

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCUCIAN
MOBIL SECARA OTOMATIS BERBASIS
MIKROKONTROLLER RENESAS R8C/13**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh :

RESHA TRIHUTOMO

NIM : 01.17.083



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
MALANG
2008**

3000
MAY 1968
LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY
TECHNICAL REPORT SERIES OF
ADVANCED TECHNOLOGICAL RESEARCH
DEPARTMENT OF ENERGY NATIONAL BUREAU

AND
RESEARCH
DEPARTMENT

RESEARCH AND DEVELOPMENT
DEPARTMENT OF ENERGY NATIONAL BUREAU

RESEARCH

RESEARCH AND DEVELOPMENT
DEPARTMENT OF ENERGY NATIONAL BUREAU
RESEARCH AND DEVELOPMENT DEPARTMENT

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCUCIAN MOBIL SECARA OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER RENESAS R8C/13

SKRIPSI

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

Disusun Oleh
RESHA TRIHUTOMO
01.17.083

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Usman Djuanda, MM
NIP. 1018700143

Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. 1039800324

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

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

2008



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA
MALANG

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Resha Trihutomo
NIM : 01.17.083
Konsentrasi : Teknik Elektronika S-1
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pencucian Mobil Secara Otomatis
Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C/13

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 18 Maret 2008

Dengan Nilai : 77,74 (B+) *Bef*

Panitia Ujian Skripsi



Ketua

Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP. Y. 1018100036

Sekretaris

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

Anggota Penguji

Penguji Pertama

Ir. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 1018800188

Penguji Kedua

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Kuasa atas limpahan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul : **“PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCUCIAN MOBIL SECARA OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER RENESAS R8C/13”**. Tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik (ST) jurusan Teknik Elektronika Institut Teknologi Nasional Malang.

Atas terselesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang tuaku, Mbak Sum serta kakak-kakak dan adik-adik tercinta yang telah memberikan semangat baik berupa materiil maupun moril kepada penyusun.
2. Bapak Joseph Dedy Irawan, ST, MT Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Usman Djuanda, MM Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan.
4. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku rektor ITN Malang.
5. Teman-temanku semua yang telah membantu hingga terselesainya tugas akhir ini.

Semoga segala bantuan dan bimbingan yang diberikan kepada penyusun mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Dalam Tugas Akhir ini penyusun menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan, karena kita tahu bahwa tidak ada hal yang sempurna di dunia ini selain Sang Pencipta. Oleh karena itu penyusun mengharapkan banyak kritik dan saran apabila terdapat kekurangan-kekurangan.

Malang, Maret 2008

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PESETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
Bab I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Perancangan.....	3
1.5. Sistematika Pembahasan	3
Bab II Dasar Teori	4
2.1. Pendahuluan	4
2.2. Infra Merah	4
2.3. Sensor	6
2.3.1. LED Infra Merah	6
2.3.2. Photodiode	6
2.4. Mikrokontroler Renesas R8C/13	7
2.4.1. Umum	7
2.4.2. Spesifikasi	8
2.4.3. Kelebihan Renesas	9
2.4.4. Konfigurasi Renesas R8C/13	10
2.4.5. Peripheral Renesas R8C/13	13
2.5. Relay	16
2.6. IC ULN 2003	19
2.7. Rangkaian Pengkondisi Sinyal	20
2.7.1. Transistor	21
2.7.1.1. Kurva Transistor	22
2.7.1.2. Transistor sebagai Saklar	22
2.7.1.3. Transistor Dalam Kondisi Tak Jenuh (Saturasi).....	24
2.7.1.4. Transistor dalam Kondisi Sumbat (Cut Off).....	25
2.8. Motor DC.....	25
2.8.1. Cara Kerja Motor DC	27
Bab III Perencanaan dan Pembuatan Alat	29
3.1. Pendahuluan	29
3.1.1. Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	29
3.1.1.1. Blok Diagram.....	29

3.1.1.2. Keterangan.....	30
3.1.1.3. Cara Kerja.....	30
3.1.2. Rangkaian Detektor Mobil (LED)	31
3.1.3. Mikrokontroler RENESAS R8C/13	32
3.1.4. Driver Motor DC	34
3.1.5. Rangkaian Driver Blower Pemanas	35
3.2. Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	35
3.2.1. Flowchart	37
Bab IV Pengujian Alat Dan Analisa Data	38
4.1. Pendahuluan	38
4.2. Pengujian Rangkaian Sensor Pendeteksi Cahaya	38
4.2.1. Tujuan	38
4.2.2. Peralatan yang Digunakan	38
4.2.3. Prosedur Pengujian	39
4.2.4. Hasil Pengujian.....	39
4.3. Pengujian Relay Penggerak Motor	40
4.3.1. Tujuan.....	40
4.3.2. Peralatan yang Digunakan	40
4.3.3. Prosedur Pengujian	40
4.3.4. Hasil Pengujian.....	41
4.4. Pengujian Minimum System Renesas R8C/13	41
4.4.1. Tujuan.....	41
4.4.2. Peralatan yang Digunakan	41
4.4.3. Prosedur Pengujian	41
4.4.4. Hasil Pengujian.....	43
4.5. Pengujian Keseluruhan Rangkaian	43
4.5.1. Tujuan.....	43
4.5.2. Prosedur Pengujian	43
4.5.3. Hasil Pengujian.....	44
Bab V Penutup	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. LED.....	6
Gambar 2.2. Photodiode	7
Gambar 2.3. Blok Diagram R8C/11-13 dan Peta Peripheral-nya.....	9
Gambar 2.4. Konfigurasi Pin-pin Mikrokontroler Renesas R8C/13	10
Gambar 2.5. Diagram Blok ADC.....	14
Gambar 2.6. Konstruksi Mekanik Relay	17
Gambar 2.7. Cara Kerja Relay.....	17
Gambar 2.8. Relay SPST	18
Gambar 2-9. Relay SPDT	18
Gambar 2-10. Relay DPDT	18
Gambar 2-11. Pin-Pin Koneksi Dalam IC ULN 2003A	19
Gambar 2-12. Rangkaian Darlington di dalam IC ULN 2003A.....	20
Gambar 2-13. Rangkaian untuk mendapatkan kurva arus kolektor.....	21
Gambar 2-14. Rangkaian Switching Transistor.....	23
Gambar 2-15. Titik Saturasi dan Cut-Off Pada Garis Beban DC.....	23
Gambar 2-16. Transistor dalam kondisi Saturasi.....	24
Gambar 2-17. Transistor dalam kondisi Cut Off.....	25
Gambar 2-18. Medan yang dihasilkan oleh kutub.....	26
Gambar 2-19. Medan yang dihasilkan arus yang mengalir pada penghantar	26
Gambar 2-20. Interaksi kedua meda menghasilkan gaya	26
Gambar 2-21. Cara kerja motor DC.....	27
Gambar 2-22. Bagian-bagian motor DC.....	28
Gambar 3-1. Diagram Blok Pencucian Mobil Otomatis.....	29
Gambar 3-2. Rangkaian Detektor Mobil / Infra Merah	32
Gambar 3-3. Rangkaian Pin Mikrokontroler Renesas R8C/13	33
Gambar 3-4. Rangkaian Driver Motor Conveyor.....	34
Gambar 3-5. Rangkaian Driver Blower Pemanas.....	35
Gambar 3-6. Flowchart Sistem	37
Gambar 4-1. Rangkaian Pengujian Photodiode.....	39
Gambar 4-2. Rangkaian Pengujian Relay Motor.....	40
Gambar 4-3. Blok Diagram Pengujian Mikrokontroler Renesas.....	43
Gambar 4-4. Diagram Blok Pengujian Rangkaian Seluruh Sistem.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spektrum Gelombang Elektromagnetik	5
Tabel 2.2. Konfigurasi pin-pin dari R8C RF5F21145FP	11
Tabel 2.3. Mode – Mode Timer	15
Tabel 3.1. Konfigurasi Pin Pada Mikrokontroler Renesas R8C/13	33
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Photodiode	39
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Relay motor	41
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem	45

ABSTRAKSI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENCUCIAN MOBIL SECARA OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER RENESAS R8C/13

RESHA TRIHUTOMO, 017083, Teknik Elektronika S-1

Dosen Pembimbing : Ir. Usman Djuanda, MM

Joseph Dedy Irawan, ST, MT

Pada saat ini waktu sangatlah penting. Manusia selalu mengutamakan ketepatan waktu. Pada bidang kebersihan misalnya. Para manusia pasti mendambakan lingkungannya bersih dan terjamin. Para manusia biasanya selalu menginginkan kendaraannya selalu tetap bersih. Biasanya mereka mencuci kendaraannya (mobil khususnya) dengan cara yang masih konvensional, yaitu dengan cara mencucinya memakai selang dan harus naik turun agar dapat menjangkau bagian-bagian luar dan dalam dari mobil. Oleh karena itu untuk mengatasi hal tersebut dan untuk mempermudah dari pekerjaan para manusia maka akan kita ciptakan suatu alat yang mampu mencuci mobil secara otomatis, sehingga tidak banyak waktu yang terbuang untuk membersihkan mobil mereka.

Kata kunci : cuci mobil otomatis, bersih , waktu

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA
MALANG**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dengan adanya kemajuan-kemajuan di bidang teknologi maka akan membawa dampak terhadap kehidupan bermasyarakat. Masyarakat berusaha untuk mendapatkan kehidupan yang lebih baik dengan adanya teknologi yang ditemukannya.

Teknologi yang berkembang saat ini sudah sangat maju. Hal ini ditandai dengan banyaknya ditemukan peralatan-peralatan elektronika dan mekanik yang sangat maju dan modern. Dengan penemuan-penemuan tersebut maka akan membuat pekerjaan manusia menjadi sangat mudah dan semakin cepat.

Pada bidang kebersihan misalnya. Para manusia pasti mendambakan lingkungannya bersih dan terjamin. Para manusia biasanya selalu menginginkan kendaraannya selalu tetap bersih. Biasanya mereka mencuci kendaraannya (mobil khususnya) dengan cara yang masih konvensional, yaitu dengan cara mencucinya memakai selang dan harus naik turun agar dapat menjangkau bagian-bagian luar dan dalam dari mobil. Oleh karena itu untuk mengatasi hal tersebut dan untuk mempermudah dari pekerjaan para manusia maka akan kita ciptakan suatu alat yang mampu mencuci mobil secara otomatis, sehingga tidak banyak waktu yang terbuang untuk membersihkan mobil mereka. Karena peralatan ini akan mampu memberikan kepuasan kepada para pemakainya.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini didapatkan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem penggerak dan sistem pendeteksi kendaraan yang akan dicuci.
2. Bagaimana membuat *hardware* dari mikrokontroler RENESAS R8C/13.
3. Bagaimana membuat *software* dari mikrokontroler yang mengontrol sensor dan roda berjalan.
4. Bagaimana merancang sistem penyemprotan pada peralatan.

1.3. BATASAN MASALAH

Agar perencanaan dan perancangan alat ini dapat dilakukan secara sistematis dan terarah, maka ruang lingkup pembahasan dan perancangan alat dibatasi sebagai berikut :

1. Penggunaan alat ini adalah didalam ruangan serta pada tempat yang telah ditentukan.
2. Alat ini menggunakan sebuah Mikrokontroller RENESAS R8C/13 dan beberapa peripheral yang lain.
3. Obyek yang digunakan adalah mobil dengan perbandingan skala 1: 24.
4. Tidak membahas cairan sabun yang digunakan.
5. Tidak membahas catu daya.
6. Tidak membahas bagian dari dalam mobil.

1.4. TUJUAN PERANCANGAN

Tujuan dari pembuatan skripsi ini adalah untuk merancang dan membuat suatu alat yang dapat digunakan untuk mencuci mobil secara otomatis dan cepat serta terkendali.

1.5. SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Sistematika penulisan dan gambaran tentang hal-hal yang dibahas dalam setiap bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, tujuan, rumusan masalah, ruang lingkup, dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Memuat konsep dasar dan teori penunjang secara umum yang diperlukan sebagai referensi-referensi dari beberapa sumber yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Menerangkan tentang perancangan dan pembuatan seluruh sistem peralatan, baik perangkat keras maupun perangkat lunak.

BAB IV PENGUJIAN ALAT

Menerangkan tentang hasil pembuatan dan pengujian yang dilakukan terhadap alat yang telah dibuat serta menampilkan hasil-hasil pengujian.

BAB V PENUTUP

Memuat kesimpulan dan saran dari tema yang dianalisa dalam skripsi ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pendahuluan

Teknologi elektronika saat ini telah banyak memberi manfaat dan kemudahan untuk melakukan berbagai aktifitas mulai dari hal-hal yang mudah sampai hal-hal yang rumit. Hal ini telah menunjukkan bahwa saat ini terdapat kecenderungan untuk melakukan berbagai aktifitas pengontrolan yang serba otomatis dan hal ini akan semakin populer pada berbagai aplikasi konsumen.

Karena itu itu diupayakan untuk membuat rangkaian yang mampu melakukan pengontrolan secara otomatis. Alat yang akan dirancang ini berbasis mikrokontroler Renesas R8C/13 yang digunakan pada aplikasi dalam pembuatan alat pencucian mobil secara otomatis.

2.2. Infra Merah

Cahaya termasuk gelombang elektromagnetik dan dapat dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu cahaya tampak dan cahaya tidak tampak. Infra merah sendiri termasuk golongan cahaya yang tidak tampak oleh mata kita dimana infra merah memiliki panjang gelombang kurang lebih 10^3 - 10^6 meter.

Gelombang elektromagnetik dibagi menjadi beberapa daerah, yaitu : gelombang radio, gelombang mikro, sinar infra merah, sinar ultraviolet, sinar x, dan sinar gamma. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2-1 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Panjang Gelombang (meter)	Frekuensi (Hertz)	Jenis Gelombang
10^{-13} - 10^{-15}	10^{21} - 10^{23}	Sinar Gamma
10^{-9} - 10^{-12}	10^{17} - 10^{20}	Sinar X
10^{-7} - 10^{-9}	10^{15} - 10^{17}	Ultraviolet
10^{-6} - 10^{-7}	10^{14} - 10^{15}	Cahaya Tampak
10^{-3} - 10^{-6}	10^{11} - 10^{14}	Infra Merah
10^1 - 10^3	10^7 - 10^{11}	Gelombang Televisi
10^2 - 10^1	10^6 - 10^7	Frekuensi Tinggi
10^4 - 10^2	10^4 - 10^6	Frekuensi menengah
10^8 - 10^4	10^0 - 10^4	Gelombang Listrik

Sumber : Gordon J. Deboo and Clifford N. Burrous, Second Edition : 287

Sifat dari spektrum infra merah tidak jauh berbeda dengan cahaya tampak, diantaranya yaitu : dapat memancarkan cahaya yang merupakan satu garis lurus dan dapat menembus benda-benda transparan, serta dapat pula dipantulkan oleh benda yang memantulkan cahaya, misalnya : cermin.

