

SKRIPSI

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR
EVAPORASI PADA SUATU LAHAN PERTANIAN BERBASIS
MIKROKONTROLER RENESAS R8C13/TINY**



**Disusun Oleh :
AGUS HERMAWAN
03.17.051**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI MALANG
MARET 2008**

1948

WIND TAIL INSTANCES WERE OBSERVED
DURING THE WINTER MONTHS OF 1948
AND WERE FOUND TO BE ASSOCIATED
WITH THE WIND SYSTEMS DESCRIBED

WIND TAIL
DURING THE
WINTER MONTHS

THE WIND TAIL WERE OBSERVED
DURING THE WINTER MONTHS OF 1948
AND WERE FOUND TO BE ASSOCIATED
WITH THE WIND SYSTEMS DESCRIBED
DURING THE WINTER MONTHS
OF 1948

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR EVAPORASI PADA
SUATU LAHAN PERTANIAN BERBASIS MIKROKONTROLER
RENEASAS R8C13/TINY

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

AGUS HERMAWAN

NIM : 03.17.051

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y 1038900209


I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. P 1030100361

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1




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

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**



BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : AGUS HERMAWAN
NIM : 03.17.051
Jurusan : Teknik Elektronika S-1
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Ukur Evaporasi Pada Suatu Lahan Pertanian Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C13/Tiny.

Dipertahankan Dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Selasa
Tanggal : 18 Maret 2008
Dengan Nilai : 83 (A) *84*



Panitia Ujian Skripsi



Ketua Majelis Penguji

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

Sekretaris Majelis Penguji

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

Anggota Penguji

Penguji I

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.
NIP.Y. 103 950 0274

Penguji II

Dr. Cahyo Crysdian, MSC.
NIP.Y. 103040412

ABSTRAKSI

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR EVAPORASI PADA SUATU LAHAN PERTANIAN BERBASIS MIKROKONTROLER RENESAS R8C13/TINY

Agus Hermawan

03.17.1051

**Jurusan Teknik Elektronika – Institut Teknologi Nasional Malang
Jln. Raya Karanglo Km 2 Malang**

Dosen Pembimbing : I. Ir. Teguh Herbasuki, MT.

II. I Komang Somawirata, ST, MT.

Kata Kunci : Evaporasi, Mikrokontroler.

Evaporasi disebabkan oleh hilangnya air peggairan dari lahan pertanian. Nilai evaporasi yang besar tentunya akan mengurangi jumlah air di lahan pertanian secara dratis yang nantinya akan berakibat fatal terhadap pertumbuhan dan kesuburan tanaman yang dikelola sehingga nilai evaporasi dari suatu lahan pertanian perlu mendapat perhatian dan pemantauan khusus secara kontinu sehingga nilai evaporasi yang terlalu besar dapat diketahui secara dini untuk kemudian mendapat tindakan penanggulangan. Hal ini mengurangi dampak negatif terhadap kondisi tanaman yang ada di lahan pertanian.

Berdasarkan hal tersebut maka dirancang dan direalisasikan alat pengukur nilai evaporasi pada lahan pertanian dengan basis mikrontroler jenis renesas R8C13/Tiny yang dilengkapi LCD sebagai penampil nilai evaporasi. Metode yang digunakan meliputi perencanaan perangkat keras dan pemilihan komponen yang tepat, perencanaan perangkat lunak, pembuatan alat sesuai dengan spesifikasi alat yang telah direncanakan.

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa alat pengukur nilai evaporasi pada suatu lahan pertanian ini mampu menampilkan nilai evaporasi dari lahan pertanian tempat pengukuran beserta dengan nilai suhu udara kering dan basah, kelembaban relatif dan kecepatan angin pada saat pengukuran. Hasil dari perbandingan antara alat yang dirancang dengan alat yang sudah ada didapatkan rata-rata kesalahan suhu sebesar 0,84%, dan rata-rata kesalahan nilai evaporasi dengan di BMG sebesar 12,6%.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat-Mu Ya Allah yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan dan Pembuatan Alat Ukur Evaporasi Pada Suatu Lahan Pertanian Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C13/Tiny” ini dengan lancar. Skripsi ini merupakan persyaratan kelulusan Studi di Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Elektronika ITN Malang dan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

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

1. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1
2. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak I Komang Somawirata, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing
4. Ayah dan Ibu serta saudara-saudara kami yang telah memberikan do'a restu, dorongan, semangat, dan biaya
5. Rekan-rekan Instruktur di Laboratorium Perancangan Elektronika
6. Semua yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu

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

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


Malang, Maret 2008

Penyusun


PERSEMBAHAN




Puji syukur pada hadiratmu ya Allah SWT yang memberi segala-galanya pada hamba-Mu ini serta pada junjungan kita nabi Muhammad SAW.



Terima kasih buaanyaak.. pada Bapak & Ibu yang sudah membesarkan dan mensupportku...Pak..Buk sekarang aku sudah jadi sarjana teknik gitu...Doain juga aku cepet dapat kerja nay bagus, tak lupa sodara-sodaraku, mas Erno, mas Joko, mbak ipar Ana, ma mbak ipar Diana yang sudah memberi nasihat supaya cepet lulus.

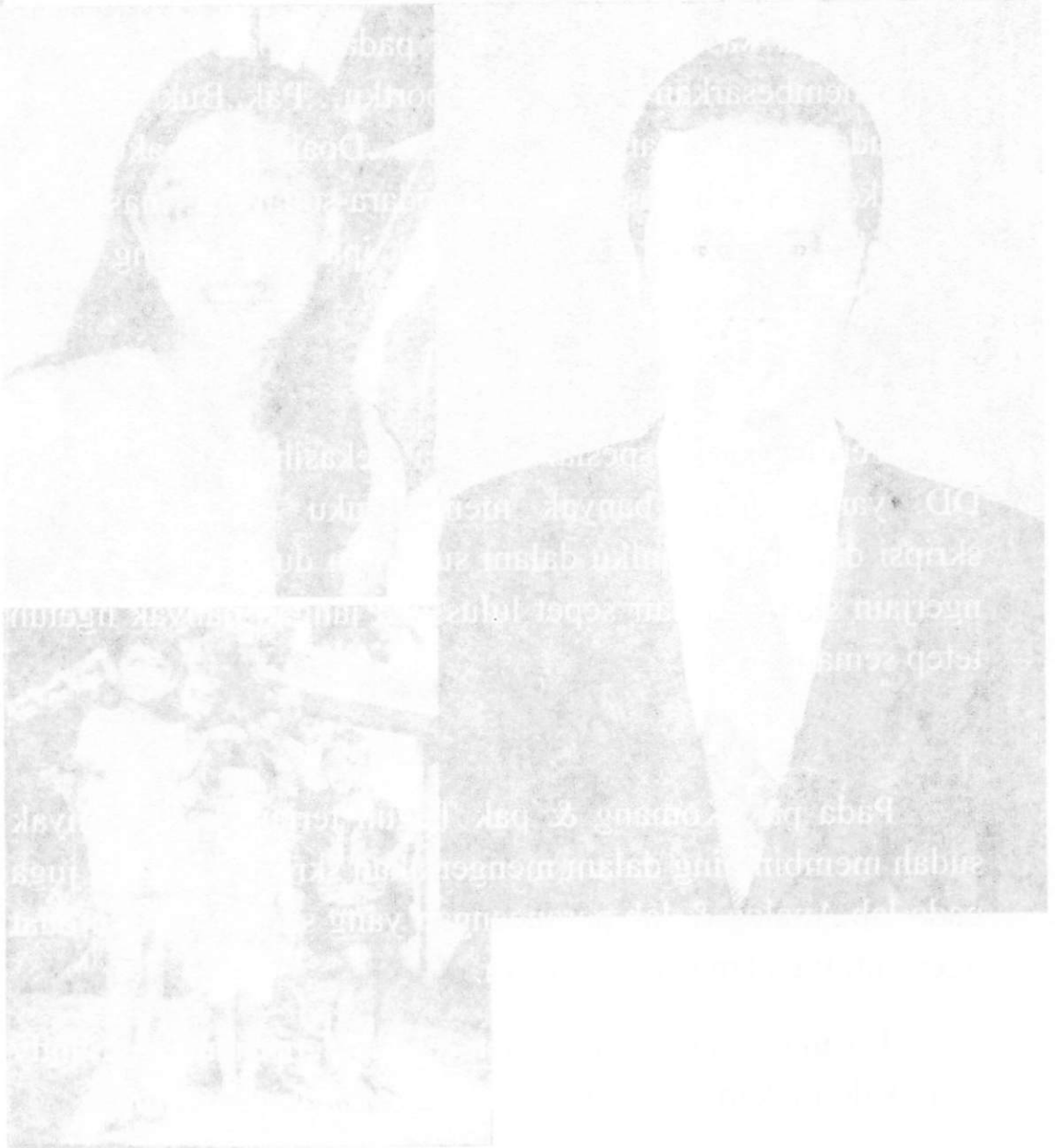


Terima kasih spesial kepada kekasihku tercinta Elly DD. yang sangat banyak membantuku dalam membuat skripsi dan menemaniku dalam suka dan duka. Semangat ya ngerjain skripsinya bair sepet lulus dan jangan banyak ngeluh tetep semangat.



Pada pak Komang & pak Teguh terima kasih banyak sudah membimbing dalam mengerjakan skripsi saya dan juga pada lab.Analog & lab.perancangan yang sudah ngijinin buat ngeprint, juga ama anak lab.nya.

Terima kasih pada temen-temen seperjuangan Sandy yang kalo makan ak sering dibayarin...thank's ya brother.



PERSEMBAHAN

Doni, Candra (kencrut), Bali, Ibnu, Edy, Erick, Neil, Indra, Dian, Yuli, Deny and temen-temen angkatan 2003 yang

belum tak sebutin, jangan sampai lupa ya? Buat temen2 angkatan 2003 yang belum lulus. Buat : Andy & Okky cepet majuin judul. Albet, Yossy, Tony, Nanang semangat ngerjaian skripsi jangan males2an.

Makasih juga pada Pakde, Ferdy, mas Hasdi yang sudah banyak mnantu dlam ngerjain skripsiku...

Pada anak2 CB club Q.Duel.Dw maksih atas supportnya. Bayu makasih da ngelas lat snsor anginku..suwun2....



CONTENTS

Introduction	1
Chapter I	15
Chapter II	35
Chapter III	55
Chapter IV	75
Chapter V	95
Chapter VI	115
Chapter VII	135
Chapter VIII	155
Chapter IX	175
Chapter X	195
Chapter XI	215
Chapter XII	235
Chapter XIII	255
Chapter XIV	275
Chapter XV	295
Chapter XVI	315
Chapter XVII	335
Chapter XVIII	355
Chapter XIX	375
Chapter XX	395
Chapter XXI	415
Chapter XXII	435
Chapter XXIII	455
Chapter XXIV	475
Chapter XXV	495
Chapter XXVI	515
Chapter XXVII	535
Chapter XXVIII	555
Chapter XXIX	575
Chapter XXX	595
Chapter XXXI	615
Chapter XXXII	635
Chapter XXXIII	655
Chapter XXXIV	675
Chapter XXXV	695
Chapter XXXVI	715
Chapter XXXVII	735
Chapter XXXVIII	755
Chapter XXXIX	775
Chapter XL	795
Chapter XLI	815
Chapter XLII	835
Chapter XLIII	855
Chapter XLIV	875
Chapter XLV	895
Chapter XLVI	915
Chapter XLVII	935
Chapter XLVIII	955
Chapter XLIX	975
Chapter L	995

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan.....	4
1.5. Metodologi Pembahasan	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II: LANDASAN TEORI	
2.1. Evaporasi	6
2.2. Psikrometer	9
2.3. Sensor Suhu	11
2.4. Sensor Kecepatan Angin.....	12
2.4.1. <i>Optocoupler type 512-H21A1</i>	13

2.4.2 <i>Schmitt Trigger</i> (Komparator regeratif).....	14
2.5. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	15
2.6. Mikrokontroler Renesas R8C/13 Tiny.....	18
2.6.1. Spesifikasi R8C/13Tiny.....	18
2.6.2. Kelebihan-Kelebihan R8C13/Tiny	19
2.6.3. Konfigurasi Pin R8C13/Tiny.....	21
2.6.4. <i>Periperhal</i> R8C13/Tiny.....	24
2.6.5. Memori R8C13/Tiny.....	27
2.6.6. Editor dan <i>Compiler</i>	29
2.7. <i>Dhif Register</i>	29

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3. Umum	32
3.1. Perangkat Keras	33
3.2. Rangkaian Sensor Suhu Kering dan Suhu Basah	34
3.3. Rangkaian Sensor Kecepatan Angin.....	35
3.3.1. Penggunaan <i>Optocoupler</i> Sebagai Sensor	36
3.4. Rangkaian EEPROM.....	40
3.5. Rangkaian RTC	40
3.6. Rangkaian Mikrokontroller Renesas R8C/13.....	42
3.7. Rangkaian Raset.....	44
3.8. Rangkaian <i>Clock</i>	46
3.9. Perencanaan Rangkaian <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	47
3.10. Sub Program Perhitungan	50

BAB IV PENGUJIAN ALAT

4.1. Tujuan	53
4.2. Pengujian Hardware.....	53
4.2.1. Pengujian Sensor	53
4.2.1.1. Pengujian Sensor Suhu	54
4.2.1.2. Pengujian Rangkaian Sensor Kecepatan Angin	57
4.2.2. Pengujian Rangkaian LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	60
4.3. Hasil Pengujian dan Analisis	64

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	69

DAFTAR PUSTAKA	71
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1 Panci Evaporasi.....	7
GAMBAR 2.2 IC LM35 (kemasan T-220)	12
GAMBAR 2.3 Rangkaian <i>optocoupler</i>	13
GAMBAR 2.4 Modul Interupsi <i>Optocoupler</i>	14
GAMBAR 2.5 Rangkaian <i>schmitt trigger</i>	14
GAMBAR 2.6 Diagram Blok LCD M1632.....	15
GAMBAR 2.7 Blok Diagram R8C/13 Tiny dan Peta <i>Peripheral</i> -nya	19
GAMBAR 2.8 Konfigurasi Pin R8C/13 Tiny	21
GAMBAR 2.9 Diagram blok ADC	25
GAMBAR 2.10 Memory Map.....	28
GAMBAR 2.11 <i>Compiler</i> Renesas.....	29
GAMBAR 2.12 Blok diagram IC 74LS164	30
GAMBAR 2.13 Diagram Logika Decoder 74HCT138	33
GAMBAR 2.14 Konfigurasi Pena Dan Simbol Logika Latch 74HCT573	34
GAMBAR 3.1 Diagram Blok Alat Pengukur Nilai Evaporasi.....	32
GAMBAR 3.2 Rangkaian IC LM35 Untuk Suhu Kering dan Basah.....	35
GAMBAR 3.3 Rangkaian Piringan Pada <i>Optocoupler</i>	36
GAMBAR 3.4 Rangkaian Penggunaan <i>Foto-transistor</i>	37
GAMBAR 3.5 Rangkaian Sensor Kecepatan Angin	39
GAMBAR 3.6 Rangkaian EEPROM IC AT 24C08.....	40
GAMBAR 3.7 Rangkaian <i>Serial</i> RTC DS 1307	41

GAMBAR 3.8 Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler Renesas R8C/13	43
GAMBAR 3.9 Perencanaan Rangkaian Reset.....	45
GAMBAR 3.10 Perencanaan Rangkaian <i>Clock</i>	46
GAMBAR 3.11 Perencanaan Rangkaian LCD.....	48
GAMBAR 3.12 <i>flow chart</i> Perhitungan	51
GAMBAR 3.13 <i>flow chart</i> Penekanan Tombol.....	52
GAMBAR 4.1 Rangkaian Pengujian Sensor Suhu.....	55
GAMBAR 4.2 Pengukuran Tegangan Sensor Suhu.....	57
GAMBAR 4.3 Pengujian Rangkaian <i>Optocoupler</i>	58
GAMBAR 4.4 Pengukuran Waktu Sensor Terhalang	59
GAMBAR 4.5 Pengukuran Waktu Sensor Tidak Terhalang.....	59
GAMBAR 4.6 Blok Diagram Pengujian LCD	60
GAMBAR 4.7 Gambar Hasil Pengujian LCD.....	62
GAMBAR 4.8 Pengujian LCD	62
GAMBAR 4.9 Pengukuran Pada Kaki Anoda.....	63
GAMBAR 4.10 Pengukuran Pada Kaki Anoda.....	63
GAMBAR 4.11 Pengukuran Pada Kaki Anoda dan Katoda	63

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1 Tekanan uap jenuh udara	8
TABEL 2.2 Kelembaban Relatif.....	9
TABEL 2.3 Fungsi Pin-Pin LCD M1632	17
TABEL 2.4 Konfigurasi pin – pin dari R8C/13 Tiny	22
TABEL 2.5 Mode – mode Timer.....	26
TABEL 3.1 Fungsi penyemat LCD	49
TABEL 4.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu	55
TABEL 4.2 Kesalahan/Error Antara Hasil Pengukuran dengan Hasil Pengujian Sensor Suhu	56
TABEL 4.3 Hasil Pengujian Sensor Kecepatan Angin	59
TABEL 4.4 Hasil Pengukuran Pengujian Rangkaian LCD	64
TABEL 4.5 Hasil Pengujian Rangkaian Keseluruhan.....	65
TABEL 4.6 Perbandingan Hasil Pengujian Rangkaian keseluruhan.....	66
TABEL 4.7 Perbandingan Hasil Pengukuran Evaporasi	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sehubungan dengan perkembangan pola pikir manusia, ilmu pengetahuan, dan teknologi yang mengalami kemajuan terus menerus. Perbaikan terhadap teknologi yang sudah ada perlu dilakukan agar menjadi lebih mudah. Salah satu bidang teknologi yang mengalami perkembangan sangat pesat adalah teknologi elektronika yang tidak lepas dari tuntutan masyarakat yang terus-menerus berkembang sesuai dengan kondisi dan situasi yang dihadapi.

Dalam usaha di bidang pertanian terutama usaha-usaha pertanian tanaman yang sangat berguna bagi kehidupan manusia, tersedianya tanah-tanah yang subur dengan pengairan yang mencukupi kebutuhan tanaman akan sangat berguna bagi para petani. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kondisi keberhasilan dalam bertani. Air dan tanah pertanian adalah 2 hal yang merupakan faktor dasar bagi berlangsungnya usaha pertanian tanaman yang sesuai di suatu daerah. Tidak sedikit areal tanah yang tidak dapat digunakan untuk usaha pertanian, dikarenakan tidak tersedianya air untuk pengairan ataupun air tanah yang terdapat dilapisan bawah tanah. Oleh karena itu di dalam setiap usaha pembukaan hutan untuk lahan pertanian, perencanaan dan perancangannya selalu dititik beratkan pada

tersedianya tanah yang dapat ditanami dan air pengairan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang dapat dibudidayakan. Pada suatu lahan pertanian selalu terjadi suatu evaporasi yaitu peristiwa penguapan total baik dari permukaan air, daratan, maupun dari tumbuh-tumbuhan. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya suatu evaporasi, antara lain: suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, dan lain sebagainya.

Selama ini alat untuk mengukur evaporasi pada umumnya menggunakan panci (*evaporimeter pan*), cara menggunakan alat ukur ini adalah dengan cara menuangkan air dalam panci dan diukur penguapannya setelah 24 jam selanjutnya diukur dalamnya air dengan menggunakan meteran. Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin berkembang, maka pemanfaatan teknologi dapat diterapkan dalam berbagai bidang, salah satunya pada bidang pertanian. Oleh karena itu dibuat alat ukur yang lebih mudah dalam melakukan pengukuran evaporasi, alat ukur ini dapat menampilkan secara digital besarnya evaporasi pada suatu lahan pertanian. Cara kerja alat pengukur nilai evaporasi lahan pertanian ini adalah mengukur suhu kering dan suhu basah serta kecepatan angin di daerah kerja sebagai masukan untuk mendapatkan nilai evaporasi.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perencanaan dan pembuatan alat ukur evaporasi pada suatu lahan pertanian menggunakan mikrokontroller renesas R8C/TINY ini maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Bagaimana proses perancangan alat pengukur nilai evaporasi pada suatu lahan pertanian.
2. Bagaimana cara menghitung evaporasi?
3. Bagaimana merancang dan membuat perangkat keras dan perangkat lunak atau *software* pada mikrokontroler yang mengatur semua kerja sistem ini.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dari perancangan dan pembuatan sistem alat ukur evaporasi ini tidak terlalu meluas maka penyusun perlu membuat batasan-batasan masalah yang meliputi :

1. Tidak membahas tentang jenis-jenis lahan pertanian.
2. Sistem monitoring ini hanya berlangsung 2 arah saja yaitu suhu dan kecepatan angin.
3. Membahas sistem kerja dari komunikasi antara mikrokontroler Renesas R813/TINY dengan LCD, EEPROM, RTC dan kerja dari sensor suhu kering, sensor suhu basah, dan sensor kecepatan angin.
4. Yang diukur adalah nilai evaporasi.
5. Mikrokontroler yang digunakan ialah Renesas R813/TINY.

1.4 Tujuan

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk merancang dan mendisain alat ukur evaporasi pada suatu lahan pertanian berbasis mikrokontroler renesas R813/TINY.

1.5 Metodologi Penulisan

Beberapa tahapan yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur ini bertujuan untuk mencari landasan teori mengenai sistem telekontrol.

2. Perancangan dan Pembuatan Program

Perancangan dan pembuatan program ini membahas tentang bagaimana cara mengirim data yang terdapat pada sensor ke komputer dan dapat dibaca secara tepat serta mengontrol motor untuk membuat penyesuaian temperatur dan kelembabañ.

3. Pengujian dan Analisa

Dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah berfungsi dengan optimal, jika masih terdapat kesalahan dapat diketahui penyebabnya serta dilakukan perbaikan sehingga program dan sistem dapat berfungsi optimal.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan dari skripsi ini terdiri dari pokok pembahasan yang saling berkaitan antara satu dengan lainnya, yaitu :

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, sistematika pembahasan dari alat yang direncanakan.

BAB II Landasan Teori

Pada bab ini dibahas tentang teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat ini yang meliputi sensor suhu dan sensor kecepatan angin, LCD M1632 dan mikrokontroler Renesas R813/TINY.

BAB III Perencanaan Dan Pembuatan Alat

Pada bab ini dibahas tentang perencanaan dan pembuatan keseluruhan sistem perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software).

BAB IV Pengujian Alat

Pada bab ini dibahas tentang proses serta hasil dari pengujian alat, yang didasarkan oleh pengukuran-pengukuran.

BAB V Penutup

Pada bab ini akan disampaikan kesimpulan dari perencanaan dan pembuatan sistem ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2. Evaporasi

Evaporasi adalah penguapan air atau peristiwa berubahnya air menjadi uap yang bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara. Berlangsungnya evaporasi sangat dipengaruhi oleh suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin.

Dalam menghitung evaporasi umumnya menggunakan rumus empiris Penman dan *Evaporation Pan* (pan evaporasi) dengan penjelasan sebagai berikut:

- Rumus Empiris Penman

Adapun rumus empiris Penman untuk penguapan dari daratan adalah sebagai berikut:

$$E = 0,35(e_a - e_d)(1 + V/100)$$

Sumber: Ir. Suyono Sosrodarsono, Hidrologi Untuk Pengairan, 1993.

Dimana:

E : evaporasi (mm)

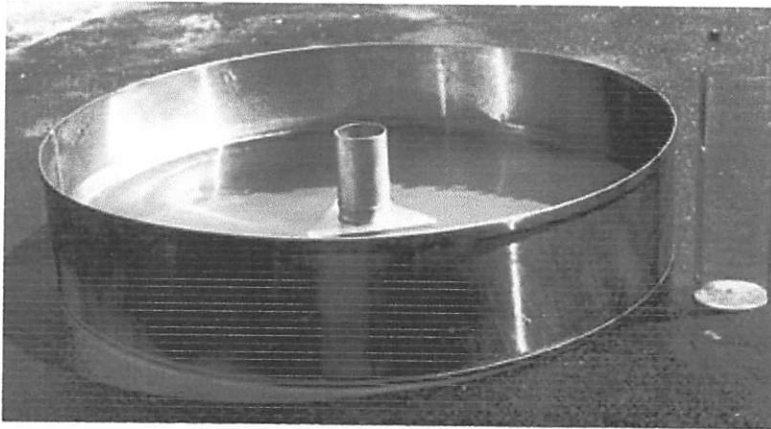
e_a : tekanan uap jenuh (mm/Hg)

e_d : tekanan uap sebenarnya (mm/Hg)

V : kecepatan angin pada ketinggian ½ meter diatas permukaan tanah
(km/jam)

- *Evaporation Pan* (Panci Evaporasi)

Evaporation pan terbuat dari pelat tembaga atau aluminium dengan diameter 100 cm. Panci tersebut diisi air jernih sedalam 20 mm (628 cm^3), diukur dengan silinder pengukur dan selanjutnya dibiarkan selama satu hari. Pengukuran keesokan harinya menunjukkan banyaknya evaporasi. Satuan evaporasi adalah mm. Dalam praktek panci dipasang setinggi 20 cm di atas permukaan tanah, disekitar tanaman rumput. Alat ini harus terhindar dari polusi air dan kotoran serta dijaga jangan sampai air dalam panci diminum oleh burung atau makhluk lainnya. Akan tetapi alat ini memiliki kelemahan yaitu bahwa *evaporation pan* yang kecil tidak dapat digunakan untuk wilayah yang luas. Semakin luas wilayah, maka semakin besar diameter dari *evaporation pan* yang digunakan.



Gambar 2.1 Panci Evaporasi

Tabel 2.1 Tekanan uap jenuh udara

t	0,0
11	9,84
12	10,52
13	11,23
14	11,98
15	12,78
16	13,63
17	14,53
18	15,46
19	16,46
20	17,53
21	18,65
22	19,82
23	21,05
24	22,27
25	23,75
26	25,31
27	26,74
28	28,32
29	30,03
30	31,82
31	33,70
32	35,66
33	37,73
34	39,90

Sumber: C.D. Soemarto, Hidrologi Teknik, 1995.

2.1 Psikrometer

Peralatan ini menggunakan dua buah sensor suhu. Satu sensor suhu untuk mengukur temperatur udara lahan pertanian (suhu kering) dan sensor suhu kedua untuk dibalut dengan kain atau kapas basah (sensor basah). Kain atau kapas basah ini berfungsi untuk mengukur tekanan uap jenuh dan kelembaban relatif. Kain atau kapas basah ini harus dijaga supaya tidak sampai kering. Untuk menjaga supaya kain atau kapas ini tetap basah, sebaiknya kain atau kapas dihubungkan langsung dengan air. Termometer yang tidak terselubung (dibungkus dengan kain basah) memberi hasil yang lebih baik daripada perpindahan kalor secara konduksi. Perpindahan kalor secara radiasi lebih mendekati temperature basah termodinamik yang diinginkan daripada perpindahan kalor secara konduksi [Wood Benard D,1994].

Tabel 2.2 Kelembaban Relatif

Pembacaan termometer bola basah	Selisih antara termometer bola kering dan bola basah							
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Derajat (°C)	Persentase %							
2	100	82	66	53	42	33	25	19
3	100	82	67	55	44	35	27	21
4	100	83	69	56	46	37	30	24
5	100	84	70	58	48	39	31	26
6	100	84	71	59	49	41	34	28
7	100	85	72	61	51	43	36	30
8	100	85	73	62	52	44	37	33
9	100	86	74	63	54	46	39	35
10	100	86	75	64	55	47	41	36
11	100	87	75	65	56	49	42	38
12	100	88	76	66	57	50	43	39
13	100	88	76	67	58	51	45	40
14	100	88	77	68	59	52	45	42
15	100	88	78	68	60	53	46	43
16	100	89	78	69	61	54	48	44
17	100	89	79	70	62	55	49	45

18	100	89	79	70	63	55	50	46
19	100	89	80	71	63	56	51	47
20	100	89	80	72	64	57	52	47
21	100	90	80	73	65	58	53	48
22	100	90	81	73	66	58	53	49
23	100	90	81	73	66	59	54	50
24	100	90	82	74	67	60	55	50
25	100	90	82	74	67	61	56	51
26	100	91	82	75	68	62	56	52
27	100	91	83	75	68	62	57	52
28	100	91	83	75	69	63	57	53
29	100	91	83	76	69	63	58	53
30	100	91	83	76	70	63	58	54
31	100	91	83	76	70	64	59	54
32	100	91	84	77	70	64	59	55
33	100	92	84	77	71	65	60	55
34	100	92	84	77	71	65	60	56

(Sumber: Bayong Tjasyono HK, Klimatologi 2004.)

Harga kelembaban relatif didapat dengan cara membaca suhu sensor suhu basah dan selisih suhu antara pengukuran sensor kering dan sensor basah. Dari pembacaan dibandingkan dengan tabel psikrometrik.

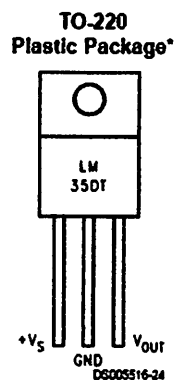
Keuntungan dari peralatan ini adalah *range* yang dapat diukur lebih luas dan harganya lebih murah, kerugiannya adalah diperlukan kain basah serta ketelitian pengukuran tergantung dari tabel psikrometrik. Kelinieran sensor kelembaban disini tergantung pada kelinieran sensor temperatur, untuk itu dipilih sensor temperatur yang cenderung linier.

2.3 Sensor Suhu

Sensor suhu LM 35 (gambar 2.2) berfungsi untuk merubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan keluaran LM 35 adalah linier terhadap suhu dalam derajat Celcius dan tidak memerlukan kalibrasi eksternal untuk memperoleh akurasi sebesar $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ pada suhu ruang dan $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$ pada jangkauan suhu antara -55°C sampai dengan $+150^{\circ}\text{C}$. beberapa kelebihan yang dimilikinya adalah:

1. Terkalibrasi dengan derajat Celcius
2. Faktor skala linier $+10,0 \text{ mV}^{\circ}\text{C}$
3. Jaminan akurasi $0,5^{\circ}\text{C}$ pada 25°C
4. Daerah kerja pada -55°C sampai dengan $+150^{\circ}\text{C}$
5. Daerah tegangan kerja adalah 4 volt sampai 30 volt

6. Pcmakaian arus $< 60 \mu\text{A}$
7. Pemanasan sendiri rendah, maksimum $0,08^\circ \text{C}/1000$ jam di udara diam (tipikal).



Gambar 2.2 IC LM 35 (kemasan T-220)

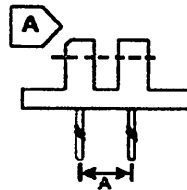
(Sumber : Datasheet LM 35)

2.4 Sensor Kecepatan Angin

Kecepatan angin diukur dengan alat yang disebut anemometer. Jenis alat yang dipakai adalah *anemometer cup* yang dirancang dan dibuat seperti anemometer Robinson, tetapi disini *cup* terbuat dari plastik bukan dari aluminium. Alat ini terdiri dari 3 buah cup yang terhubung dengan poros yang dapat berputar bebas. Prinsip pengukuran pada alat ini adalah menghitung jumlah putaran *cup* dalam satu periode waktu tertentu, untuk mendapatkan sinyal elektronik dari putaran maka pada poros putar diberi piringan bulat bening yang dicat dengan warna hitam. Pada bagian tertentu tidak dicat untuk membentuk lubang kotak bening dengan jarak tertentu. Kemudian di samping piringan ditempatkan *optocoupler* yang mengapit piringan untuk mendeteksi jumlah putaran *cup* dengan *men-scanning* lubang bening yang ada di piringan tersebut.

2.4.1 *Optocoupler*.

Penggabungan antara *LED* dan *foto-transistor* dalam satu kemasan yang mana mempunyai *LED* pada sisi masukan dan *foto-transistor* pada sisi keluaran.



