consumption (mA)	320	240	150	260	480
	Forward input voltage (V,typ.)	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1	+ 4,1

*1 : Excluding cursor H : Horizontal V : Vertical T : Thickness (max)

*2 : With external temperature compensation

*3 : Including EL backlight

*4 : Based on normal temperature range

Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

GRAPHIC TYPE

- **FEATURES :**
  - •Wide viewing angle and high contrast
  - •Full dot configuration fits any application
  - •Slim, light weight and low power consumption
  - •Available in STN and FSTN

- **SPECIFICATIONS :**

Dot format (HxV,dot)			97 x 32	128 x 32	128 x 64	128 x 64
Model			Y97031	G1213	G1216	G1226
STN type (Gray mode)	Reflective	built-in RAM	-	-	-	-
	Reflective wide temp.	built-in RAM	-	G121300N000S	G121600N000S	-
	LED backlight	built-in RAM	-	-	-	G1226B1J000S
	LED backlight wide temp	built-in RAM	-	G1213B1N000S	G1216B1N000S	-
FSTN type (B&W mode)	Transmissive	-	-	-	-	-
	with CFL backlight	built-in controller	-	-	-	-
	Transflective	built-in RAM	Y97031LF60W	-	-	-
Module size (H x V x T) mm	Reflective (no backlight)		47,5 x 65,4 x 2,1	75,0 x 41,5 x 6,8	75,0 x 52,7 x 6,8	-
	LED backlight		-	75,0 x 41,5 x 8,9	75,0 x 52,7 x 8,9	93,0 x 70,0 x 11,4
	CFL backlight		-	-	-	-
Viewing area (HxV) mm			43,5 x 23,9	60,0 x 21,3	60,0 x 32,5	70,7 x 38,8
Dot size (H x V) mm			0,35 x 0,48	0,40 x 0,48	0,40 x 0,40	0,44 x 0,44
Dot pitch (H x V) mm			0,39 x 0,52	0,43 x 0,51	0,43 x 0,43	0,48 x 0,48
Power supply voltage (V)		(VDD - VSS)	+ 5,0	+ 5,0	+ 5,0	+ 5,0
		(VLC - VSS)	-	- 8,0	- 8,1	-8,2
Current consumption (mA, typ.)		IDD	0,10	2,0	2,0	3,0
		IDD (built-in controller)	-	-	-	-
		ILC	-	1,8	1,8	2,0
Driving method (duty)			1/33	1/64	1/64	1/64
Built-in LSI		Driver	SED1530 or equivalent	HD61202 HD61203 or equivalent	HD61202 HD61203 or equivalent	KS0107 KS0108 or equivalent
		Controller	-	-	-	-
Operating temperature range (°C)			- 20 to + 70	- 20 to + 70	- 20 to + 70	0 to + 50
Storage temperature range (°C)			- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 30 to + 80	- 20 to + 60
Weight (g, typ.)	Reflective (Transflective no backlight)		10	23	35	-
	LED backlight		-	35	45	72
	CFL backlight		-	-	-	-
LED backlight	Forward current consumption (mA)		-	40	90	125
	Forward input voltage (V, typ.)		-	3,8	4,1	4,1
Inverter for CFL	Mode		-	-	-	-
	Power supply voltage (V)		-	-	-	-
	Current consumption (mA, typ.)		-	-	-	-

*1 : built-in DC/DC converter (single power source)

*2 : Use with external temperature compensation circuit

Since our policy is one of continues improvements we reserve the right to change the specifications of the products in the catalogue without notice.

Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

GRAPHIC TYPE

• FEATURES :

- Wide viewing angle and high contrast
- Full dot configuration fits any application
- Slim, light weight and low power consumption
- Available in STN and FSTN

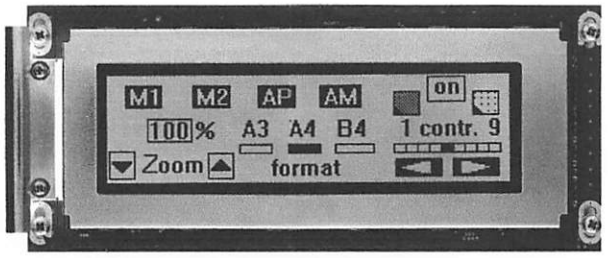
• SPECIFICATIONS :