Beberapa keuntungan penggunaan spektrum infra merah adalah :

1. Infra merah mempunyai panjang gelombang yang kecil pada frekuensi tertentu dengan panjang gelombang kurang lebih 10^{-3} - 10^{-6} meter.
2. Pemancar infra merah membutuhkan sumber tegangan yang kecil.
3. Tidak mengganggu pemakaian udara untuk kepentingan umum sehingga tidak memerlukan ijin khusus.

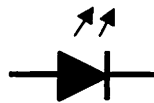
4. Spektrum infra merah merupakan cahaya yang tidak tampak sehingga dapat digunakan untuk keperluan rahasia.

2.3. Sensor

Sensor merupakan suatu komponen elektronika yang dapat mendeteksi adanya suatu perubahan. Dalam skripsi ini terdapat 2 macam sensor, yaitu :

2.3.1. Light Emitting Dioda (LED) Infra Merah

Selain oleh matahari, cahaya jenis ini dapat dibangkitkan melalui difusi pada difusi semikonduktor yang biasa disebut LED (*Light Emitting Dioda*). Sedangkan dioda sendiri banyak jenisnya, termasuk yang bisa memancarkan cahaya saat dialiri arus forward padanya dimana elektron dari pita konduksi melewati junction dan jatuh ke dalam hole pita valensi sehingga elektron – elektron tersebut memancarkan energi. Pada dioda biasa energi ini dipancarkan melalui panas. Dan dioda yang tidak memancarkan cahaya contohnya adalah dioda zener maupun dioda biasa. Simbol dari LED infra merah ini dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2-1. Simbol LED Infra Merah

Sumber : Malvino, Hanapi Gunawan, Prinsip-Prinsip Elektronik

2.3.2 Photodioda

Photodioda memiliki sifat kebalikan dari LED infra merah di atas, dimana jenis dioda ini akan mengalirkan arus forward saat dikenai cahaya infra merah padanya. Kuat arus yang mengalir juga tergantung dari kuatnya cahaya infra

merah yang jatuh pada dioda tersebut. Bila cahaya lain mengenainya maka dioda ini berfungsi sebagai sumbatan yang memiliki impedansi yang sangat tinggi sekali. Prinsip kerja dari photodiode sama dengan phototransistor. Hanya yang membedakan antara keduanya yaitu kalau photodiode tidak memiliki penguatan pada arus kolektornya sebesar hasil kali antara “hfe” dengan kuat cahaya yang jatuh pada basis phototransistor. Simbol dari photodiode sama dengan LED infra merah yang membedakan hanya arah tanda panahnya masuk menuju dioda. Berikut ini adalah simbol dari photodiode :



Gambar 2-2. Simbol Photodiode

Sumber : Malvino, Hanapi Gunawan, Prinsip-Prinsip Elektronik

2.4. Mikrokontroler Renesas R8C/13 Tiny (R5F21134FP)

2.4.1. Umum

Perbedaan mendasar antara Mikrokontroler dengan Mikroprosesor adalah Mikrokontroler selain mempunyai CPU (*Central Processing Unit*) juga dilengkapi dengan memory dan input/output yang merupakan kelengkapan sebagai minimum sistem Mikrokomputer. Sehingga sebuah Mikrokontroler dapat juga dikatakan sebagai Mikrokomputer dalam keping tunggal (*Single Chip Mikrokontroler*) yang dapat berdiri sendiri.

Renesas Technology adalah produsen semikonduktor tingkat internasional. Renesas dibangun dari gabungan dua produsen semikonduktor, yaitu Mitsubishi

dan Hitachi. Sebagai produsen semikonduktor, Renesas juga mengeluarkan berbagai jenis keluarga mikrokontroler (MC).

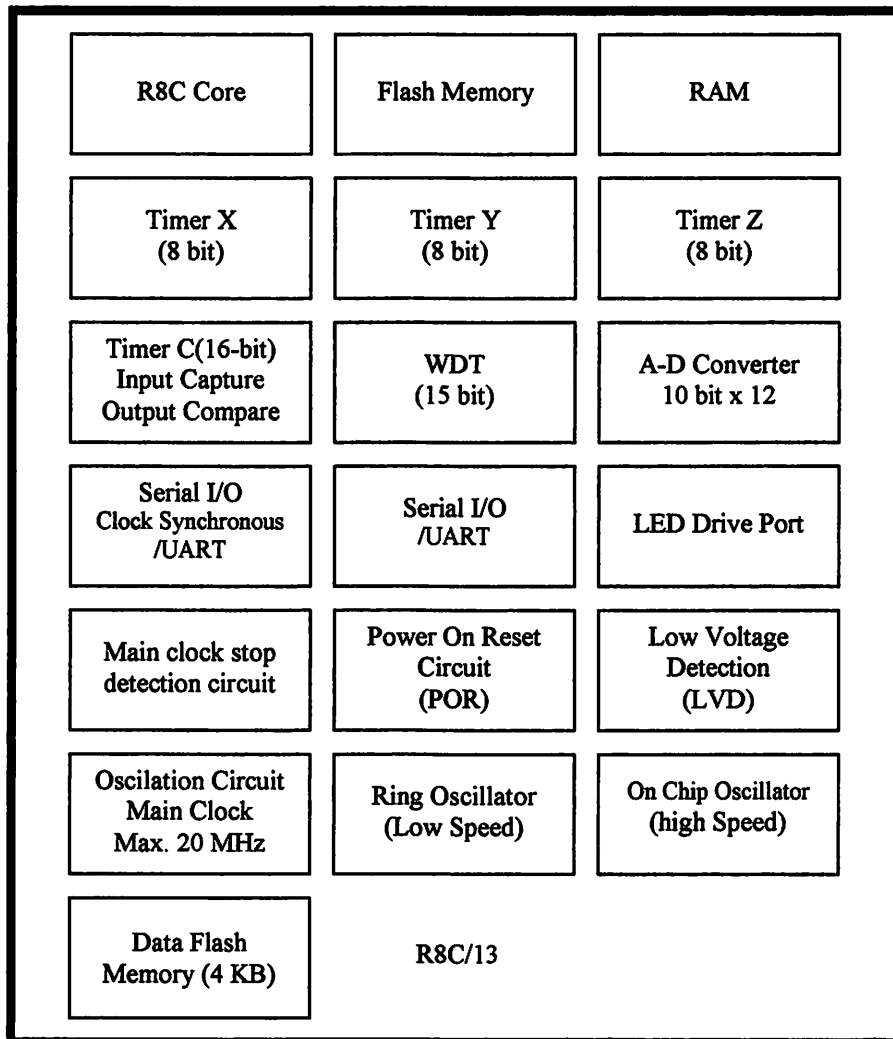
Renesas R8C adalah salah satu jenis dalam keluarga MC M16C. CPU R8C sama dengan CPU CISC 16-bit M16C, hanya saja lebar jalur data R8C adalah 8-bit. Karena menggunakan CPU yang sama maka R8C memiliki *instruction set* hampir sama dengan M16C. Perbedaannya hanya terletak pada 2 instruksi, yaitu R8C tidak memiliki instruksi JMPS (*jump Special Page*) dan JSRS (*Jump Subroutine Special Page*). R8C/13 adalah salah satu tipe MC dalam seri R8C. MC ini memiliki kemasan 32-pin LQFP. Dalam perancangan pada skripsi ini menggunakan MC seri R5F21134, yaitu R8C/13 yang memiliki Flash ROM 16 KB (1000 E/W *cycles*) dan RAM sebesar 1 KB.

2.4.2. Spesifikasi R5F21134

Berikut ini adalah spesifikasi R5F21134 dengan peta peripheral dan memori-memorinya.

- Mempunyai CPU *Core* (16-bit) 1-20 MHz, 3.0-5.0 Volt dan 1-10 MHz 2.7-5.5 Volt.
- Rangkaian Clock, kecepatan *Low/High On-Chip Oscillator*. Clock utama dengan Xin/Xout.
- Memory (ROM/RAM) 16 KBytes / 1 KBytes, 2 x 2 Kbytes Data Flash pada R8C/12, 13.

- Kemasan 32 pin LQFP (7mm x 7mm)



Gambar 2-3. Blok Diagram R8C/11-13 dan Peta Peripheral-nya

Sumber : Datasheet Renesas R8C/13

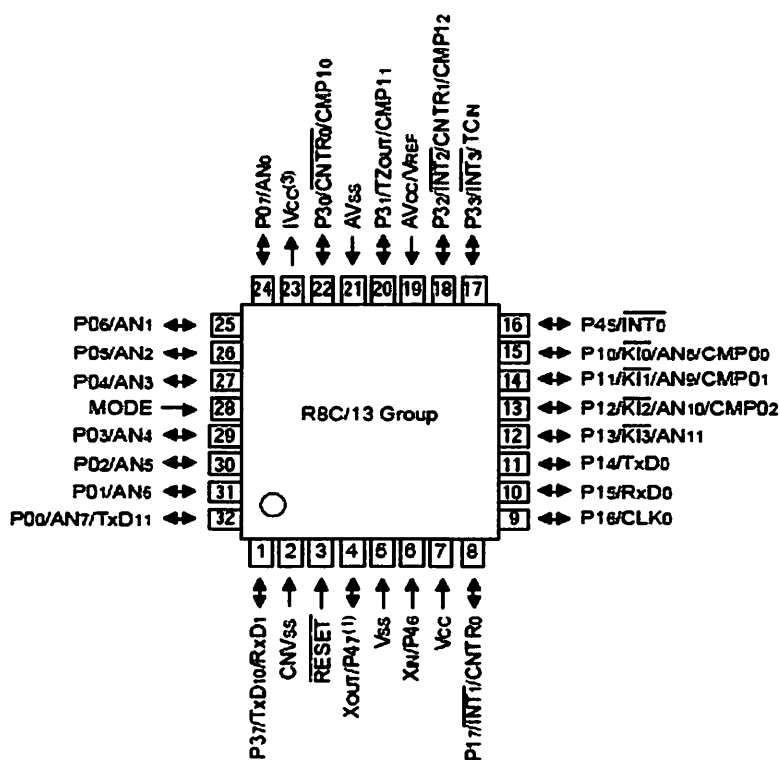
2.4.3. Kelebihan Kunci R8C/Tiny

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

- Kompatibel dengan M16C yaitu kompatibel dalam instruksi dan kode.
- *Peripheral* lebih terintegrasi, jadi lebih hemat dan ekonomis.
- *Electromagnetic Compability* (EMC) mempunyai EMI rendah, EMS tinggi.

- *Development Tool (compiler dan Debugger)* didapat dengan murah dan difasilitasi *On-Chip Debugger*.
- Mempunyai fitur fail-safe, yaitu pengamanan terhadap kegagalan sistem.
- Konsumsi daya yang rendah.
- 16-bit CISC CPU dengan kecepatan maksimal 20 MHz (1:1)
- 89 instruksi CISC lebih hemat ROM kira-kira 20% RAM sampai 1 KB.
- Waktu konversi ADC hanya 3 μ S.

2.4.4. Konfigurasi Pin R8C R5F21134FP



Gambar 2-4. Konfigurasi Pin-pin Mikrokontroller Renesas R8C/13

Sumber : Datasheet Renesas R8C/13

Gambar diatas adalah konfigurasi pin-pin dari R8C R5F21134FP untuk lebih jelasnya dapat diamati pada tabel deskripsi pin-pin berikut ini :

Tabel 2-2. Konfigurasi pin-pin dari R8C RF5F21145FP

Nama Sinyal	Nama Pin	Type I/O	Fungsi
Masukan Catu Daya	Vcc Vss	I	Tegangan 2.7-5.5 V pada pin Vcc Tegangan 0 V pada pin Vss
Ivcc	Ivcc	O	Pin ini untuk menstabilkan catu daya internal, pin ini dihubungkan pada Vss melalui kapasitor 100nF. Jangan dihubungkan pada Vcc
Input Catu Daya Analog	Avcc, Avss	I	Ini adalah untuk catu daya pada ADC. Avcc dihubungkan pada Vcc, Avss dihubungkan ke Vss. Dianjurkan untuk menghubungkan kapasitor diantara pin A Vcc dan A Vss.
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.
Input Cock Utama	Xin	I	Pin-pin ini disediakan untuk membangkitkan rangkaian I/O Clock Utama. Dihubungkan dengan sebuah keramik resonator atau kristal diantara pin Xin dan Xout. Jika digunakan clock internal maka pin Xin dan Xout dalam keadaan terbuka
Output Clock Utama	Xout	O	
Input Interupsi	INT0-INT3	I	Pin ini sebagai masukan interupsi.

Input Kunci Interupsi	KI0-KI3	I	Pin ini sebagai masukan kunci interupsi.
Timer X	CNTR 0	I/O	Pin I/O ini adalah untuk Timer X.
	CNTR 0	O	Pin output untuk Timer X.
Timer Y	CNTR 1	I/O	Pin I/O untuk Timer Y.
Timer Z	Tzout	O	Pin output untuk Timer Z.
Timer C	TC in	I	Pin Input untuk Timer C
	CMP00- CMP03 CMP10 CMP13	O	Pin Output untuk Timer C
Serial	CLK 0	I/O	Pin I/O untuk memindahkan Clock.
Interface	RXD0 RXD1	I	Pin input untuk data serial.
	TXD0 TXD10 TXD11	O	Pin output untuk data serial.
Input tegangan Referensi	Vref	I	Tegangan referensi input ini untuk ADC. Vref dihubungkan dengan Vcc.
ADC, pengubah dari analog ke digital	AN0-AN11	I	Pin analog input 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 atau output. Tiap port dapat dialamati per bit. Dapat di set menggunakan pull up resistor dengan program. P10-P17 mempunya Driver transistor.
Port Input	P46, P47	I	Pin ini hanya bisa digunakan sebagai input

2.4.5. Peripheral R8C R5F21134FP

Mikrokontroler R8C R5F21134FP mempunyai beberapa peripheral - peripheral yang banyak digunakan pada beberapa aplikasi – aplikasi penting, diantaranya adalah sebagai berikut :

❖ **Low Voltage Detect (LVD)**

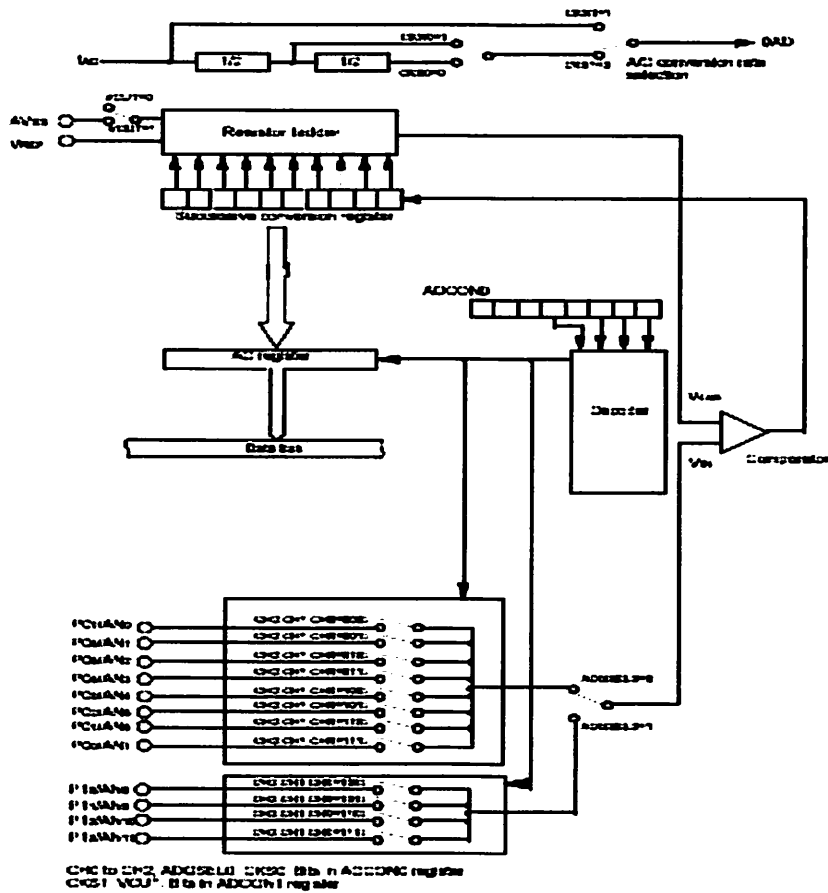
LVD adalah untuk mendeteksi Vcc kurang dari 3,8 V ($\pm 0,5$ V)

❖ **Watchdog Timer**

Watchdog berfungsi untuk mendeteksi ketika program diluar kontrol.