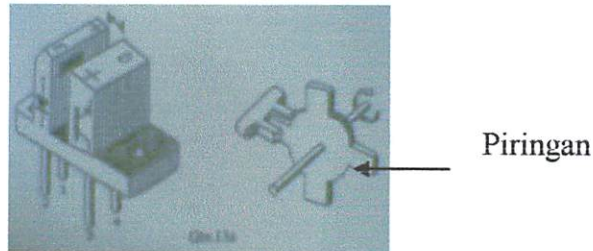
Gambar 2.3 Rangkaian *optocoupler*

(Sumber : [http://www. Mouser. Com](http://www.Mouser.Com))

Meskipun antara pemancar dan penerima dikemas dalam satu kemasan, Namun, disini tidak terjadi kontak langsung antara pemancar dan penerima. Hubungan pemancar dan penerima menggunakan media optik, sehingga *optocoupler* mempunyai isolasi listrik yang sangat besar antara *pin input* dan *pin output*. Penyensoran *optocoupler* akan menghasilkan pulsa yang akan diproses dalam mikrokontroler sebagai konversi dari putaran piringan.

Prinsip kerja dari sensor *Optocoupler* ini adalah apabila ada arus yang mengalir ke LED, maka cahaya LED akan mengenai langsung pada *foto-transistor*, sehingga akan ada arus yang mengalir pada kolektor ke emitor, dengan kata lain apabila *optocoupler* mengenai piringan maka akan bernilai aktif *high* (1) dan sebaliknya apabila *optocoupler* mengenai bagian kosong akan menjadi aktif *low* (0).

Modul-modul ini biasanya digunakan untuk perhitungan kecepatan putaran piringan dan sensor – sensor yang lain.



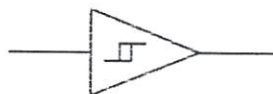
Gambar 2.4 Modul Interupsi *Optocoupler*

(Sumber : Rangkaian Elektronika, Rangkaian praktis untuk *Hobbyst*)

2.4.2 *Schmitt Trigger* (Komparator regeratif)

Komparator regeneratif merupakan suatu rangkaian yang menunjukkan terjadinya histeresis, yaitu suatu perbedaan besar tegangan pindah pada saat tegangan masuk naik dan tegangan masuk turun. Komparator regeneratif ini juga memiliki input tegangan dengan batas maksimum yaitu UTL (*upper trigger level*) sebesar 3.4V dan batas minimum yaitu LTL (*lower trigger level*) sebesar 0.4V yang berbentuk gelombang sinusoidal atau gelombang sembarang.

Salah satu kegunaan dari *Schmitt Trigger* adalah untuk mengubah tegangan yang berubah lambat menjadi bentuk gelombang keluaran yang berubah cepat dan sangat mendadak, sehingga dan menghasilkan gelombang yang berbentuk persegi dari sinyal masukannya.

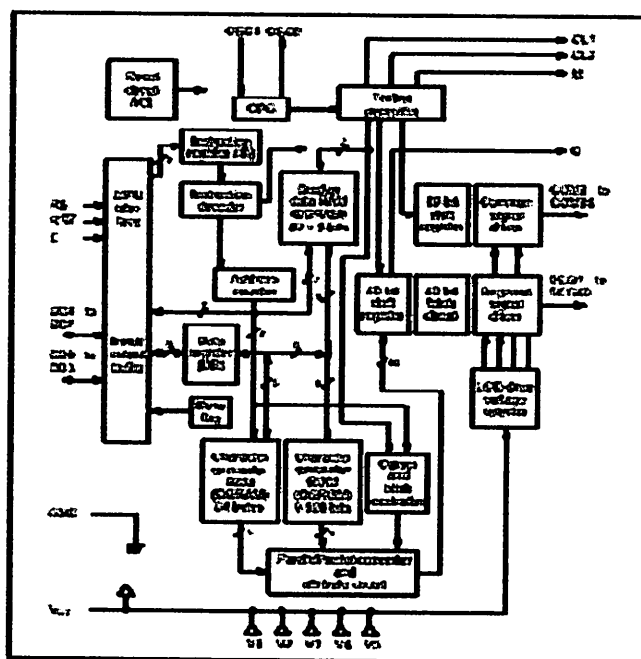


Gambar 2.5 Rangkaian *schmitt trigger*

2.5 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Modul peraga yang digunakan dalam aplikasi ini adalah LCD modul M1632. Modul LCD ini membutuhkan daya yang kecil dan dilengkapi dengan panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang terpasang dalam modul tersebut. Pengendali mempunyai pembangkit karakter ROM/RAM dan display data RAM. Semua fungsi display diatur oleh instruksi-instruksi, sehingga modul LCD ini dapat dengan mudah dihubungkan dengan unit mikroprosesor. LCD tipe ini tersusun sebanyak dua baris dengan 16 karakter.

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul berupa bus data yang masih termultiplex dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendalian LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang dalam modul LCD. Diagram blok untuk LCD dapat dilihat dalam Gambar 2.6



Gambar 2.6 Diagram Blok LCD M1632

LCD modul M1632 mempunyai spesifikasi perangkat keras sebagai berikut:

1. 16 karakter dan 2 baris tampilan yang terdiri dari 5x7 dot matrik ditambah kursor
2. Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter
3. Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter
4. 80 x 8 display data RAM (maksimum 8 karakter)
5. Osilator internal
6. Catu daya +5volt
7. Secara otomatis akan reset saat catu daya dinyalakan

LCD M1632 mempunyai 16 pin atau penyemat yang mempunyai fungsi-fungsi seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Fungsi Pin-Pin LCD M1632

No	Nama Penyemat	Fungsi
1	Vss	Terminal ground
2	Vcc	Tegangan catu +5 volt
3	Vee	Drive LCD
4	RS	Sinyal pemilih register 0: Instruksi register (tulis) 1: Data Register (tulis dan baca)
5	R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0: Tulis 1: Baca
6	E	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis dan baca
7 – 14	DB0-DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan
15	V+ BL	Pengendali kecerahan latar belakang LCD 4 - 4,2 V dan 50 – 500 mA
16	V-BL	Pengendali kecerahan latar belakang LCD 0 V

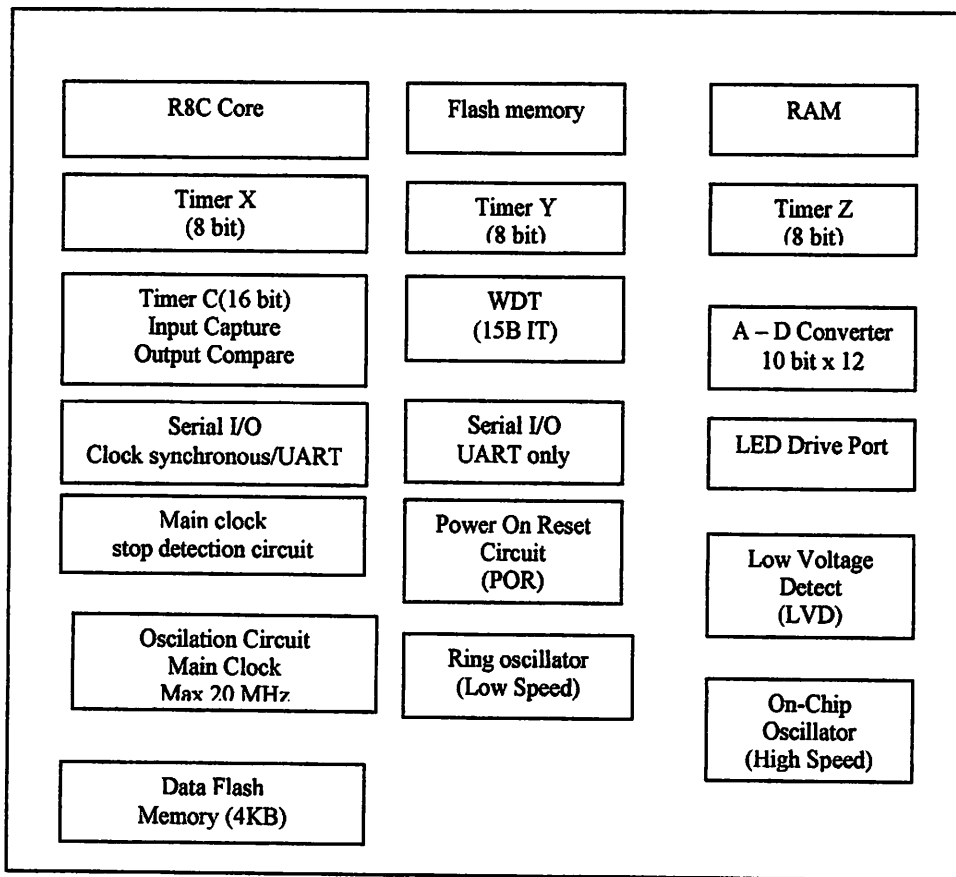
2.6 Mikrokontroler Renesas R8C/13 Tiny

Renesas technology adalah produsen semikonduktor tingkat internasional. Renesas terbangun dari dua produsen semikonduktor, renesas juga mengeluarkan berbagai jenis keluarga mikrokontroler (MK).

Renesas R8C adalah salah satu jenis keluarga MK M16C. CPU R8C sama dengan CPU CISC 16-bit M16C, hanya saja lebar jalur data R8C adalah 8-bit, karena menggunakan CPU yang sama maka R8C memiliki *instruction set* hampir sama dengan M16C. Perbedaannya terletak pada 2 instruksi, yaitu R8C tidak memiliki instruksi JMPS (*Jump Special Page*) dan JSRS (*Jump Subroutine Special Page*). R8C/13 adalah salah satu tipe MK dalam seri R8C. MK ini memiliki kemasan 32-pin LQFP. Dalam perancangan pada skripsi ini menggunakan MK seri R5F21134FP, yaitu R8C13 yang memiliki flash ROM 16KB(1000 E/W *cycles*) dan RAM sebesar 1KB.

Berikut ini adalah spesifikasi R8C13/Tiny dengan peta peripheral dan memori-memorinya :

1. Mempunyai CPU core (16-bit) 1-20 MHz, 3.0 – 5.5 Volt dan 1 – 10 MHz 2.7 – 5.5 Volt.
2. Rangkaian Clock, kecepatan *low/high On-Chip Oscillator*. Clock utama dengan Xin/Xout.
3. Memory (ROM/SRAM) 16Kbyte / 1 Kbyte, 2 x 2 Kbyte data flash pada R8C/13 Tiny.
4. Kemasan 32 pin LQFP (7 mm x 7 m)



Gambar 2.7 Blok Diagram R8C/13 Tiny dan Peta *Peripheral*-nya

(Sumber : Datasheet Renesas)

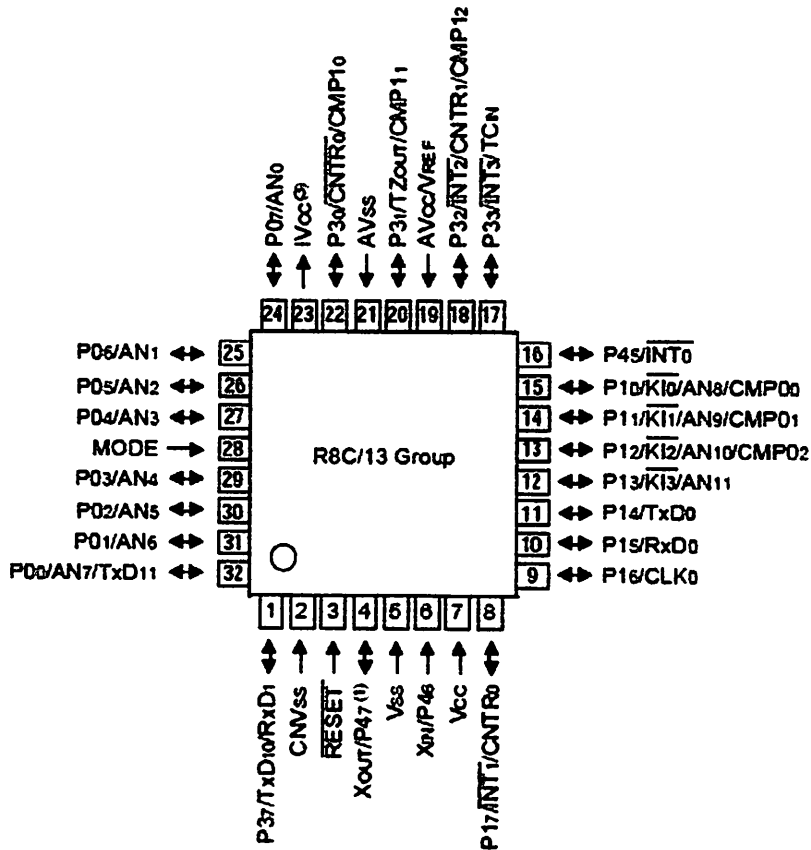
2.6.2 Kelebihan - kelebihan R8C/13 Tiny

Banyak kelebihan-kelebihan yang dimiliki R8C/13 Tiny diantaranya adalah :

1. Kompatibel dengan M16C yaitu kompatibel dalam instruksi dan kode.
2. *Peripheral* lebih terintegrasi jadi lebih hemat.

3. *Electromagnetic Compatibility (EMC)* mempunyai EMI rendah, EMS tinggi.
4. *Development Tool (Compiler dan Debugger)* didapat dengan murah dan difasilitasi *On-Chip Debugger*.
5. Mempunyai *fitur fail – safe* yaitu pengamanan terhadap kegagalan sistem.
6. Konsumsi daya rendah.
7. 16-bit CISC CPU dengan kecepatan maksimal 20 MHz (1 : 1).
8. 89 instruksi CISC lebih hemat ROM kira – kira 20 % RAM sampai 1 KB.
9. Waktu konversi ADC 3 μ S.

2.6.3 Konfigurasi Pin R8C/13 Tiny



Gambar 2.8 Konfigurasi Pin R8C/13 Tiny

(Sumber : Datasheet Renesas)

Gambar 2.8 adalah konfigurasi pin-pin dari R8C/13 Tiny untuk lebih jelasnya dapat diamati pada table deskripsi pin-pin berikut ini :

Tabel 2.4 Konfigurasi pin – pin dari R8C/13 Tiny

Nama sinyal	Nama Pin	Type I/O	Fungsi
Masukan Catu Daya	Vcc, Vss	I	Tegangan 2.7 V – 5.5 V pada pin Vcc Tegangan 0 V pada Vss pin
I Vcc	Ivcc	O	Pin ini untuk menstabilkan catu daya <i>Internal</i> , pin ini dihubungkan pada Vss melalui kapasitor 100nF. jangan dihubungkan pada Vcc.
Input Catu Daya Analog	Avcc, Avss	I	Ini adalah catu daya pada ADC. A Vcc dihubungkan pada Vcc, A Vss dihubungkan ke Vss. Dianjurkan untuk menghubungkan kapasitor diantara pin A Vcc dan AVss.
Input Reset	RESET	I	“L” untuk masukan ini mereset MCU.
CNVss	CNVss	I	Pin ini dihubungkan pada Vss melalui sebuah resistor.
MODE	MODE	I	Pin ini dihubungkan pada Vcc melalui sebuah resistor.

<i>Input Clock</i> Utama	Xin	I	Pin ini dsediakan untuk membangkitkan rangkaian <i>I/O Clock</i> utama. Dihubungkan dengan sebuah keramik resonator atau kristal diantara pin <i>Xin</i> dan <i>Xout</i> . Jika digunakan clock internal maka pin <i>Xin</i> dan <i>Xout</i> dalam keadaan terbuka.
<i>Output clock</i> Utama	Xout	O	
Inpu Kunci Interupsi	K10-K13	I	Pin ini sebagai masukan kunci interupsi.
TIMER X	CNTR 0	I/O	Pin I/O ini adalah untuk <i>Timer X</i> .
	CNTR 0	O	Pin <i>Output</i> untuk <i>Timer X</i> .
Timer Y	CNTR 1	I/O	Pin I/O untuk <i>Timer Y</i> .
Time Z	TZout	O	Pin <i>Output</i> untuk <i>Timer Z</i> .
Timer C	TC in	I	Pin <i>input</i> untuk <i>Timer C</i> .
	CMP00	O	Pin <i>Output</i> untuk <i>Timer C</i> .
	CMP03		
	CMP10		
CMP13			
Serial Inteface	CLK 0	I/O	Pin I/O untuk memindahkan <i>Clock</i> .
	RXD0	I	Pin <i>input</i> untuk data Serial.
Serial Inteface	RXD1		

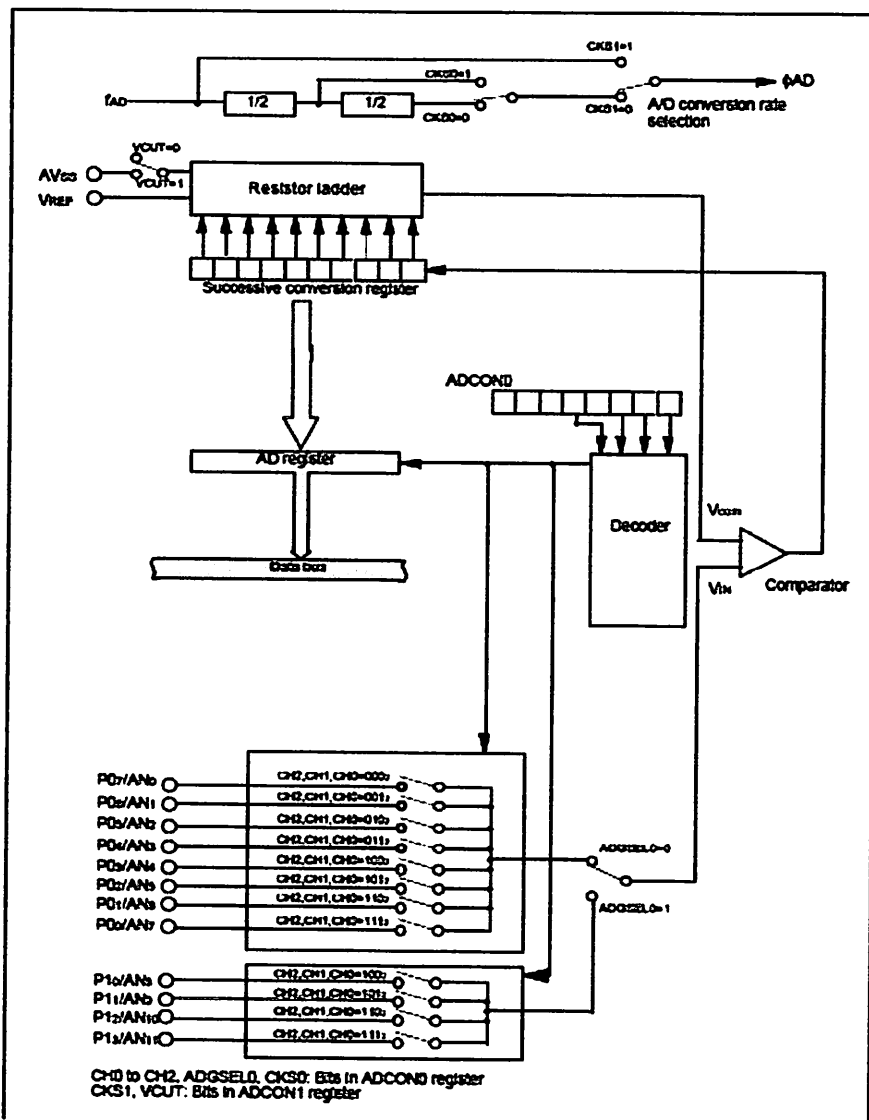
	TXD0 TXD10 TXD11	O	Pin <i>output</i> untuk data Serial.
<i>Input</i> Tegangan Referensi	Vref	I	Tegangan referensi input untuk ADC. Vref pin dihubungkan ke Vcc.
ADC, pengubah dari analog ke digital	AN0- AN11	I	Pin analog <i>input</i> pada ADC.
Port I/O	P00-P07, P10-P17, P30-P33, P37-P45	I/O	Merupakan port I/O CMOS 8-bit. Setiap port mempunyai pilihan register pengarah sebagai input output. tiap port dapat dialamat per bit. Dapat di-set menggunakan <i>pull up</i> resistor dengan program. P10-P17 mempunyai driver transistor.
Port <i>input</i>	P46, P47	I	Pin ini hanya bias digunakan sebagai <i>input</i> .

2.6.4 Periperal R8C/13 Tiny

Mikrokontroler R8C/13 Tiny mempunyai beberapa *peripheral-peripheral* yang banyak digunakan pada beberapa aplikasi-aplikasi penting, diantaranya adalah sebagai berikut :

➤ Analog To Digital Converter (ADC)

Dengan 12 SAR ADC S/H yang mempunyai resolusi 8-bit atau 10-bit. Mode Operasinya menggunakan *One-Shot* dan *Repeat* dengan waktu konversi 2.8 μ S (pada clock 10 MHz). Berikut gambar diagram blok ADC *built in* pada mikrokontroler :



Gambar 2.9 Diagram blok ADC

(Sumber : Datasheet Renesas)

➤ **Timer Mode**

Mempunyai timer sebanyak 4 yaitu timer X,Y,Z,C. berikut adalah mode – mode timernya :

Table 2.5 Mode – mode Timer

Item		Timer X	Timer Y	Timer Z	Timer C
Configuration		8-bit timer with 8-bit prescaler	8-bit timer with 8-bit prescaler	8-bit timer with 8-bit prescaler	16-bit free-run timer
Count		Down	Down	Down	Up
Count source		•f ₁ •f ₂ •f ₃ •f ₃₂	•f ₁ •f ₃ •f _{IRING} •input from CNTR ₁ pin	•f ₁ •f ₂ •f ₃ •Timer Y underflow	•f ₃ •f ₃₂ •f _{IRING-test}
Function	Timer mode	provided	provided	provided	not provided
	Pulse output mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Event counter mode	provided	provided ⁽¹⁾	not provided	not provided
	Pulse width measurement mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Pulse period measurement mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Programmable waveform generation mode	not provided	provided	provided	not provided
	Programmable one-shot generation mode	not provided	not provided	provided	not provided
	Programmable wait one-shot generation mode	not provided	not provided	provided	not provided
	Input capture mode	not provided	not provided	not provided	provided
Output compare mode	not provided	not provided	not provided	provided	
Input pin	CNTR ₀	CNTR ₁	INT ₀	TC _{IN}	
Output pin	CNTR ₀ CNTR ₀	CNTR ₁	TZOUT	CMP0 ₀ to CMP0 ₂ CMP1 ₀ to CMP1 ₂	
Related interrupt	Timer X int INT1 int	Timer Y int INT2 int	Timer Z int INT0 int	Timer C int INT3 int compare 0 int compare 1 int	
Timer stop	provided	provided	provided	provided	

➤ **Low Voltage Detect (LVD)**

LVD adalah untuk mendeteksi Vcc kurang dari 3.8 V (± 0.5 V)

➤ **Watchdog Timer**

Watchdog berfungsi untuk mendeteksi ketika program di luar kontrol.

➤ **On Chip Debugger**

Fasilitas ini mempunyai fungsi untuk dapat di-*debug* pada waktu mikro sedang berjala. Antara PC dan MK dapat berkomunikasi, PC akan mengetahui aktivitas MK saat itu. syarat- syarat *On Chip Debugger* adalah

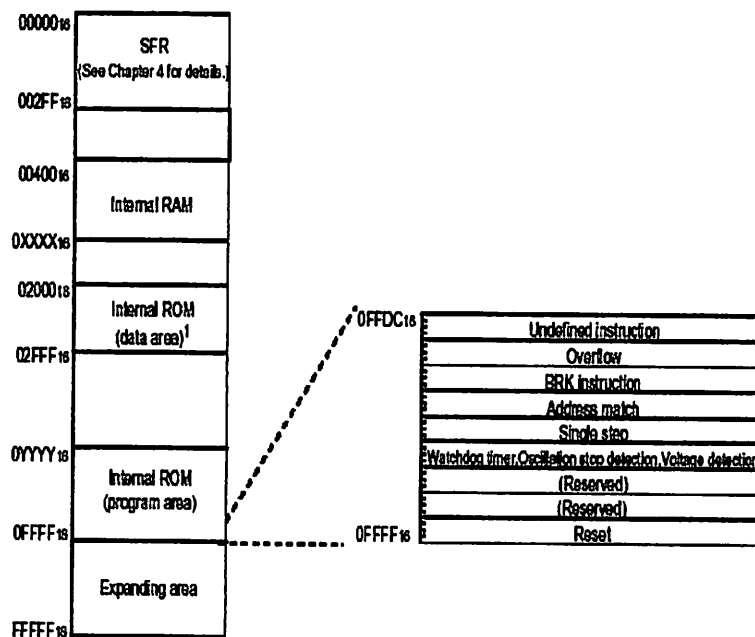
1. Vektor *Address Match Interrupt* harus dihindari.
2. *Single step interrupt* tidak dapat digunakan bersamaan *interrupt* lain.
3. *UART1* tidak boleh dipakai.
4. Intruksi BRK tidak boleh dipakai.
5. *Flash Address* C000H-C7FFH.
6. PD 3.7 harus "0".
7. B5 FMR 0 harus "1".
8. Menyiapkan 8 Byte untuk *Stack*.
9. *On Chip Debugger* berpengaruh pada *timing run*.

2.6.5 Memori R8C/13Tiny

Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny mempunyai struktur memori yang terdiri atas :

- *Space* alamat hingga 1 Mbytes dari alamat 00000_{16} sampai $FFFFFF_{16}$.
- ROM internal (*program area*) dialokasikan pada alamat terendah dimulai dari alamat $0FFFF_{16}$. Misalnya, 16 Kbyte ROM internal dialokasikan pada alamat yang dimulai dari $0C000_{16}$ sampai $0FFFF_{16}$.
- ROM internal untuk *data area* dialokasikan pada alamat 02000_{16} sampai $02FFF_{16}$.

- ROM internal untuk *data area* dialokasikan pada alamat 02000_{16} sampai $02FFF_{16}$.
- Sedangkan RAM internal dialokasikan pada arah alamat yang lebih tinggi dimulai dari alamat 00400_{16} .
- *Special function register* (SFR) dialokasikan pada alamat mulai dari 00000_{16} sampai $002FF_{16}$. Fungsi register control peripheral dialokasikan disini.



NOTES:

1. The data flash ROM block A (2K bytes) and block B (2K bytes) are shown.
2. Blank spaces are reserved. No access is allowed.

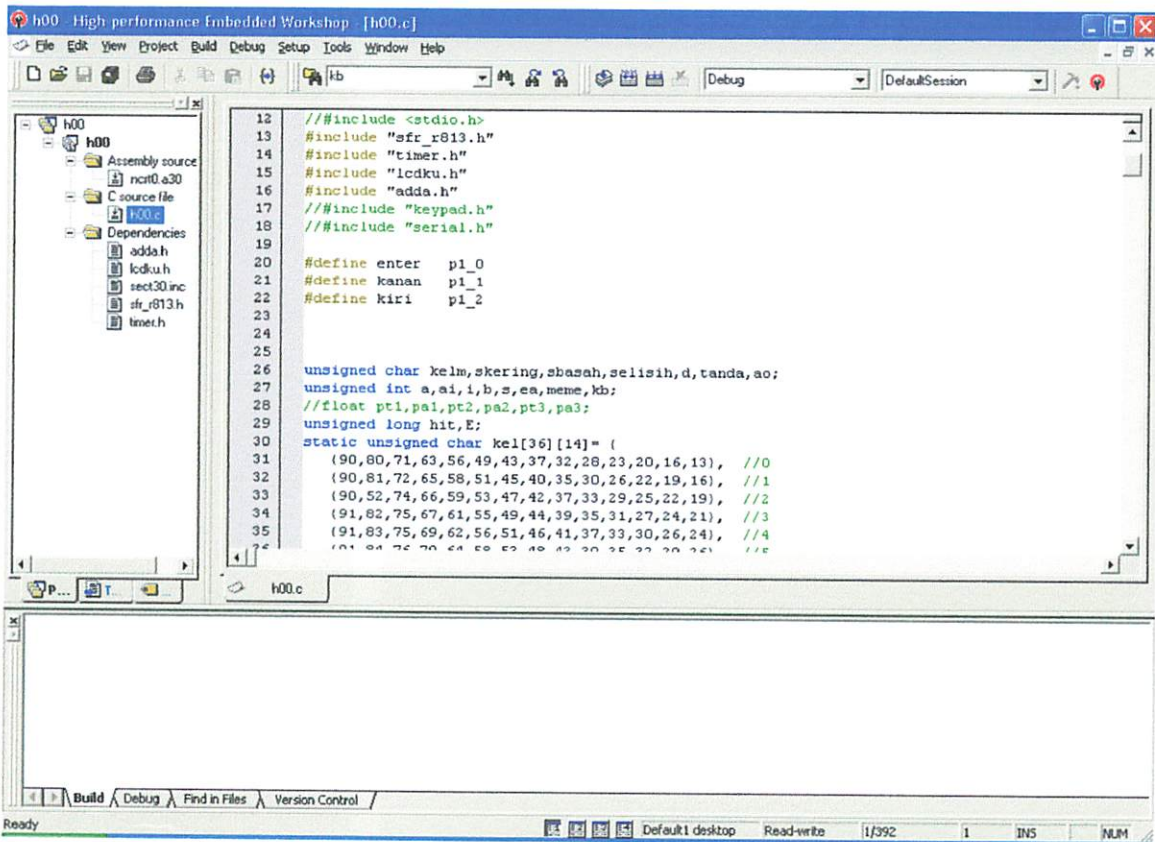
Type name	Internal ROM		Internal RAM	
	Size	Address 0YYYY ₁₆	Size	Address 0XXXX ₁₆
R5F21134FP, R5F21134DFP	16K bytes	0C000 ₁₆	1K bytes	007FF ₁₆
R5F21133FP, R5F21133DFP	12K bytes	0D000 ₁₆	768 bytes	006FF ₁₆
R5F21132FP, R5F21132DFP	8K bytes	0E000 ₁₆	512 bytes	005FF ₁₆

Gambar 2.10 Memory Map

(Sumber : Datasheet Renesas)

2.6.6 Editor dan Compiler

Sebelum membuat program Renesas harus sudah ada program tempat untuk mengetik dan mengkompile program yang akan dibuat, berikut gambar tampilan *compiler* Renesas:



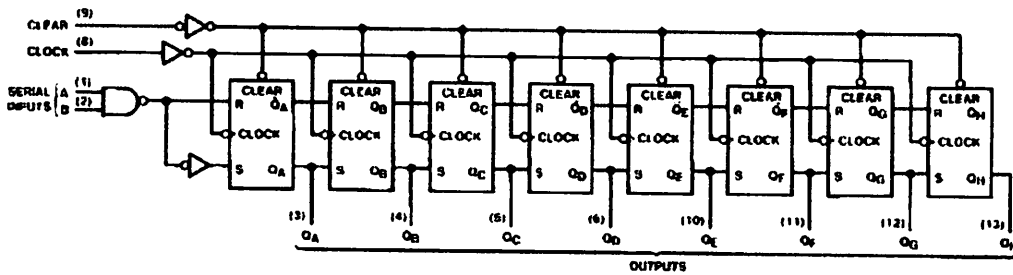
Gambar 2.11 *compiler* Renesas

2.7 Shif Register

Shif register disini menggunakan IC 74LS164 yang merupakan register geser 8 bit yang memiliki jalan masuk deret tergerbang. IC74164 digunakan untuk menampilkan karakter yang dikehendaki oleh mikrokontroler. Ketika

terdapat data pada jalur data, data tersebut akan ditahan dengan memberikan *clock* pin E pada LCD. Pin RS menentukan apakah data yang ditahan akan digunakan sebagai instruksi untuk mengatur *setting* tampilan pada LCD atau sebagai kode karakter yang diperlukan LCD untuk menampilkan suatu karakter. Sedangkan untuk pin R/W pada LCD dihubungkan ke *ground* karena dalam hal ini LCD hanya melakukan operasi write atau operasi menampilkan karakter. Kelengkapan IC 74LS164 adalah :

- Gerbang (*enable/disable*) secara serial.
- Masukan *input* secara serial.
- Tidak *synchronous*.
- Clock frekuensi 36 MHz



Gambar 2.12 Blok diagram IC 74LS164

(Sumber : datasheet IC 74LS164)

BAB III

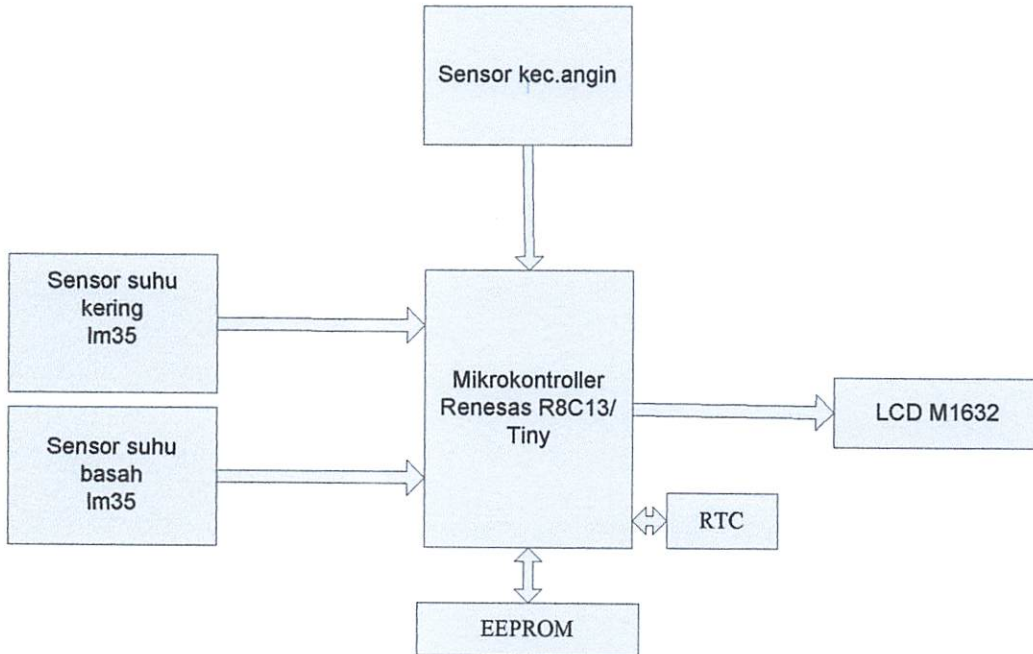
PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3. Umum

Alat pengukur nilai evaporasi pada suatu lahan pertanian ini direncanakan untuk dapat mengukur besarnya nilai evaporasi di suatu lahan pertanian yang diukur dan menampilkan hasilnya agar dapat langsung dilihat oleh pengamat. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses pengukuran dan menghemat waktu pemantauan besar kecilnya nilainya evaporasi di lahan pertanian yang diukur tersebut.