Dot format (HxV,dot)			240 x 64	240 x 128	320 x 200	320 x 240	640 x 200
Model			G2446	G242C	G321D	G324E	G649D
STN type (Gray mode)	Reflective	built-in RAM	-	-	-	-	-
	Reflective wide temp.	built-in RAM	-	-	-	-	-
	LED backlight	built-in RAM	-	-	-	-	-
	LED backlight wide temp	built-in RAM	-	-	-	-	-
FSTN type (B&W mode)	Transmissive	-	G2446X5R1A0S	G242CX5R1ACS	G321DX5R1A0S	G324EX5R1A0S	G649DX5R010S
	with CFL backlight	built-in controller	G2446X5R1ACS	G242CX5R1A0S	G321DX5R1ACS	G324EX5R1ACS	-
	Transflective	built-in RAM	-	-	-	-	-
Module size (H x V x T) mm	Reflective (no backlight)			-	-	-	-
	LED backlight			-	-	-	-
	CFL backlight		191,0 x 79,0 x 15,1	180,0 x 110,0 x 15,1	166,0 x 134,0 x 15,1	166,0 x 134,0 x 15,1	260,0 x 122,0 x 15,7
Viewing area (HxV) mm			134,0 x 41,0	134,0 x 76,0	128,0 x 110,0	128,0 x 110,0	216,0 x 83,0
Dot size (H x V) mm			0,49 x 0,49	0,47 x 0,47	0,34 x 0,48	0,32 x 0,39	0,30 x 0,36
Dot pitch (H x V) mm			0,53 x 0,53	0,51 x 0,51	0,38 x 0,52	0,36 x 0,43	0,33 x 0,39
Power supply voltage (V)		(VDD - VSS)	+5,0	+5,0	+5,0	+5,0	+5,0
		(VLC - VSS)	*1	*1	-24,0	-24,0	-24,0
Current consumption (mA, typ.)		IDD	12	30	8	7,5	11
		IDD (built-in controller)	15	40	23	23	-
		ILC	-	-	6	6,5	9
Driving method (duty)			1/64	1/128	1/200	1/240	1/200
Built-in LSI		Driver	MSM5298 MSM5299 or equivalent	KS0103 KS0104 or equivalent	MSM5298 MSM5299 or equivalent	HD66204 HD66205 or equivalent	MSM5298 MSM5299 or equivalent
		Controller	SED1330FB	SED1330FB	SED1330FB	SED1330FB	-
Operating temperature range (°C)			0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50
Storage temperature range (°C)			- 20 to +60	- 20 to +60	- 20 to +60	- 20 to +60	- 20 to +60
Weight (g, typ.)	Reflective (Transflective no backlight)		-	-	-	-	-
	LED backlight		-	-	-	-	-
	CFL backlight		200	280	350	350	420
LED backlight	Forward current consumption (mA)		-	-	-	-	-
	Forward input voltage (V, typ.)		-	-	-	-	-
Inverter for CFL	Mode		4800210	4800210	4800210	4800210	4800120
	Power supply voltage (V)		+5,0	+5,0	+5,0	+5,0	+12,0
	Current consumption (mA, typ.)		250	350	365	365	390

*1 : built-in DC/DC converter (single power source)

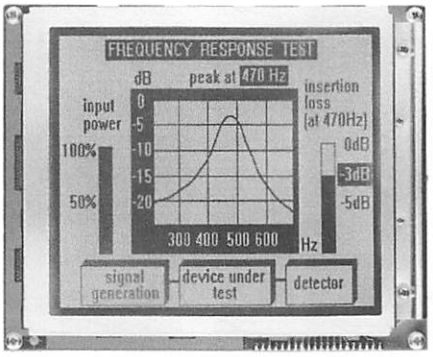
*2 : Use with external temperature compensation

Since our policy is one of continous improvemets, we reserve the right to change the specifications of the products in the catalogue without notice.



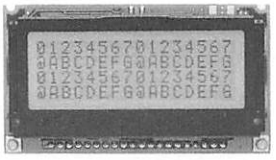
G2446

G1226

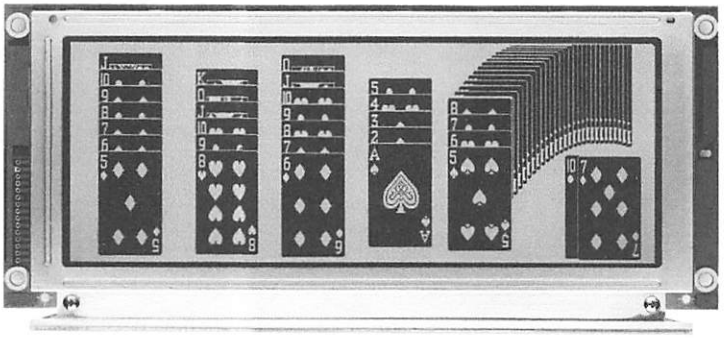


G321D

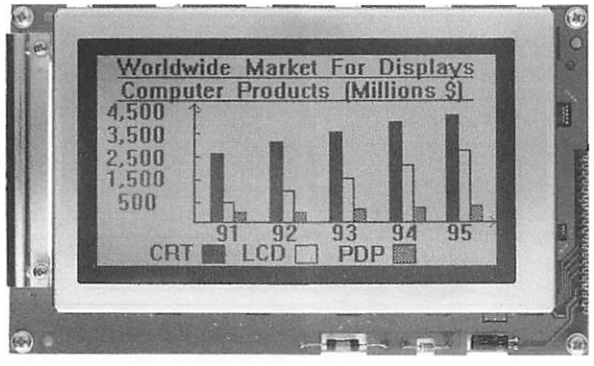
G1216



G1213



G649D



G242C

G324E