❖ **Analog To Digital Converter (ADC)**

Dengan 12 ARS 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 ini gambar diagram blok ADC built in pada mikrokontroler ini :



Gambar 2-5. Diagram Blok ADC

Sumber : Datasheet Renesas R8C/13

❖ **On Chip Debugger**

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

- Vektor Address Match interrupt harus dihindari.
- *Single step interrupt* tidak dapat digunakan bersamaan interrupt lain.
- *UART1* tidak boleh dipakai.

- Instruksi BRK tidak boleh dipakai.
- Flash address C000H-C7FFH.
- PD 3.7 harus “0”.
- B5 FMR 0 harus “1”.
- Menyiapkan 8 Byte untuk Stack.
- *On Chip Debugger* berpengaruh pada *timing run*.

❖ Timer Mode

Mempunyai timer sebanyak 4 yaitu timer X, Y, Z, C. Berikut ini adalah mode-mode timernya :

Tabel 2-3. 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		-f1 -f2 -f8 -f32	-f1 -f8 -fRING -input from CNTR1 pin	-f1 -f2 -f8 -Timer Y underflow	-f1 -f8 -f32 -fRING-fast
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		CNTR0	CNTR1	INT0	TCIN
Output pin		CNTR0 CNTR0	CNTR1	TZOUT	CMP0c to CMP0z CMP1c to CMP1z
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

Sumber : Datasheet Renesas R8C/13

❖ Rangkaian Osilator

Pada osilator untuk menggunakan kristal luar sampai dengan 20 MHz, dengan memiliki fitur *Clock Stop Detect*. Kemudian untuk *On Chip Osilator* disediakan kecepatan *Low* 125 KHz dan *High* 8 MHz. Saat setelah reset, default clock adalah kecepatan rendah *On Chip Osilator* 125 KHz.

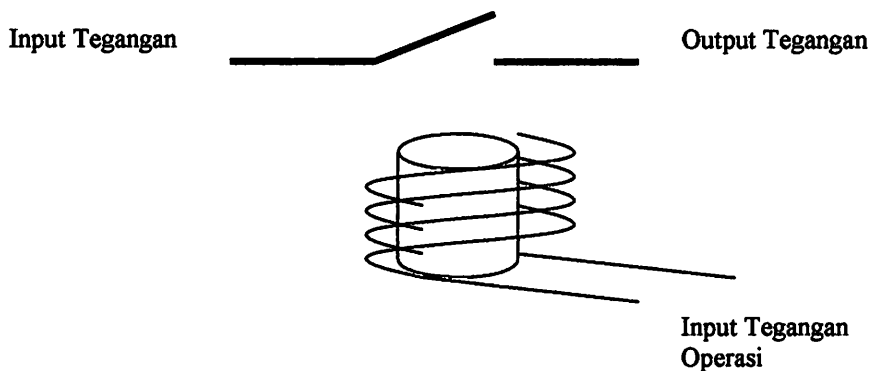
2.5. Relay

Relay adalah switch yang digerakkan secara elektronik. Kontak jenis ini adalah salah satu komponen bantu proses otomatisasi, walaupun kontak tersebut bersifat mekanis. Disini relay difungsikan untuk menghubungkan data yang ditransmisikan oleh mikrokontroller untuk mengontrol motor conveyor, pompa air 1, pompa air 2, pompa air sabun, motor sikat, dan blower pemanas. Adapun karakteristik dari relay adalah sebagai berikut :

1. Tegangan Operasi, yaitu tegangan coil minimum yang diperlukan coil untuk dapat mengaktifkan kontak saklar relay dari posisi normal ke posisi operasi.
2. Tegangan lepas, adalah tegangan coil minimum yang diperlukan coil untuk dapat mengaktifkan kontak saklar relay dari posisi operasi ke posisi normal.
3. Tegangan maksimum, yaitu coil maksimum yang diperlukan coil untuk dapat bekerja tanpa merusak coilnya sendiri.
4. Tegangan normal, adalah tegangan kerja nominal sehingga coil dapat bekerja secara normal.

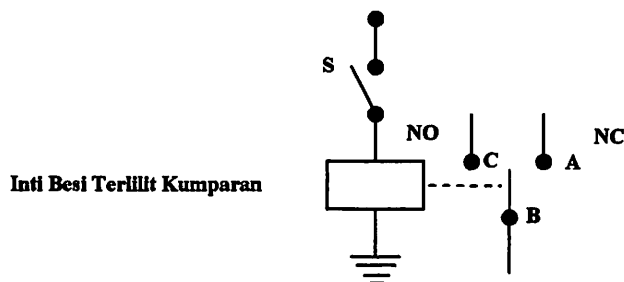
Adapun prinsip kerja dari relay yang kondisi normalnya Off (open) adalah :

- a. Apabila lilitan dari relay tersebut kita beri tegangan, maka akan timbul induksi.
- b. Dengan adanya induksi maka besi (inti) yang diselubungi lilitan akan berubah sifatnya menjadi magnet yang bersifat sementara.
- c. Karena besi tersebut menjadi bersifat magnet, maka akan dapat menarik besi lain yang berfungsi sebagai kontak sehingga relay menjadi ON.
- d. Jika tegangan pada lilitan dihilangkan, maka besi akan kembali seperti sifat semula, sehingga relay menjadi OFF.



Gambar 2-6. Konstruksi Mekanik Relay

Sumber : www.wikipedia.org



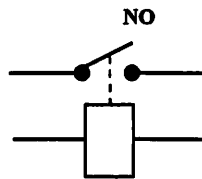
Gambar 2-7. Cara Kerja Relay

Sumber : www.wikipedia.org

Dalam memutus atau menghubungkan kontak digerakkan oleh fluksi yang ditimbulkan dari adanya medan magnet listrik yang dihasilkan oleh kumparan yang melilit pada besi lunak. Ada beberapa macam relay, antara lain :

1. SPST (Single Pole Single Throw)

Simbol Relay SPST

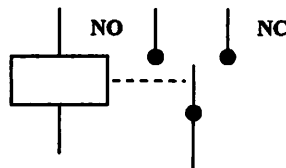


Gambar 2-8. Relay SPST

Sumber : www.wikipedia.org

2. SPDT (Single Pole Double Throw)

Simbol Relay SPDT

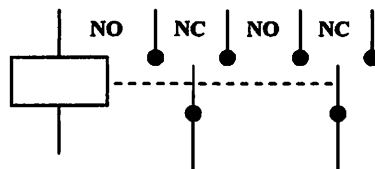


Gambar 2-9. Relay SPDT

Sumber : www.wikipedia.org

3. DPDT (Double Pole Double Throw)

Simbol Relay DPDT



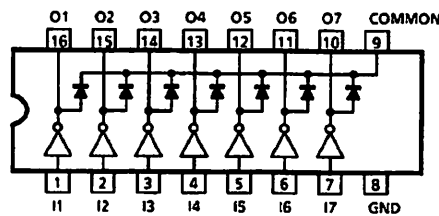
Gambar 2-10. Relay DPDT

Sumber : www.wikipedia.org

2.6. IC ULN 2003

Pada IC ULN 2003 didalamnya terdapat rangkaian penguat Darlington. Untuk satu IC ULN 2003A terdapat 7 pasang rangkaian penguat Darlington NPN yang tersusun dalam rangkaian *common dioda*. Rangkaian Darlington ini digunakan sebagai saklar. Pada masing-masing rangkaian Darlington arus kolektornya sebesar 500 mA. Rangkaian Darlington yang ada di dalam IC ULN 2003A dapat diparalel guna untuk kebutuhan arus yang besar. Karenanya IC ini dapat diaplikasikan untuk *driver relay*, *driver lampu*, *driver display*, dan *logic buffer*. Pada skripsi ini rangkaian Darlington yang ada pada IC ULN 2003A digunakan sebagai *driver relay* yang digunakan untuk mengendalikan relay.

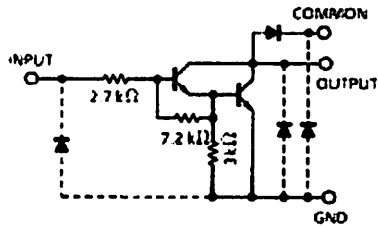
Adapun pin-pin koneksi yang ada dalam IC ULN 2003A dapat dilihat pada gambar 2-11 berikut ini :



Gambar 2-11. Pin-Pin Koneksi Dalam IC ULN 2003A

Sumber : Datasheet ULN 2003A

Sedangkan gambar untuk setiap rangkaian Darlington pada IC ULN 2003A dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2-12. Rangkaian Darlington di dalam IC ULN 2003A.

Sumber : Datasheet ULN 2003A

Untuk driver penggerak relay digunakan IC ULN 2003A dan relay sebagai komponen utamanya, IC ULN 2003A dapat terpicu dengan tegangan 5 volt dan arus maksimum yang diperbolehkan sebesar 500 mA dengan suhu kerja -40°C sampai 85°C dengan data yang ada diatas maka IC ULN 2003A mampu digunakan untuk menghidupkan dan mematikan relay yang hanya memiliki tegangan maksimal sebesar 12 Volt dengan resistansi kumparan sebesar 400Ω . Jadi dapat diketahui arus relay sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana : } I_{\text{relay}} &= \frac{V_{cc}}{R_{\text{relay}}} \\
 &= \frac{12}{400} \\
 &= 30 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

2.7. Rangkaian Pengkondisi Sinyal (RPS)

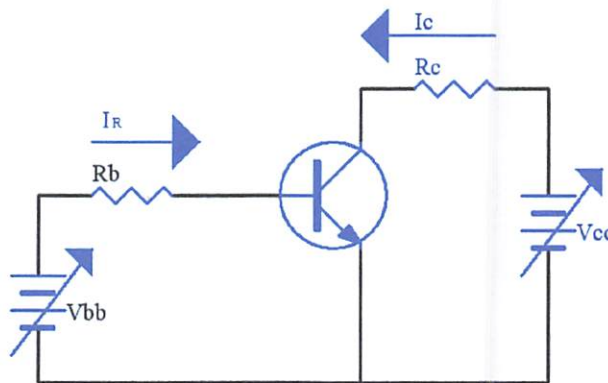
Rangkaian pengkondisi siny adalah suatu rangkaian yang berguna untuk membandingkan tegangan isyarat pada suatu masukan dengan suatu tegangan acuan pada masukan yang lain. Pembanding digunakan untuk menyatakan logika tinggi atau rendah dan mengubah taraf tegangan analog ke taraf tegangan digital.

2.7.1. Transistor

Transistor merupakan salah satu komponen aktif karena dapat memperkuat suatu sinyal masukan dan menghasilkan suatu sinyal keluaran yang lebih besar. Untuk mengoperasikan sebuah transistor dalam suatu rangkaian linier diperlukan beberapa syarat sebagai berikut :

1. Diode Emitor harus dibias maju.
2. Diode Kolektor harus dibias balik.

Untuk membuat transistor berfungsi dengan baik kita perlu mengetahui karakteristik transistor dengan mengetahui bentuk kurva transistor dan garis bebannya. Dalam laporan akhir ini akan dibahas mengenai bentuk kurva transistor, dari sini kita akan mengetahui fungsi transistor ini sebagai penguat arus.



Gambar 2-13. Rangkaian untuk mendapatkan kurva arus kolektor.

Sumber : Malvino, Hanapi Gunawan, Prinsip-Prinsip Elektronik

2.7.1.1. Kurva Transistor

Untuk mendapatkan kurva kolektor CE dapat dilakukan dengan membentuk suatu rangkaian seperti pada gambar gambar 2-13a. Gagasan dari kedua cara tersebut, yaitu dengan mengubah-ubah tegangan V_{bb} dan V_{cc} untuk memperoleh tegangan dan arus transistor yang berbeda seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2-13b

β_{dc} suatu transistor merupakan besaran yang penting dalam perancangan transistor sebagai penguat, β_{dc} adalah perbandingan antara I_c dengan I_b .

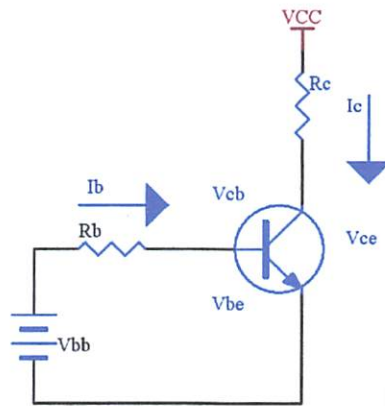
$$\beta_{dc} = \frac{I_c}{I_b}$$

Dengan adanya β_{dc} , maka dengan arus basis yang kecil akan didapatkan arus kolektor yang besar perbandingannya terhadap arus basis. Kondisi ini dimanfaatkan sebagai penguat arus.

2.7.1.2. Transistor Sebagai Saklar

Pemakaian transistor dalam teknik switching masih banyak dipakai. Untuk mengatur sebagai saklar on/off maka transistor dapat dioperasikan pada daerah kerja saturasi dan daerah cut-off. Agar transistor bekerja pada daerah saturasi dan daerah cut-off maka dapat dilakukan dengan mengatur arus pada kaki basis (I_b).