Kerja alat pengukur nilai evaporasi ini secara umum adalah mengukur suhu basah dan suhu kering serta kecepatan angin di daerah kerja sebagai masukan untuk mendapatkan nilai evaporasi.

Perencanaan alat pengukur nilai evaporasi lahan pertanian ini dilakukan perblok untuk memudahkan proses pembuatan, pencarian kesalahan dan pengujian. Diagram blok alat dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok Alat Pengukur Nilai Evaporasi

Keterangan blok diagram pada gambar 3.1:

1. Sensor suhu kering

Detektor ini menggunakan IC LM35 yang berfungsi untuk mendeteksi besarnya suhu kering disekitar lahan pertanian yang digunakan untuk mencari nilai besarnya tekanan uap jenuh (e_a) yang terdapat pada tabel tekanan uap jenuh dan tekanan uap sebenarnya(e_a).

2. Sensor suhu basah

Detektor ini menggunakan IC LM35 yang berfungsi untuk mendeteksi besarnya suhu basah dengan cara meletakkan kain atau kapas basah disekitar IC LM35, ini digunakan untuk mencari nilai tekanan uap sebenarnya.

3. Mikrokontroler Renesas R8C13/Tiny

Mikrontroler keluarga Renesas ini bertugas memproses data-data masukan dan mengolahnya untuk dikirim ke LCD.

4. Sensor kecepatan angin

Bagian ini berfungsi untuk mendeteksi kecepatan angin. *Detector* ini menggunakan *optocoupler* dan anemometer robinson yang dibawahnya diletakkan lingkaran yang terbuat dari kaca atau mika bening serta diberi garis-garis hitam dan putih.

5. RTC (*Real Time Clock*)

Menggunakan IC DS1307 yang berfungsi sebagai referensi waktu.

6. EEPROM

Menggunakan IC 24C08 yang berfungsi sebagai penyimpan data.

7. Push button

Berfungsi sebagai pemilih menu dan reset.

8. LCD

LCD disini menggunakan tipe M1632 yang berfungsi sebagai penampil hasil pengukuran evaporasi.

3.1 Perangkat Keras

Perangkat keras dalam sistem ini terdiri dari beberapa bagian, meliputi:

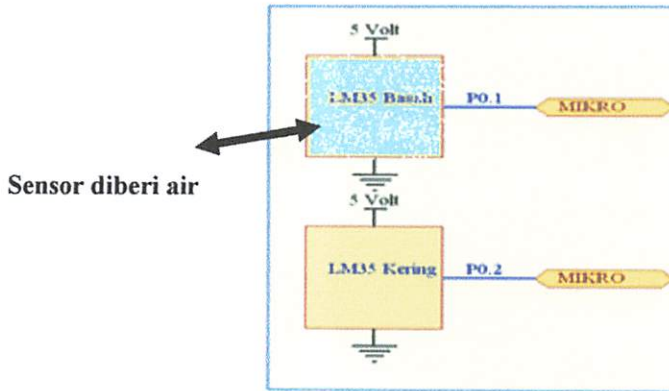
1. Rangkaian sensor suhu kering dan suhu basah.
2. Anemometer kincir dan rangkaian sensor kecepatan angin.

3. EEPROM.
4. *Real Time Clock* (RTC).
5. Sistem mikrokontroler Renesas R8C13/Tiny.
6. Penampil berupa LCD.

3.2 Rangkaian Sensor Suhu Kering Dan Suhu Basah

Sensor suhu merupakan transduser yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu menjadi sinyal listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu yang digunakan adalah IC LM35 keluaran National Semikonduktor dengan pertimbangan antara lain rangkaiannya sederhana, keluarannya linier terhadap suhu, terkalibrasi secara langsung dalam derajat celsius, harga terjangkau dan mudah didapatkan. Rangkaian sensor suhu LM35 memiliki tegangan operasi yang umum digunakan yaitu 4 hingga 20 volt.

IC LM35 mempunyai impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran yang rendah, mempunyai sensitivitas $\pm 10\text{mV}/^\circ\text{C}$ dan jangkauan operasi suhu $-55^\circ\text{C} - 150^\circ\text{C}$ sehingga dapat memenuhi kebutuhan interval sensor suhu kering dan suhu basah. Sensor suhu basah disini dibalut dengan kain basah yang terhubung dengan air ini dimaksudkan sebagai masukan untuk mencari kelembapan relatif pada tabel kelembapan relatif. Tegangan catu daya yang digunakan $5V_{dc}$ tegangan keluaran dari sensor adalah $10\text{ mV}/^\circ\text{C}$. Output sensor suhu kering dan basah akan diinputkan ke ADC yang sudah terintegrasi pada mikrokontroler Renesas R8C13/Tiny. Dari sensor suhu yang digunakan, dalam hal ini LM35, akan mendapatkan tegangan keluaran sebesar $-50\text{ mV} - 150\text{ mV}$.



Gambar 3.2 Rangkaian IC LM35 Untuk Suhu Kering dan Basah

Rangkaian sensor suhu IC LM35 disini diberi tegangan sebesar 5 volt, sensor suhu kering diletakkan diluar bok rangkaian sedangkan untuk sensor suhu basah diselimuti kain dan terhubung dengan air yang terletak didalam bok bawah.

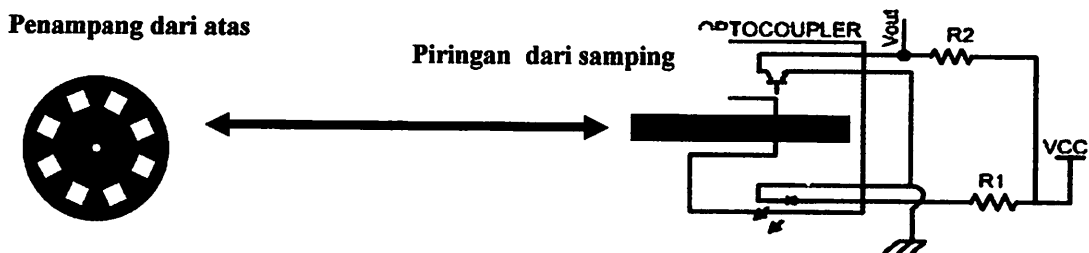
3.3 Rangkaian Sensor Kecepatan Angin.

Sensor kecepatan angin dibuat seperti model anemometer jenis Robinson yang mempunyai 3 buah cup yang terbuat dari plastik yang mempunyai diameter 6,5cm dengan panjang tangkai cup 12,5cm yang terbuat dari besi, jarak antara tangkai satu dengan yang lain 120° . Pada tengah poros putaran anemometer tersebut diletakkan penampang lingkaran dengan lajur-lajur terang dan lainnya berwarna gelap. Diameter dari penampang lingkaran 8,5cm. Dalam hal ini pada penampang lingkaran diberikan 8 lajur terang dengan ukuran busur yang sama sehingga untuk satu rotasi didapatkan 8 pulsa. Untuk membaca lajur terang dan gelap digunakan *optocoupler*.

3.3.1 Penggunaan *Optocoupler* Sebagai Sensor

Sensor (*tranduser*) adalah suatu alat atau piranti yang dapat mengubah dari satu besaran ke besaran lain. Dalam elektronika, sensor dipakai di dalam suatu sistem yang mengubah energi masukan (panas, gaya, posisi) menjadi energi listrik untuk memberikan isyarat kecil guna menggerakkan suatu sistem atau untuk memberikan umpan balik pengendalian.

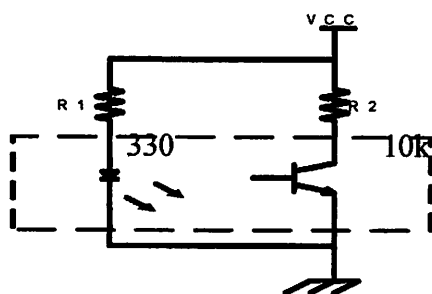
Optocoupler adalah gabungan dari dua buah komponen pemancar dan penerima ditunjukkan dalam gambar 3.3. Pemancar berasal dari komponen LED dan penerimanya adalah *foto-transistor*.



Gambar 3.3 Rangkaian Piringan Pada *Optocoupler*

Prinsip kerja dari sensor *Optocoupler* adalah sebagai berikut: bila ada arus yang mengalir ke LED, maka cahaya LED akan mengenai langsung pada *foto-transistor* sehingga akan ada arus yang mengalir pada kolektor ke emitor. Saklar *optocoupler* bercelah merupakan jenis *optocoupler* yang memberikan indikasi pada saat celah pada piringan berputar. Bisa juga disebut sebagai *opto-isolator* atau *isolator optik* yaitu alat saklar foto-elektrik yang terdiri dari sebuah LED yang memancarkan cahaya inframerah dan sebuah *foto-transistor*. LED dan *foto-transistor* termuat dalam satu kemasan yang mana mempunyai LED pada sisi

masuk dan *foto-transistor* pada sisi keluaran. Pada saat logika satu diumpangkan ke masukan, *LED* akan menghantar dan memancarkan sinar inframerah yang akan menghidupkan transistor untuk menghasilkan arus keluaran. Pada gambar 3.4 menunjukkan tentang rangkaian penggunaan *foto-transistor*.



Gambar 3.4 Rangkaian Penggunaan *Foto-transistor*.

1) *LED*. *Light Emitting Diode* biasa disebut dengan dioda cahaya, yaitu suatu jenis dioda yang dapat mengeluarkan cahaya apabila dialiri arus listrik.

Perlu diketahui lampu LED ini dapat menyala apabila diberi tegangan antara 1,5 Volt sampai 2,4 Volt. Cara pemasangannya perlu diperhatikan bahwa bagian anodanya harus diberi tegangan positif (+) dan bagian katodanya diberi tegangan negatif (-) dan apabila terbalik lampu LED tidak akan menyala. Sebagai petunjuk dalam pemasangannya agar diperhatikan bahwa kaki katoda adalah lebih pendek dibandingkan dengan kaki anodanya.

LED mampu memancarkan sinar apabila diberi tegangan bias maju dan akan terjadi rekombinasi di sekitar *junction* (pertemuan) P-N. Pada saat rekombinasi tersebut, elektron-elektron yang melepaskan energinya akan menghasilkan cahaya dan panas.

Berdasarkan data sheet I_{led} adalah antara 10 mA–20 mA, sehingga direncanakan $I_{led} = 11\text{mA}$ dengan catu dayanya sebesar 5 volt, tegangan jatuh pada led 1,2 volt, maka nilai resistansi pada led dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R_{led} &= \frac{V_s - V_{led}}{I_{led}} \\
 &= \frac{5V - 1,2V}{11mA} \\
 &= \frac{3,8V}{11mA} \\
 &= 345 \Omega
 \end{aligned}$$

Jadi resistansi yang digunakan dan ada di pasaran adalah 330 Ω yang merupakan nilai R1 pada gambar 3.4.

2) *Foto-transistor*. Sensor ini digunakan untuk menguji dua keadaan yaitu ada atau tidak adanya cahaya led yang diterima oleh *receiver* karena pantulan atau penyinaran secara langsung. Prinsip dari sensor ini adalah adanya perubahan nilai resistansi listrik dari *foto-transistor* saat dikenai cahaya. Sehingga, akan dihasilkan sinyal listrik yang akan dijadikan informasi umpan balik dalam suatu sistem kontrol loop tertutup. Struktur dari foto-transistor sama halnya seperti transistor dengan kaki Basis diletakkan pada jendela penerima cahaya (Light Receiver Window).

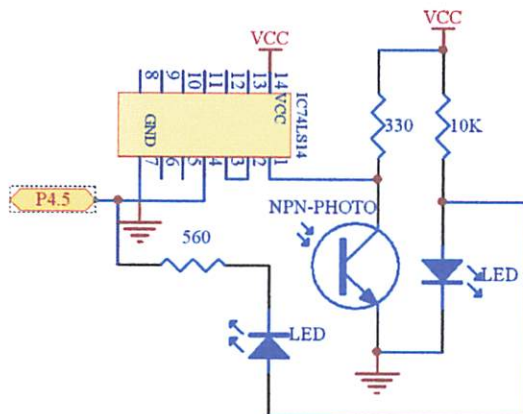
Pada rangkaian penerima transistor akan bekerja apabila sisi basis mendapatkan *trigger* berupa tegangan bias positif maupun bias negatif tergantung dari tipe transistor tersebut. Apabila transistor mendapatkan cahaya dari led

(transistor posisi *on*) maka kaki kolektor dan emiter akan terhubung, sehingga nilai tahanan dalam *foto-transistor* akan mendekati nol atau berfungsi sebagai konduktor. Karena kaki kolektor dan emitor terhubung maka tegangan akan langsung terhubung ke *ground* ($V_{CE_{foto-transistor}} = 0$). Resistor 10 K dipasang sebagai *Buffer*, sehingga selalu berada pada keadaan tinggi (logika 1) dan mencegah hubungan singkat pada saat *foto-transistor* aktif. Untuk mengetahui nilai resistansi yang dibutuhkan pada rangkaian *foto-transistor* adalah sebagai berikut, jika diketahui

$V_{cc} = 5V$, $I_c = 0,5 \text{ mA}$:

$$\begin{aligned} R_c &= \frac{V_{cc}}{I_c} \\ &= \frac{5V}{0,5mA} = 10 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

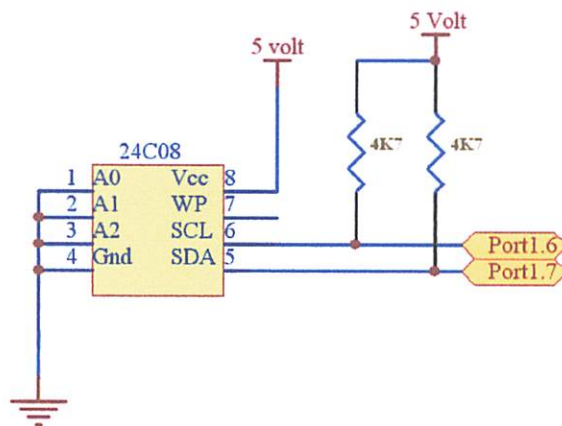
Jadi resistor yang dipasang adalah 10 k Ω yang merupakan nilai R2 pada gambar 3.4.



Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Kecepatan Angin

3.4 Rangkaian EEPROM (*Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory*) IC AT 24C08

Pada rangkaian EEPROM ini kaki SDA (pin no 5) dan SCL (pin no 6) masing-masing dihubungkan dengan *port* 1.7 untuk SCL dan *port* 1.6 untuk SDA pada mikrokontroller. Pin nomor 1,2 dan 3 (A0, A1 dan A2) dihubungkan dengan ground, karena IC hanya ini hanya dikendalikan lewat pin SDA dan SCL saja, tidak ada sarana lainnya dari mikrokontroler yang dipakai untuk mengendalikan IC ini.



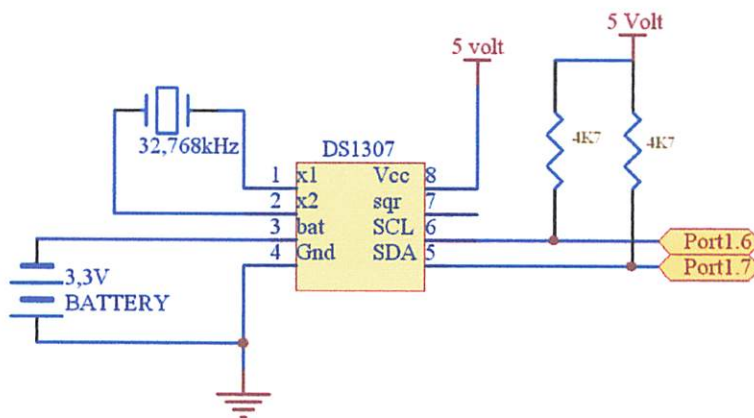
Gambar 3.6 Rangkaian EEPROM IC AT 24C08

3.5 Rangkaian RTC (*Real Time Clock*) DS 1307

Dalam sistem yang dirancang ini, RTC berfungsi sebagai referensi waktu yaitu *peripheral* yang menyediakan data detik, menit, jam, tanggal, hari, bulan, tahun biasa, dan tahun kabisat. Data waktu ini (RTC) nantinya akan diolah oleh mikrokontroller dan ditampilkan pada LCD serta akan dijadikan sebagai inputan data untuk mengatur *setting* waktu yang dibutuhkan saat proses penyimpanan.

RTC yang dipilih adalah *serial* RTC produksi MAXIM yaitu DS 1307, pemilihan serial RTC dari MAXIM karena beberapa hal di bawah ini:

- Harga yang relatif murah jika dibandingkan RTC yang lain.
- Akses datanya secara *serial*, maka hanya membutuhkan 2 pin saja sehingga menghemat *pin-out* untuk perangkat pengaksesnya dan menghemat *port-port* pada mikrokontroler..
- Dilengkapi pin untuk baterai *back-up*, sehingga tidak sulit menambah rangkaian untuk baterai *back-up*.
- *Y2K compatible*, sehingga tidak perlu ada penambahan penanggalan untuk penggunaan di tahun 2000 ke atas.
- Komponen pendukung yang mudah diperoleh.



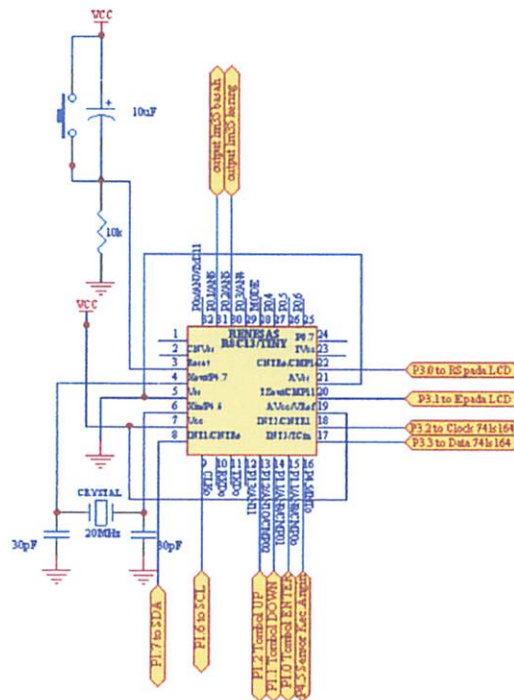
Gambar 3.7 Rangkaian *Serial* RTC DS 1307

Dari Gambar 3.7 di atas dapat dilihat bahwa pin SDA dan SCL terhubung dengan mikrokontroler tepatnya pada *port* 1.7 dan *port* 1.6 . Baterai *back up* yang

digunakan adalah batrai *back up* 3 volt CR 2032 yang dapat bertahan untuk masa operasi 10 tahun, kondisi ini amat hemat biaya, kristal yang digunakan adalah *standart quartz* kristal dengan nilai 32,768 KHz.

3.6 Rangkaian Mikrokontroller Renesas R8C/13

MCU bekerja jika sensor-sensor yang ada pada rangkaian aktif. Alasan penggunaan MCU Renesas R8C/Tiny adalah rangkaiannya yang praktis (bentuk fisik IC-nya yang sangat kecil) karena tersusun dalam satu modul yang sangat mudah untuk kita gunakan, sederhana dan tidak memakan tempat. Jumlah Tx (Transmitter) dan Rx (Receiver) ada 2, yaitu untuk Tx pada kaki ke-11 (port 1.4) dan kaki ke-32 (port 0.0). Sedangkan untuk Rx pada kaki ke-1 (port 3.7) dan kaki ke-10 (port 1.5). Pada MCU Renesas R8C/Tiny rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*) sudah ada sehingga kita tidak perlu membuat rangkaian ADC baru. Mikrokontroller RENESAS dibangun menggunakan proses gerbang *silicon CMOS* dengan kemampuan tinggi menggunakan CPU seri R8C/Tiny dan dikemas dalam modul plastik dengan jumlah pin sebanyak 32. Mikrokontroller ini beroperasi menggunakan perintah canggih khususnya efisiensi perintah dengan level tinggi. Mikrokontroller ini mempunyai 1 Mbytes kapasitas alamat, yang bisa digunakan untuk mengeksekusi perintah dengan kecepatan tinggi. Data flash ROM sebesar 2 KB x 2 blocks.



Gambar 3.8 Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler Renesas R8C/13

Fungsi port pada MCU yang digunakan pada alat adalah sebagai berikut :

- ❖ Port 0 memiliki fungsi sebagai berikut:
 - Port 0.1 digunakan sebagai *input* ADC dari sensor suhu basah.
 - Port 0.2 digunakan sebagai *input* ADC dari sensor suhu kering.

- ❖ Port 1 memiliki fungsi sebagai berikut:
 - Port 1.0 digunakan sebagai tombol ENTER
 - Port 1.1 digunakan sebagai tombol DOWN
 - Port 1.2 digunakan sebagai tombol UP
 - Port 1.6 digunakan sebagai SCL EEPROM dan RTC
 - Port 1.7 digunakan sebagai SDA EEPROM dan RTC

- ❖ Port 3 memiliki fungsi sebagai berikut :
 - Port 3.0 digunakan sebagai *input* data pada rangkaian LCD.
 - Port 3.1 digunakan sebagai penyemat *clock* pada rangkaian LCD.
 - Port 3.2 digunakan sebagai penyemat *Enable* pada rangkaian LCD.
 - Port 3.3 digunakan sebagai penyemat RS pada rangkaian LCD.
- ❖ Port 4 memiliki fungsi sebagai berikut :
 - Port 4.5 digunakan sebagai *input* dari sensor kecepatan angin.

3.7 Rangkaian Reset

Rangkaian reset dalam mikrokontroler Renesas R8C/13 akan melakukan reset setelah catu daya dihidupkan. Pada saat kondisi reset maka factor reset pada alamat 0000 H akan dituju oleh mikrokontroler Renesas R8C/13 agar program yang terdapat di dalam mikrokontroler Renesas R8C/13 kembali ke kondisi semula atau dengan kata lain mikrokontroler Renesas R8C/13 mengakses awal dari program yang telah diisi di dalamnya.

Untuk me-*reset* mikrokontroler Renesas R8C/Tiny, maka pin RST diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal *reset* kapasitor dihubungkan dengan V_{CC} dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*.

Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 20 MHz, maka satu periode dapat dihitung dari persamaan :

$$T = \frac{1}{f_{XTAL}} = \frac{1}{20MHz} s = 5 \times 10^{-8} s$$

Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk mereset mikrokontroler dapat dihitung menggunakan persamaan :

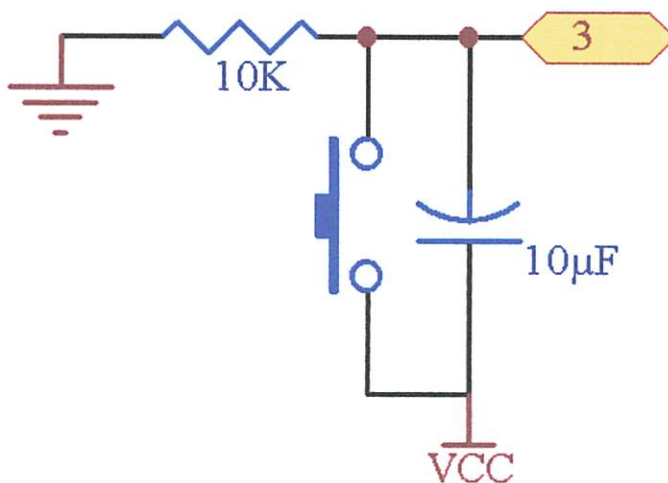
$$\begin{aligned} t_{\text{reset(min)}} &= T \times \text{periode yang dibutuhkan} \\ &= 5 \cdot 10^{-8} \times 24 = 1,2 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Jadi mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 1.2 μs untuk mereset. Waktu minimal inilah yang dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C, dengan menentukan nilai R = 10 k Ω , dan C = 10 μF , maka:

$$t = 0,357 R.C = 0,357 \times 10 \cdot 10^3 \times 10 \cdot 10^{-6} = 35,7 \text{ ms}$$

Jadi dengan nilai komponen R = 10 k Ω , dan C = 10 μF dapat memenuhi syarat minimal untuk waktu yang dibutuhkan oleh mikrokontroler dalam melakukan reset.

Rangkaian reset ditunjukkan dalam gambar di bawah ini :



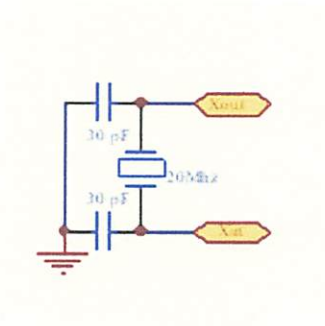
Gambar 3.9 Perencanaan Rangkaian Reset

3.8 Rangkaian *Clock*

Kecepatan proses yang diperlukan oleh mikrokontroller Renesas R8C/13 ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroller tersebut. Mikrokontroller Renesas R8C/13 memiliki internal *clock* generator yang berfungsi sebagai sumber *clock* yang diperlukan. Untuk kristal *clock* dipasang Kristal dan resonator keramik yang berfungsi sebagai pembangkit *clock* osilator yang ada pada mikrokontroller.

Rangkaian ini terdiri dari dua buah kapasitor dan sebuah kristal. Untuk mengendalikan frekuensi osilatornya cukup dengan menghubungkan Kristal pada pin 4 (P47/X_{out}) dan pin 6 (P46/X_{in}) serta dua buah kapasitor ke *ground*.

Dalam minimum kristal ini, menggunakan kristal 20 Mhz dan $C_1 = C_2$ yaitu sebesar 30 pF. Dengan rangkaian sebagai berikut :



Gambar 3.10 Perencanaan Rangkaian *Clock*

Dengan menggunakan nilai kristal dan kapasitor di atas maka dapat dihitung waktu yang diperlukan untuk 1 siklus mesin yaitu :

Diketahui : $F = 20 \text{ MHz}$

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

$$\text{Maka } T = \frac{1}{20 \text{ MHz}} = \frac{1}{20} \mu\text{s}$$

Maka untuk 1 siklus mesin dari mikrokontroler Renesas R8C/13 adalah sebesar:

$$\begin{aligned} T_m &= 12 \times T \\ &= 12 \times \frac{1}{20} \mu\text{s} \\ &= 0,6 \mu\text{s} \end{aligned}$$

3.9 Perencanaan Rangkaian *Liquid Crystal Display* (LCD)

Dalam aplikasi ini menggunakan sebuah layar LCD (*Liquid Crystal Display*) yaitu jenis *Seiko Instrument* M1632 yang merupakan LCD dua baris dengan setiap barisnya terdiri 16 karakter dan menggunakan IC 74LS164 yang merupakan register geser 8 bit yang memiliki jalan masuk deret tergerbang. Gambar hubungan antara LCD, IC74LS164 dan mikrokontroler dapat dilihat dalam gambar berikut :

dihubungkan ke *ground* karena dalam hal ini LCD hanya melakukan operasi write atau operasi menampilkan karakter.

Untuk pin V_{cc} pada LCD dihubungkan ke supply $+V_{cc}$ dan V_{ss} dihubungkan ke *ground*. Pin V_{EE} beserta pin V_{cc} dan V_{ss} dihubungkan ke *trimer potensio* atau kadang disebut dengan *trimpot*. *Trimpot* ini digunakan untuk mengatur kontras dari tampilan LCD dengan cara mengubah tegangan pada pin V_{EE} . Daftar tabel fungsi penyemat pada LCD dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Fungsi penyemat LCD

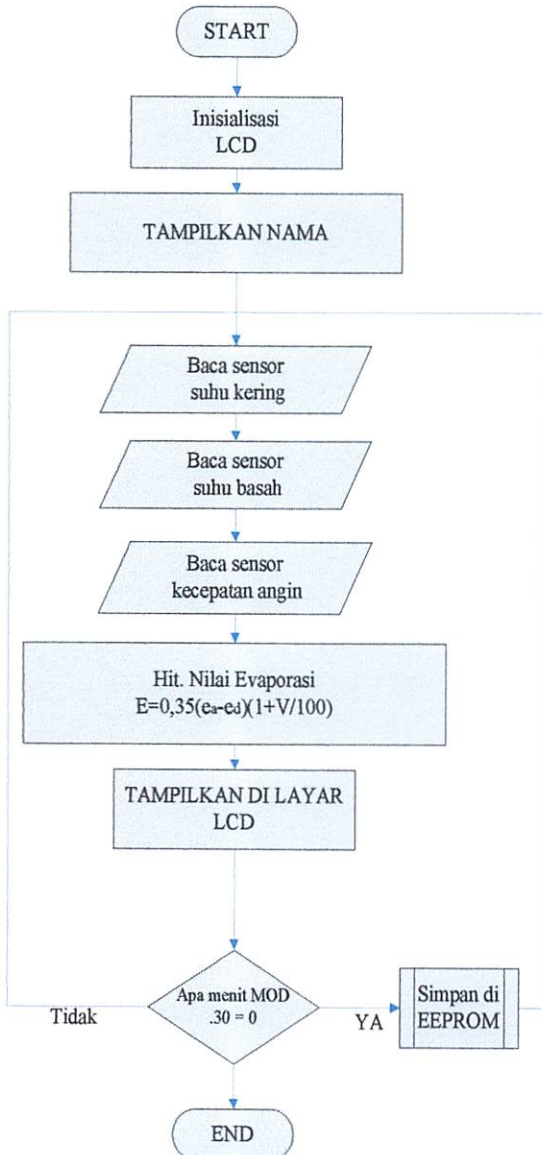
Penyemat	Fungsi
DB0 – DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan di LCD.
Enable	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca.
R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0: tulis 1: baca
RS	Sinyal pemilih <i>register</i> 0: masukan data 1: masukan instruksi

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa data yang terdapat pada jalur data selain dianggap sebagai kode karakter dapat digunakan sebagai suatu perintah instruksi untuk mengatur setting dari tampilan LCD. Cara pemakaian data antara

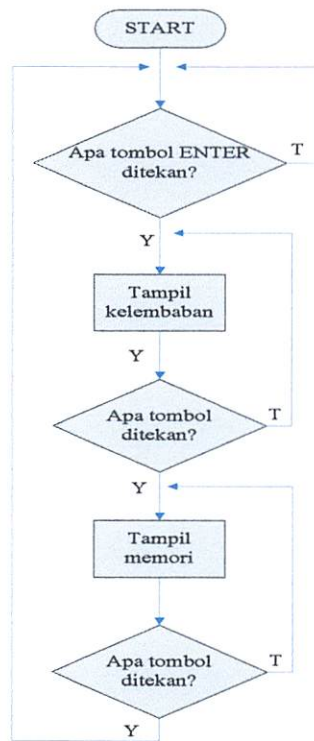
sebagai instruksi dengan kode karakter berbeda. Perbedaan hanyalah keadaan pin RS ketika data yang ada dijalar data ditahan oleh LCD dengan memberikan *clock* pada pin E.