Apabila diinginkan saklar on-off yang bergantian dengan periode tertentu maka dapat dilakukan dengan memberikan tegangan basis transistor (V_b) yang berupa tegangan logic. Gambar 2-14 menunjukkan rangkaian transistor sebagai saklar.



Gambar 2-14. Rangkaian Switching Transistor

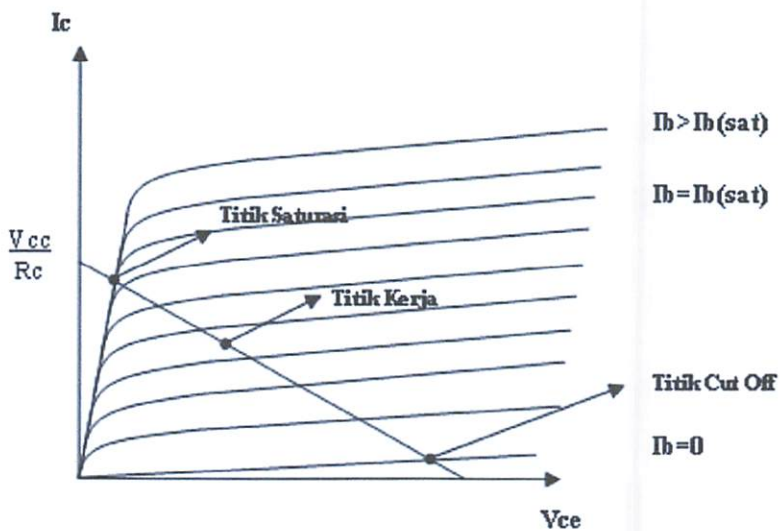
Sumber : Malvino, Hanapi Gunawan, Prinsip-Prinsip Elektronik

Rangkaian diatas dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{cc} = V_{ce} + (I_c \cdot R_c) \dots\dots\dots(2.05)$$

$$I_c = \beta_{dc} \cdot I_b \dots\dots\dots(2.06)$$

$$I_b = (V_{bb} - V_{be}) / R_b \dots\dots\dots(2.07)$$



Gambar 2-15. Titik Saturasi dan Cut-Off Pada Garis Beban DC

Sumber : Malvino, Hanapi Gunawan, Prinsip-Prinsip Elektronik

2.7.1.3 Transistor Dalam Kondisi Tak Jenuh (Saturasi)

Transistor dalam kondisi jenuh terjadi apabila arus basis (I_B) lebih besar dari $I_B(sat)$ dan arus kolektor (I_C) adalah maksimum. Pada penjenuhan, dioda kolektor kehilangan reverse bias, sehingga arus kolektor pada penjenuhan adalah :

$$I_C(sat) = \frac{V_{CC}}{R_C} \dots\dots\dots(2.08)$$

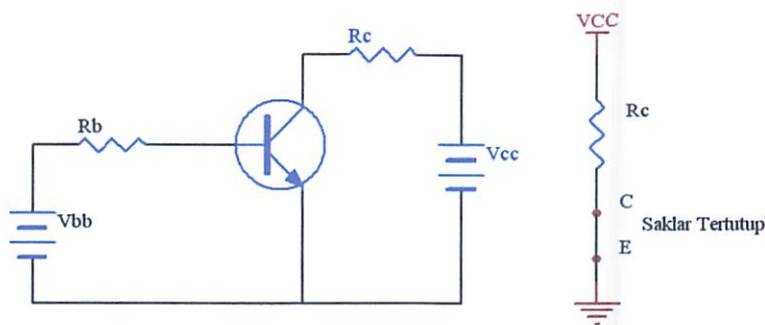
Dan arus basis yang menimbulkan penjenuhan adalah :

$$I_B(sat) = \frac{I_C}{\beta_{dc}} = \frac{V_{bb} - V_{be}}{R_b} \dots\dots\dots(2.09)$$

Tegangan kolektor – emitor penjenuhan ($V_{CE sat}$) adalah :

$$V_{ce} = V_{ce}(sat) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana $V_{CE}(sat)$ diberikan pada gambar yang menjelaskan perpotongan dari garis beban dan kurva basis yang lebih tinggi masih menghasilkan titik penjenuhan yang sama untuk transistor saturasi dan rangkaian equivalennya dijelaskan oleh gambar berikut ini :



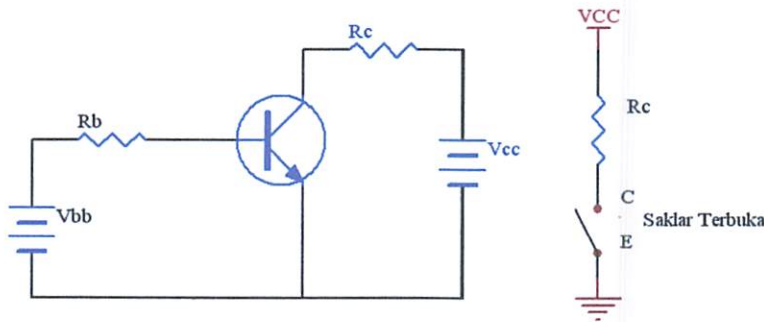
Gambar 2-16. Transistor dalam kondisi Saturasi

Sumber : Malvino, Hanapi Gunawan, Prinsip-Prinsip Elektronik

2.7.1.4. Transistor dalam Kondisi Sumbat (Cut Off)

Transistor dalam kondisi sumbat (cut off) bila arus basis (I_B) adalah nol dan arus kolektor kecil, sehingga dapat dibalikkan (hanya arus bocor yang nilainya sangat kecil) pada titik sumbat, dioda emitor kehilangan forward bias dan kerja transistor yang normal terhenti untuk mengetahui besarnya tegangan kolektor emitor (V_{CE}) pada kondisi cut-off adalah sebesar tegangan kolektornya atau :

$$V_{CE}(\text{cut off}) = V_{cc} \dots \dots \dots (2.11)$$



Gambar 2-17. Transistor dalam kondisi Cut Off

Sumber : Malvino, Hanapi Gunawan, Prinsip-Prinsip Elektronik

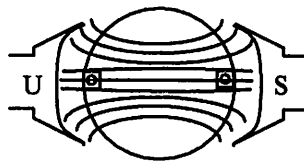
2.8. Motor DC

Motor Arus Searah (DC) adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi mekanik. Prinsip kerja motor DC didasarkan pada penghantar yang membawa arus ditempatkan dalam suatu medan magnet, maka penghantar yang tersebut akan mengalami gaya. Gaya menimbulkan torsi yang menghasilkan rotasi mekanik, sehingga motor akan berputar.

Dalam sistematika kerjanya bisa disimpulkan sebagai berikut :

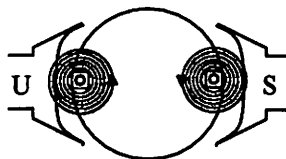
- Adanya garis-garis gaya medan magnet (fluk) antara kutub yang berbeda di stator.
- Penghantar dialiri arus ditempatkan pada jangkar dalam medan magnet.
- Pada penghantar timbul gaya menghasilkan torsi.

Prinsip kerja motor arus searah tersebut seperti yang terlihat pada gambar :



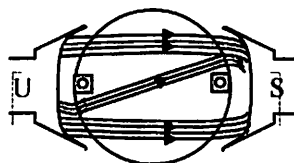
Gambar 2-18. Medan yang dihasilkan oleh kutub

Sumber : www.wikipedia.org



Gambar 2-19. Medan yang dihasilkan arus yang mengalir pada penghantar

Sumber : www.wikipedia.org

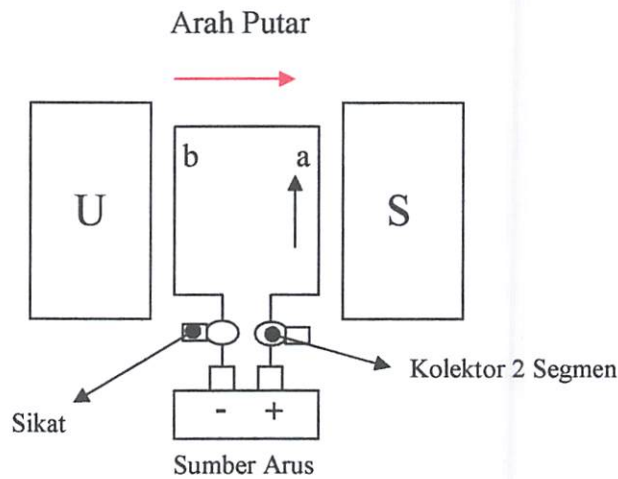


Gambar 2-20. Interaksi kedua meda menghasilkan gaya

Sumber : www.wikipedia.org

2.8.1. Cara Kerja Motor DC

Adapun cara kerja motor DC dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2-21. Cara kerja motor DC

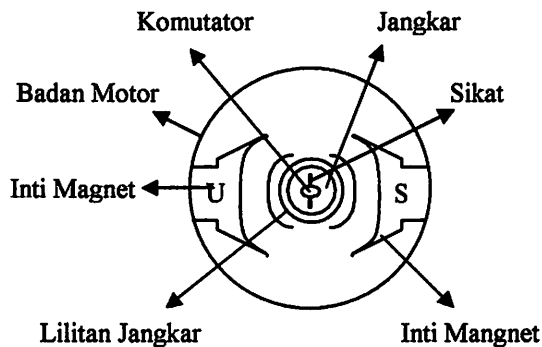
Sumber : www.wikipedia.org

Ada satu lilitan kawat A-B berada di dalam medan magnet. Lilitan ini dapat berputar dengan bebas. Lilitan ini biasa disebut jangkar (armature). Pada jangkar dimasukkan arus yang berasal dari sumber (baterai) E. Koneksi baterai dengan jangkar melalui sikat-sikat. Sikat-sikat ini terpasang pada sebuah cincin yang terbelah dua, yang disebut kolektor. Adapun dari konstruksi ini adalah agar lilitan kawat dapat berputar apabila ada arus listrik yang melewatinya.

Pada kawat yang berada di kanan arus mengalir dari depan ke belakang dalam kawat yang di kiri, arus mengalir dari belakang. Kawat A dan B secara berganti-gantian berada di kiri dan kanan. Karena itu arah arus di A dan arah arus di B selalu membolak-balik.

Pembalikan arah arus itu terjadi pada saat lilitan kawat melintasi posisi magnetik. Disini kolektor berfungsi bagaikan penyearah mekanik. Fluk magnet yang ditimbulkan magnet, magnetiknya disebut medan magnetnya motor. Dalam gambar arah fluk magnetik adalah dari kiri ke kanan.

Adapun gaya yang bekerja pada penghantar B adalah keatas, sementara gaya yang bekerja pada penghantar A adalah ke bawah. Gaya-gaya yang bekerja sama kuatnya, jadi ada kopel yang bekerja pada kawat sehingga lilitan pun dapat berputar. Setelah berputar 90° arah arus berbalik, pada saat itu penghantar A dan penghantar B bertukar tempat. Akibatnya arah gerak putaran tidak berubah. Berikut gambar yang menunjukkan bagian-bagian motor DC.



Gambar 2-22. Bagian-bagian motor DC

Sumber : www.wikipedia.org

BAB III

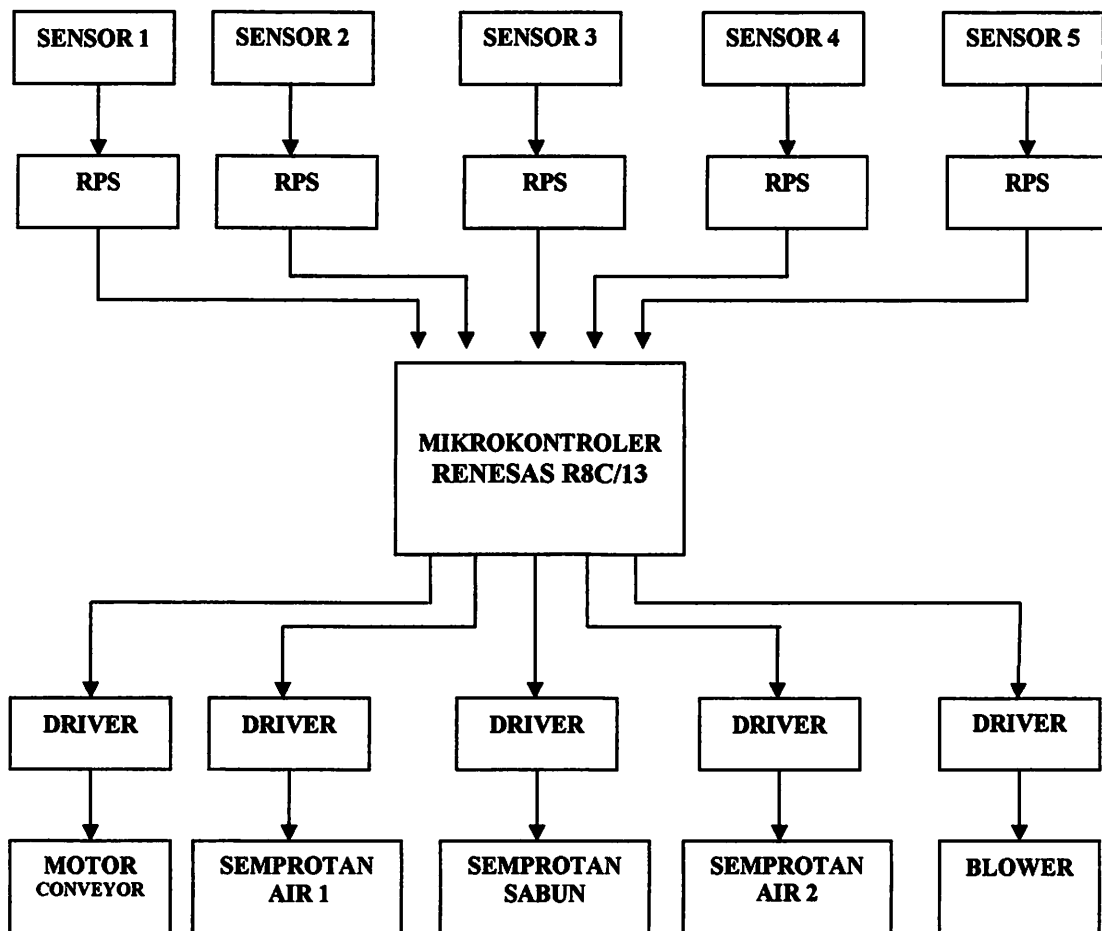
PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Pendahuluan

Dalam merancang suatu rangkaian ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu tentang perencanaan sistem kerja rangkaian dari masing-masing bagian yang mempunyai fungsi yang diinginkan.