3.10 Sub Program Perhitungan

Sub program perhitungan merupakan bagian program yang mempunyai seluruh proses perhitungan dengan menggunakan seluruh masukan-masukan yang ada untuk memperoleh hasil berupa nilai evaporasi. *Flow cahrt* dari sub program ini dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 *flow chart* Perhitungan



Gambar 3.13 *flow chart* Penekanan Tombol

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Tujuan

Bab ini akan membahas tentang pengujian alat yang telah dirancang. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah hardware dan software dapat bekerja sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

Untuk mengetahui kemampuan dan sistem kerja alat sesuai dengan program yang telah dibuat maka dilakukan pengujian pada alat dan sistem kerja alat, yang mana prosedur pengujian meliputi:

1. Pengujian Hardware
2. Pengujian sistem secara keseluruhan

4.2 Pengujian Hardware

4.2.1 Pengujian Sensor

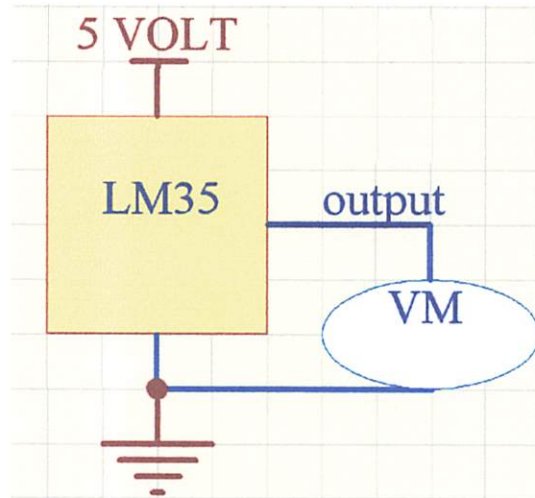
Ada dua jenis sensor yang digunakan pada perancangan dan pembuatan alat ini, yaitu sensor suhu dan sensor kecepatan angin. Pada pengujian sensor suhu dilakukan beberapa kali dengan menggunakan thermometer untuk mengurangi kemungkinan penyimpangan data dengan teori, karena suhu yang diamati cenderung berubah-ubah. Pada pengujian sensor kecepatan angin dilakukan dengan mengukur tegangan output sensor yang pada saat terhalang dan tidak.

4.2.1.1 Pengujian Sensor Suhu

- Pada pengujian sensor suhu digunakan peralatan-peralatan sebagai berikut:
 - a. Multimeter Digital.
 - b. Termometer air raksa
 - c. Sumber catu daya 12 Volt DC.

- Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :
 1. Menyusun rangkaian sesuai dengan Gambar 4.1.
 2. Menghubungkan catu daya dengan rangkaian penguji.
 3. Menghubungkan transduser suhu dengan air.
 4. Multimeter pada posisi mengukur Volt DC .
 5. Mengamati dan mencatat nilai tegangan keluaran yang dihasilkan.
 6. Mencatat hasil pengukuran voltmeter.
 7. Mencatat hasil pengukuran thermometer air raksa.

Sensor suhu yang digunakan adalah LM35 yang diberi tegangan supply 5 Volt DC. Polaritas positif voltmeter diletakkan pada *output* LM35 dan polaritas negatif dihubungkan ke *ground*.



Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Sensor Suhu

Besarnya kenaikan tegangan pada IC LM35 tanpa penguatan adalah ± 10 mV/ $^{\circ}$ C. Sehingga :

$$V_{out} = \text{Suhu } (^{\circ}\text{C}) \times 10 \text{ mV}$$

Dari rumus diatas maka didapatkan perbandingan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan tegangan keluaran sensor suhu tanpa penguatan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu

NO	Suhu pada termometer air raksa ($^{\circ}$ C)	Suhu pada alat ($^{\circ}$ C)	Tegangan keluaran sensor suhu (mV)	Penyimpangan (V° C)
1	25	25	250	0
2	26,5	26	260	0.5
3	28	28	280	0
4	30,5	30	300	0,5
5	33	33	330	0

Analisa kesalahan / error tegangan keluaran pada sensor suhu LM35 dari

Tabel 4-1 diatas, adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Pengukuran Air Raksa} - \text{Pengukuran Alat}}{\text{Pengukuran Air Raksa}} \times 100\%$$

Dari rumus diatas maka didapatkan kesalahan / error antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan tegangan keluaran sensor suhu LM35 sebagai berikut :

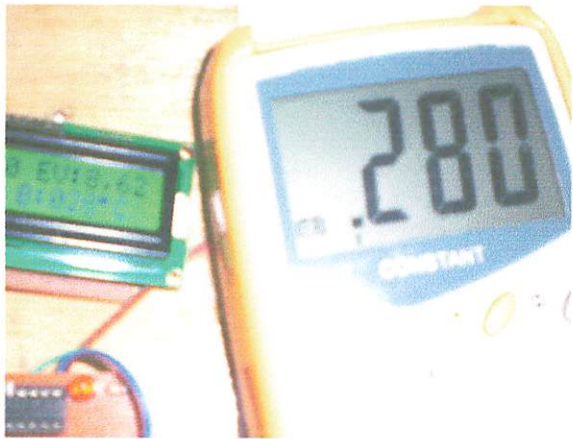
$$\text{Error} = \frac{26,5-26}{26,5} \times 100\% = 1,64 \%$$

Hasil error pada tabel yang lain seperti pada perhitungan yang di atas.

Tabel 4.2 Kesalahan / Error Antara Hasil Pengukuran dengan Hasil Pengujian Sensor Suhu

No.	Suhu Air Raksa (⁰ C)	Suhu Alat (⁰ C)	Persentase Error (%)
1	25	25	0
2	26,5	26	1,64
3	28	28	0
4	30,5	30	1,64
5	33	33	0
Rata-rata			0,84

Adapun persentase kesalahan tersebut karena tranduser suhu LM35 yang digunakan mempunyai nilai akurasi $\pm \frac{1}{2} - \frac{3}{4} \text{ } ^\circ\text{C}$, serta pada saat pengukuran sebagai pembanding digunakan thermometer air raksa dimana untuk skala yang lebih kecil dari satu derajat sulit dibaca dengan tepat dan kemungkinan adanya kesalahan pembacaan dalam pengamatan.



Gambar 4.2 Pengukuran Tegangan Sensor Suhu

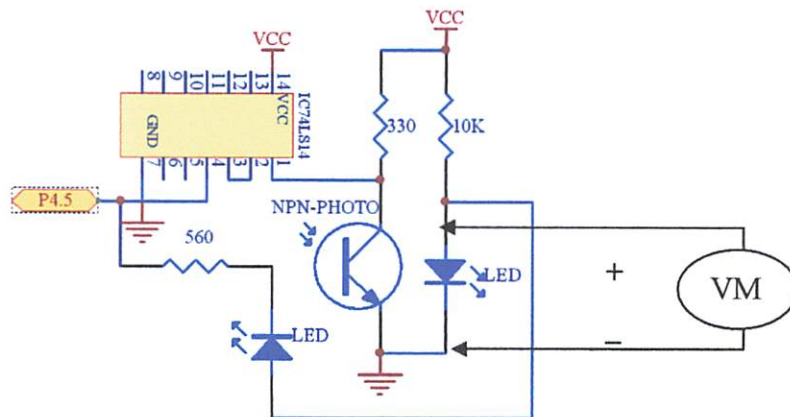
Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa transduser suhu bekerja sesuai dengan perencanaan.

4.2.1.2 Pengujian Rangkaian Sensor Kecepatan Angin

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja sensor kecepatan angin yang tersusun atas rangkaian *optocoupler*, kotak terang dan hitam pada poros anemometer. Keluaran dari rangkaian ini adalah berlogika tinggi saat LED dalam *optocoupler* menyinari warna hitam dan berlogika rendah saat menyinari kotak terang.

- Pada pengujian sensor kecepatan angin digunakan peralatan-peralatan sebagai berikut:
 - a. Multimeter Digital.
 - b. Sumber catu daya 5 Volt DC.
 - c. Osciloskop

- Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :
 1. Menyusun rangkaian penguji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.
 2. Menghubungkan catu daya dengan rangkaian penguji.
 3. Menempatkan warna hitam sebagai penghalang.
 4. Mencatat hasil pengukuran Voltmeter.
 5. Menempatkan warna terang sebagai penghalang.
 6. Mencatat hasil pengukuran Voltmeter.



Gambar 4.3 Pengujian Rangkaian *Optocoupler*

Pada sistem digital nilai logika rendah mempunyai interval 0 volt sampai 0,8 volt, sedangkan logika tinggi mempunyai interval 2 volt sampai 5 volt (Texas Instrument, TTL Devices: 3-201). Pengukuran dilakukan pada saat *optocoupler* terhalang dan tidak terhalang, hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Kecepatan Angin

No	Perlakuan pada sensor	Tegangan keluaran (Volt)	Logika
1	Hitam	4,38	High (1)
2	Terang	0,16	Low (0)

**Gambar 4.4** Pengukuran Waktu Sensor Terhalang**Gambar 4.5** Pengukuran Waktu Sensor Tidak Terhalang

Kemudian didapat tegangan keluaran sebesar 0,16 volt pada saat sensor mengenai strip terang yang berarti berlogika rendah dan didapat tegangan

keluaran sebesar 4,38 volt pada saat sensor mengenai strip warna hitam yang berarti berlogika tinggi. Dengan demikian rangkaian sensor telah bekerja sesuai dengan perencanaan.

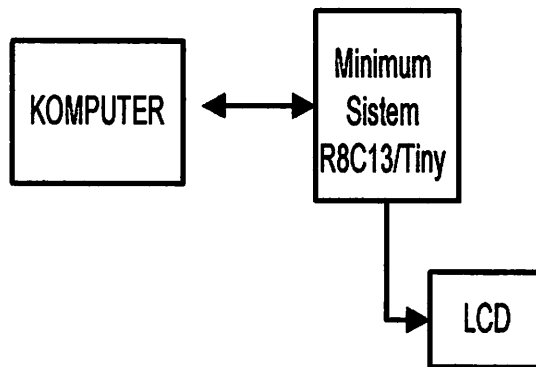
4.2.2 Pengujian Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian LCD dapat menampilkan data karakter sesuai dengan program dan mengukur besarnya tegangan yang dibutuhkan oleh LCD.

- Pada pengujian LCD menggunakan peralatan sebagai berikut:
 - a. Komputer.
 - b. Minimum sistem *Mikrokontroler* renesas R8C13/Tiny.
 - c. Catu daya 5V.
 - d. Voltmeter.
- Langkah-langkah percobaan:
 1. Merangkai peralatan seperti pada gambar 32.
 2. Membuat perangkat lunak pengujian rangkaian LCD, program ini berisi inisialisasi *mikrokontroler* dan LCD.
 3. Mengaktifkan catu daya.
 4. Mengoperasikan program dan hasil keluaran akan ditunjukkan pada layar penampil kristal cair.

5. Mengukur besarnya tegangan yang pertama pada kaki anoda, yang kedua pada kaki katoda, dan yang ketiga mengukur tegangan jatuh tegangan pada diode silikon yaitu dengan cara menghubungkan jempur positif pada kaki anoda dan jempur negatif pada katoda.

Blok pengujian LCD ditunjukkan pada gambar 4. 6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Blok Diagram Pengujian LCD

Berikut ini program pengujian *inisialisasi* LCD:

```

#include "sfr_r813.h"

#include "lcdku.h"

initlcd( );

    cetak(1,1," AGUS HERMAWAN ");

    cetak(2,1," ITN MALANG ");

}
  
```

maka pada LCD M1632 tampil tulisan sebagai berikut :

AGUS HERMAWAN

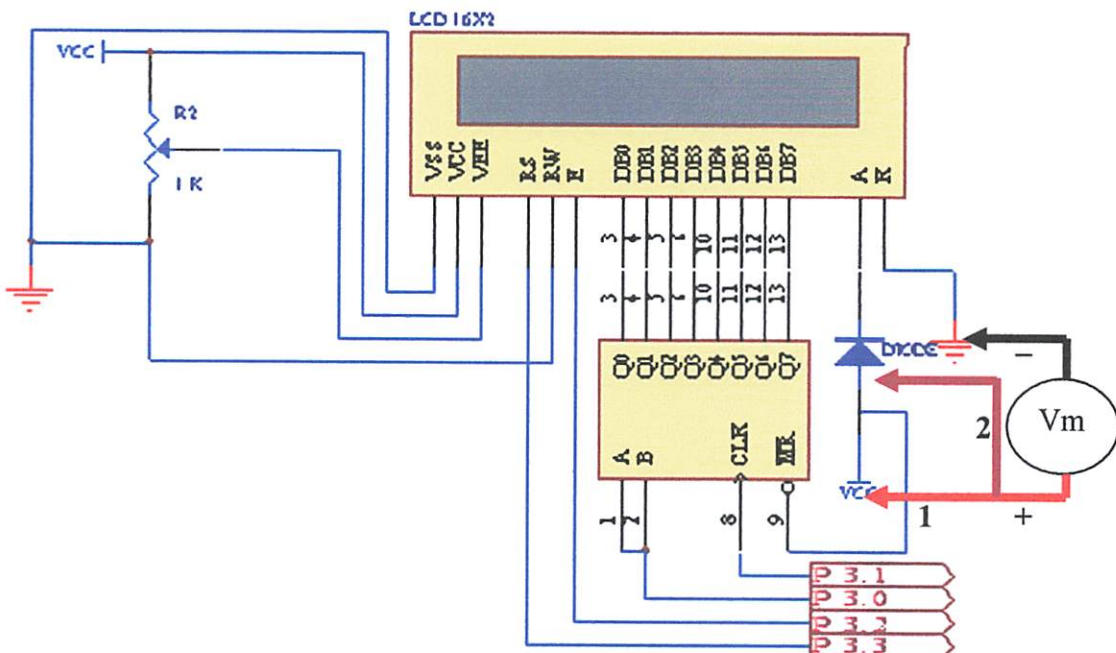
ITN MALANG

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa rangkaian LCD dapat menampilkan karakter-karakter sesuai dengan data yang dikirimkan oleh MCU. Tampilan penampil kristal cair terdiri atas 2 baris yang masing-masing mempunyai 16 karakter. Hasil pengujian LCD dapat ditunjukkan pada gambar 4.7.

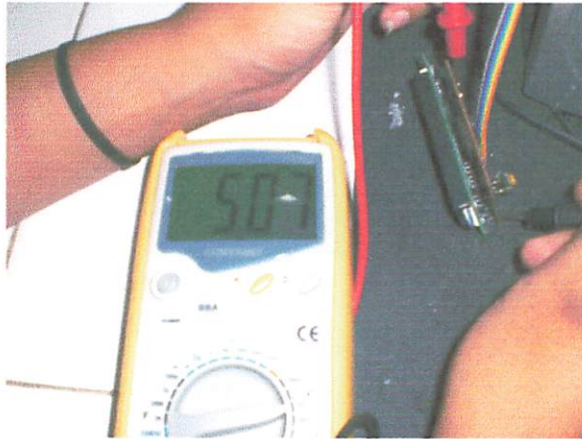


Gambar 4.7 Gambar Hasil Pengujian LCD

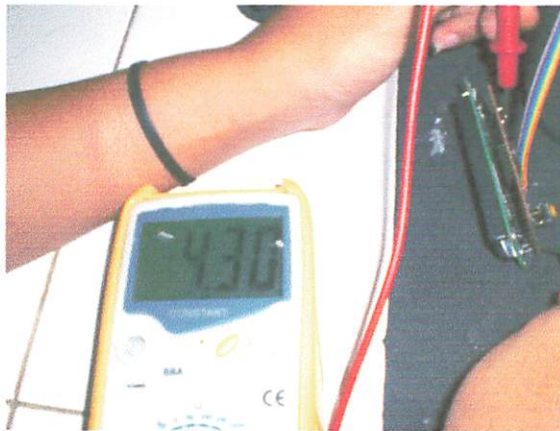
Besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk mengatur pengendalian kecerahan latar belakang pada LCD harus sesuai dengan datasheet LCD M1632. Gambar rangkaian untuk pengukuran besarnya tegangan pada rangkaian LCD ditunjukkan pada gambar 4.6 di bawah ini:



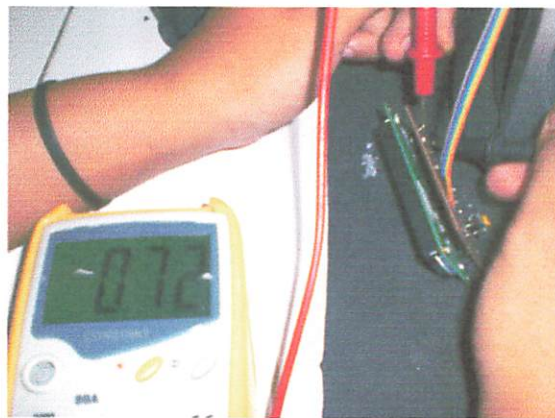
Gambar 4.8 Pengujian LCD



Gambar 4.9 Pengukuran Pada Kaki Anoda



Gambar 4.10 Pengukuran Pada Kaki Anoda



Gambar 4.11 Pengukuran Pada Kaki Anoda dan Katoda

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Pengujian Rangkaian LCD

No	Tegangan pada kaki Anoda (Volt)	Tegangan pada kaki Katoda (Volt)	Tegangan pada kaki Anoda dan Katoda (Volt)
1	5,07	4,3	0,72

Dari hasil pengujian pengukuran dapat disimpulkan bahwa rangkaian LCD dapat bekerja sesuai dengan perencanaan.

4.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari pengujian yang dilakukan di ruangan tertutup ini didapatkan hasil pengujian seperti yang tertera pada tabel 4.7.

- Pengujian dan Analisis ini digunakan peralatan sebagai berikut:
 1. Alat pengukur evaporasi.
 2. Kipas angin.
- Langkah-langkah dalam melakukan pengukuran:
 - a. Nyalakan alat pengukur evaporasi di dalam ruangan.
 - b. Catat hasil pengukuran.
 - c. Hitung dengan rumus Empiris Penman.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Rangkaian Keseluruhan.

No	Suhu Kering	Suhu Basah	Kecepatan Angin	Hasil pengujian keseluruhan
1	27	26	0	0,84
2	27	26	12	0,94
3	25	24	14,4	0,95
4	26	25	14,4	1,01

Hasil pengujian alat di atas kemudian dibandingkan dengan hasil nilai evaporasi yang didapatkan melalui perhitungan dari persamaan Empiris Penman sebagai berikut:

$$E = 0,35(e_a - e_d)(1 + V/100)$$

Dengan demikian dapat dihitung besarnya nilai evaporasi untuk masing-masing kondisi dan perbandingan antara perhitungan dengan pengujian dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut:

$$E_1 = 0,35(26,74 - 24,33)(1+0/100) = 0,84 \text{ mm}$$

$$E_2 = 0,35(26,74 - 24,33)(1+12/100) = 0,94 \text{ mm}$$

$$E_3 = 0,35(23,75 - 21,38)(1+14,4/100) = 0,95 \text{ mm}$$

$$E_4 = 0,35(25,31 - 22,78)(1+14,4/100) = 1,01 \text{ mm}$$

$$\text{Error} = \frac{\text{HasilPrhitungan} - \text{PengukuranAlat}}{\text{HasilPerhitungan}} \times 100\%$$

$$\text{Error} = \frac{0,84 - 0,84}{0,84} \times 100\% = 0\%$$

Hasil error pada tabel yang lain seperti pada perhitungan yang di atas.

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Pengujian Rangkaian keseluruhan

No	Nilai Evaporasi dari Pengukuran Alat (mm)	Nilai Evaporasi dari Perhitungan (mm)	Penyimpangan (mm)	Persentase Error (%)
1	0,84	0,84	0	0
2	0,94	0,94	0	0
3	0,95	0,95	0	0
4	1,01	1,01	0	0

Agar melengkapi pengujian sistem secara keseluruhan, dilakukan pengujian lanjutan pada Stasiun Meteorologi dan Geofisika Karangploso Malang dengan menggunakan peralatan-peralatan yang tersedia. Adapun peralatan-peralatan yang digunakan telah terkalibrasi secara nasional oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) di Jakarta.

Metode yang digunakan BMG untuk menghitung besarnya penguapan untuk selang waktu tertentu.

$$E = P_1 - P_2 + (CH)$$

Dimana :

E: Evaporasi (mm)

P1: Pembacaan pertama (mm)

P2: Pembacaan ke dua (mm)

CH: Curah Hujan

➤ Waktu cuaca tidak hujan

Pada jam 07.30 tgl. 1 September kita baca dan catat tinggi air pada panci

terbuka misalnya.....68,3 mm

jam 13.30 tgl. 1 September kita baca66,1 mm

Jadi besarnya penguapan antara jam 07.30 - 13.30 adalah 2,2 mm

➤ Waktu cuaca hujan

Pada jam 13.30 tgl. 10 September kita baca dan catat tinggi air pada panci

terbuka misalnya.....68,3 mm

jam 17..30 tgl. 10 September kita baca66,1 mm

2,2 mm

Hujan kita ukur dari penakar antara 13.30 -17.30.....1,2 mm

Jadi besarnya penguapan antara jam 07.30 - 13.30 adalah 3,4 mm

Pengujian dilakukan pada tanggal 5 dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan sebanyak 16 kali dalam satu hari, yaitu mulai jam 06.30 WIB sampai jam 02.00 WIB. Adapun hasil pengukuran alat Stasiun Meteorologi dan Geofisika (BMG) dan hasil pengukuran alat yang dibuat pada skripsi ini dapat dilihat pada tabel 4.8.

$$\text{Error} = \frac{0,46-0,4}{0,4} \times 100\% = 15 \%$$

Hasil error pada tabel yang lain seperti pada perhitungan yang di atas.

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Pengukuran Evaporasi

No	Waktu	Ev.BMG (mm)	Ev,Alat (mm)	Selisih (mm)	Persentase Error (%)
1	06.30 – 10.00	0,4	0,46	0,06	15
2	06.30 – 12.00	0,5	0,57	0,07	14
3	06.30 – 13.00	0,6	0,66	0,06	10
4	06.30 – 14.00	0,7	0,78	0,08	11,4
Rata-rata				0.27	12,6

Dari hasil pengukuran dapat dilihat perbedaan antara nilai yang ditunjukkan oleh alat di Stasiun BMG dengan alat yang dirancang. Penyimpangan ini terjadi akibat oleh kurang presisian dari anemometer baling-baling dan sensor suhu basah yang digunakan dari komponen dan bahan pembuatannya yang sederhana.

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa keseluruhan alat pengukur nilai evaporasi pada lahan pertanian sudah dapat beroperasi sesuai dengan yang direncanakan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan, pengujian dan analisis dapat disimpulkan:

- Rangkaian sensor suhu yang digunakan dapat mengubah besaran suhu menjadi besaran elektrik dengan persentase kesalahan penyimpangan suhu rata-rata sebesar 0,84%.
- Rangkaian sensor kecepatan angin yang digunakan dapat mengubah putaran baling-baling anemometer menjadi pulsa digital dengan tegangan 4,38 Volt untuk logika tinggi (logika 1) dan tegangan 0,16 Volt untuk logika rendah (logika 0).
- Dari hasil pengujian keseluruhan, penyimpangan rata-rata nilai evaporasi antara hasil pengukuran alat dengan hasil perhitungan rumus adalah sebesar 0 mm atau 0 %.
- Dari hasil perbandingan antara alat yang dirancang dengan alat yang terdapat di Badan Meteorologi dan Geofisika Karangploso-Malang, didapat rata-rata kesalahan pengukuran nilai evaporasi sebesar 12,6%.
- Perangkat lunak yang dibuat dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya yaitu dapat menerima sinyal masukan dari perangkat-perangkat keras lalu mengolahnya kemudian menampilkan hasil pengukuran ke layar penampil (LCD) dan menyimpannya dalam EEPROM.

5.2 Saran – saran:

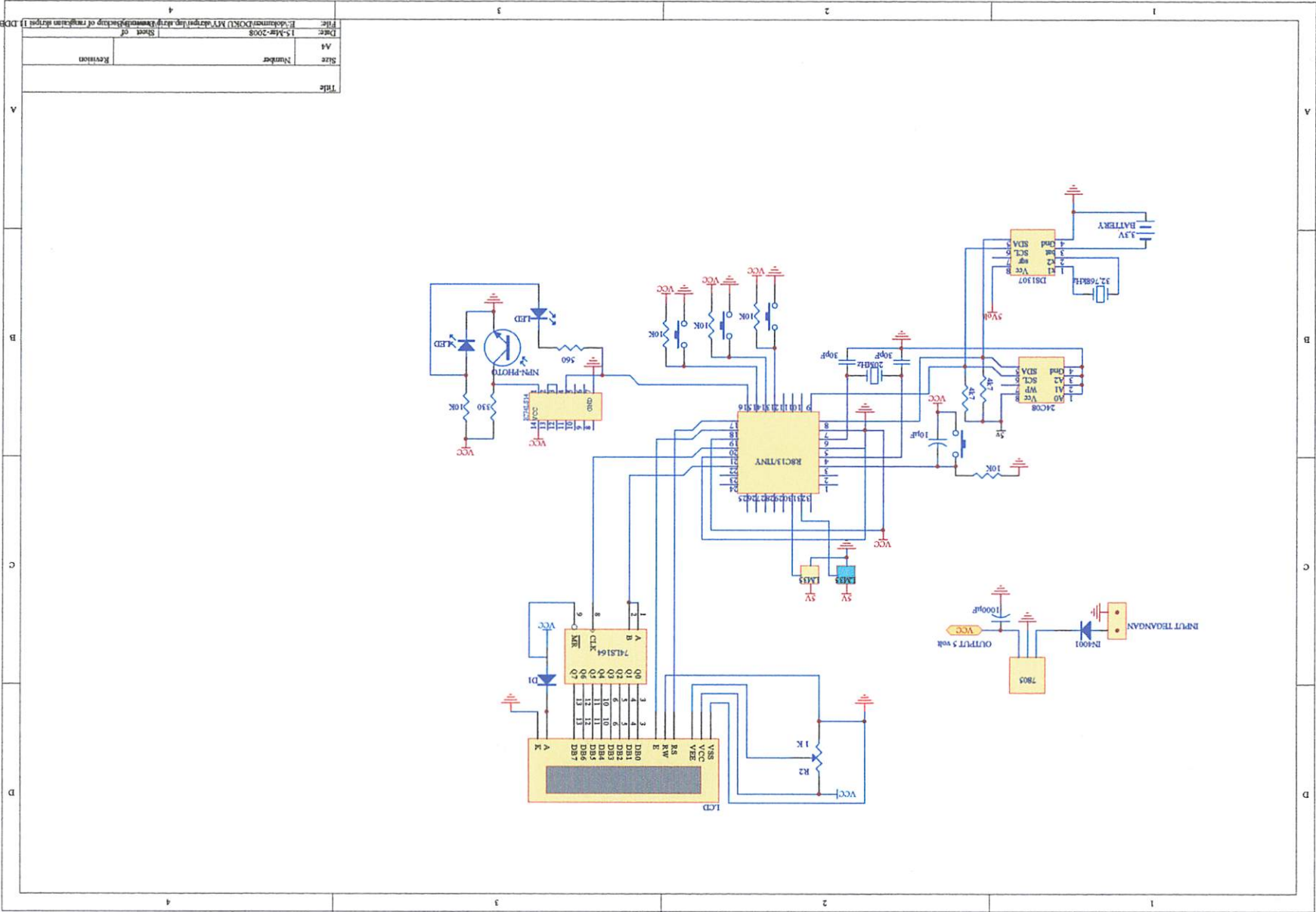
- Untuk pengukuran yang lebih presisi sebaiknya digunakan sensor kelembaban udara untuk menggantikan penggunaan sensor suhu dan ketergantungan terhadap tabel psikrometik.

- **Sebaiknya menggunakan bahan-bahan konstruksi yang lebih kokoh dan tahan terhadap faktor gangguan alam mengingat penggunaan alat adalah di alam terbuka dan dipakai secara berpindah-pindah.**

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soemarto, 1987," Hidrologi Teknik", Surabaya: usaha Nasional.
- [2] Ir. Sutomo Sosrodarsono, 1999,"Hidrologi Untuk Pengairan", Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [3] Asnawi Marjuki, 1993," Hidrologi Teknik", Jakarta: Erlangga.
- [4] Yandi Hermawan, 1986," Hidrologi untuk Insinyur", Jakarta: Erlangga.
- [5] www.hidrologi.com
- [6] Imam Subarkah, 1978," Hidrologi untuk perencanaan bangunan air Bandung: Idea Dharma.
- [7] Ersin Seyhan, 1990," Dasar-Dasar Hidrologi", Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [8] www.renesas.com
- [9] E.M.Wilson, 1969," Hidrologi Teknik Bandung",Bandung: ITB Bandung.
- [10] Atmel. Co, Data Sheet Two-wire Serial EEPROM AT24C08, 1998.
- [11] Atmel. Co, RTC DS 1307 Data Sheet Maxim/Dallas Semikonduktor, 1982.
- [12] Atmel. Co, 74LS164 Data sheet National Semikonduktor, 1982.
- [13] Atmel. Co, 74LS04 Data sheet National Semikonduktor, 1982.
- [14] Atmel. Co, LM 35 Data sheet National Semikonduktor, 1982.
- [15] Atmel. Co, LCD Module User Manual, Seiko Instruments Inc, 1985.

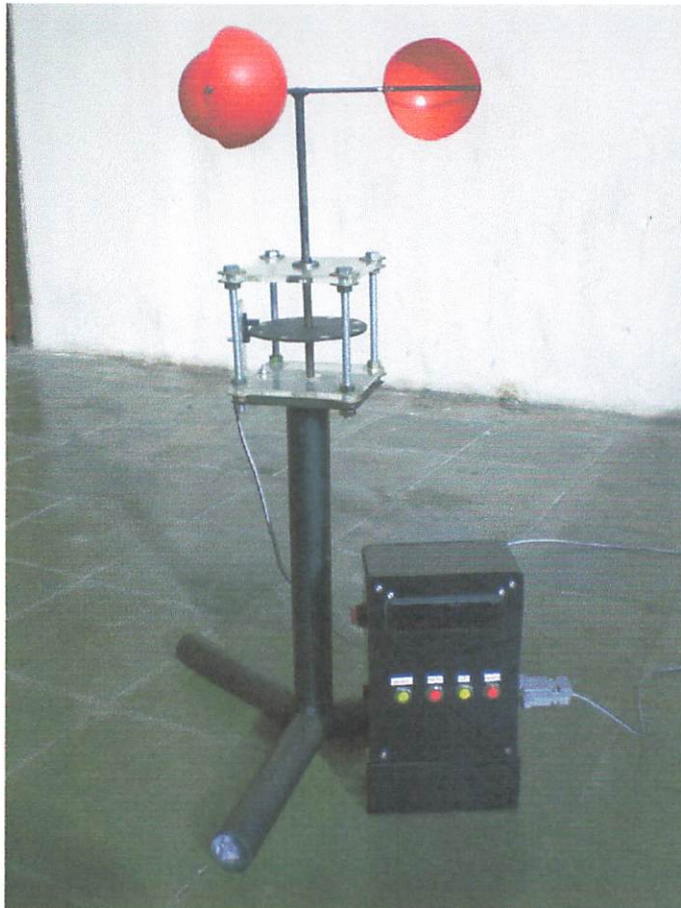
LAMPIRAN



Title	
Size	Number
A4	Revision
Date:	15-Mar-2008
File:	E:\dokumen\DONKI\AVR\design\ap.4\ap.4\ewm\backpack of mp3\ap.4\ap.4.DOC
Sheet of	



Gambar Pengujian di BMG



Gambar Alat

1.2 Performance Outline

Table 1.1. lists the performance outline of this MCU.

Table 1.1 Performance outline

Item	Performance	
CPU	Number of basic instructions	89 instructions
	Shortest instruction execution time	50 ns ($f(X_{IN}) = 20$ MHz, $V_{CC} = 3.0$ to 5.5 V)
		100 ns ($f(X_{IN}) = 10$ MHz, $V_{CC} = 2.7$ to 5.5 V)
	Operating mode	Single-chip
	Address space	1M bytes
Memory capacity	See Table 1.2.	
Peripheral function	Interrupt	Internal: 11 factors, External: 5 factors, Software: 4 factors, Priority level: 7 levels
	Watchdog timer	15 bits x 1 (with prescaler) Reset start function selectable
	Timer	Timer X: 8 bits x 1 channel, Timer Y: 8 bits x 1 channel, Timer Z: 8 bits x 1 channel (Each timer equipped with 8-bit prescaler) Timer C: 16 bits x 1 channel Circuits of input capture and output compare.
	Serial interface	•1 channel Clock synchronous, UART
		•1 channel UART
	A/D converter	10-bit A/D converter: 1 circuit, 12 channels
	Clock generation circuit	2 circuits
		•Main clock generation circuit (Equipped with a built-in feedback resistor)
		•On-chip oscillator (high-speed, low-speed) On high-speed on-chip oscillator the frequency adjustment function is usable.
	Oscillation stop detection function	Stop detection of main clock oscillation
Voltage detection circuit	Included	
Power on reset circuit	Included	
Port	Input/Output: 22 (including LED drive port), Input: 2 (LED drive I/O port: 8)	
Electrical characteristics	Power supply voltage	$V_{CC} = 3.0$ to 5.5V ($f(X_{IN}) = 20$ MHz) $V_{CC} = 2.7$ to 5.5V ($f(X_{IN}) = 10$ MHz)
	Power consumption	Typ.9 mA ($V_{CC} = 5.0$ V, ($f(X_{IN}) = 20$ MHz, High-speed mode) Typ.5 mA ($V_{CC} = 3.0$ V, ($f(X_{IN}) = 10$ MHz, High-speed mode) Typ.35 μ A ($V_{CC} = 3.0$ V, Wait mode, Peripheral clock stops) Typ.0.7 μ A ($V_{CC} = 3.0$ V, Stop mode)
Flash memory	Program/erase voltage	$V_{CC} = 2.7$ to 5.5 V
	Number of program/erase	10,000 times (Data area)
		1,000 times (Program area)
Operating ambient temperature	-20 to 85°C -40 to 85°C (D-version)	
Package	32-pin plastic mold LQFP	

1.3 Block Diagram

Figure 1.1 shows this MCU block diagram.

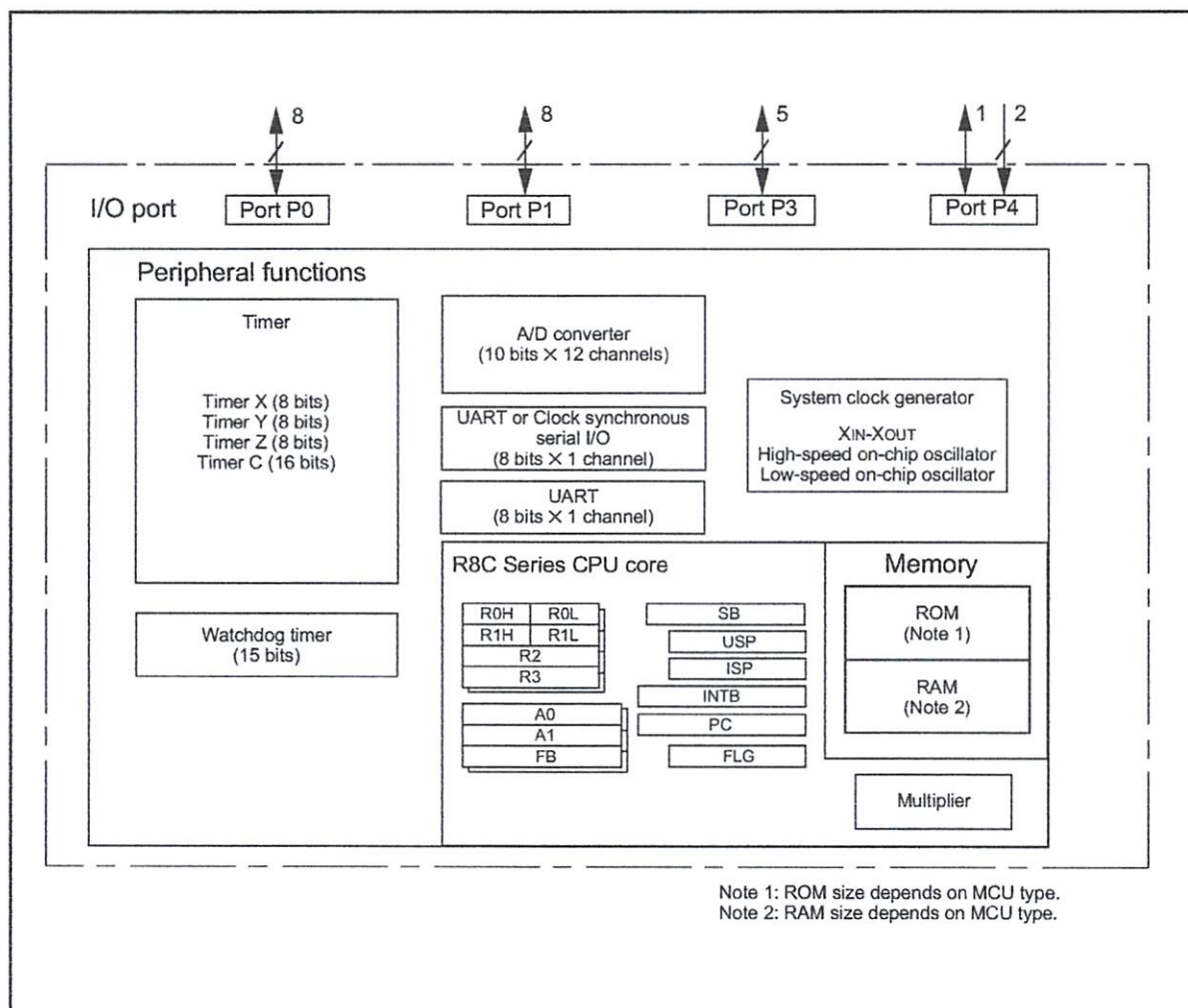


Figure 1.1 Block Diagram

1.4 Product Information

Table 1.2 lists the products.

Table 1.2 Product List

As of April 2005

Type No.	ROM capacity		RAM capacity	Package type	Remarks
	Program area	Data area			
R5F21132FP	8K bytes	2K bytes x 2	512 bytes	PLQP0032GB-A	Flash memory version
R5F21133FP	12K bytes	2K bytes x 2	768 bytes	PLQP0032GB-A	
R5F21134FP	16K bytes	2K bytes x 2	1K bytes	PLQP0032GB-A	
R5F21132DFP	8K bytes	2K bytes x 2	512 bytes	PLQP0032GB-A	D version
R5F21133DFP	12K bytes	2K bytes x 2	768 bytes	PLQP0032GB-A	
R5F21134DFP	16K bytes	2K bytes x 2	1K bytes	PLQP0032GB-A	

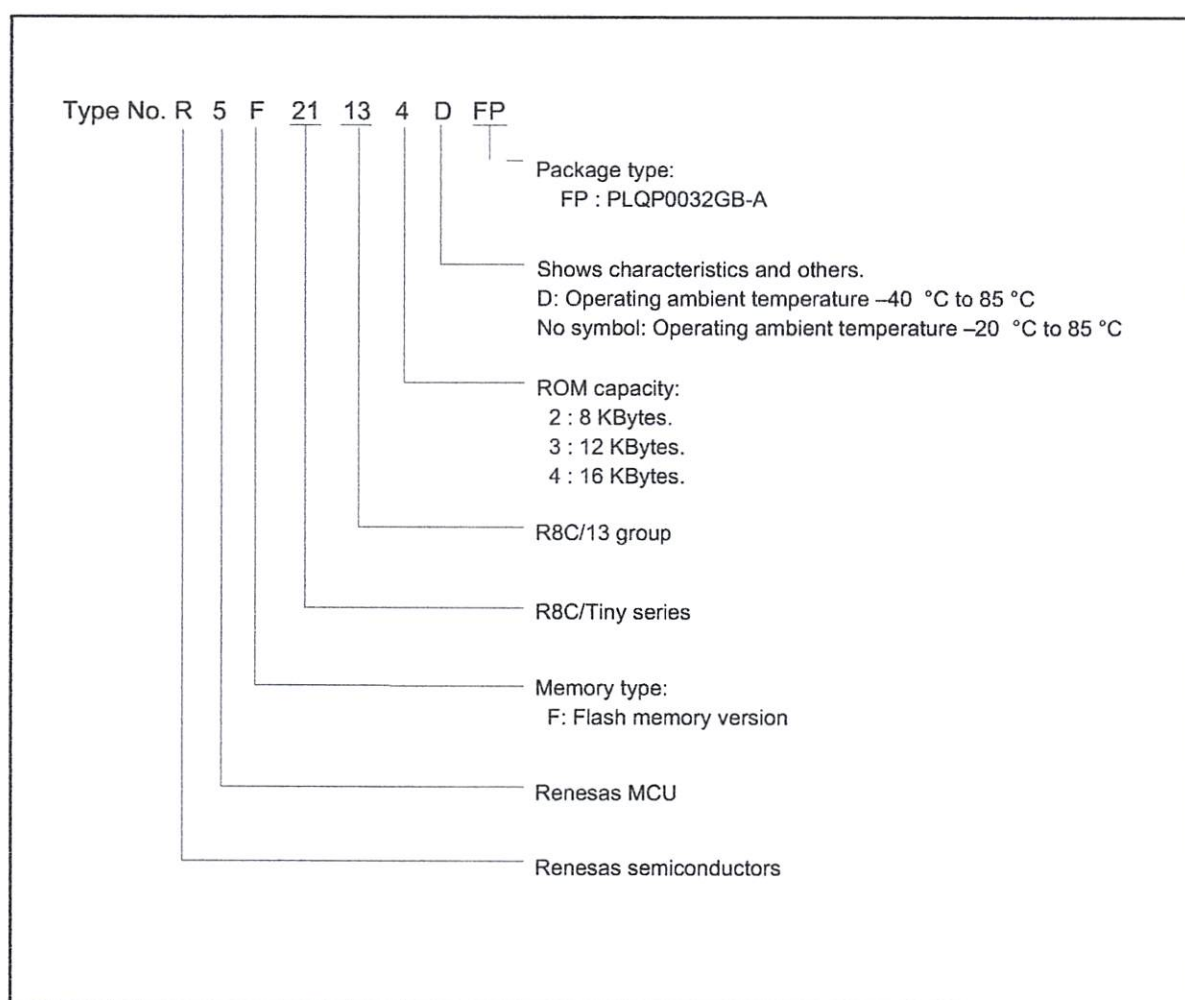


Figure 1.2 Type No., Memory Size, and Package

1.5 Pin Assignments

Figure 1.3 shows the pin configuration (top view).

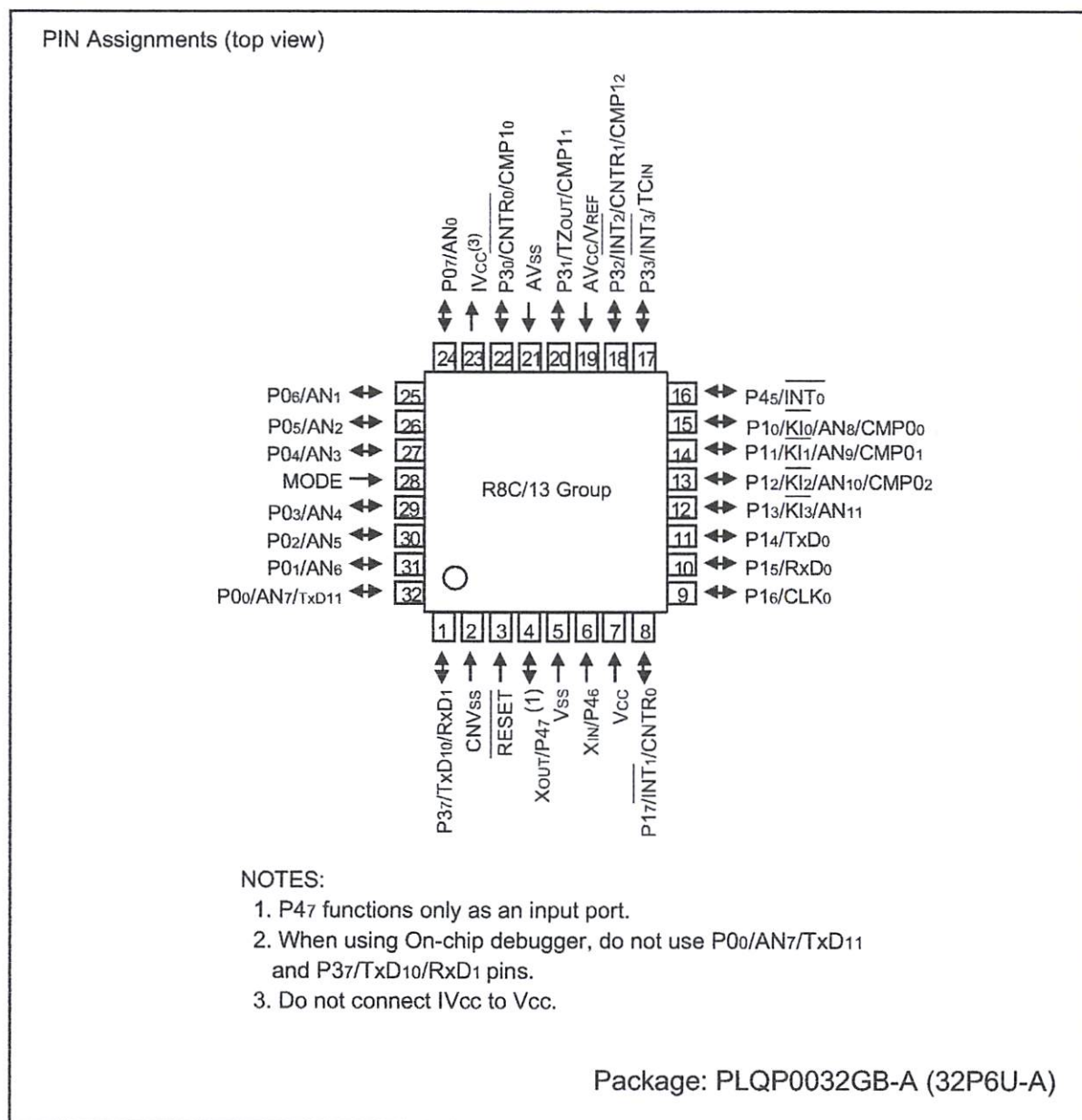


Figure 1.3 Pin Assignments (Top View)

1.6 Pin Description

Table 1.3 shows the pin description

Table 1.3 Pin description

Signal name	Pin name	I/O type	Function
Power supply input	Vcc, Vss	I	Apply 2.7 V to 5.5 V to the Vcc pin. Apply 0 V to the Vss pin.
IVcc	IVcc	O	This pin is to stabilize internal power supply Connect this pin to Vss via a capacitor (0.1 μ F) Do not connect to Vcc
Analog power supply input	AVcc, AVss	I	These are power supply input pins for A/D converter. Connect the AVcc pin to Vcc. Connect the AVss pin to Vss. Connect a capacitor between pins AVcc and AVss.
Reset input	RESET	I	"L" on this input resets the MCU.
CNVss	CNVss	I	Connect this pin to Vss via a resistor ⁽¹⁾
MODE	MODE	I	Connect this pin to Vcc via a resistor
Main clock input	XIN	I	These pins are provided for the main clock generating circuit I/O. Connect a ceramic resonator or a crystal oscillator between the XIN and XOUT pins. To use an externally derived clock, input it to the XIN pin and leave the XOUT pin open.
Main clock output	XOUT	O	
INT interrupt input	INT0 to INT3	I	These are INT interrupt input pins.
Key input interrupt input	KI0 to KI3	I	These are key input interrupt pins.
Timer X	CNTR0	I/O	This is the timer X I/O pin.
	CNTR0	O	This is the timer X output pin.
Timer Y	CNTR1	I/O	This is the timer Y I/O pin.
Timer Z	TZOUT	O	This is the timer Z output pin.
Timer C	TCIN	I	This is the timer C input pin.
	CMP00 to CMP03, CMP10 to CMP13	O	These are the timer C output pins.
Serial interface	CLK0	I/O	This is a transfer clock I/O pin.
	RxD0, RxD1	I	These are serial data input pins.
	TxD0, TxD10, TxD11	O	These are serial data output pins.
Reference voltage input	VREF	I	This is a reference voltage input pin for A/D converter. Connect the VREF pin to Vcc.
A/D converter	AN0 to AN11	I	These are analog input pins for A/D converter.
I/O port	P00 to P07, P10 to P17, P30 to P33, P37, P45	I/O	These are 8-bit CMOS I/O ports. Each port has an I/O select direction register, allowing each pin in that port to be directed for input or output individually. Any port set to input can select whether to use a pull-up resistor or not by program. P10 to P17 also function as LED drive ports.
Input port	P46, P47	I	These are input only pins.

2. Central Processing Unit (CPU)

Figure 2.1 shows the CPU registers. The CPU has 13 registers. Of these, R0, R1, R2, R3, A0, A1 and FB comprise a register bank. There are two register banks.

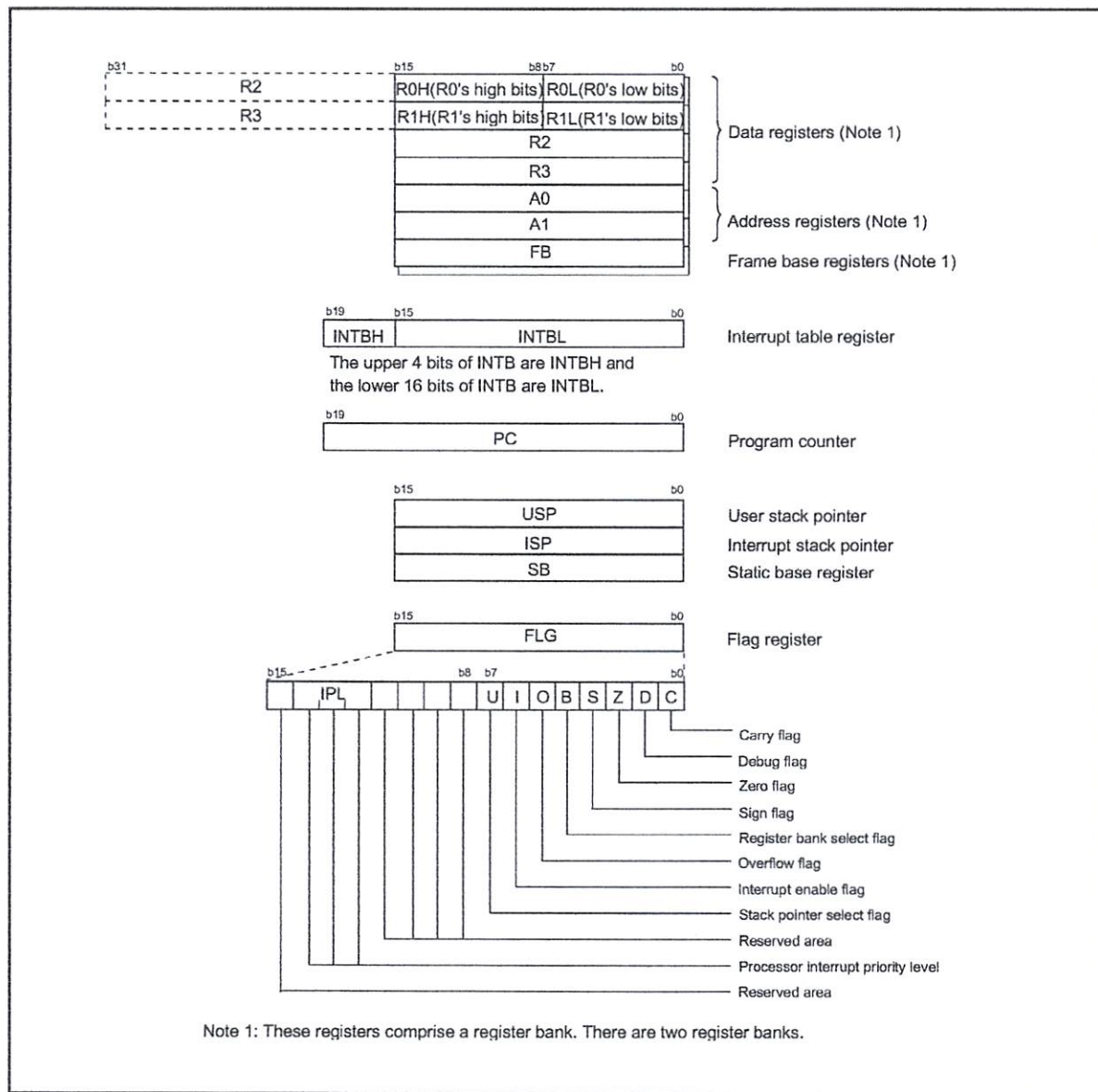


Figure 2.1 Central Processing Unit Register

2.1 Data Registers (R0, R1, R2 and R3)

The R0 register consists of 16 bits, and is used mainly for transfers and arithmetic/logic operations. R1 to R3 are the same as R0.

The R0 register can be separated between high (R0H) and low (R0L) for use as two 8-bit data registers. R1H and R1L are the same as R0H and R0L. Conversely, R2 and R0 can be combined for use as a 32-bit data register (R2R0). R3R1 is the same as R2R0.

3. Memory

Figure 3.1 is a memory map of this MCU. The address space extends the 1M bytes from address 00000_{16} to $FFFFFF_{16}$.

The internal ROM (program area) is allocated in a lower address direction beginning with address $0FFFF_{16}$. For example, a 16-Kbyte internal ROM is allocated to the addresses from $0C000_{16}$ to $0FFFF_{16}$.

The fixed interrupt vector table is allocated to the addresses from $0FFDC_{16}$ to $0FFFF_{16}$. Therefore, store the start address of each interrupt routine here.

The internal ROM (data area) is allocated to the addresses from 02000_{16} to $02FFF_{16}$.

The internal RAM is allocated in an upper address direction beginning with address 00400_{16} . For example, a 1-Kbyte internal RAM is allocated to the addresses from 00400_{16} to $007FF_{16}$. In addition to storing data, the internal RAM also stores the stack used when calling subroutines and when interrupts are generated. Special function registers (SFR) are allocated to the addresses from 00000_{16} to $002FF_{16}$. Peripheral function control registers are located here. Of the SFR, any space which has no functions allocated is reserved for future use and cannot be used by users.

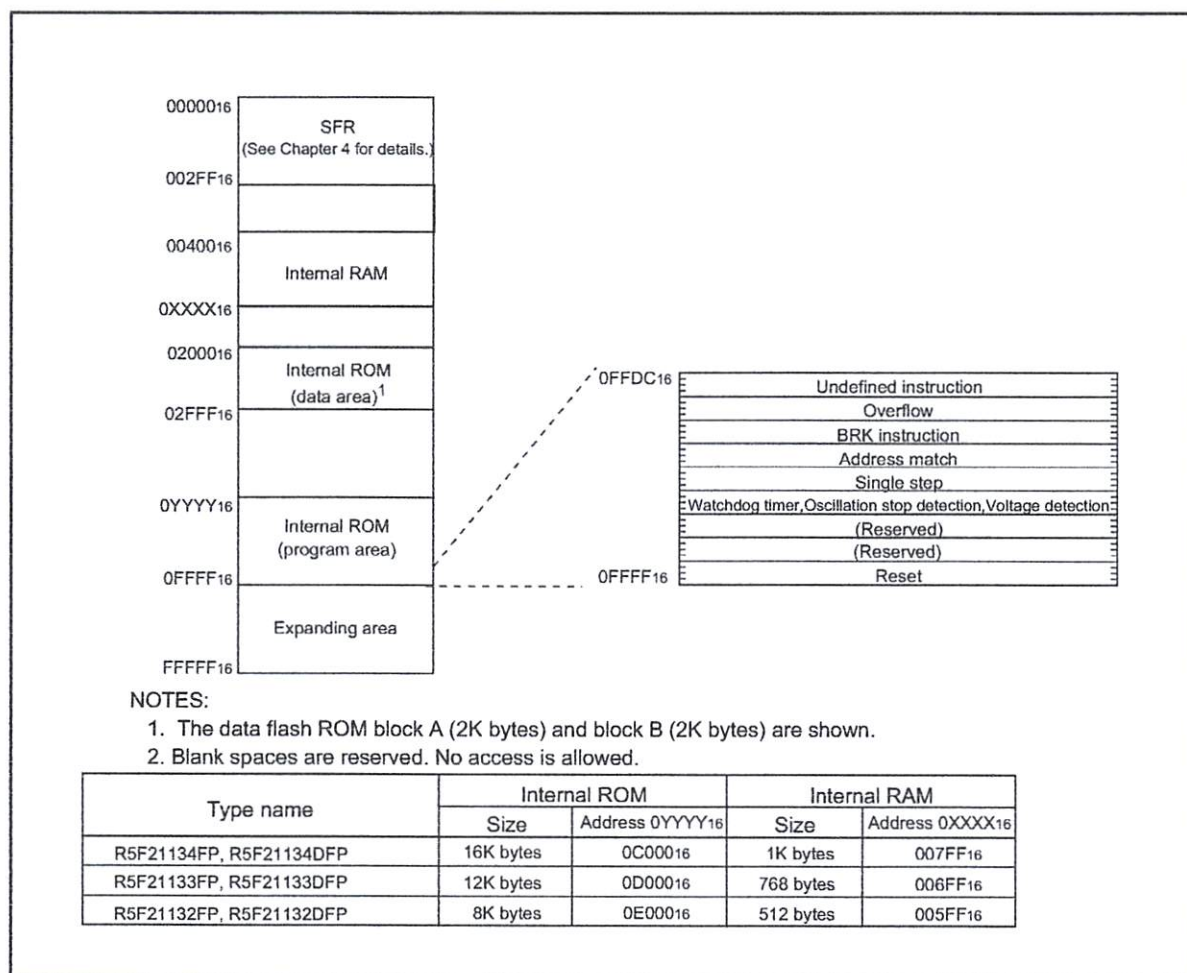


Figure 3.1 Memory Map

2.2 Address Registers (A0 and A1)

The register A0 consists of 16 bits, and is used for address register indirect addressing and address register relative addressing. They also are used for transfers and logic/logic operations. A1 is the same as A0.

In some instructions, registers A1 and A0 can be combined for use as a 32-bit address register (A1A0).

2.3 Frame Base Register (FB)

FB is configured with 16 bits, and is used for FB relative addressing.

2.4 Interrupt Table Register (INTB)

INTB is configured with 20 bits, indicating the start address of an interrupt vector table.

2.5 Program Counter (PC)

PC is configured with 20 bits, indicating the address of an instruction to be executed.

2.6 User Stack Pointer (USP) and Interrupt Stack Pointer (ISP)

Stack pointer (SP) comes in two types: USP and ISP, each configured with 16 bits.

Your desired type of stack pointer (USP or ISP) can be selected by the U flag of FLG.

2.7 Static Base Register (SB)

SB is configured with 16 bits, and is used for SB relative addressing.

2.8 Flag Register (FLG)

FLG consists of 11 bits, indicating the CPU status.

2.8.1 Carry Flag (C Flag)

This flag retains a carry, borrow, or shift-out bit that has occurred in the arithmetic/logic unit.

2.8.2 Debug Flag (D Flag)

The D flag is used exclusively for debugging purpose. During normal use, it must be set to "0".

2.8.3 Zero Flag (Z Flag)

This flag is set to "1" when an arithmetic operation resulted in 0; otherwise, it is "0".

2.8.4 Sign Flag (S Flag)

This flag is set to "1" when an arithmetic operation resulted in a negative value; otherwise, it is "0".

2.8.5 Register Bank Select Flag (B Flag)

Register bank 0 is selected when this flag is "0"; register bank 1 is selected when this flag is "1".

2.8.6 Overflow Flag (O Flag)

This flag is set to "1" when the operation resulted in an overflow; otherwise, it is "0".

2.8.7 Interrupt Enable Flag (I Flag)

This flag enables a maskable interrupt.

Maskable interrupts are disabled when the I flag is "0", and are enabled when the I flag is "1". The I flag is cleared to "0" when the interrupt request is accepted.

2.8.8 Stack Pointer Select Flag (U Flag)

ISP is selected when the U flag is "0"; USP is selected when the U flag is "1".

The U flag is cleared to "0" when a hardware interrupt request is accepted or an INT instruction for software interrupt Nos. 0 to 31 is executed.

2.8.9 Processor Interrupt Priority Level (IPL)

IPL is configured with three bits, for specification of up to eight processor interrupt priority levels from level 0 to level 7.

If a requested interrupt has priority greater than IPL, the interrupt is enabled.

2.8.10 Reserved Area

When write to this bit, write "0". When read, its content is indeterminate.

4. Special Function Register (SFR)

SFR(Special Function Register) is the control register of peripheral functions. Tables 4.1 to 4.4 list the SFR information

Table 4.1 SFR Information(1)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
0000 ₁₆			
0001 ₁₆			
0002 ₁₆			
0003 ₁₆			
0004 ₁₆	Processor mode register 0 ¹	PM0	0016
0005 ₁₆	Processor mode register 1	PM1	0016
0006 ₁₆	System clock control register 0	CM0	011010002
0007 ₁₆	System clock control register 1	CM1	001000002
0008 ₁₆	High-speed on-chip oscillator control register 0	HR0	0016
0009 ₁₆	Address match interrupt enable register	AIER	XXXXXX002
000A ₁₆	Protect register	PRCR	00XX0002
000B ₁₆	High-speed on-chip oscillator control register 1	HR1	4016
000C ₁₆	Oscillation stop detection register	OCD	000001002
000D ₁₆	Watchdog timer reset register	WDTR	XX16
000E ₁₆	Watchdog timer start register	WDTS	XX16
000F ₁₆	Watchdog timer control register	WDC	000111112
0010 ₁₆	Address match interrupt register 0	RMAD0	0016
0011 ₁₆			0016
0012 ₁₆			X016
0013 ₁₆			
0014 ₁₆	Address match interrupt register 1	RMAD1	0016
0015 ₁₆			0016
0016 ₁₆			X016
0017 ₁₆			
0018 ₁₆			
0019 ₁₆	Voltage detection register 1 ²	VCR1	000010002
001A ₁₆	Voltage detection register 2 ²	VCR2	0016 ³ 10000002 ⁴
001B ₁₆			
001C ₁₆			
001D ₁₆			
001E ₁₆	INT0 input filter select register	INT0F	XXXXXX002
001F ₁₆	Voltage detection interrupt register ²	D4INT	0016 ³ 010000012 ⁴
0020 ₁₆			
0021 ₁₆			
0022 ₁₆			
0023 ₁₆			
0024 ₁₆			
0025 ₁₆			
0026 ₁₆			
0027 ₁₆			
0028 ₁₆			
0029 ₁₆			
002A ₁₆			
002B ₁₆			
002C ₁₆			
002D ₁₆			
002E ₁₆			
002F ₁₆			
0030 ₁₆			
0031 ₁₆			
0032 ₁₆			
0033 ₁₆			
0034 ₁₆			
0035 ₁₆			
0036 ₁₆			
0037 ₁₆			
0038 ₁₆			
0039 ₁₆			
003A ₁₆			
003B ₁₆			
003C ₁₆			
003D ₁₆			
003E ₁₆			
003F ₁₆			

X : Undefined

NOTES:

1. Blank columns are all reserved space. No access is allowed.
2. Software reset or the watchdog timer reset does not affect this register.
3. Owing to Reset input.
4. In the case of RESET pin = H retaining.