3.1.1. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

3.1.1.1. Blok Diagram :



Gambar 3-1. Diagram Blok Pencucian Mobil Otomatis

3.1.1.2. Keterangan

1. Sensor 1 adalah sensor infra merah yang digunakan untuk mendeteksi mobil yang masuk.
2. Sensor 2 adalah sensor infra merah yang digunakan untuk mendeteksi mobil yang akan melewatinya.
3. Sensor 3 adalah sensor infra merah yang digunakan untuk mendeteksi mobil yang akan melewatinya.
4. Sensor 4 adalah sensor infra merah yang digunakan untuk mendeteksi mobil yang akan melewatinya.
5. Sensor 5 adalah sensor infra merah yang digunakan untuk mendeteksi mobil yang akan melewatinya.
6. RPS adalah rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan untuk memperkuat sinyal yang dihasilkan oleh sensor.
7. Mikrokontroler RENESAS R8C/13 adalah mikrokontroler yang digunakan untuk memproses semua kegiatan.
8. Motor conveyor / motor DC digunakan untuk menggerakkan conveyor agar bisa bekerja.
9. Semprotan air 1 dan 2 adalah alat yang digunakan untuk menyemprot mobil yang masuk.
10. Semprotan sabun digunakan untuk menyemprotkan cairan pembersih sabun.
11. Sikat adalah peralatan yang digunakan untuk membersihkan mobil yang masuk.
12. Blower adalah alat yang digunakan untuk mengeringkan mobil.
13. Driver adalah suatu peralatan penunjang agar peralatan yang lain dapat bekerja.

3.1.1.3. Cara kerja :

Pertama adalah ketika mobil masuk ke tempat pencucian pertama kali, maka sensor 1 akan mendeteksi kedatangan mobil dan segera mengaktifkan motor conveyor dan juga sikat. Conveyor akan terus mengantarkan mobil tersebut

melewati sensor 2 dan akan segera mengaktifkan semprotan air 1. ketika mobil melewati sensor 3, maka akan segera mengaktifkan semprotan sabun. Semprotan air 1 dan juga semprotan sabun akan berhenti menyemprot ketika sensor 1 dan 2 sudah tidak mendeteksi keberadaan mobil lagi.

Mobil akan dibersihkan oleh sikat yang telah aktif ketika conveyor telah aktif. Sesampainya mobil pada sensor 4, maka semprotan air 2 akan segera bekerja untuk membersihkan sisa-sisa hasil sabun yang telah dibersihkan oleh sikat yang berputar. Penyemprot air 2 akan berhenti bekerja ketika sensor 4 tidak mendeteksi keberadaan mobil lagi. Pada tahap akhir, mobil akan sampai pada sensor 5 dan itu akan menghentikan mobil tepat di bawah blower (motor conveyor juga berhenti) yang akan langsung mengaktifkan blower pemanas yang digunakan untuk mengeringkan mobil yang telah bersih dicuci. Blower akan bekerja selama 1,5 menit untuk mengeringkan mobil dan setelah itu maka blower akan mati dan proses pembersihan mobil telah berhasil dilaksanakan.

3.1.2. Rangkaian Detektor Mobil (Infra Red)

LED infra merah akan menyala jika mendapatkan arus (I_{IR}) sebesar 30 mA dan tegangan (V_{IR}) sebesar 1,2 volt. Dengan adanya V_{cc} sebesar 5 volt, maka besarnya $R1$ dapat dihitung sebagai berikut :

$$R1 = \frac{V_{cc} - V_{IR}}{I_{IR}}$$

$$R1 = \frac{5 - 1,2}{30 \cdot 10^{-3}}$$

$$R1 = 126,67\Omega$$

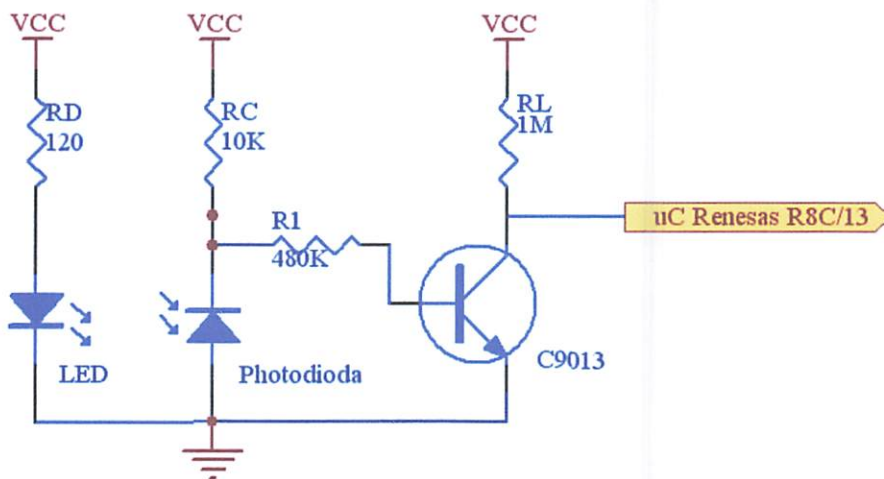
Nilai 126,67 Ω di pasaran tidak ada, maka diambil nilai terdekatnya yaitu 120 Ω .

Sedangkan untuk resistor photodioda (R_c) dapat dicari nilainya yaitu :

$$R_{photo} = \frac{V_{cc}}{I_{photo}}$$

$$R_{photo} = \frac{5}{0,5mA}$$

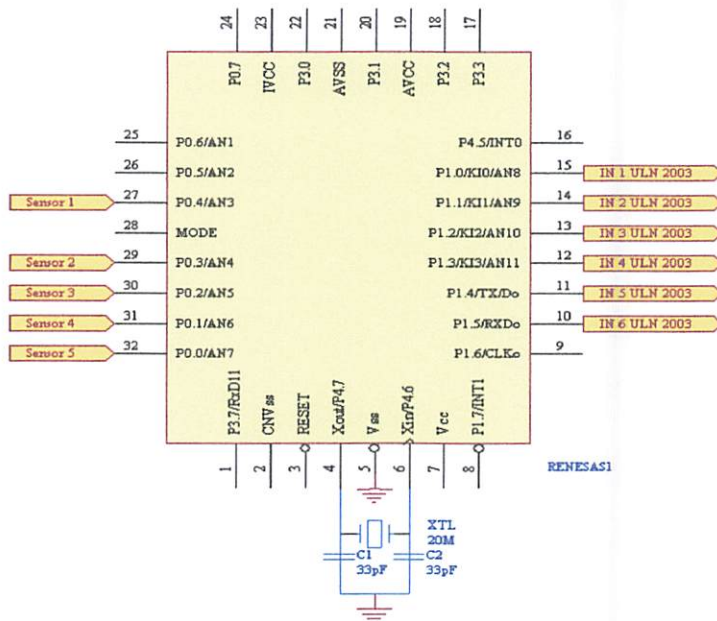
$$R_{photo} = 10K\Omega$$



Gambar 3-2. Rangkaian Detektor Mobil / Infra Merah

3.1.3. Mikrokontroler R8C/13

Mikrokontroler digunakan sebagai pengolah data inputan dari sensor-sensor dan memberikan keputusan agar bisa ditindaklanjuti oleh peralatan mekanik yang dibuat. Dalam hal ini yang digunakan adalah mikrokontroler R8C/13 yang memiliki 32 pin dengan I/O 22 port dan memiliki 12 ADC internal. Berikut ini adalah pin yang kami gunakan dalam pembuatan alat pencucian mobil secara otomatis.



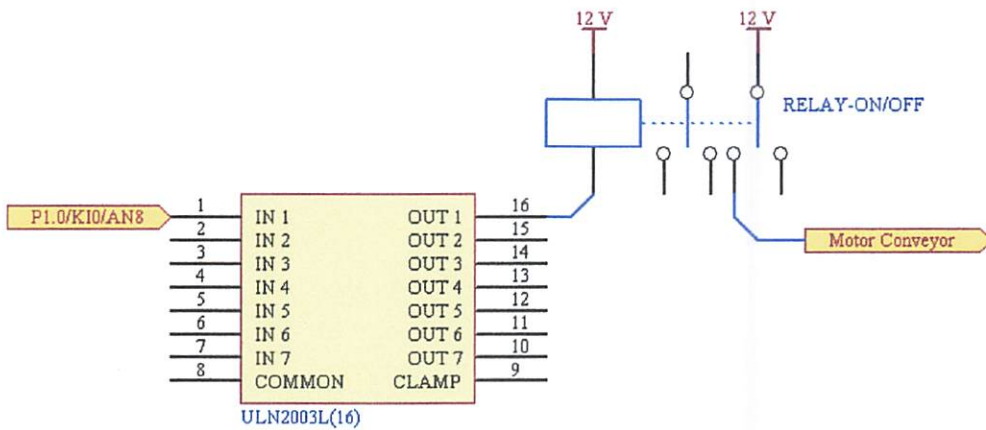
Gambar 3-3. Rangkaian Pin Mikrokontroler Renesas R8C/13

No.	Nama Pin	I/O	Keterangan
1.	P0.4/AN3	I	Pin yang terhubung dengan sensor 1
2.	P0.3/AN4	I	Pin yang terhubung dengan sensor 2
3.	P0.2/AN5	I	Pin yang terhubung dengan sensor 3
4.	P0.1/AN6	I	Pin yang terhubung dengan sensor 4
5.	P0.0/AN7	I	Pin yang terhubung dengan sensor 5
6.	Xout/P4.7	O	Pin yang dihubungkan dengan Kristal
7.	Xin/P4.6	I	Pin yang dihubungkan dengan Kristal
8.	Vcc	I	Pin yang dihubungkan dengan tegangan 5 V
9.	Vss	I	Pin yang dihubungkan dengan ground
10.	P1.0/KI0/AN8	O	Pin yang dihubungkan dengan IN 1 pada ULN 2003
11.	P1.1/KI1/AN9	O	Pin yang dihubungkan dengan IN 2 pada ULN 2003
12.	P1.2/KI2/AN10	O	Pin yang dihubungkan dengan IN 3 pada ULN 2003
13.	P1.3/KI3/AN11	O	Pin yang dihubungkan dengan IN 4 pada ULN 2003
14.	P1.4/TX/D ₀	O	Pin yang dihubungkan dengan IN 5 pada ULN 2003
15.	P1.5/RX/D ₀	O	Pin yang dihubungkan dengan IN 6 pada ULN 2003

Tabel 3-1. Konfigurasi Pin Pada Mikrokontroler Renesas R8C/13

3.1.4. Driver Motor DC

Rangkaian ini berfungsi untuk menyambung dan memutuskan yang ada diluar mikrokontroller yaitu motor conveyor dan motor sikat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3-4. Rangkaian Driver Motor Conveyor

Meski IC ULN 2003 menggerakkan 7 buah relay, IC ULN 2003 tetap dapat menggerakkan relay dengan baik, karena IC ULN 2003 mampu mengoperasikan sampai dengan arus 500 mA.

$$R_{\text{relay}} = 400 \Omega$$

$$V = 12 \text{ Volt}$$

$$I = \frac{V}{R_{\text{relay}}}$$

$$I = \frac{12}{400}$$

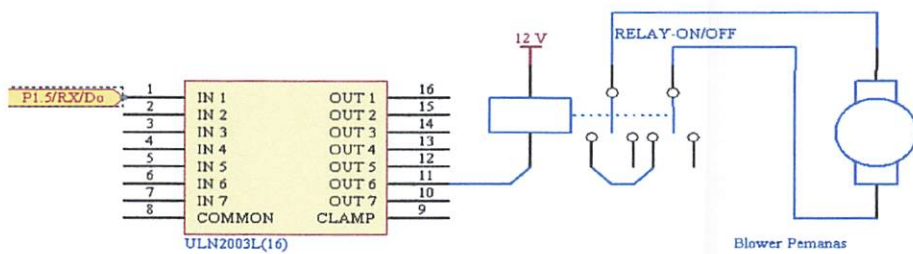
$$I = 30 \text{ mA.}$$

3.1.5. Rangkaian Driver Blower Pemanas

Agar pemanas dari sistem lebih optimal, maka ditambahkan pemanas berupa blower yang diberikan kawat nikelin, sehingga blower tersebut bisa mengalirkan udara panas. Blower pemanas ini digunakan sebagai pengering air pada mobil. Berikut ini adalah spesifikasi blower pemanas :

1. Tegangan 220 V AC
2. Daya 400 W

Untuk pemanas dari sistem pengering pada pencucian mobil yang kami buat ini diset sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Dibawah ini adalah gambar dari sistem blower pemanas.



Gambar 3-5. Rangkaian Driver Blower Pemanas

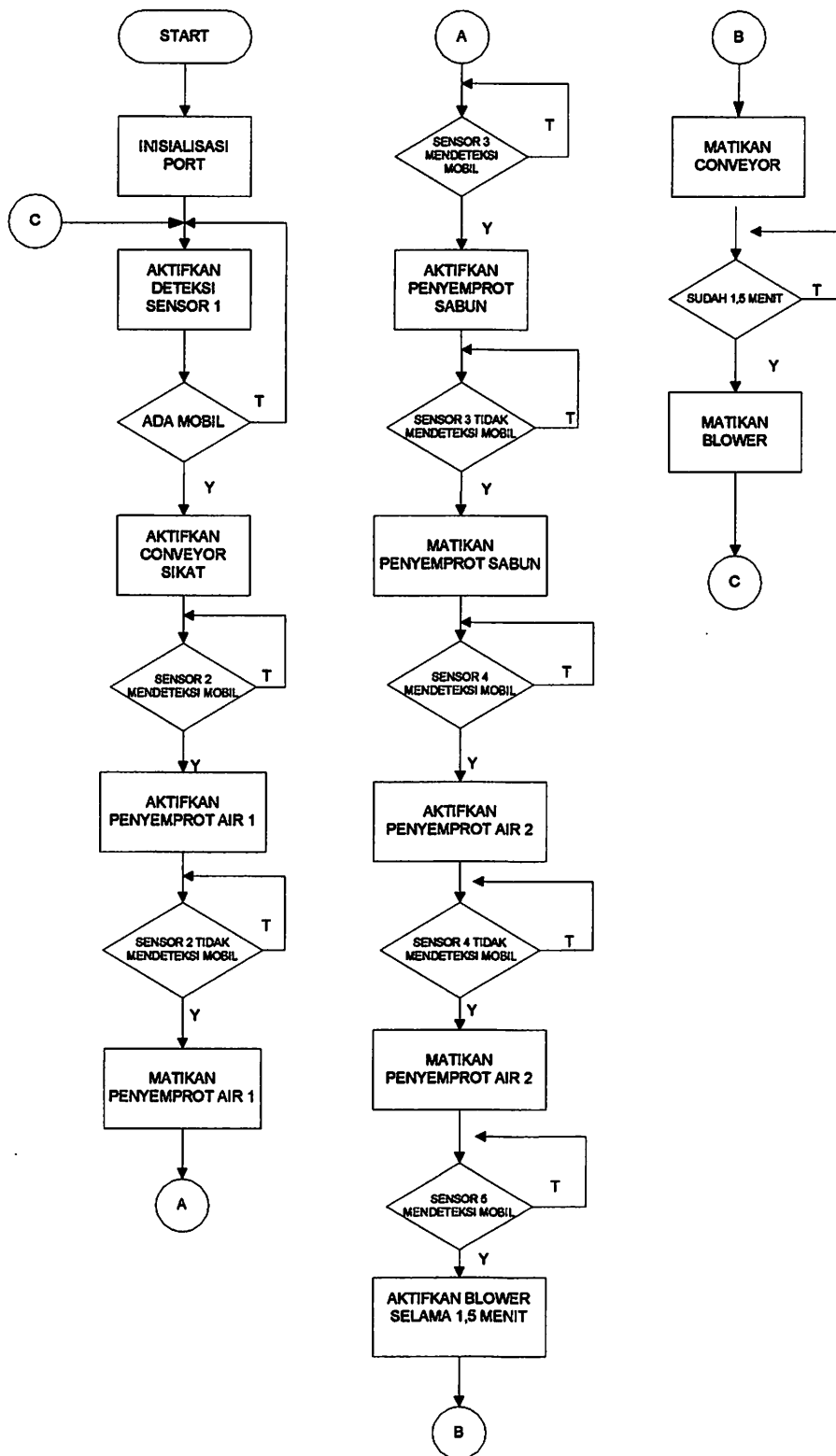
3.2. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Untuk mendukung agar perangkat keras dapat berfungsi sesuai dengan perencanaan, maka diperlukan perangkat lunak sebagai penunjangnya. Sistem aplikasi mikrokontroler R8C/13 ini dapat mengatur dan mengendalikan keseluruhan dari sistem apabila ada urutan instruksi yang mendefinisikan secara jelas urutan tugas yang harus dikerjakannya.