Table 4.2 SFR Information(2)⁽¹⁾

Address	Register	Symbol	After reset
0040 ₁₆			
0041 ₁₆			
0042 ₁₆			
0043 ₁₆			
0044 ₁₆			
0045 ₁₆			
0046 ₁₆			
0047 ₁₆			
0048 ₁₆			
0049 ₁₆			
004A ₁₆			
004B ₁₆			
004C ₁₆			
004D ₁₆	Key input interrupt control register	KUPIC	XXXXX0002
004E ₁₆	AD conversion interrupt control register	ADIC	XXXXX0002
004F ₁₆			
0050 ₁₆	Compare 1 interrupt control register	CMP1IC	XXXXX0002
0051 ₁₆	UART0 transmit interrupt control register	S0TIC	XXXXX0002
0052 ₁₆	UART0 receive interrupt control register	S0RIC	XXXXX0002
0053 ₁₆	UART1 transmit interrupt control register	S1TIC	XXXXX0002
0054 ₁₆	UART1 receive interrupt control register	S1RIC	XXXXX0002
0055 ₁₆	INT2 interrupt control register	INT2IC	XXXXX0002
0056 ₁₆	Timer X interrupt control register	TXIC	XXXXX0002
0057 ₁₆	Timer Y interrupt control register	TYIC	XXXXX0002
0058 ₁₆	Timer Z interrupt control register	TZIC	XXXXX0002
0059 ₁₆	INT1 interrupt control register	INT1IC	XXXXX0002
005A ₁₆	INT3 interrupt control register	INT3IC	XXXXX0002
005B ₁₆	Timer C interrupt control register	TCIC	XXXXX0002
005C ₁₆	Compare 0 interrupt control register	CMP0IC	XXXXX0002
005D ₁₆	INT0 interrupt control register	INT0IC	XX00X0002
005E ₁₆			
005F ₁₆			
0060 ₁₆			
0061 ₁₆			
0062 ₁₆			
0063 ₁₆			
0064 ₁₆			
0065 ₁₆			
0066 ₁₆			
0067 ₁₆			
0068 ₁₆			
0069 ₁₆			
006A ₁₆			
006B ₁₆			
006C ₁₆			
006D ₁₆			
006E ₁₆			
006F ₁₆			
0070 ₁₆			
0071 ₁₆			
0072 ₁₆			
0073 ₁₆			
0074 ₁₆			
0075 ₁₆			
0076 ₁₆			
0077 ₁₆			
0078 ₁₆			
0079 ₁₆			
007A ₁₆			
007B ₁₆			
007C ₁₆			
007D ₁₆			
007E ₁₆			
007F ₁₆			

X : Undefined

NOTES:

- Blank columns are all reserved space. No access is allowed.

Table 4.3 SFR Information(3)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
0080 ₁₆	Timer Y, Z mode register	TYZMR	00 ₁₆
0081 ₁₆	Prescaler Y	PREY	FF ₁₆
0082 ₁₆	Timer Y secondary	TYSC	FF ₁₆
0083 ₁₆	Timer Y primary	TYPR	FF ₁₆
0084 ₁₆	Timer Y, Z waveform output control register	PUM	00 ₁₆
0085 ₁₆	Prescaler Z	PREZ	FF ₁₆
0086 ₁₆	Timer Z secondary	TZSC	FF ₁₆
0087 ₁₆	Timer Z primary	TZPR	FF ₁₆
0088 ₁₆			
0089 ₁₆			
008A ₁₆	Timer Y, Z output control register	TYZOC	00 ₁₆
008B ₁₆	Timer X mode register	TXMR	00 ₁₆
008C ₁₆	Prescaler X	PREX	FF ₁₆
008D ₁₆	Timer X register	TX	FF ₁₆
008E ₁₆	Count source set register	TCSS	00 ₁₆
008F ₁₆			
0090 ₁₆	Timer C register	TC	00 ₁₆
0091 ₁₆			00 ₁₆
0092 ₁₆			
0093 ₁₆			
0094 ₁₆			
0095 ₁₆			
0096 ₁₆	External input enable register	INTEN	00 ₁₆
0097 ₁₆			
0098 ₁₆	Key input enable register	KIEN	00 ₁₆
0099 ₁₆			
009A ₁₆	Timer C control register 0	TCC0	00 ₁₆
009B ₁₆	Timer C control register 1	TCC1	00 ₁₆
009C ₁₆	Capture, compare 0 register	TM0	00 ₁₆
009D ₁₆			00 ₁₆ ²
009E ₁₆	Compare 1 register	TM1	FF ₁₆
009F ₁₆			FF ₁₆
00A0 ₁₆	UART0 transmit/receive mode register	U0MR	00 ₁₆
00A1 ₁₆	UART0 bit rate register	U0BRG	XX ₁₆
00A2 ₁₆	UART0 transmit buffer register	U0TB	XX ₁₆
00A3 ₁₆			XX ₁₆
00A4 ₁₆	UART0 transmit/receive control register 0	U0C0	00001000 ₂
00A5 ₁₆	UART0 transmit/receive control register 1	U0C1	00000010 ₂
00A6 ₁₆	UART0 receive buffer register	U0RB	XX ₁₆
00A7 ₁₆			XX ₁₆
00A8 ₁₆	UART1 transmit/receive mode register	U1MR	00 ₁₆
00A9 ₁₆	UART1 bit rate register	U1BRG	XX ₁₆
00AA ₁₆	UART1 transmit buffer register	U1TB	XX ₁₆
00AB ₁₆			XX ₁₆
00AC ₁₆	UART1 transmit/receive control register 0	U1C0	00001000 ₂
00AD ₁₆	UART1 transmit/receive control register 1	U1C1	00000010 ₂
00AE ₁₆	UART1 receive buffer register	U1RB	XX ₁₆
00AF ₁₆			XX ₁₆
00B0 ₁₆	UART transmit/receive control register 2	UCON	00 ₁₆
00B1 ₁₆			
00B2 ₁₆			
00B3 ₁₆			
00B4 ₁₆			
00B5 ₁₆			
00B6 ₁₆			
00B7 ₁₆			
00B8 ₁₆			
00B9 ₁₆			
00BA ₁₆			
00BB ₁₆			
00BC ₁₆			
00BD ₁₆			
00BE ₁₆			
00BF ₁₆			

X : Undefined

NOTES:

1. Blank columns are all reserved space. No access is allowed.
2. When the output compare mode is selected (the TCC13 bit in the TCC1 register = 1), the value is set to FFFF₁₆.

Table 4.4 SFR Information(4)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
00C0 ₁₆	AD register	AD	XX16
00C1 ₁₆			XX16
00C2 ₁₆			
00C3 ₁₆			
00C4 ₁₆			
00C5 ₁₆			
00C6 ₁₆			
00C7 ₁₆			
00C8 ₁₆			
00C9 ₁₆			
00CA ₁₆			
00CB ₁₆			
00CC ₁₆			
00CD ₁₆			
00CE ₁₆			
00CF ₁₆			
00D0 ₁₆			
00D1 ₁₆			
00D2 ₁₆			
00D3 ₁₆			
00D4 ₁₆	AD control register 2	ADCON2	0016
00D5 ₁₆			
00D6 ₁₆	AD control register 0	ADCON0	00000XXX2
00D7 ₁₆	AD control register 1	ADCON1	0016
00D8 ₁₆			
00D9 ₁₆			
00DA ₁₆			
00DB ₁₆			
00DC ₁₆			
00DD ₁₆			
00DE ₁₆			
00DF ₁₆			
00E0 ₁₆	Port P0 register	P0	XX16
00E1 ₁₆	Port P1 register	P1	XX16
00E2 ₁₆	Port P0 direction register	PD0	0016
00E3 ₁₆	Port P1 direction register	PD1	0016
00E4 ₁₆			
00E5 ₁₆	Port P3 register	P3	XX16
00E6 ₁₆			
00E7 ₁₆	Port P3 direction register	PD3	0016
00E8 ₁₆	Port P4 register	P4	XX16
00E9 ₁₆			
00EA ₁₆	Port P4 direction register	PD4	0016
00EB ₁₆			
00EC ₁₆			
00ED ₁₆			
00EE ₁₆			
00EF ₁₆			
00F0 ₁₆			
00F1 ₁₆			
00F2 ₁₆			
00F3 ₁₆			
00F4 ₁₆			
00F5 ₁₆			
00F6 ₁₆			
00F7 ₁₆			
00F8 ₁₆			
00F9 ₁₆			
03FA ₁₆			
00FB ₁₆			
00FC ₁₆	Pull-up control register 0	PUR0	00XX00002
00FD ₁₆	Pull-up control register 1	PUR1	XXXXXXXX0X2
00FE ₁₆	Port P1 drive capacity control register	DRR	0016
00FF ₁₆	Timer C output control register	TCOUT	0016
01B3 ₁₆	Flash memory control register 4	FMR4	010000002
01B4 ₁₆			
01B5 ₁₆	Flash memory control register 1	FMR1	1000000X2
01B6 ₁₆			
01B7 ₁₆	Flash memory control register 0	FMR0	000000012
0FFF ₁₆	Option function select register (2)	OFS	Note 2

X : Undefined

NOTES:

- The blank areas, 0100₁₆ to 01B2₁₆ and 01B8₁₆ to 02FF₁₆ are reserved and cannot be used by users.
- The watchdog timer control bit is assigned. Refer to "Figure11.2 OFS, WDC, WDTR and WDTS registers" of Hardware Manual for details

5. Electrical Characteristics

Table 5.1 Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Condition	Rated value	Unit
V _{CC}	Supply voltage	V _{CC} =AV _{CC}	-0.3 to 6.5	V
AV _{CC}	Analog supply voltage	V _{CC} =AV _{CC}	-0.3 to 6.5	V
V _I	Input voltage		-0.3 to V _{CC} +0.3	V
V _O	Output voltage		-0.3 to V _{CC} +0.3	V
P _d	Power dissipation	T _{opr} =25 °C	300	mW
T _{opr}	Operating ambient temperature		-20 to 85 / -40 to 85 (D version)	°C
T _{stg}	Storage temperature		-65 to 150	°C

Table 5.2 Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Conditions	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
V _{CC}	Supply voltage		2.7		5.5	V
AV _{CC}	Analog supply voltage			V _{CC} ³		V
V _{SS}	Supply voltage			0	—	V
AV _{SS}	Analog supply voltage			0		V
V _{IH}	"H" input voltage		0.8V _{CC}		V _{CC}	V
V _{IL}	"L" input voltage		0		0.2V _{CC}	V
I _{OH (sum)}	"H" peak all output currents (peak)	Sum of all pins' IOH (peak)			-60.0	mA
I _{OH (peak)}	"H" peak output current				-10.0	mA
I _{OH (avg)}	"H" average output current				-5.0	mA
I _{OL (sum)}	"L" peak all output currents (peak)	Sum of all pins' IOL (peak)			60	mA
I _{OL (peak)}	"L" peak output current	Except P10 to P17			10	mA
		P10 to P17	Drive ability HIGH		30	mA
		P10 to P17	Drive ability LOW		10	mA
I _{OL (avg)}	"L" average output current	Except P10 to P17			5	mA
		P10 to P17	Drive ability HIGH		15	mA
		P10 to P17	Drive ability LOW		5	mA
f(XIN)	Main clock input oscillation frequency	3.0V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V	0		20	MHz
		2.7V ≤ V _{CC} < 3.0V	0		10	MHz

Note

1: Referenced to V_{CC} = AV_{CC} = 2.7 to 5.5V at T_{opr} = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C unless otherwise specified.

2: The mean output current is the mean value within 100ms.

3: Set V_{CC}=AV_{CC}

Table 5.3 A/D Conversion Characteristics

Symbol	Parameter		Measuring condition	Standard			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
-	Resolution		$V_{ref} = V_{CC}$			10	Bit
-	Absolute accuracy	10 bit mode	$\phi_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 5.0 \text{ V}$			± 3	LSB
		8 bit mode	$\phi_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 5.0 \text{ V}$			± 2	LSB
		10 bit mode	$\phi_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 3.3 \text{ V}^3$			± 5	LSB
		8 bit mode	$\phi_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 3.3 \text{ V}^3$			± 2	LSB
R_{LADDER}	Ladder resistance		$V_{REF} = V_{CC}$	10		40	$k\Omega$
t_{CONV}	Conversion time	10 bit mode	$\phi_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 5.0 \text{ V}$	3.3			μs
		8 bit mode	$\phi_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 5.0 \text{ V}$	2.8			μs
V_{REF}	Reference voltage				V_{CC}^4		V
V_{IA}	Analog input voltage			0		V_{ref}	V
-	A/D operation clock frequency ²	Without sample & hold		0.25		10	MHz
		With sample & hold		1.0		10	MHz

Note

- 1: Referenced to $V_{CC} = AV_{CC} = 2.7$ to 5.5 V at $T_{opr} = -20$ to $85 \text{ }^\circ\text{C}$ / -40 to $85 \text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.
- 2: When f_{AD} is 10 MHz more, divide the f_{AD} and make A/D operation clock frequency (ϕ_{AD}) lower than 10 MHz.
- 3: When the AV_{CC} is less than 4.2V, divide the f_{AD} and make A/D operation clock frequency (ϕ_{AD}) lower than $f_{AD}/2$.
- 4: Set $V_{CC} = V_{ref}$

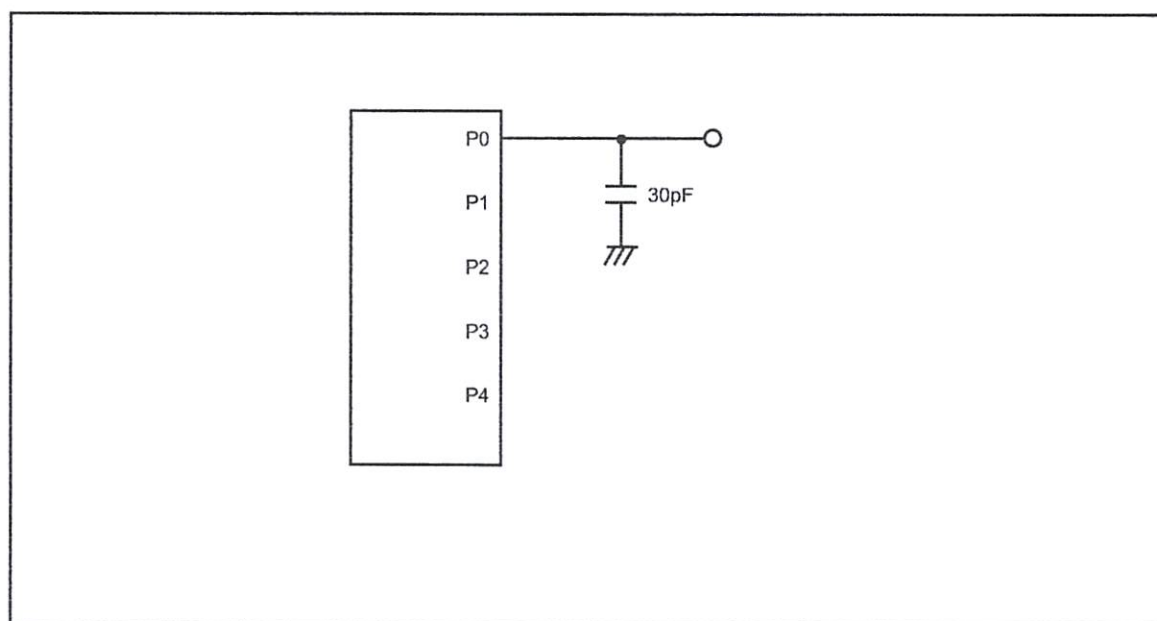


Figure 5.1 Port P0 to P4 measurement circuit

```

                                program
/*****
*/
/* FILE      :tes.c
/* DATE      :Thu, jan 10, 2008
/* DESCRIPTION :Main Program
/* CPU TYPE  :Other
*/
/* This file is generated by Renesas Project Generator (Ver.4.0).
*/
/*****

#include <stdio.h>
#include "sfr_r813.h"
#include "timer.h"
#include "lcdku.h"
#include "adda.h"
#include "keypad.h"
#include "serial.h"

#define enter    p1_0
#define kanan    p1_1
#define kiri     p1_2

unsigned char kelm,skering,sbasah,selisih,d,d1,tanda,ao;
unsigned int a,ai,i,b,s,ea,meme,kb;
//float pt1,pa1,pt2,pa2,pt3,pa3;
unsigned long hit,E;
static unsigned char kel[36][14]= {
{90,80,71,63,56,49,43,37,32,28,23,20,16,13}, //0
{90,81,72,65,58,51,45,40,35,30,26,22,19,16}, //1
{90,52,74,66,59,53,47,42,37,33,29,25,22,19}, //2
{91,82,75,67,61,55,49,44,39,35,31,27,24,21}, //3
{91,83,75,69,62,56,51,46,41,37,33,30,26,24}, //4
{91,84,76,70,64,58,53,48,43,39,35,32,29,26}, //5
{92,84,77,71,65,59,54,49,45,41,37,34,31,28}, //6
{92,85,78,72,66,61,56,51,47,43,39,36,33,30}, //7
{92,85,79,73,67,62,57,52,48,44,41,37,34,32}, //8
{93,86,79,74,68,63,58,54,50,46,42,39,36,33}, //9
{93,86,80,75,69,64,59,55,51,47,44,41,38,35}, //10
{93,87,81,75,70,65,60,56,52,49,45,42,39,36}, //11
{93,87,81,76,71,66,61,57,54,50,47,43,41,38}, //12
{94,88,82,76,71,67,63,58,55,51,48,45,42,39}, //13
{94,88,82,77,72,68,63,59,56,52,49,46,43,40}, //14
{94,88,83,78,73,68,64,60,57,53,50,47,44,42}, //15
{94,88,83,78,74,69,65,61,59,54,51,48,45,43}, //16
{94,89,83,79,74,70,66,62,59,55,52,49,46,44}, //17
{94,89,84,79,75,70,67,63,59,55,53,50,47,45}, //18
{94,89,84,80,75,71,67,63,60,56,54,51,48,46}, //19
{95,89,85,80,76,72,68,64,61,57,55,52,49,47}, //20
{95,90,85,80,76,73,68,65,62,58,55,53,50,47}, //21
{95,90,85,81,77,73,69,66,62,58,56,53,51,48}, //22
{95,90,86,81,77,73,70,66,63,59,57,64,51,49}, //23
{95,90,86,82,78,74,70,67,63,60,58,55,52,50}, //24
{95,90,86,82,78,74,71,67,64,61,58,56,53,50}, //25
{95,91,86,82,78,75,71,68,65,62,59,56,54,51}, //26
{95,91,87,83,79,75,72,68,65,62,59,57,54,52}, //27
{95,91,87,83,79,75,72,69,66,63,60,57,55,52}, //28
{95,91,87,83,79,76,72,69,66,63,60,58,55,53}, //29
{96,91,87,83,80,76,73,70,67,64,61,58,56,53}, //30
{96,91,87,83,80,76,73,70,67,64,61,59,56,54}, //31
{96,91,88,84,80,77,73,70,67,65,62,59,57,54}, //32
{96,92,88,84,80,77,74,71,68,65,62,66,57,55}, //33
{96,92,88,84,81,77,74,71,68,65,63,60,58,55}, //34
{96,92,88,84,81,78,74,71,68,66,63,61,58,56}, //35
};
static unsigned int uap[25]=

```

```

                                program
{920,984,1052,1123,1198,1278,1363,1453,1546,1646,1753,
1865,1982,2105,2227,2375,2531,2674,2832,3003,3182,3370,3566,3773,3990};

void initADC(void)                //rutin inialisasi adc
{
    adcon0 = 0x01; //prescaler fAD/2 (invalid), A/D conv disabled, P0 group
    selected, oneshot mode, pin AN1 selected
    adcon1 = 0x38; //0x38; //vref connected, freq select at fAD valid, 10 bit mode
    adcon2 = 0x00; //0; //without sample and hold
}

void initint0()
{
    int0ic=0x1;
    int0f=0x00;
    inten=0x01;
    asm("FSET I");
}

unsigned char bacasuhu(unsigned char nn)
{
    s=0;
    for(ai=0;ai<100;ai++)
    {
        adcon0 &= 0xF8 ;
        adcon0 |= nn;
        asm("nop");
        adst = 1;
        while(adst) ;
        s=ad+s;
    }
    ai=s/200;
    return ai;
}

#pragma INTERRUPT i0
void i0(void)
{
    hit++;
}

#pragma INTERRUPT tmx
void tmx(void)
{
    txund=0;
    i++;
    prex = 99;
    tx = 199;
}

void tampilcounter()
{
    hit=hit*48/4;
    b=((hit/100)%10)+48;dataout(b);
    b=((hit/10)%10)+48;dataout(b);dataout(',');
    b=(hit%10)+48;dataout(b);
    hit=hit/10;
}

void tampilsuhu(unsigned int cc)
{
    unsigned char bb;
    b=((cc/100)%10)+48;dataout(bb);
    dataout(',');
    b=((cc/10)%10)+48;dataout(bb);
    b=(cc%10)+48;dataout(bb);
}

```

program

```

}
void tampil(unsigned char cc)
{
unsigned char bb;
bb=((cc/100)%10)+48;dataout(bb);
bb=((cc/10)%10)+48;dataout(bb);
bb=(cc%10)+48;dataout(bb);
}
void proses()
{
    hit=0;i=0;
    while(i<1000);
    cetak(1,1,"kec:");
    tampilcounter();
    cetak(2,1,"K:");
    skering=bacasuhu(5);
    tampil(skering);dataout(0xDF);dataout('C');
    cetak(2,9,"B:");
    sbasah=bacasuhu(6);
    tampil(sbasah);dataout(0xDF);dataout('C');
    selisih=skering-sbasah;
    if(skering<=sbasah) kelm=100;
    else {
        selisih=selisih*2-1;
        kelm=kel[sbasah][selisih];
    }
    ea=uap[skering-10];
    E=ea;
    E=E*(100-kelm)/100;
    E=E*(100+hit)/100;
    E=E*35/100;
    b=E;
    cetak(1,10,"Ev:");tampilsuhu(b);
}
}
unsigned char key()
{
unsigned char n;
n=0;
while(n==0)
{
if(enter==0) {delay(300);while(enter==0);n=1;}
else if(kanan==0) {delay(300);while(kanan==0);n=2;}
else if(kiri==0) {delay(300);while(kiri==0);n=3;}
else n=0;
}
return n;
}
void hapusmem()
{
for(i=0;i<1000;i++)
{write_EEPROM(i,0);delay(500);}
}
void tampilmem(unsigned char aa)
{
unsigned char bb,cc,dd;
pos(1,7);
bb=aa/2;
dd=bb/10+48;dataout(dd);
dd=bb%10+48;dataout(dd);dataout(':');
bb=aa%2;
if(bb==1) bb=30;
else bb=0;
dd=bb/10+48;dataout(dd);
dd=bb%10+48;dataout(dd);
/*dataout(':');
bb=read_EEPROM(cc);cc++;
dd=bb/10+48;dataout(dd);
}
}

```

program

```
dd=bb%10+48;dataout(dd);
*/
cc=aa;
pos(2,7);
bb=read_EEPROM(cc);cc=cc+48;
dd=bb/10+48;dataout(dd);
dd=bb%10+48;dataout(dd);dataout(',');
bb=read_EEPROM(cc);
dd=bb/10+48;dataout(dd);
dd=bb%10+48;dataout(dd);
}

void menumem()
{unsigned char n,m;
cetak(1,1,"Jam :");
cetak(2,1,"EV :");
n=0;m=0;tampilmem(n);
while(m!=1)
{
n=key();
if(m==2) { n++;}
else if(m==3) {n--;}
if(n>100) n=0;
else if(n==48) n=47;
tampilmem(n);
}
}

void main(void)
/* Inisialisasi variable*/
//unsigned char data;
/* Inisialisasi Awal MK */
asm("FCLR I"); // Interrupt disable
prcr = 1; // Protect off
cm13 = 1; // X-in X-out = Clock External
cm15 = 1; // XCIN-XCOUT drivecapacity select bit : HIGH
cm05 = 0; // X-in on
cm16 = 0; // Main clock = No division mode
cm17 = 0;
cm06 = 0; // CM16 and CM17 enable
asm("nop");
asm("nop");
asm("nop");
asm("nop");
ocd2 = 0; // Main clock change (x-tal)
prcr = 0; // Protect on
txic=2;
/* p1 sebagai keluaran dan p0 sebagai masukan */

prc2=1;
pd0=0;pd1=0xf0;pd3=0xff;pd4_5=0;
hit=0;i=0;
tanda=0;
initlcd();
initint0();
initADC();
init_timer_X();txs = 1;

// tambahan a
usek();
cetak(1,1," Init I2C Bus..");
cetak(2,1," RTC.....");
d=read_rtc(2);
cetak(2,1," RTC OK.....");
delay(500);
cetak(2,1," EEPROM.....");
```

```

                                program
d=read_EEPROM(0);
cetak(2,1," EEPROM OK.....");
delay(500);
busek();
cetak(1,1," I2C Bus OK      ");
cetak(2,1," Ready to Use   ");
delay(500);
cetak(1,1," AGUS HERMAWAN  ");
cetak(2,1," ITN MALANG    ");
delay(3000);
busek();
while (1) ////////////////////////////////////////
{

if (kanan==0)
    {
        while(kanan==0);
        busek();
        while(kanan==1)
            {
tampiljam();
            }
        while(kanan==0);
        busek();
    }

if (enter==0)
    {
        while(enter==0);
        busek();
        while(enter==1)
            {
                skering=bacasuhu(5);
                sbasah=bacasuhu(6);
                selisih=skering-sbasah;
if(skering<=sbasah) kelm=100;
else {
selisih=selisih*2-1;
kelm=kel[sbasah][selisih];
                }
                cetak(1,1,"Kelembaban: ");tampil(kelm);
            }
        while(enter==0);
        busek();
        menumem();
        busek();
    }
proses();
d1=read_rtc(1);
d=read_rtc(2)*2+d1/30;

if((d1%30==0)&&(tanda==0))
    {
        tanda=1;
        meme=b/100;write_EEPROM(d,meme);d=d+48;
        meme=b%100;write_EEPROM(d,meme);//d++;
    }
else if((d1%30!=0)&&(tanda==1)) tanda=0;
}

```

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

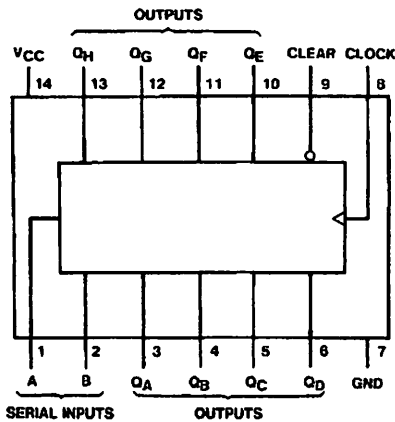
- Gated (enable/disable) serial inputs
- Fully buffered clock and serial inputs
- Asynchronous clear
- Typical clock frequency 36 MHz
- Typical power dissipation 80 mW

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



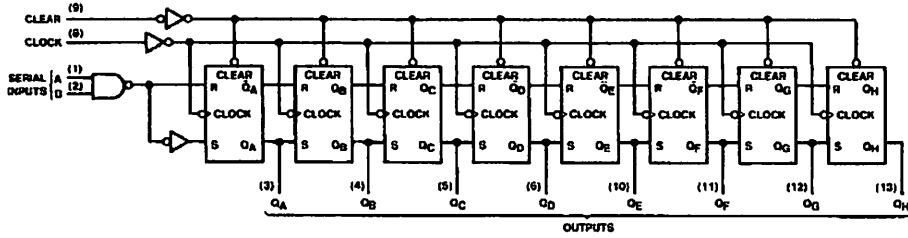
Function Table

Inputs				Outputs			
Clear	Clock	A	B	QA	QB	...	QH
L	X	X	X	L	L	...	L
H	L	X	X	QA0	QB0	...	QH0
H	↑	H	H	H	QA _n	...	Q _{Gn}
H	↑	L	X	L	QA _n	...	Q _{Gn}
H	↑	X	L	L	QA _n	...	Q _{Gn}

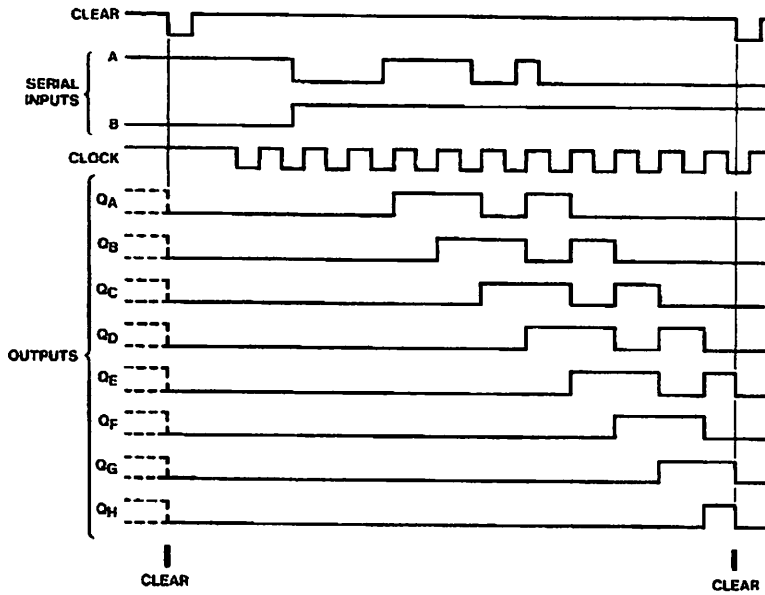
H = HIGH Level (steady state)
L = LOW Level (steady state)
X = Don't Care (any input, including transitions)
↑ = Transition from LOW-to-HIGH level
QA₀, QB₀, QH₀ = The level of QA, QB, or QH, respectively, before the indicated steady-state input conditions were established.
QA_n, QG_n = The level of QA or QG before the most recent ↑ transition of the clock; indicates a one-bit shift.

DM74LS164 8-Bit Serial In/Parallel Out Shift Register

Logic Diagram



Timing Diagram



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 (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

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	2.7	3.4		V
		V _{IL} = Max, V _{IH} = Min				
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 _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)		18	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

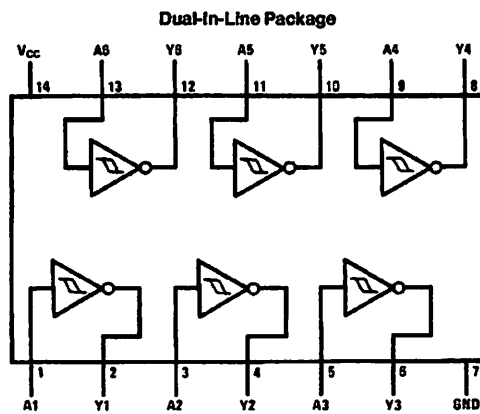
Symbol	Parameter	From (Input) To (Output)	R _L = 2 kΩ				Units
			C _L = 15 pF		C _L = 50 pF		
			Min	Max	Min	Max	
f _{MAX}	Maximum Clock Frequency		25				MHz
t _{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Clock to Output		27		30	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Clock to Output		32		40	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Clear to Output		36		45	ns

54LS14/DM74LS14 Hex Inverters with Schmitt Trigger Inputs

General Description

This device contains six independent gates each of which performs the logic INVERT function. Each input has hysteresis which increases the noise immunity and transforms a slowly changing input signal to a fast changing, jitter free output.

Connection Diagram



TL/F/6363-1

Order Number 54LS14DMQB, 54LS14FMQB,
54LS14LMQB, DM74LS14M or DM74LS14N
See NS Package Number E20A, J14A, M14A, N14A or W14B

Function Table

$$Y = \bar{A}$$

Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = High Logic Level
L = Low Logic Level

Absolute Maximum Ratings (Note)

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

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	
54LS	-55°C to +125°C
DM74LS	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note: 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" table 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	54LS14			DM74LS14			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V _{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{T+}	Positive-Going Input Threshold Voltage (Note 1)	1.5	1.6	2.0	1.4	1.6	1.9	V
V _{T-}	Negative-Going Input Threshold Voltage (Note 1)	0.6	0.8	1.1	0.5	0.8	1	V
HYS	Input Hysteresis (Note 1)	0.4	0.8		0.4	0.8		V
I _{OH}	High Level Output Current			-0.4			-0.4	mA
I _{OL}	Low Level Output Current			4			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	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	54LS DM74	2.5 2.7	3.4 3.4	V	
V _{OL}	Low Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max V _{IH} = Min	54LS DM74		0.25 0.35	V	
		V _{CC} = Min, I _{OL} = 4 mA	DM74		0.25	0.4	
I _{T+}	Input Current at Positive-Going Threshold	V _{CC} = 5V, V _I = V _{T+}	DM74		-0.14	mA	
I _{T-}	Input Current at Negative-Going Threshold	V _{CC} = 5V, V _I = V _{T-}	DM74		-0.18	mA	
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V V _{CC} = Max, V _I = 10.0V	DM74 54LS		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 3)	54LS DM74		-20 -20	-100 -100	mA
I _{OCH}	Supply Current with Outputs High	V _{CC} = Max			8.6	16	mA
I _{OCL}	Supply Current with Outputs Low	V _{CC} = Max			12	21	mA

Note 1: V_{CC} = 5V.

Note 2: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Features

Write Protect Pin for Hardware Data Protection

- Utilizes Different Array Protection Compared to the AT24C02/04/08

Low Voltage and Standard Voltage Operation

- 5.0 ($V_{CC} = 4.5V$ to $5.5V$)

- 2.7 ($V_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$)

- 2.5 ($V_{CC} = 2.5V$ to $5.5V$)

- 1.8 ($V_{CC} = 1.8V$ to $5.5V$)

Internally Organized 256 x 8 (2K), 512 x 8 (4K) or 1024 x 8 (8K)

2-Wire Serial Interface

- Schmitt Trigger, Filtered Inputs for Noise Suppression

- Bidirectional Data Transfer Protocol

- 100 kHz (1.8V, 2.5V, 2.7V) and 400 kHz (5V) Compatibility

- 1-Byte Page (2K), 16-Byte Page (4K, 8K) Write Modes

- Partial Page Writes Are Allowed

- Self-Timed Write Cycle (10 ms max)

High Reliability

- Endurance: 1 Million Write Cycles

- Data Retention: 100 Years

- ESD Protection: >3000V

Automotive Grade and Extended Temperature Devices Available

8-Pin and 14-Pin JEDEC SOIC, 8-Pin PDIP, and 8-Pin TSSOP Packages

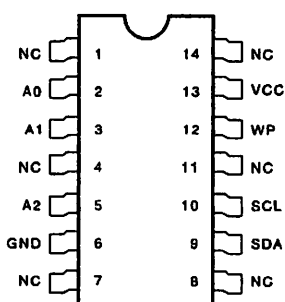
Description

The AT24C02A/04A/08A provides 2048/4096/8192 bits of serial electrically erasable programmable read only memory (EEPROM) organized as 256/512/1024 words of 8 bits each. The device is optimized for use in many industrial and commercial applications where low power and low voltage operation are essential. The AT24C02A/04A/08A is available in space saving 8-pin PDIP, 8-pin, 14-pin SOIC, and 8-pin TSSOP packages and is accessed via a 2-wire serial interface. In addition, the entire family is available in 5.0V (4.5V to 5.5V), 2.7V (2.7V to 5.5V), 2.5V (2.5V to 5.5V) and 1.8V (1.8V to 5.5V) versions.

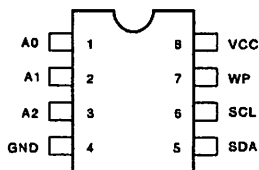
Pin Configurations

Pin Name	Function
A ₀ to A ₂	Address Inputs
DA	Serial Data
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect
NC	No Connect

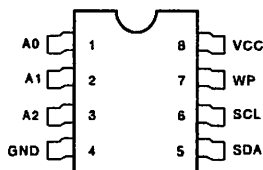
14-Pin SOIC



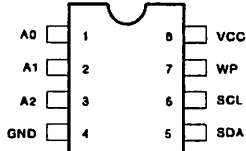
8-Pin PDIP



8-Pin SOIC



8-Pin TSSOP



2-Wire Serial EEPROM

2K (256 x 8)

4K (512 x 8)

8K (1024 x 8)

AT24C02A

AT24C04A

AT24C08A



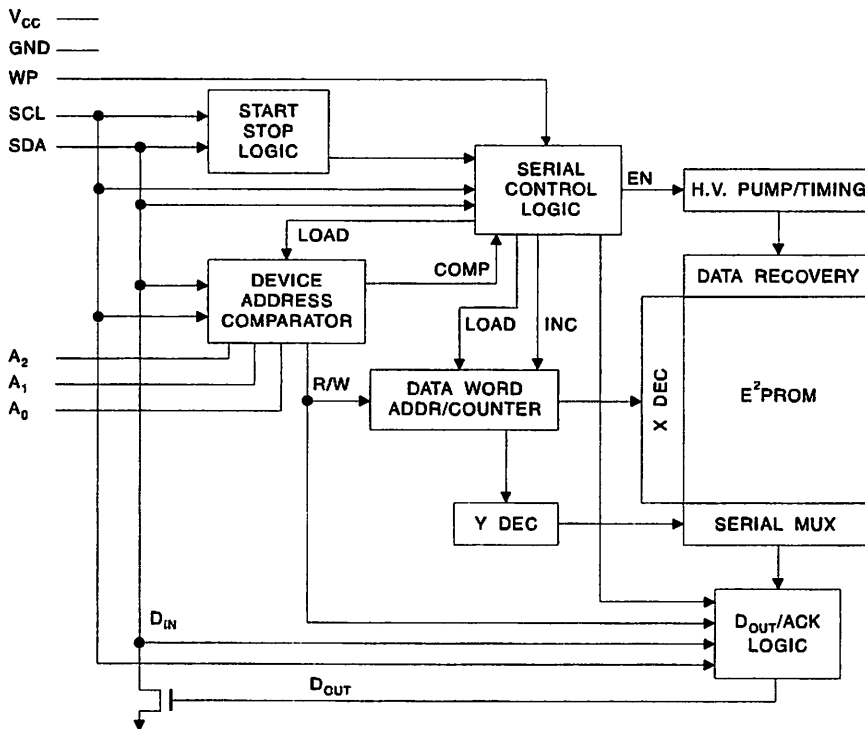


Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.25V
Maximum Output Current.....	5.0 mA

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

Block Diagram



1 Description

SERIAL CLOCK (SCL): The SCL input is used to positive edge clock data into each EEPROM device and negative edge clock data out of each device.

SERIAL DATA (SDA): The SDA pin is bidirectional for all data transfer. This pin is open-drain driven and may be wire-ORed with any number of other open-drain or open collector devices.

PAGE ADDRESSES (A2, A1, A0): The A2, A1, A0 pins are device address inputs that are hard wired to the AT24C02A. As many as eight 2K devices may be addressed on a single bus system (device addressing is discussed in detail under the Device Addressing section).

The AT24C04A uses the A2 and A1 inputs for hard wire addressing and a total of four 4K devices may be addressed on a single bus system. The A0 pin is a no connect.

The AT24C08A only uses the A2 input for hardwire addressing and a total of two 8K devices may be addressed on a single bus system. The A0 and A1 pins are no connects.

WRITE PROTECT (WP): The AT24C02A/04A/08A has a Write Protect pin that provides hardware data protection. The Write Protect pin allows normal read/write operations when connected to ground (GND). When the Write Protect

AT24C02A/04A/08A

is connected to V_{CC} , the write protection feature is enabled and operates as shown in the following table.

Pin Status	Part of the Array Protected		
	24C02A	24C04A	24C08A
V_{CC}	Upper Half (1K) Array	Upper Half (2K) Array	Full (8K) Array
GND	Normal Read/Write Operations		

Memory Organization

AT24C02A, 2K SERIAL EEPROM: Internally organized with 256 pages of 1-byte each, the 2K requires an 8 bit data word address for random word addressing.

AT24C04A, 4K SERIAL EEPROM: The 4K is internally organized with 256 pages of 2-bytes each. Random word addressing requires a 9 bit data word address.

AT24C08A, 8K SERIAL EEPROM: The 8K is internally organized with 4 blocks of 256 pages of 4-bytes each. Random word addressing requires a 10 bit data word address.

Capacitance

measurable over recommended operating range from $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f = 1.0\text{ MHz}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$.

Symbol	Test Condition	Max	Units	Conditions
C_{IO}	Input/Output Capacitance (SDA)	8	pF	$V_{IO} = 0\text{V}$
C_{IN}	Input Capacitance (A_0, A_1, A_2, SCL)	6	pF	$V_{IN} = 0\text{V}$

Note: 1. This parameter is characterized and is not 100% tested.

Characteristics

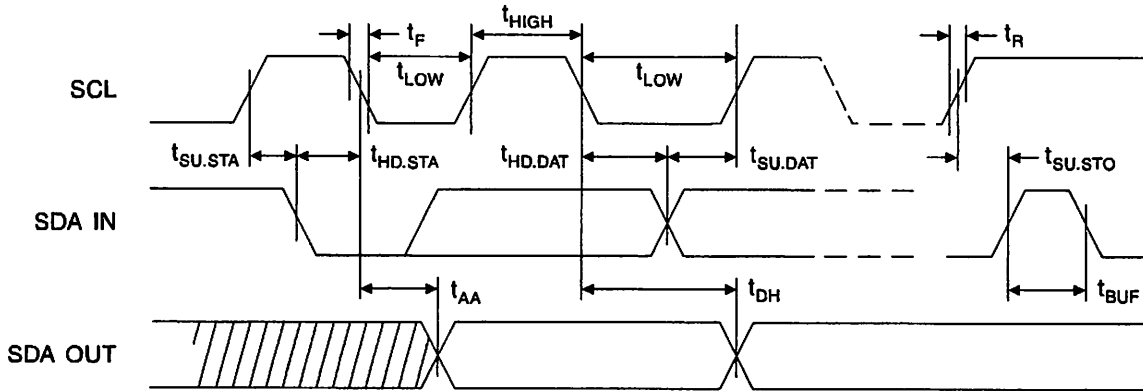
measurable over recommended operating range from: $T_{AI} = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$, $T_{AC} = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$ (unless otherwise noted).

Symbol	Parameter	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
V_{C1}	Supply Voltage		1.8		5.5	V
V_{C2}	Supply Voltage		2.5		5.5	V
V_{C3}	Supply Voltage		2.7		5.5	V
V_{C4}	Supply Voltage		4.5		5.5	V
I_{C1}	Supply Current $V_{CC} = 5.0\text{V}$	READ at 100 kHz		0.4	1.0	mA
I_{C2}	Supply Current $V_{CC} = 5.0\text{V}$	WRITE at 100 kHz		2.0	3.0	mA
I_{S1}	Standby Current $V_{CC} = 1.8\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		0.6	3.0	μA
I_{S2}	Standby Current $V_{CC} = 2.5\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		1.4	4.0	μA
I_{S3}	Standby Current $V_{CC} = 2.7\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		1.6	4.0	μA
I_{S4}	Standby Current $V_{CC} = 5.0\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		8.0	18.0	μA
I_{L1}	Input Leakage Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		0.10	3.0	μA
I_{L2}	Output Leakage Current	$V_{OUT} = V_{CC}$ or V_{SS}		0.05	3.0	μA
V_{L1}	Input Low Level ⁽¹⁾		-0.6		$V_{CC} \times 0.3$	V
V_{H1}	Input High Level ⁽¹⁾		$V_{CC} \times 0.7$		$V_{CC} + 0.5$	V
I_{O2}	Output Low Level $V_{CC} = 3.0\text{V}$	$I_{OL} = 2.1\text{ mA}$			0.4	V
I_{O1}	Output Low Level $V_{CC} = 1.8\text{V}$	$I_{OL} = 0.15\text{ mA}$			0.2	V

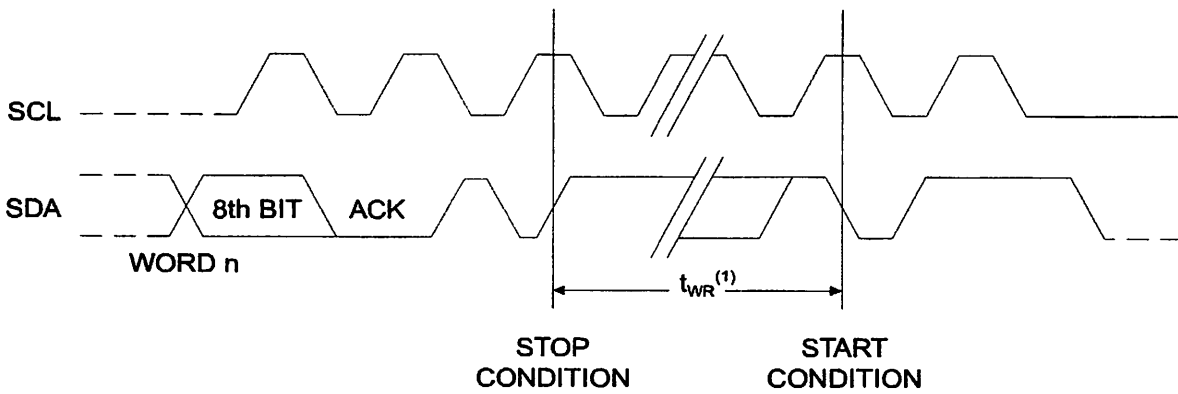
Note: 1. V_{IL} min and V_{IH} max are reference only and are not tested.



Read Timing (SCL: Serial Clock, SDA: Serial Data I/O)

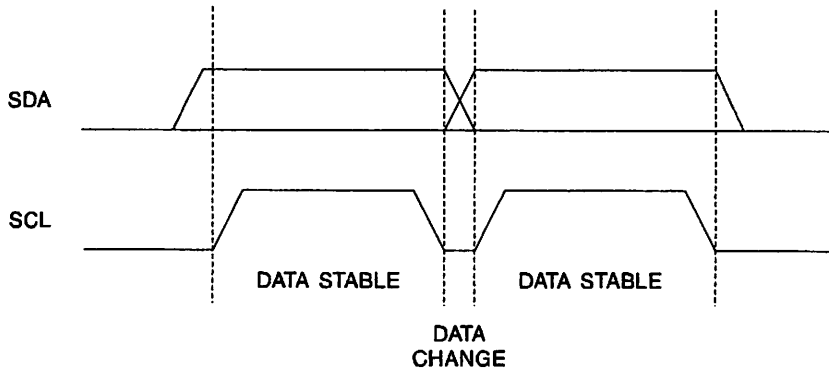


Write Cycle Timing (SCL: Serial Clock, SDA: Serial Data I/O)

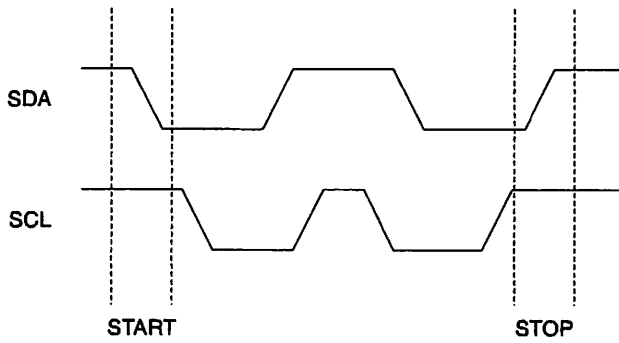


1. The write cycle time t_{WR} is the time from a valid stop condition of a write sequence to the end of the interval clear/write cycle.

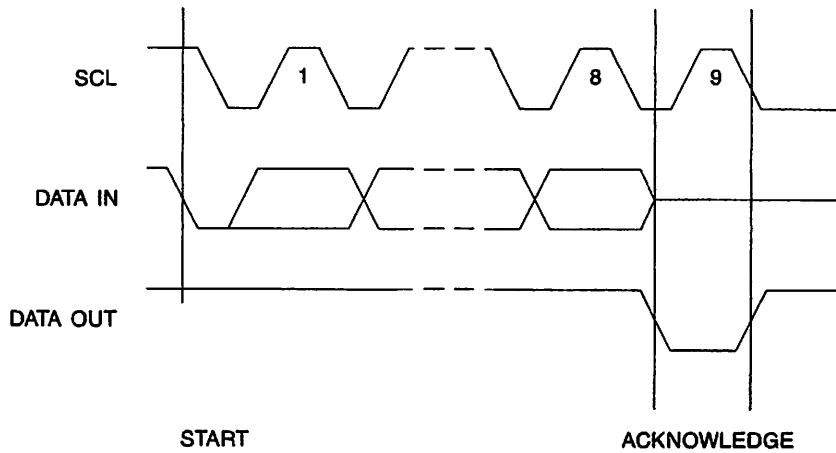
Data Validity



Start and Stop Definition



Input Acknowledge



Device Addressing

2K, 4K and 8K EEPROM devices all require an 8 bit device address word following a start condition to enable the chip for a read or write operation (refer to Figure 1).

The device address word consists of a mandatory one, followed by a sequence for the first four most significant bits as shown. This is common to all the EEPROM devices.

The next 3 bits are the A2, A1 and A0 device address bits for the 2K EEPROM. These 3 bits must compare to their corresponding hard-wired input pins.

The 4K EEPROM only uses the A2 and A1 device address bits with the third bit being a memory page address bit. The A0 device address bits must compare to their corresponding hard-wired input pins. The A0 pin is no connect.

The 8K EEPROM only uses the A2 device address bit with the next 2 bits being for memory page addressing. The A2 must compare to its corresponding hard-wired input pin. The A1 and A0 pins are no connect.

The eighth bit of the device address is the read/write operation select bit. A read operation is initiated if this bit is high and a write operation is initiated if this bit is low.

Upon a compare of the device address, the EEPROM will output a zero. If a compare is not made, the chip will return to standby state.

Write Operations

BYTE WRITE: A write operation requires an 8 bit data word address following the device address word and acknowledgement. Upon receipt of this address, the EEPROM will again respond with a zero and then clock in the first 8 bit data word. Following receipt of the 8 bit data word, the EEPROM will output a zero and the addressing device, such as a microcontroller, must terminate the write sequence with a stop condition. At this time the EEPROM enters an internally-timed write cycle, t_{WR} , to the nonvolatile memory. All inputs are disabled during this write cycle and the EEPROM will not respond until the write is complete (refer to Figure 2).

PAGE WRITE: The 2K EEPROM is capable of an 8-byte page write, and the 4K and 8K devices are capable of 16-byte page writes.

A page write is initiated the same as a byte write, but the microcontroller does not send a stop condition after the first data word is clocked in. Instead, after the EEPROM acknowledges receipt of the first data word, the microcontroller can transmit up to seven (2K) or fifteen (4K, 8K) more data words. The EEPROM will respond with a zero after each data word received. The microcontroller must terminate the page write sequence with a stop condition (refer to Figure 3).

The data word address lower three (2K) or four (4K, 8K) bits are internally incremented following the receipt of each data word. The higher data word address bits are not incremented, retaining the memory page row location. When the data word address, internally generated, reaches the page boundary, the following byte is placed at the beginning of the same page. If more than eight (2K) or sixteen (4K, 8K) data words are transmitted to the EEPROM, the data word address will "roll over" and previous data will be overwritten.

ACKNOWLEDGE POLLING: Once the internally-timed write cycle has started and the EEPROM inputs are disabled, acknowledge polling can be initiated. This involves sending a start condition followed by the device address word. The read/write bit is representative of the operation desired. Only if the internal write cycle has completed will the EEPROM respond with a zero allowing the read or write sequence to continue.

Read Operations

Read operations are initiated the same way as write operations with the exception that the read/write select bit in the device address word is set to one. There are three read operations: current address read, random address read and sequential read.

CURRENT ADDRESS READ: The internal data word address counter maintains the last address accessed during the last read or write operation, incremented by one. This address stays valid between operations as long as the chip power is maintained. The address "roll over" during a read is from the last byte of the last memory page to the first byte of the first page. The address "roll over" during a write is from the last byte of the current page to the first byte of the same page.

Once the device address with the read/write select bit set to one is clocked in and acknowledged by the EEPROM, the current address data word is serially clocked out. The microcontroller does not respond with an input zero but does generate a following stop condition (refer to Figure 4).

RANDOM READ: A random read requires a "dummy" byte write sequence to load in the data word address. Once the device address word and data word address are clocked in and acknowledged by the EEPROM, the microcontroller must generate another start condition. The microcontroller now initiates a current address read by sending a device address with the read/write select bit high. The EEPROM acknowledges the device address and serially clocks out the data word. The microcontroller does not respond with a zero but does generate a following stop condition (refer to Figure 5).

SEQUENTIAL READ: Sequential reads are initiated by either a current address read or a random address read. After the microcontroller receives a data word, it responds



an acknowledge. As long as the EEPROM receives an acknowledge, it will continue to increment the data word address and serially clock out sequential data words. When the memory address limit is reached, the data word

address will "roll over" and the sequential read will continue. The sequential read operation is terminated when the microcontroller does not respond with a zero but does generate a following stop condition (refer to Figure 6).

Figure 1. Device Address

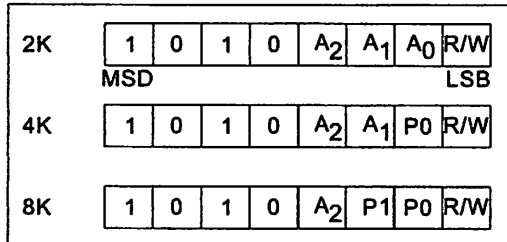


Figure 2. Byte Write

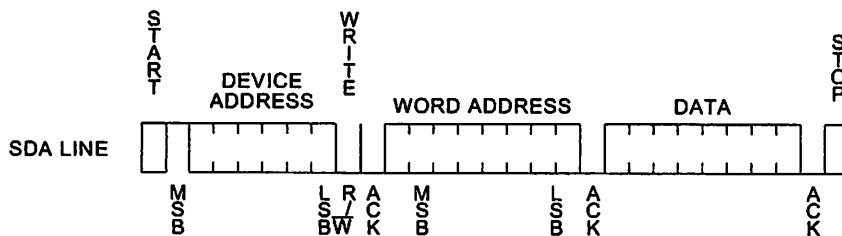
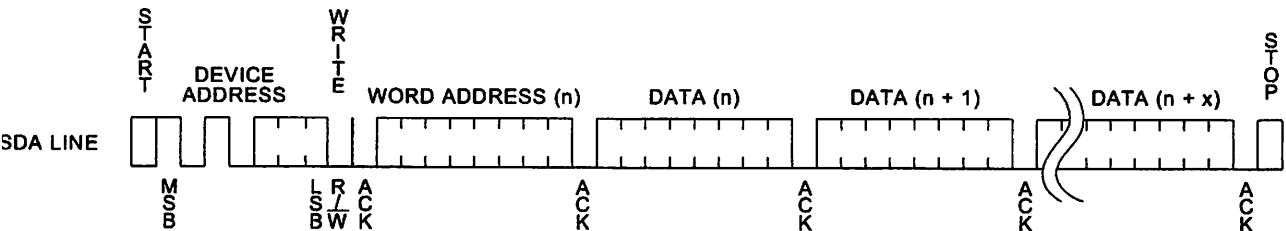


Figure 3. Page write



LIQUID CRYSTAL DISPLAY MODULE

M 1 6 3 2

USER MANUAL

Seiko Instruments Inc.

1. GENERAL

1.1 General

The M1632 is a low-power-consumption dot-matrix liquid crystal display (LCD) module with a high-contrast wide-view TN LCD panel and a CMOS LCD drive controller built in. The controller has a built-in character generator ROM/RAM, and display data RAM. All the display functions are controlled by instructions and the module can easily be interfaced with an MPU. This makes the module applicable to a wide range of purposes including terminal display units for microcomputers and display units for measuring gages.

1.2 Features

- 16-character, two-line TN liquid crystal display of 5 x 7 dot matrix + cursor
- Duty ratio: 1/16
- Character generator ROM for 192 character types.
(character font: 5 x 7 dot matrix)
- Character generator RAM for eight character types (program write)
(character font: 5 x 7 dot matrix)
- 80 x 8 bit display data RAM (80 characters maximum)
- Interface with four-bit and eight-bit MPUs possible
- Display data RAM and character generator RAM readable from MPU
- Many instruction functions

**Display Clear, Cursor Home, Display ON/OFF, Cursor ON/OFF, Display
Character Blink, Cursor Shift, and Display Shift**

- Built-in oscillator circuit
- +5 V single power supply
- Built-in automatic reset circuit at power-on
- CMOS process
- Operating temperature range: 0°C to 50°C

5 Absolute Maximum Ratings

$V_{SS} = 0V$

Item	Symbol	Standard	Unit	Remarks
Power supply voltage	V_{DD}	-0.3 to +7.0	V	
	V_{LC}	$V_{DD} - 13.5$ to $V_{DD} + 0.3$	V	
Input voltage	V_{in}	-0.3 to $V_{DD} + 0.3$	V	
Operating temperature	T_{opr}	0 to +50	°C	
Storage temperature	T_{stg}	-20 to +60	°C	At 50% RH

6 Electrical Characteristics

$V_{DD} = 5V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, $T_A = 0^\circ C$ to $50^\circ C$

Item		Symbol	Conditions	Standard			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
Input voltage	High	V_{IH1}		2.2	-	V_{DD}	V
	Low	V_{IL1}		0	-	0.6	V
Output voltage (TTL)	High	V_{OH1}	$-I_{OH} = 0.205\text{ mA}$	2.4	-	-	V
	Low	V_{OL1}	$I_{OL} = 1.2\text{ mA}$	-	-	0.4	V
Output voltage (CMOS)	High	V_{OH2}	$-I_{OH} = 0.04\text{ mA}$	$0.9V_{DD}$	-	-	V
	Low	V_{OL2}	$I_{OL} = 0.04\text{ mA}$	-	-	$0.1V_{DD}$	V
Power supply voltage		V_{DD}		4.75	5.00	5.25	V
		$-V_{LC}$	$V_{DD} = 5V, T_A = 25^\circ C$	-	0.25	-	V
Current consumption		I_{DD}		-	2.0	3.0	mA
		I_{LC}	$V_{LC} = 0.25V$	-	-	1.0	mA
Clock oscillation freq.		f_{osc}	Resistance oscillation	190	270	350	kHz

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

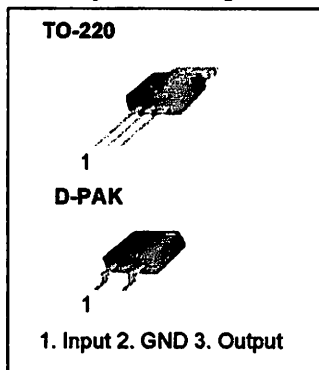
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

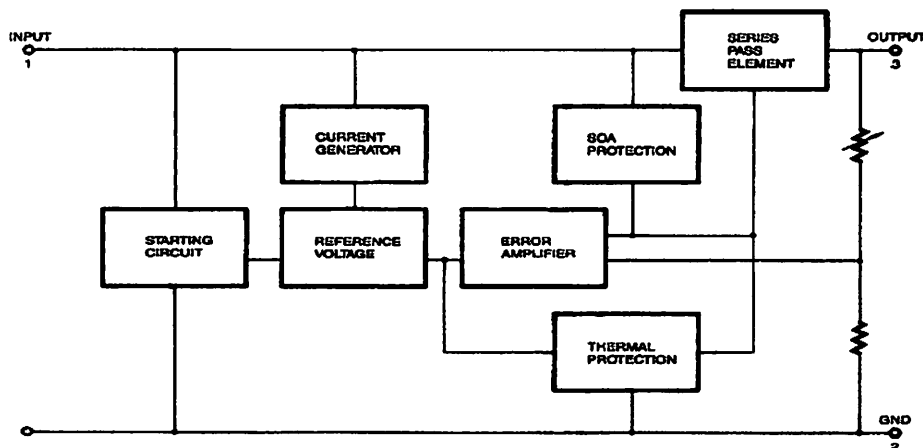
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$) (for $V_O = 24V$)	V_I	35	V
	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

Electrical Characteristics (MC7805/LM7805)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7805/LM7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$, $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5mA$ to $1.0A$	-	0.03	0.5	mA	
		$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10Hz$ to $100KHz$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1KHz$	-	15	-	m Ω	
Short Circuit Current	ISC	$V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA	
Peak Current	IPK	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Komunikasi antar IC dengan IIC

Latihan Belakang dan Konsep IIC

Pada saat ini desain elektronik dituntut untuk semakin ringkas dan fleksibel, dimana ukuran fisik IC semakin diperkecil dan jumlah pin diminimalkan dengan tetap menjaga fleksibilitas dan kompatibilitas IC sehingga mudah untuk digunakan dalam berbagai keperluan desain yang berbeda, oleh karenanya banyak perusahaan semikonduktor yang berusaha mengembangkan cara baru komunikasi antar IC yang lebih akomodatif terhadap tuntutan di atas sebagai alternatif dari hubungan antar IC secara paralel (parallel bus) yang sudah kita kenal luas. Salah satu metode yang telah dikembangkan dan dipakai secara luas adalah IIC (sering ditulis juga sebagai singkatan dari *Inter Integrated Circuit bus* yang dikembangkan oleh Philips Semiconductor sejak tahun 1992, dengan konsep dasar komunikasi 2 arah antar IC dan/atau antar sistem secara serial menggunakan 2 kabel.

Ciri-ciri Utama IIC

Ciri-ciri utama I²C bus adalah sebagai berikut :

Hanya melibatkan dua kabel yaitu *serial data line* (selanjutnya disebut SDA) dan *serial clock line* (selanjutnya disebut SCL).

Setiap IC yang terhubung dalam I²C memiliki alamat yang unik yang dapat diakses secara *software* dengan menggunakan *master/slave protocol* yang sederhana, dan mampu mengakomodasikan *multi master* (akan dijelaskan lebih detail pada bagian lain).

I²C merupakan serial bus dengan orientasi data 8 bit (byte), komunikasi 2 arah, dengan kecepatan transfer data sampai 100Kbit/s pada mode standar dan 3,4 Mbit/s pada mode kecepatan tinggi.

Jumlah IC yang dapat dihubungkan pada I²C bus hanya dibatasi oleh beban kapasitansi pada bus yaitu maksimum 400pF.

Keuntungan I²C

Keuntungan yang didapat dengan menggunakan I²C antara lain :

Meminimalkan jalur hubungan antar IC (bandingkan dengan *parallel bus*!).

Menghemat luasan PCB yang dibutuhkan.

Membuat sistem yang didesain berorientasi *software* (mudah diekspansi dan diupgrade).

Membuat sistem yang didesain menjadi standar, sehingga dapat dihubungkan dengan sistem lain yang juga menggunakan I²C bus.

Cara kerja I²C Bus

Sebelum memahami cara kerjanya, ada beberapa terminologi, karakter dan kondisi penting dalam I²C yang harus dipahami terlebih dahulu, yaitu :

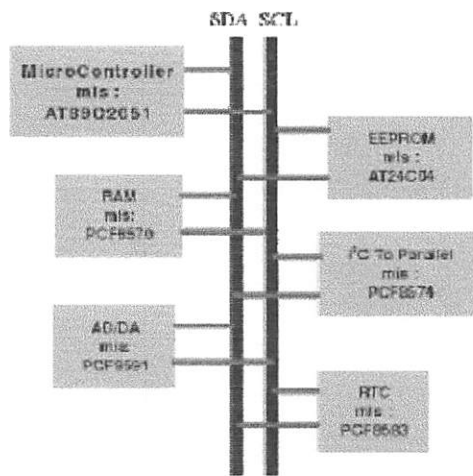
Terminologi

Transmitter yaitu *device* yang mengirim data ke bus.

Receiver yaitu *device* yang menerima data dari bus.

Master yaitu *device* yang memiliki inisiatif (memulai dan mengakhiri) transfer data dan yang membangkitkan sinyal clock.

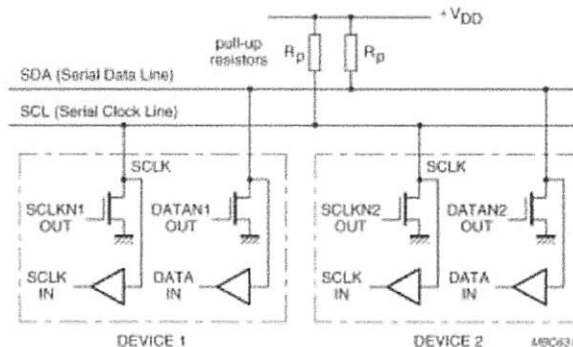
- **Slave** yaitu *device* yang dialamati (diakses berdasarkan alamatnya) oleh Master.
- **Multi-master** yaitu sistem yang memungkinkan lebih dari satu Master melakukan inisiatif transfer data dalam waktu yang bersamaan tanpa terjadi korupsi data.
- **Arbitration** yaitu prosedur yang memastikan bahwa jika ada lebih dari satu Master melakukan inisiatif transfer data secara bersamaan, hanya akan ada satu Master yang diperbolehkan dengan tanpa merusak data yang sedang ditransfer.
- **Synchronization** yaitu prosedur untuk menyelaraskan sinyal clock dari dua atau lebih *device*.