Urutan instruksi ini sangat penting untuk didefinisikan, karena mikrokontroler bekerja secara pasti berdasarkan urutan instruksi ini. Susunan logika perancangan yang salah tidak dapat diketahui oleh mikrokontroler. Selama instruksi yang diterima sesuai dengan aturannya, mikrokontroler tetap mengerjakan instruksi tersebut. Kesalahan seperti ini baru akan diketahui ketika kerja sistem aplikasi bekerja tidak sesuai dengan spesifikasi awal. Oleh karena itu perancangan perangkat lunak sangat menentukan keberhasilan dalam pembuatan perangkat lunak. Sama pentingnya juga dengan perancangan perangkat keras. Perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa C dan software HRS 8000 ver. 281106.

Berikut ini kami sajikan flowchart atau urutan kerja dari perangkat lunak yang dirancang dan dibuat. Flowchart ini juga menjelaskan kerja dari perangkat keras yang terdapat pada perancangan dan pembuatan alat pencucian mobil secara otomatis berbasis mikrokontroler Renesas R8C/13.

3.2.1. FLOWCHART



Gambar 3-6. Flowchart Sistem

BAB IV

PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA

4.1. Pendahuluan

Untuk mengetahui keberhasilan dari suatu perencanaan dan pembuatan alat ini maka diperlukan pengujian terhadap alat tersebut. Dalam rangka pengujian diuraikan sejumlah pengukuran dan perhitungan melalui percobaan yang dilakukan untuk mengetahui system kerja dari alat ini secara keseluruhan.

Secara umum dapat disimpulkan tujuan dari pengujian alat ini yaitu :

1. Mengetahui prinsip kerja dari masing-masing blok.
2. Mempermudah pendataan spesifikasi alat.
3. Mempermudah perawatan dan perbaikan jika suatu saat terjadi kerusakan.

4.2. Pengujian Rangkaian Sensor Pendeteksi Cahaya

4.2.1. Tujuan

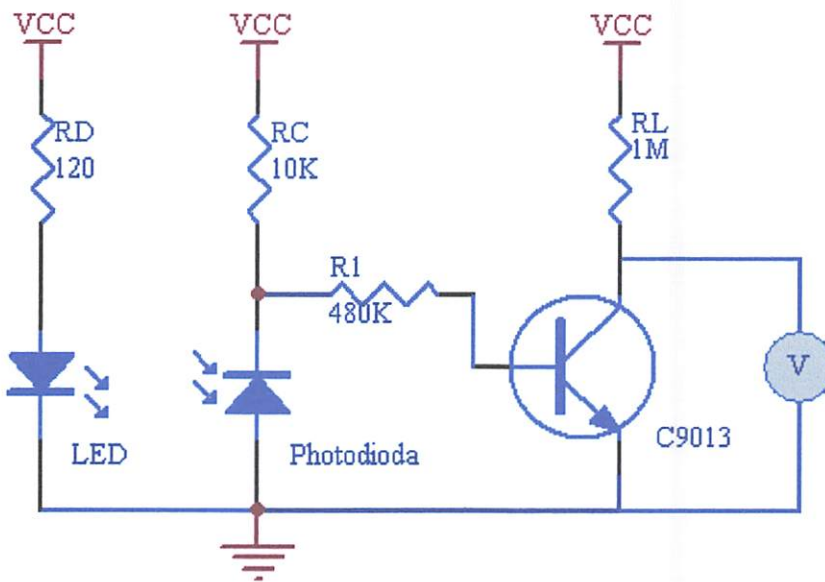
Tujuan dari pengujian rangkaian sensor adalah untuk mengetahui tingkat keberhasilan dalam perencanaan dan perancangan alat.

4.2.2. Peralatan yang digunakan

1. Multimeter digital
2. Tegangan 5 Volt
3. Photodiode

4.2.3. Prosedur Pengujian Rangkaian Photodioda

1. Membuat rangkaian pengujian photodioda sebagai sensor posisi pendeteksi mobil
2. Sumber tegangan DC diaktifkan.
3. Mencatat nilai tegangan yang tertera pada multimeter.



Gambar 4-1. Rangkaian Pengujian Photodioda

4.2.4. Hasil Pengujian

Kondisi	Tegangan Pengukuran (v)
Tak Terhalang	5
Terhalang	0

Tabel 4-1. Hasil Pengukuran Photodioda

4.3. Pengujian Relay Penggerak Motor

4.3.1. Tujuan

Tujuan dari pengujian relay penggerak motor adalah untuk mengetahui apakah relay dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan pada pembuatan sistem.

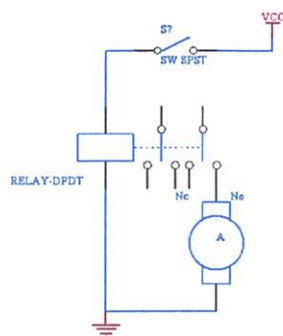
4.3.2. Peralatan yang digunakan

1. Catu daya 12 V
2. Relay DPDT
3. Motor DC
4. Switch SPST

4.3.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian rangkaian relay sebagai penggerak adalah sebagai berikut :

1. Membuat rangkaian pengujian relay seperti pada gambar.
2. Sumber tegangan DC diaktifkan.
3. Mengamati yang terjadi pada motor.



Gambar 4-2. Rangkaian Pengujian Relay Motor

4.3.4. Hasil Pengujian

Vcc	Switch	Relay	Kondisi Motor	Tegangan Motor DC (Volt)
12	On	Aktif	On	12
12	Off	Mati	Off	0

Tabel 4-2. Hasil Pengujian Relay motor

4.4. Pengujian Minimum System Renesas R8C/13

4.4.1. Tujuan

Untuk mengetahui apakah minimum sistem dari mikrokontroller dapat bekerja dengan baik.

4.4.2. Peralatan yang digunakan

1. Catu daya 5 V
2. Minimum sistem Renesas HRS 8000
3. Program HEW Compiler + kd30
4. PC (Personal Computer) untuk memasukkan kode software

4.4.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian mikrokontroller Renesas adalah sebagai berikut :

1. Membuat rangkaian pengujian seperti pada gambar.
2. Catu daya diaktifkan.
3. Mengisi Software pada HRS 8000 LED berjalan

```

*****/
#include <stdio.h>
#include "sfr_r813.h"
/* Definition of the R8C/13 SFR */
*****

* proto-type declaration
*****/
void Delay1();
//void far main(void);
/*****
****
* Function : main()
* program section
*****
***/
void main()
{
asm("FCLR 1"); /* Interrupt disable */
prcr = 1; /* Protect off */
cm13 = 1; /* X-in X-out */
cm15 = 1; /* XCIN-XCOU drive capacity 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 */
prcr = 0; /* Protect on */

p1 = 0x00;
pd1 = 0xff;

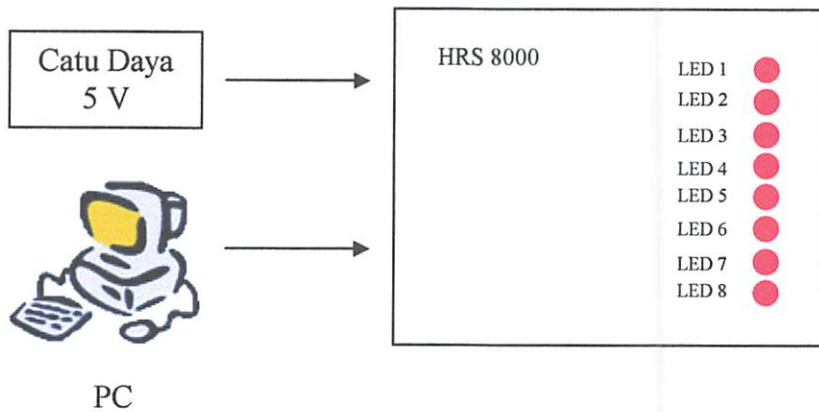
while(1)
{
p1 ^= 0xff;
Delay1();
}
}
void Delay1()
{
int counter = 0xFFFF;

while ( ( counter-- ) != 0 );
}

```

4. Tekan Run

5. Mengamati yang terjadi pada LED



Gambar 4-3. Blok Diagram Pengujian Mikrokontroller Renesas

4.4.4. Hasil Pengujian

LED dapat menyala secara bergantian satu-satu

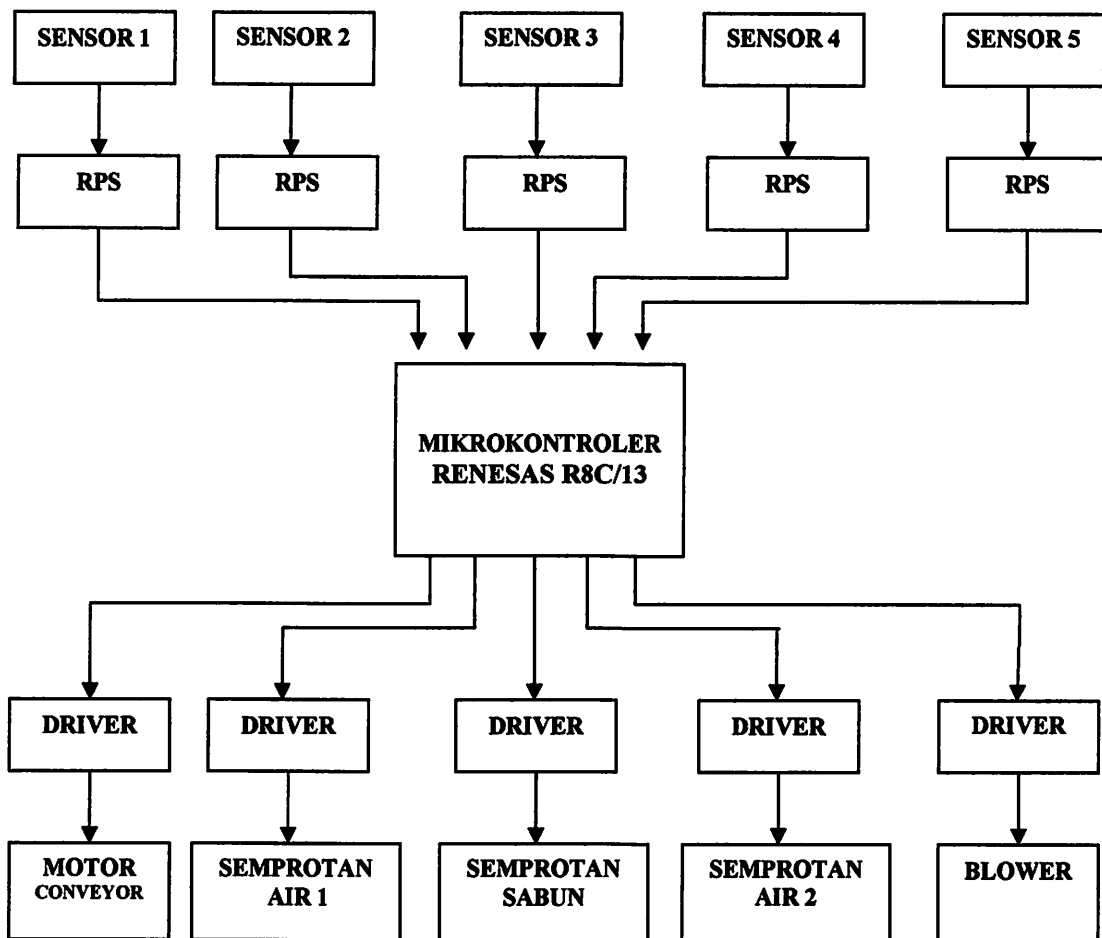
4.5. Pengujian Keseluruhan Rangkaian

4.5.1. Tujuan

Tujuan dari pengujian keseluruhan dari alat adalah untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja sesuai dengan harapan.

4.5.2. Prosedur Pengujian

1. Menyusun Rangkaian seperti pada gambar 4-4.
2. Menempatkan mobil pada tempat yang telah ditentukan.
3. Mengamati Sensor infra merah.
4. Mengamati pergerakan motor Conveyor dan sikat.
5. Mengamati Pompa air 1, 2 dan pompa sabun
6. Mengamati blower pemanas.



Gambar 4-4. Diagram Blok Pengujian Rangkaian Seluruh Sistem

4.4.3. Hasil Pengujian

Pada saat pengujian sensor pendeteksi mobil dapat dikatakan dapat berjalan dengan baik apabila mikrokontroller dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pada saat sensor 1 mendeteksi keberadaan mobil maka conveyor dan sikat dapat bekerja dengan baik. Ketika sensor 2 mendeteksi keberadaan mobil maka penyemprot air 1 bekerja dengan baik pula. Mikrokontroller juga dapat mengaktifkan penyemprot sabun ketika sensor 3 mendeteksi keberadaan mobil. Ketika mobil sampai pada sensor 4 maka penyemprot air 2 dapat bekerja dengan

baik. Sampai akhirnya sensor 5 mendeteksi keberadaan mobil maka conveyor akan mati dan blower pemanas akan aktif selama 30 detik. Proses pencucian mobil dan pengeringan mobil telah berjalan dengan sempurna untuk membersihkan mobil. Total waktu pembersihan dari awal sampai akhir adalah 2 menit. Jadi untuk 1 jamnya alat ini sanggup mencuci sampai dengan 15 kendaraan.