Gambar 1
Contoh Sistem dengan IIC Bus

4.2 Karakter perangkat keras

- Kedua pin pada I²C yaitu SDA dan SCL harus memiliki kemampuan input dan output serta bersifat *open drain* atau *open collector*.
- Kedua pin tersebut terhubung pada I²C bus yang telah di pull-up dengan resistor ke suplai positif dari sistem
- Semua *device* yang terhubung pada bus harus terhubung pada ground yang sama sebagai referensi.

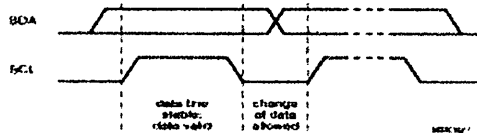


Gambar 2
Koneksi IIC Bus

Komunikasi antar IC dengan IIC

Karakter Transfer Data Bit

Data bit dikirim/diterima melalui SDA, sedangkan clock dikirim/diterima melalui SCL, dimana dalam setiap transfer data bit satu sinyal clock dihasilkan, transfer data bit dianggap valid jika data bit pada SDA tetap stabil selama sinyal clock *high*, data bit hanya boleh berubah jika sinyal clock dalam kondisi *low*, lihat gambar 3.



Gambar 3
Transfer Data Bit Pada I²c Bus

Karakter Transfer Data Byte

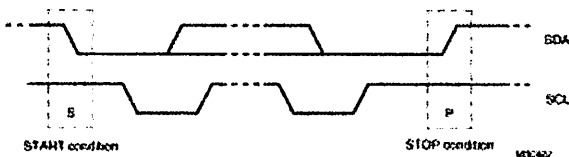
I²C Bus berorientasi pada 8 bit data (byte), dengan bit *significant bit / MSB* ditransfer terlebih dulu, serta 2 macam data byte yaitu Address Byte dan Data Byte.

Kondisi START dan STOP

Apabila pada SDA terjadi transisi dari kondisi *high* ke kondisi *low* pada saat SCL berkondisi *high*, maka terjadilah kondisi START.

Apabila pada SDA terjadi transisi dari kondisi *low* ke kondisi *high* pada saat SCL berkondisi *high*, maka terjadilah kondisi STOP.

Kondisi START dan STOP selalu dibangkitkan oleh master, dan bus dikatakan sibuk setelah START dan bebas setelah STOP.

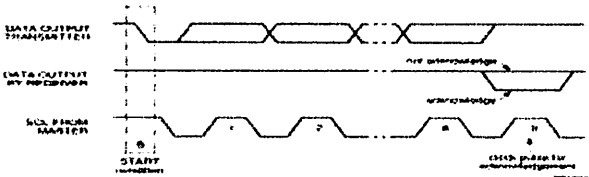


Gambar 4
Kondisi Start dan Stop

Kondisi ACK dan NACK

Kondisi ACK terjadi apabila receiver "menarik" SDA pada kondisi *low* selama 1 sinyal clock.

Kondisi NACK terjadi apabila receiver "membebaskan" SDA pada kondisi *high* selama 1 sinyal clock.



Gambar 5
Kondisi Ack dan Nack

4.5 Cara kerja I²C Bus (Format 7 bit address)

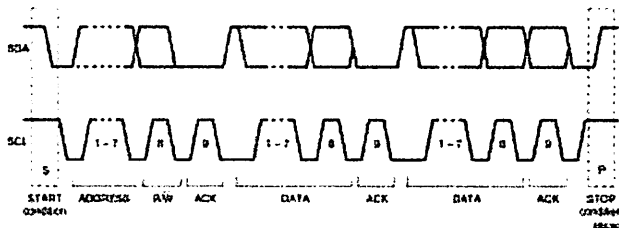
Cara kerja I²C bus dapat dibedakan menjadi format 7 bit addressing dan format 10 bit addressing, dalam artikel ini hanya akan dibahas format 7 bit addressing, untuk format 10 bit addressing dapat anda baca keterangan lengkapnya dalam "The I²C-BUS Specification Version 2.1 January 2000" yang dirilis oleh Philips Semiconductor. Inisiatif komunikasi/transfer data selalu oleh Master dengan mengirimkan kondisi START diikuti dengan address byte (7 bit address + 1 bit pengarah/data direction bit) seperti pada ilustrasi dibawah ini



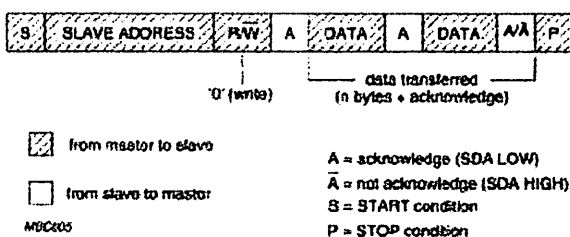
Gambar 6
Format Address Byte

Ada dua jenis komunikasi dasar dalam I²C bus yaitu :

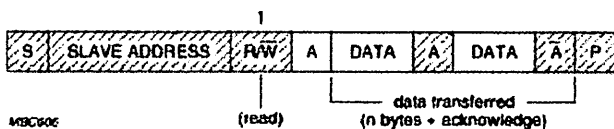
- Master-transmitter menulis data ke slave-receiver yang teralamat
- Master-receiver membaca data dari slave-transmitter yang teralamat



Gambar 7
Transfer Data Lengkap I²c Bus

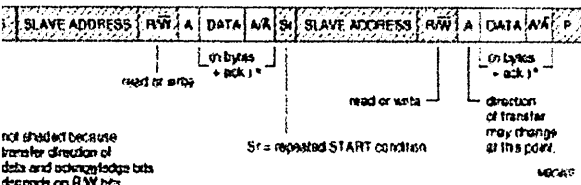


Gambar 8
Master-Transmitter Menulis Data Ke Slave-Receiver Yang Teralamat



Gambar 9
Master-Receiver Membaca Data Dari Slave-Transmitter Yang Teralamat

komunikasi antar IC dengan IIC



Gambar 10

Kombinasi Master-Transmitter dan Master Receiver

Address byte terdiri dari bagian yang tetap dan bagian yang dapat diprogram, bagian yang tetap merupakan bagian dari IC, sedangkan yang dapat diprogram biasanya ada pada pin address pada IC yang bersangkutan, sebagai contoh IC PCF8591, memiliki address byte sbb : 1 0 0 1 A2 A0, dimana 1001 adalah bagian yang tetap dan A2,A1,A0 adalah bagian yang dapat diprogram sesuai dengan kondisi yang ada pada pin IC PCF8591.

1. Acknowledge (ACK) terjadi :

Slave ke Master Transmitter :

Setelah address byte diterima dengan baik oleh slave
Setiap kali slave selesai menerima data byte dengan baik

Master Receiver ke Slave :

Setiap kali Master selesai menerima data byte dengan baik

2. Negative Acknowledge (NACK) terjadi :

Slave ke Master Transmitter :

Setelah slave gagal menerima address byte dengan baik
Setiap kali slave gagal menerima data byte dengan baik
Slave tidak terhubung pada bus

Master Receiver ke slave :

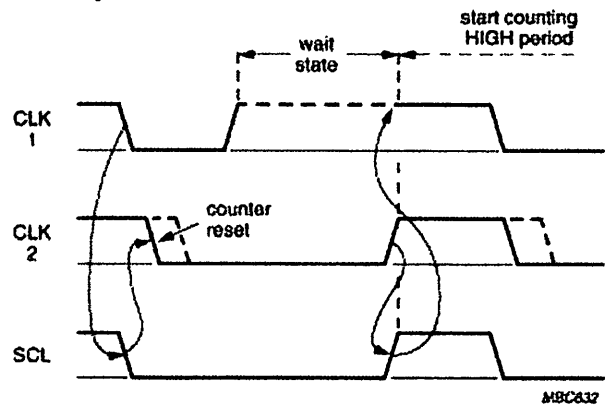
Setelah Master menerima data byte yang terakhir dari slave

Multi Master

Pada I²C bus bisa terjadi situasi dimana lebih dari 1 device mengambil inisiatif transfer data sebagai Master, dengan protocol Master/slave dan karakter hardware open drain/open collector yang bersifat wired AND, hal ini tidak menyebabkan terjadinya korupsi data, inilah yang disebut dengan Multi Master.

Untuk dapat melakukan Multi Master ada 2 hal yang penting yaitu Clock Synchronization dan Arbitration.

5.1 Clock Synchronization



Gambar 11

Clock Synchronization

Karena sifat wired AND dari I²C bus, dimana jika salah satu device menarik bus dalam kondisi low maka device lain tidak dapat membuat bus tersebut menjadi high (sifat dari logika AND), sehingga jika ada lebih dari satu device yang melakukan inisiatif transfer data sebagai Master dengan membangkitkan sinyal clock pada SCL pada saat yang bersamaan harus ada sinkronisasi clock yang dapat dijelaskan (seperti terlihat pada gambar 10 diatas) sebagai berikut :

- Jika Master1 (Clock 1) memulai periode low sinyal clock-nya, maka SCL menjadi low, Master2 mendeteksi kondisi tersebut dan harus juga memulai menghitung periode low sinyal clock-nya.
- Saat Master1 (Clock 1) akan memulai periode high sinyal clock-nya dan mendeteksi bahwa SCL masih dalam kondisi low (disebabkan periode low sinyal clock dari Master 2 (Clock 2) masih belum selesai) maka dia harus menunggu dan tidak menghitung periode high sinyal clock-nya terlebih dahulu.
- Saat Master2 (Clock 2) memulai periode high sinyal clock-nya, maka kondisi SCL menjadi high, Master1 (Clock1) yang mendeteksi kondisi tersebut juga harus memulai menghitung periode high sinyal clock-nya.
- Karena Master 1 (Clock1) terlebih dahulu menyelesaikan periode high sinyal clock-nya dan memulai periode low maka kondisi SCL menjadi low, maka Master 2 (Clock 2) yang mendeteksi kondisi tersebut juga harus memulai menghitung periode low sinyal clock-nya, demikian seterusnya sehingga terjadilah sinkronisasi sinyal clock antara Master1 dan Master2.

Secara singkat sinkronisasi clock dapat disimpulkan sbb:

1. Jika kondisi SCL tetap low pada saat Master mencoba membuatnya high, maka Master tersebut harus memulai menghitung periode low sinyal clock-nya
2. Jika Master akan memulai periode high sinyal clock-nya, maka Master tersebut harus menunggu kondisi SCL menjadi high sebelum memulai menghitung periode high sinyal clock-nya.

Sehingga sinkronisasi clock yang terbentuk sbb:

GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I²C™, bidirectional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power-sense circuit that detects power failures and automatically switches to the battery supply.

FEATURES

- Real-Time Clock (RTC) Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the week, and Year with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
- 56-Byte, Battery-Backed, Nonvolatile (NV) RAM for Data Storage
- I²C Serial Interface
- Programmable Square-Wave Output Signal
- Automatic Power-Fail Detect and Switch Circuitry
- Consumes Less than 500nA in Battery-Backup Mode with Oscillator Running
- Optional Industrial Temperature Range: -40°C to +85°C
- Available in 8-Pin DIP or SO
- Underwriters Laboratory (UL) Recognized

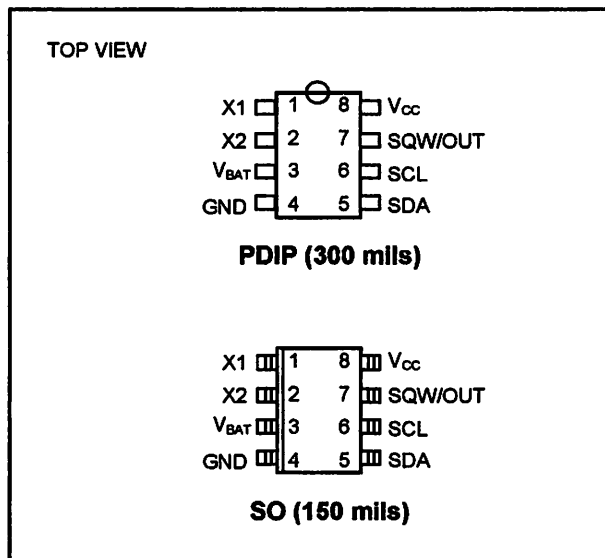
ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
DS1307	0°C to +70°C	8 PDIP	DS1307
DS1307Z	0°C to +70°C	8 SO	DS1307
DS1307N	-40°C to +85°C	8 PDIP	DS1307*
DS1307ZN	-40°C to +85°C	8 SO	DS1307N

An 'N' is added to the lower right-hand corner of the top brand.

© is a trademark of Philips Corp. Purchase of I²C components of Maxim Integrated Products, Inc., or one of its sublicensed Associated Companies, conveys a license under the Philips I²C Patent Rights to use these components in an I²C system, provided that the system conforms to the I²C Standard Specification as defined by Philips Corp.

PIN CONFIGURATIONS



Typical Operating Circuit appears at end of data sheet.

Note: Some revisions of this device may incorporate deviations from published specifications known as errata. Multiple revisions of any device may be simultaneously available through various sales channels. For information about device errata, click here: www.maxim-ic.com/errata.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground.....	-0.5V to +7.0V
Operating Temperature Range (noncondensing).....	0°C to +70°C (Commercial), -40°C to +85°C (Industrial)
Storage Temperature Range.....	-55°C to +125°C
Soldering Temperature (DIP, leads).....	+260°C for 10 seconds
Soldering Temperature (surface mount).....	See JPC/JEDEC Standard J-STD-020A

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 the absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

($T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Logic 1 Input	V_{IH}		2.2		$V_{CC} + 0.3$	V
Logic 0 Input	V_{IL}		-0.3		+0.8	V
V_{BAT} Battery Voltage	V_{BAT}		2.0	3	3.5	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 4.5\text{V}$ to 5.5V ; $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Leakage (SCL)	I_{LI}				1	μA
I/O Leakage (SDA, SQW/OUT)	I_{LO}				1	μA
Logic 0 Output ($I_{OL} = 5\text{mA}$)	V_{OL}				0.4	V
Active Supply Current ($f_{SCL} = 100\text{kHz}$)	I_{CCA}				1.5	mA
Standby Current	I_{CCS}	(Note 3)			200	μA
V_{BAT} Leakage Current	I_{BATLKG}			5	50	nA
Power-Fail Voltage ($V_{BAT} = 3.0\text{V}$)	V_{PF}		$1.216 \times V_{BAT}$	$1.25 \times V_{BAT}$	$1.284 \times V_{BAT}$	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 0\text{V}$, $V_{BAT} = 3.0\text{V}$; $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{BAT} Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I_{BAT1}			300	500	nA
V_{BAT} Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz)	I_{BAT2}			480	800	nA
V_{BAT} Data-Retention Current (Oscillator Off)	I_{BATDR}			10	100	nA

IN DESCRIPTION

PIN	NAME	FUNCTION
1	X1	Connections for Standard 32.768kHz Quartz Crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (C_L) of 12.5pF. X1 is the input to the oscillator and can optionally be connected to an external 32.768kHz oscillator. The output of the internal oscillator, X2, is floated if an external oscillator is connected to X1.
2	X2	Note: For more information on crystal selection and crystal layout considerations, refer to <i>Application Note 58: Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks</i> .
3	V _{BAT}	Backup Supply Input for Any Standard 3V Lithium Cell or Other Energy Source. Battery voltage must be held between the minimum and maximum limits for proper operation. Diodes in series between the battery and the V _{BAT} pin may prevent proper operation. If a backup supply is not required, V _{BAT} may be grounded. The nominal power-fail trip point (V _{FF}) voltage at which access to the RTC and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V _{BAT} nominal. A lithium battery with 48mAh or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at +25°C. UL recognized to ensure against reverse charging current when used with a lithium battery.
4	GND	Ground.
5	SDA	Serial Data Input/Output. SDA is the data input/output for the I ² C serial interface. The SDA pin is open drain and requires an external pullup resistor.
6	SCL	Serial Clock Input. SCL is the clock input for the I ² C interface and is used to synchronize data movement on the serial interface.
7	SWQ/OUT	Square Wave/Output Driver. When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square-wave frequencies (1Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz). The SQW/OUT pin is open drain and requires an external pullup resistor. SQW/OUT operates with either V _{CC} or V _{BAT} applied.
8	V _{CC}	Primary Power Supply. When voltage is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a backup supply is connected to the device and V _{CC} is below V _{TP} , read and writes are inhibited. However, the timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage.

DETAILED DESCRIPTION

The DS1307 is a low-power clock/calendar with 56 bytes of battery-backed SRAM. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The DS1307 operates as a slave device on the I²C bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below 1.25 x V_{BAT}, the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out-of-tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT}, the device switches into a low-current battery-backup mode. Upon power-up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than V_{BAT}+0.2V and recognizes inputs when V_{CC} is greater than 1.25 x V_{BAT}. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

OSCILLATOR CIRCUIT

The DS1307 uses an external 32.768kHz crystal. The oscillator circuit does not require any external resistors or capacitors to operate. Table 1 specifies several crystal parameters for the external crystal. Figure 3 shows a functional schematic of the oscillator circuit. If using a crystal with the specified characteristics, the startup time is usually less than one second.

CLOCK ACCURACY

The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capacitive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts. External circuit noise coupled into the oscillator circuit may result in the clock running fast. Refer to *Application Note 58: Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks* for detailed information.

Table 1. Crystal Specifications*

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS
Nominal Frequency	f_o		32.768		kHz
Series Resistance	ESR			45	k Ω
Load Capacitance	C_L		12.5		pF

The crystal, traces, and crystal input pins should be isolated from RF generating signals. Refer to Application Note 58: Crystal Considerations for Dallas Real-Time Clocks for additional specifications.

Figure 2. Recommended Layout for Crystal

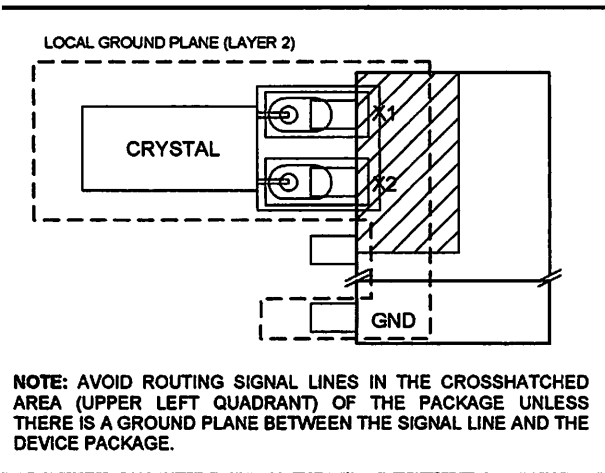
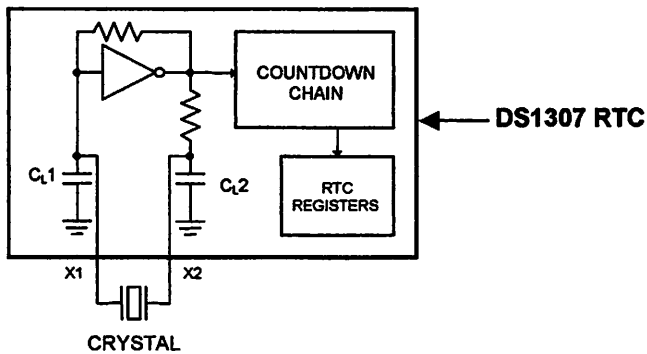


Figure 3. Oscillator Circuit Showing Internal Bias Network

RTC AND RAM ADDRESS MAP

Table 2 shows the address map for the DS1307 RTC and RAM registers. The RTC registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multibyte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

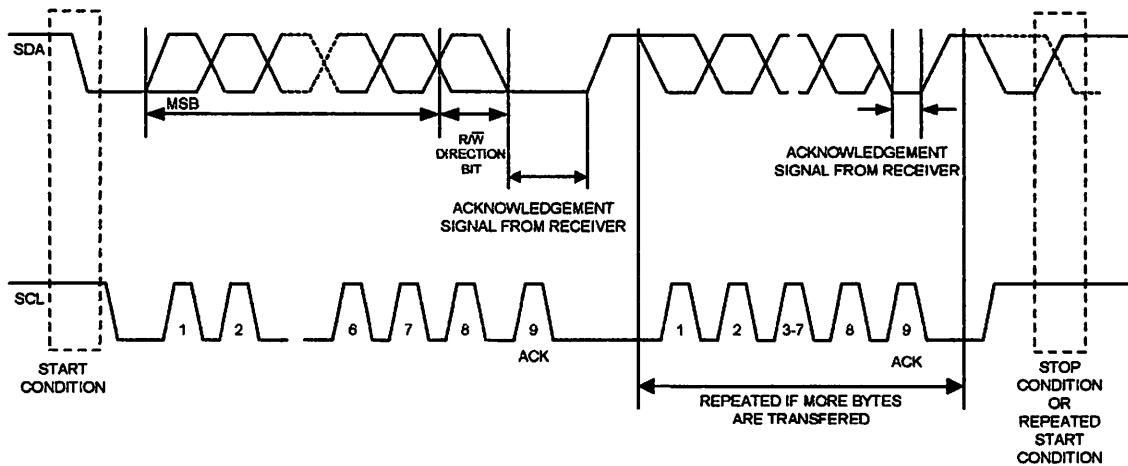
CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. Table 2 shows the RTC registers. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the BCD format. The day-of-week register increments at midnight. Values that correspond to the day of week are user-defined but must be sequential (i.e., if 1 equals Sunday, then 2 equals Monday, and so on.) Illogical time and date entries result in undefined operation. Bit 7 of Register 0 is the clock halt (CH) bit. When this bit is set to 1, the oscillator is disabled. When cleared to 0, the oscillator is enabled.

Please note that the initial power-on state of all registers is not defined. Therefore, it is important to enable the oscillator (CH bit = 0) during initial configuration.

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12-hour or 24-hour mode-select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10-hour bit (20 to 23 hours). The hours value must be re-entered whenever the 12/24-hour mode bit is changed.

When reading or writing the time and date registers, secondary (user) buffers are used to prevent errors when the internal registers update. When reading the time and date registers, the user buffers are synchronized to the internal registers on any I²C START. The time information is read from these secondary registers while the clock continues to run. This eliminates the need to re-read the registers in case the internal registers update during a read. The divider chain is reset whenever the seconds register is written. Write transfers occur on the I²C acknowledge from the DS1307. Once the divider chain is reset, to avoid rollover issues, the remaining time and date registers must be written within one second.

Figure 4. Data Transfer on I²C Serial Bus

Depending upon the state of the R/\overline{W} bit, two types of data transfer are possible:

Data transfer from a master transmitter to a slave receiver. The first byte transmitted by the master is the slave address. Next follows a number of data bytes. The slave returns an acknowledge bit after each received byte. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

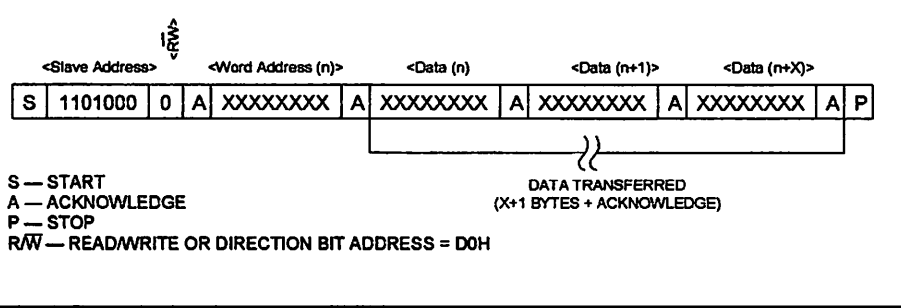
Data transfer from a slave transmitter to a master receiver. The first byte (the slave address) is transmitted by the master. The slave then returns an acknowledge bit. This is followed by the slave transmitting a number of data bytes. The master returns an acknowledge bit after all received bytes other than the last byte. At the end of the last received byte, a “not acknowledge” is returned.

The master device generates all the serial clock pulses and the START and STOP conditions. A transfer is ended with a STOP condition or with a repeated START condition. Since a repeated START condition is also the beginning of the next serial transfer, the bus will not be released. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

The DS1307 may operate in the following two modes:

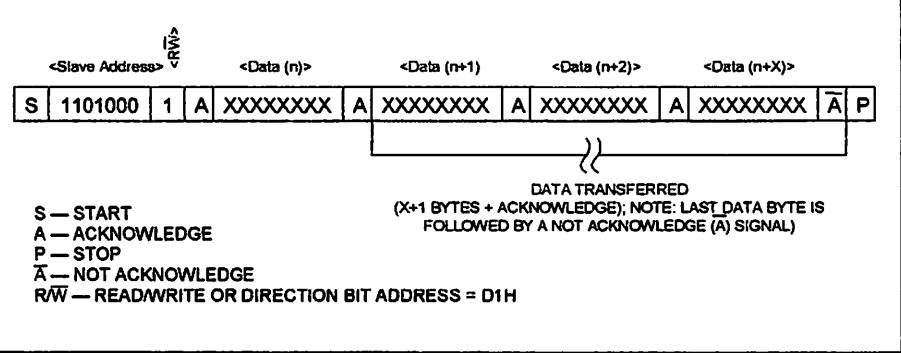
Slave Receiver Mode (Write Mode): Serial data and clock are received through SDA and SCL. After each byte is received an acknowledge bit is transmitted. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Hardware performs address recognition after reception of the slave address and direction bit (see Figure 5). The slave address byte is the first byte received after the master generates the START condition. The slave address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the direction bit (R/\overline{W}), which for a write is 0. After receiving and decoding the slave address byte, the DS1307 outputs an acknowledge on SDA. After the DS1307 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a word address to the DS1307. This sets the register pointer on the DS1307, with the DS1307 acknowledging the transfer. The master can then transmit zero or more bytes of data with the DS1307 acknowledging each byte received. The register pointer automatically increments after each data byte are written. The master will generate a STOP condition to terminate the data write.

Figure 5. Data Write—Slave Receiver Mode

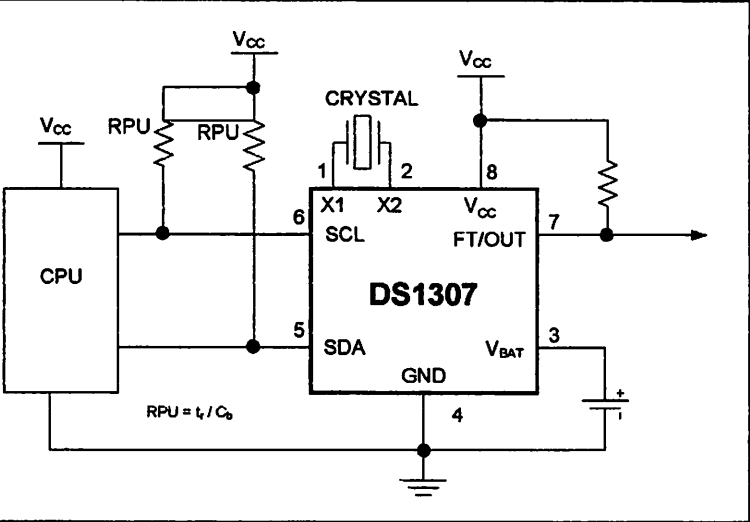


Slave Transmitter Mode (Read Mode): The first byte is received and handled as in the slave receiver mode. However, in this mode, the direction bit will indicate that the transfer direction is reversed. The DS1307 transmits serial data on SDA while the serial clock is input on SCL. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer (see Figure 6). The slave address byte is the first byte received after the START condition is generated by the master. The slave address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the direction bit ($\overline{R/W}$), which is 1 for a read. After receiving and decoding the slave address the DS1307 outputs an acknowledge on SDA. The DS1307 then begins to transmit data starting with the register address pointed to by the register pointer. If the register pointer is not written to before the initiation of a read mode the first address that is read is the last one stored in the register pointer. The register pointer automatically increments after each byte are read. The DS1307 must receive a Not Acknowledge to end a read.

Figure 6. Data Read—Slave Transmitter Mode



TYPICAL OPERATING CIRCUIT



LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+ 10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for $1\ \text{mA}$ load

Typical Applications

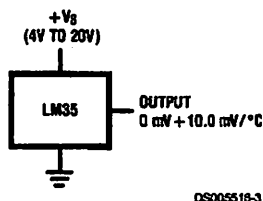
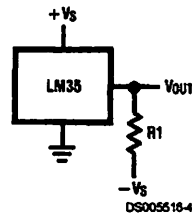


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)

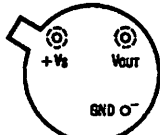


Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

**TO-46
Metal Can Package***



BOTTOM VIEW
DS005518-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH

See NS Package Number H03H

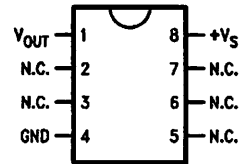
**TO-92
Plastic Package**



BOTTOM VIEW
DS005518-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

**SO-8
Small Outline Molded Package**

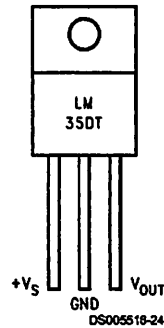


DS005518-21

N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

**TO-220
Plastic Package***



DS005518-24

*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

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

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.4 ± 0.5	± 1.0	± 3.0	± 0.4 ± 0.5	± 1.0	± 3.0	mV/mA mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $4V \leq V_S \leq 30V$	± 0.01 ± 0.02	± 0.05	± 0.1	± 0.01 ± 0.02	± 0.05	± 0.1	mV/V mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	μA/°C
Minimum Temperature Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of *Figure 2*. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of *Figure 1*. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is $90^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.



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

**FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : AGUS HERMAWAN
NIM : 03.17.051
Jurusan : Teknik Elektronika S-1
Fakultas : Fakultas Teknik Industri
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Ukur Evaporasi
Pada Suatu Lahan Pertanian Berbasis
Mikrokontroler Renesas R8C13/Tiny
Tanggal Mengajukan Skripsi : 27 Agustus 2007
Selesai Menulis : 14 Februari 2008
Dosen Pembimbing : I. Ir. Teguh Herbasukui, MT.
II. I Komang Somawirata, ST, MT
Telah dievaluasi dengan nilai : 83 (A)

Malang, Maret 2008

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasukui, MT
NIP. Y 1038900209

Dosen Pembimbing II

I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. P 1030100361



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Selasa
Tanggal : 18 Maret 2008

Telah dilakukan perbaikan oleh:

Nama : Agus Hermawan
N.I.M : 03.17.051
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : ELEKTRONIKA
Judul Skripsi : **Perencanaan dan Pembuatan Alat Ukur Evaporasi Pada Suatu Lahan Pertanian Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C13/Tiny**

Penguji/Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji I 25 Maret 2008	-	
Penguji II 25 Maret 2008	Perbaikan bahasa yang digunakan	

Dosen Penguji,

Penguji I

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

Penguji II

(Dr. Cahyo Crysdian, MSc.)
NIP.Y. 1030400412

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Teguh Herbasuki, MT.)
NIP.Y. 1038900209

Dosen Pembimbing II

(I Komang Somawirata, ST, MT.)
NIP.Y. 1030100361



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Agus Hermawan
Nim : 03.17.051
Masa Bimbingan : 07-November-2007 s/d 07-Mei-2008
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Ukur Evaporasi Pada Suatu Lahan Pertanian Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C13/Tiny

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	08/02	Revisi tulisan & tabel (kalan. bisa tabel)	
2	14/02	Perbaikan error	
3	18/02	Perbaikan tabel, penulisan	
4	22/02	Revisi kesimpulan	
5	26/02	Acce seminar.	
6	05/03	Ditandatangani skripsinya.	
7			
8			
9			
10			

Malang,

Dosen pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP.Y.1038900209



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Agus Hermawan
Nim : 03.17.051
Masa Bimbingan : 07-November-2007 s/d 07-Mei-2008
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Ukur Evaporasi Pada Suatu Lahan Pertanian Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C13/Tiny

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	17/08 08	Revisi Bab II & Bab III (Di pelajari serial port di panel (8255-7))	
2	28/08 08	Ace Bab III (LCD & perantara, di pelajari EEPROM, RTC, LCD	
3	06/09 08	Konsultasi Bab IV (mas uahalaah seminar Huril)	
4	14/08 08	Konsultasi per Material Seminar Huril.	
5	5/08 08	schematic Bangla. Lembing. + schematic power supply.	
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,

Dosen pembimbing II

I Komang Somawirata, ST, MT

NIP.P.1030100361

Form S-4a