No	System pengoperasian	Hasil Pengujian
1	Sensor 1 mendeteksi mobil	Sensor dapat mendeteksi keberadaan mobil dan mengaktifkan conveyor dan juga sikat
2	Sensor 2 mendeteksi mobil	Sensor dapat mendeteksi keberadaan mobil dan mengaktifkan penyemprot air 1
3	Sensor 3 mendeteksi mobil	Sensor dapat mendeteksi keberadaan mobil dan mengaktifkan penyemprot sabun
4	Sensor 4 mendeteksi mobil	Sensor dapat mendeteksi keberadaan mobil dan mengaktifkan penyemprot air 2
5.	Sensor 5 mendeteksi mobil	Sensor dapat mendeteksi keberadaan mobil, conveyor dimatikan, dan blower pemanas bekerja.
6	Blower bekerja	Blower pemanas bekerja selama 1,5 menit untuk mengeringkan mobil. Setelah itu blower pemanas akan padam.

Tabel 4-3. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari penjelasan yang telah diuraikan dalam bab-bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan sensor photodiode pada alat ini sangatlah sesuai karena tidak terpengaruh ketika terkena air.
2. Sistem pencucian mobil ini dikontrol oleh mikrokontroler Renesas R8C/13 yang dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan yang diharapkan.
3. Proses dari awal mulai mencuci sampai dengan selesai adalah 2 menit jadi untuk 1 jamnya alat ini mampu mencuci sampai dengan 15 kendaraan.

5.2. Saran

1. Untuk sistem penyemprotan air mungkin bisa diganti dengan penyemprot air yang bertekanan tinggi agar kotoran dapat terlepas dengan mudah.
2. Untuk cairan sabun yang digunakan bisa menggunakan cairan sabun yang berkualitas tinggi agar kotoran mudah lepas dan tidak merusak lapisan cat.

DAFTAR PUSTAKA

1. <http://www.renesas.com>.
2. Datasheet mikrokontroler RENESAS R8C/13.
3. Komputek edisi 477 hal. 37, *Mengatur Kecepatan Motor DC dengan DST-R8C*.
4. <http://www.hillandfoss.com/index.html>.
5. <http://www.mobilmotor.co.id>.
6. Malvino, *Prinsip-Prinsip Elektronik Edisi Kedua*, 1979.
7. <http://www.wikipedia.org>



LAMPIRAN



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : ROSHA TRI UTOMO.
NIM : 01.17.083
Perbaikan meliputi :

1) Ketralah.

2) Kerangka!
- sensor / setiap peloh.

-> system

- spesifikasi: Mas. 1 jam ? / kees

alat di skema dgn

lanjutan.

Malang, 18-03-2008


(Kanang ST, UST)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA
MALANG

Dari hasil ujian komprehensif jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro, Konsentrasi Elektronika yang diselenggarakan pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 18 Maret 2008

Telah dilakukan perbaikan Skripsi oleh :

Nama : Resha Trihutomo
NIM : 01.17.083
Masa Bimbingan : 6 Maret s/d 6 September 2007
Judul : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pencucian Mobil Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C/13

Perbaikan meliputi :

NO.	Materi Perbaikan	Paraf Dosen Penguji
1.	Abstraksi	
2.	Kesimpulan Sensor	
3.	Kesimpulan System	
4.	Kesimpulan Spesifikasi Alat (1 Jam ?/Kecepatan)	
5.	Alat Disesuaikan Perancangan	

Disetujui Oleh
Penguji Kedua

I. Komang Somawirata, ST, MT
NIP. Y. 103.0100.361

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Usman Djuanda, MM
NIP. 101.8700.143

Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. 103.9800.324



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2
MALANG

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Resha Trihutomo
Nim : 0117083
Masa Bimbingan : 6 Maret s/d 6 September 2007
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pencucian Mobil Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroller Renesas R8C/13

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 2007
Dosen Pembimbing I

Ir. Usman Djuanda, MM
NIP. 101.8700.143

Form S-4



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2
MALANG

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Resha Trihutomo
Nim : 0117083
Masa Bimbingan : 6 Maret s/d 6 September 2007
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pencucian Mobil Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroller Renesas R8C/13

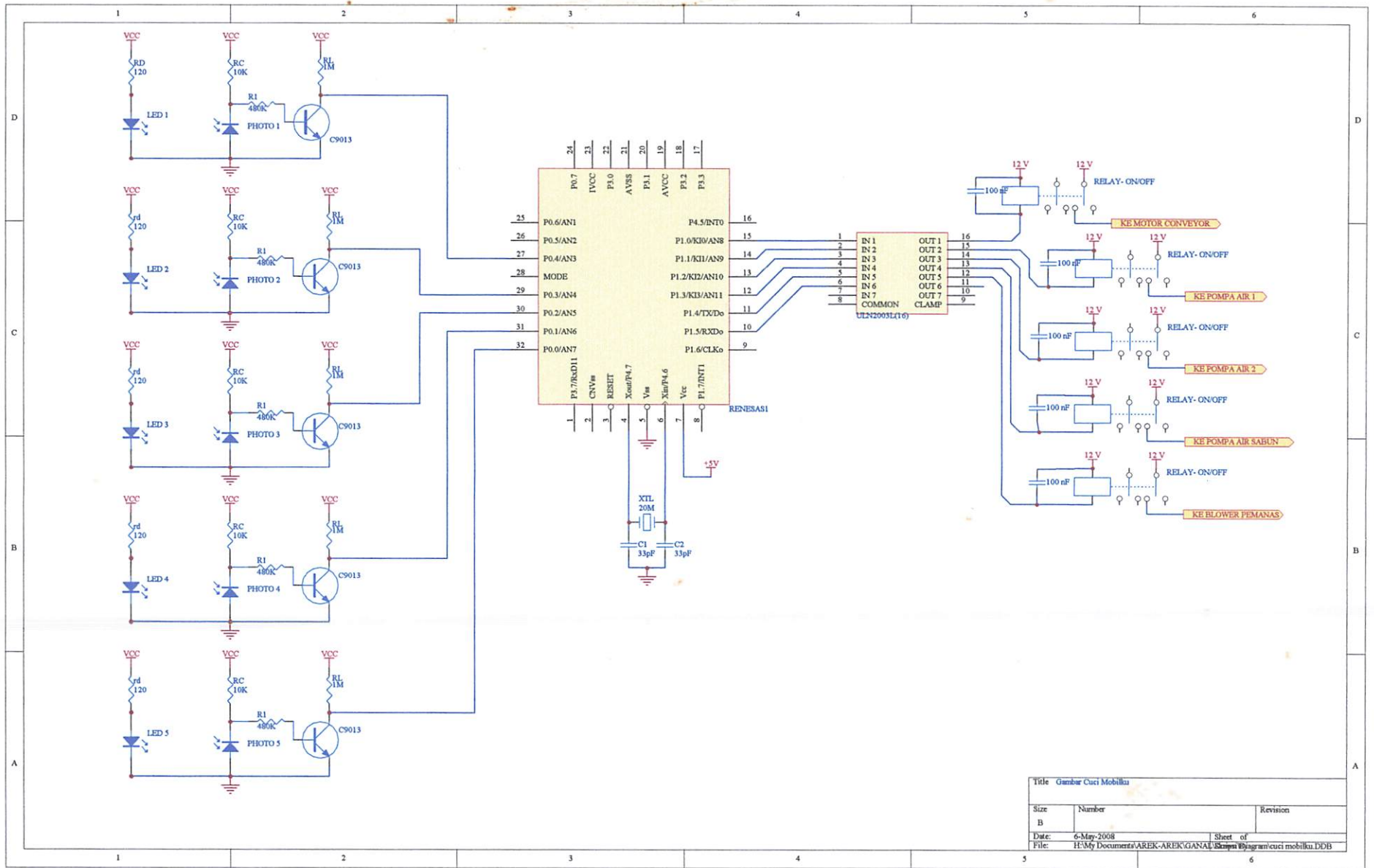
No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	15 - 1 - 2008	Revisi Bab II : sumber referensi	
2.	25 - 1 - 2008	Revisi flowchart pada bab III	
3.	1 - 2 - 2008	Perbaiki gambar rangkaian photodiode	
4.	6 - 2 - 2008	Perbaiki pada kesimpulan	
5.	11 - 2 - 2008	Hasil Pengujian Sensor	
6.	14 - 2 - 2008	Acc Seminar hasil	
7.	4 - 3 - 2008	Acc Ujian Komprehensif	
8.			
9.			
10.			

Malang, 2007

Dosen Pembimbing II

Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. 103.9800.324

Form S-4



Title Gambar Cuci Mobilku		
Size B	Number	Revision
Date: 6-May-2008	Sheet of	
File: H:\My Documents\AREK-AREK\GANAL\Bahan Program\cuci mobilku.DDB		

```

/*****
* FILE      : Main Acuan
*
* Resha Trihutomo
* Institut Teknologi Nasional Malang
*
* DATE      :Thu, Sep 22, 2005
*****/

#include <stdio.h>
#include      "sfr_r813.h"          /* Definition of the R8C/13 SFR */
#define SW_ON      0
#define SW_OFF     1
#define LOW 0
#define HIGH 1

/* Definition of port */
#define KOMPAYER p1_0
#define POMPA1      p1_1
#define POMPA2      p1_2
#define POMPA3      p1_3
#define SIKAT       p1_4
#define LED5        p1_5
#define LED6        p1_6
#define LED7        p1_7
#define Tombol0     p0_0
#define sensor1     p0_1
#define sensor2     p0_2
#define sensor3     p0_3
#define sensor4     p0_4
#define sensor5     p0_5
#define Tombol6     p0_6
#define Tombol7     p0_7

int adNil = 0;

/*****
* proto-type declaration
*****/
void delay(long tunggu)
{
    while(tunggu--);
}
//void far main(void);

/*****
*****
* Function : main()

```



```

*   program section
*****
*****/

void main()
{
    asm("FCLR I");
    prcr = 1;
    cm13 = 1;
    cm15 = 1;
select bit : HIGH */
    cm05 = 0;
    cm16 = 0;
mode */
    cm17 = 0;
    cm06 = 0;
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    ocd2 = 0;
    prcr = 0;

    p1 = 0x00;
pd1 = 0xff;
    p0 = 0xff;
pd0 = 0x00;

    while(1)
    {
        if ( sensor1 == SW_ON)
        {
            KOMPAYER = 1;
            SIKAT = 1;
            delay(500);
        }

        if ( sensor2 == SW_ON)
        {
            KOMPAYER = 1;
            SIKAT = 1;
            POMPA1 = 1;
            delay(500);
        }

        if ( sensor2 == SW_OFF)
        {

```

```
        POMPA1 = 0;
        delay(500);
    }

    if ( sensor3 == SW_ON)
    {
        KOMPA YER = 1;
        SIKAT = 1;
        POMPA2 = 1;
        delay(500);
    }

    if ( sensor3 == SW_OFF)
    {
        POMPA2 = 0;
        delay(500);
    }

    if ( sensor4 == SW_ON)
    {
        KOMPA YER = 1;
        SIKAT = 1;
        POMPA3 = 1;
        delay(500);
    }

    if ( sensor5 == SW_ON)
    {
        KOMPA YER = 0;
        SIKAT = 0;

        delay(500000);
        delay(500000);
        delay(500000);
        POMPA3 = 0;
        delay(500000);
        delay(500000);
        delay(500000);
        delay(500000);
    }

}
}
```

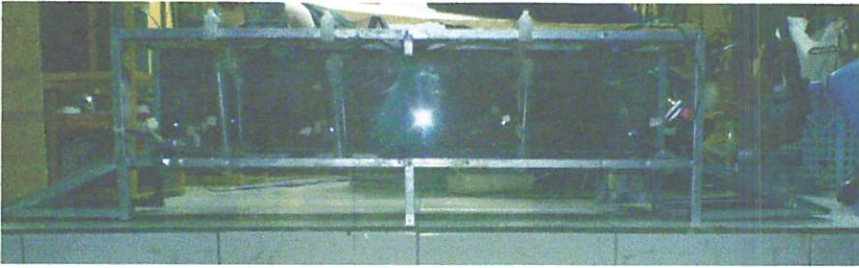
FOTO-FOTO ALAT



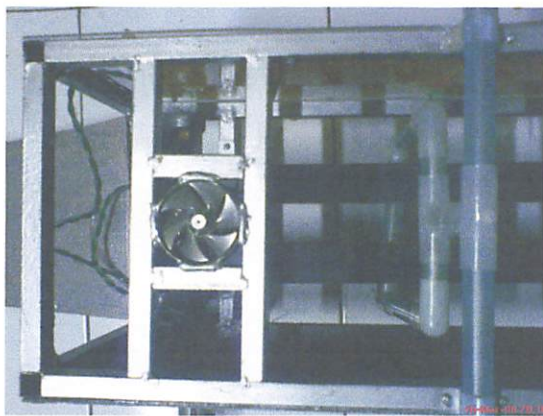
Alat Pencucian Mobil Dilihat Dari Atas



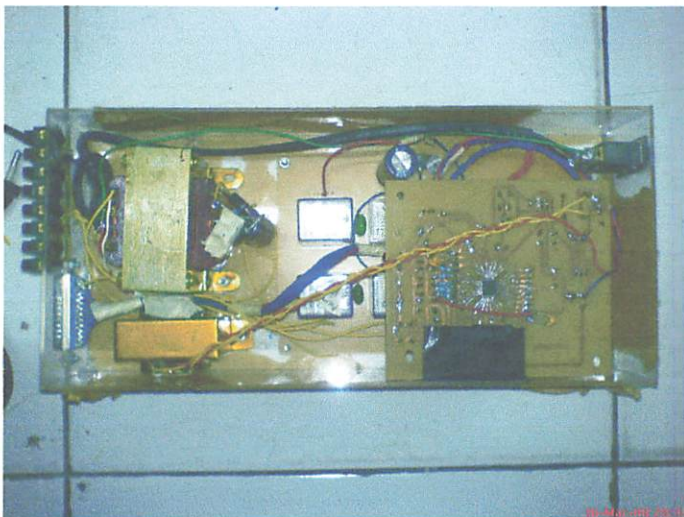
Alat Pencucian Mobil Dilihat Dari Depan



Alat Pencucian Mobil Dilihat Dari Samping



Blower Pemanas Dilihat Dari Atas



Rangkaian Elektronik Dilihat Dari Atas

1. Overview

This MCU is built using the high-performance silicon gate CMOS process using a R8C/Tiny Series CPU core and is packaged in a 32-pin plastic molded LQFP. This MCU operates using sophisticated instructions featuring a high level of instruction efficiency. With 1M bytes of address space, it is capable of executing instructions at high speed.

The data flash ROM (2 KB X 2 blocks) is embedded.

1.1 Applications

Electric household appliance, office equipment, housing equipment (sensor, security), general industrial equipment, audio, etc.

1.2 Performance Overview

Table 1.1. lists the performance outline of this MCU.

Table 1.1 Performance outline

Item		Performance
CPU	Number of basic instructions	89 instructions
	Minimum instruction execution time	50 ns ($f(XIN) = 20$ MHz, $V_{CC} = 3.0$ to 5.5 V) 100 ns ($f(XIN) = 10$ 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	Port	Input/Output: 22 (including LED drive port), Input: 2
	LED drive port	I/O port: 8
	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
	Watchdog timer	15 bits x 1 (with prescaler) Reset start function selectable
	Interrupt	Internal: 11 factors, External: 5 factors, Software: 4 factors, Priority level: 7 levels
	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	Main clock oscillation stop detection function
	Voltage detection circuit	Included
	Power on reset circuit	Included
Electrical characteristics	Supply voltage	$V_{CC} = 3.0$ to 5.5V ($f(XIN) = 20$ MHz) $V_{CC} = 2.7$ to 5.5V ($f(XIN) = 10$ MHz)
	Power consumption	Typ.9 mA ($V_{CC} = 5.0$ V, ($f(XIN) = 20$ MHz) Typ.5 mA ($V_{CC} = 3.0$ V, ($f(XIN) = 10$ MHz) 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 supply voltage	$V_{CC} = 2.7$ to 5.5 V
	Program/erase endurance	10,000 times (Data flash) 1,000 times (Program ROM)
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.

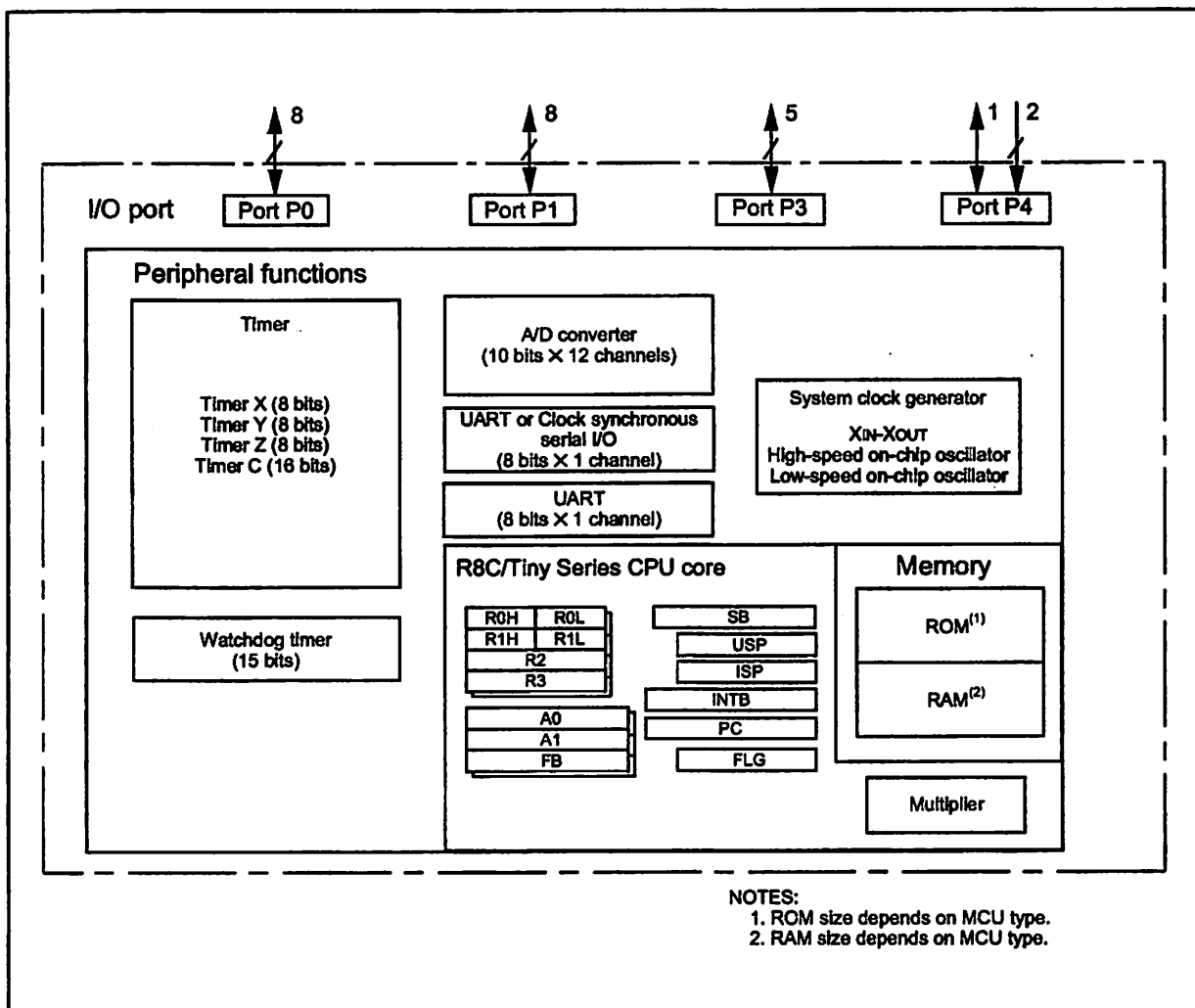


Figure 1.1 Block Diagram

1.4 Product Information

Table 1.2 lists the product information.

Table 1.2 Product Information

As of January 2006

Type No.	ROM capacity		RAM capacity	Package type	Remarks
	Program ROM	Data flash			
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	

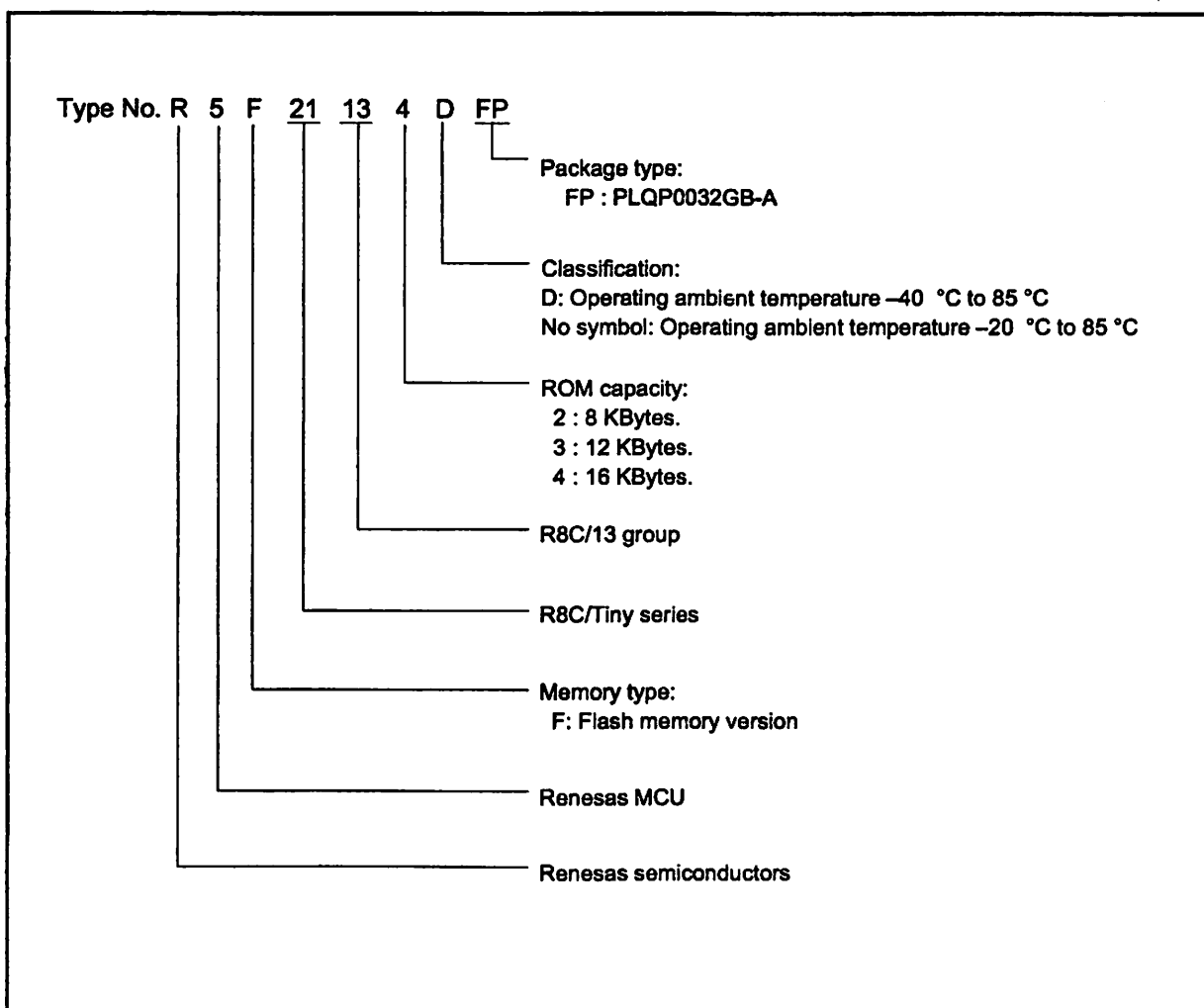


Figure 1.2 Type No., Memory Size, and Package

1.5 Pin Assignments

Figure 1.3 shows the pin configuration (top view).

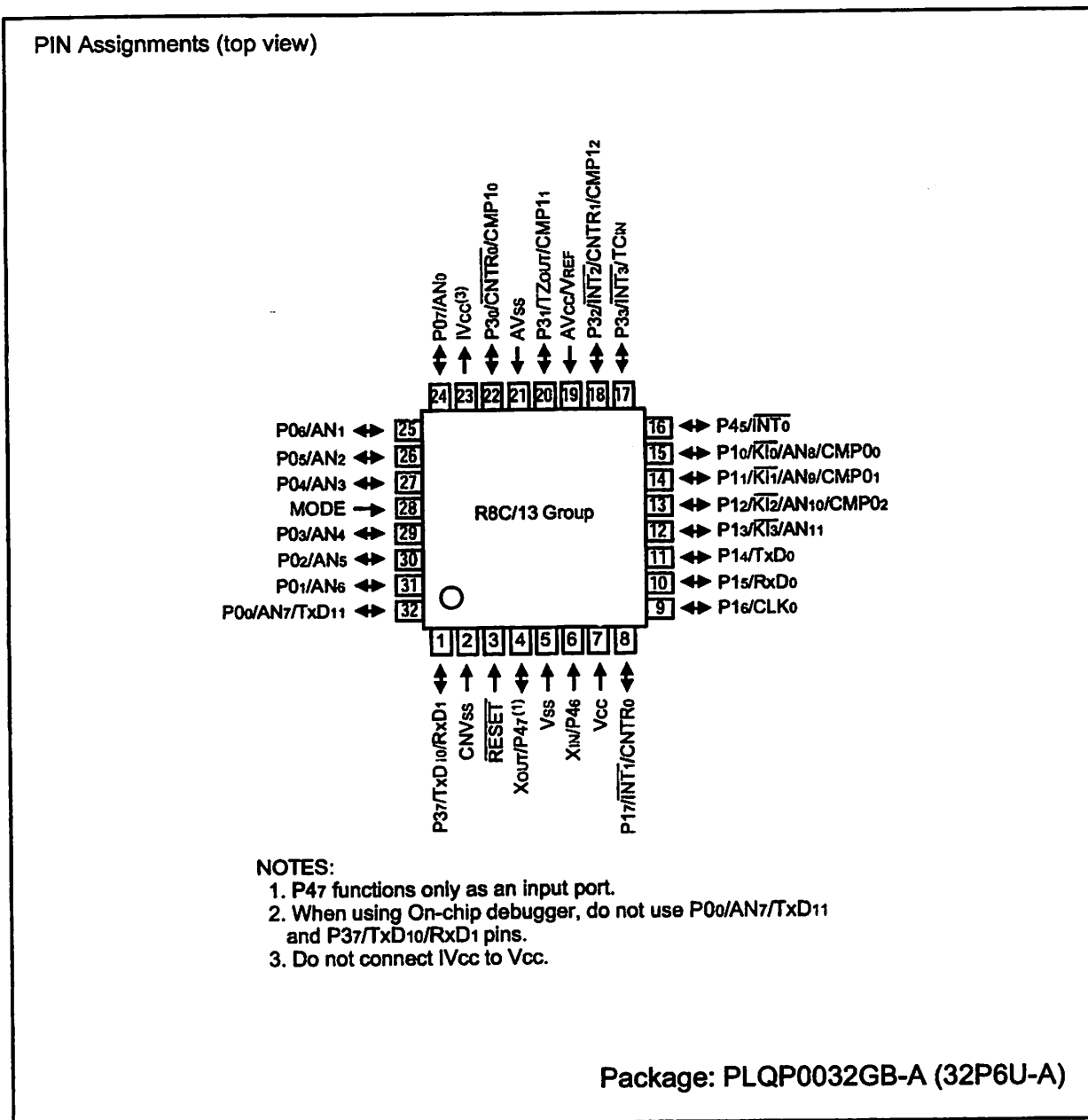


Figure 1.3 Pin Assignments (Top View)

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	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	Input "L" on this pin resets the MCU.
CNVss	CNVss	I	Connect this pin to Vss via a resistor.
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	INT ⁺ interrupt input pins.
Key input interrupt input	KI0 to KI3	I	Key input interrupt pins.
Timer X	CNTR0	I/O	Timer X I/O pin
	CNTR0	O	Timer X output pin
Timer Y	CNTR1	I/O	Timer Y I/O pin
Timer Z	TZOUT	O	Timer Z output pin
Timer C	TCIN	I	Timer C input pin
	CMP00 to CMP02, CMP10 to CMP12	O	The timer C output pins
Serial interface	CLK0	I/O	Transfer clock I/O pin.
	RxD0, RxD1	I	Serial data input pins.
	TxD0, TxD10, TxD11	O	Serial data output pins.
Reference voltage input	VREF	I	Reference voltage input pin for A/D converter. Connect the VREF pin to Vcc.
A/D converter	AN0 to AN11	I	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	Port for input-only

2. Central Processing Unit (CPU)

Figure 2.1 shows the CPU Register. The CPU contains 13 registers. Of these, R0, R1, R2, R3, A0, A1 and FB comprise a register bank. Two sets of register banks are provided.

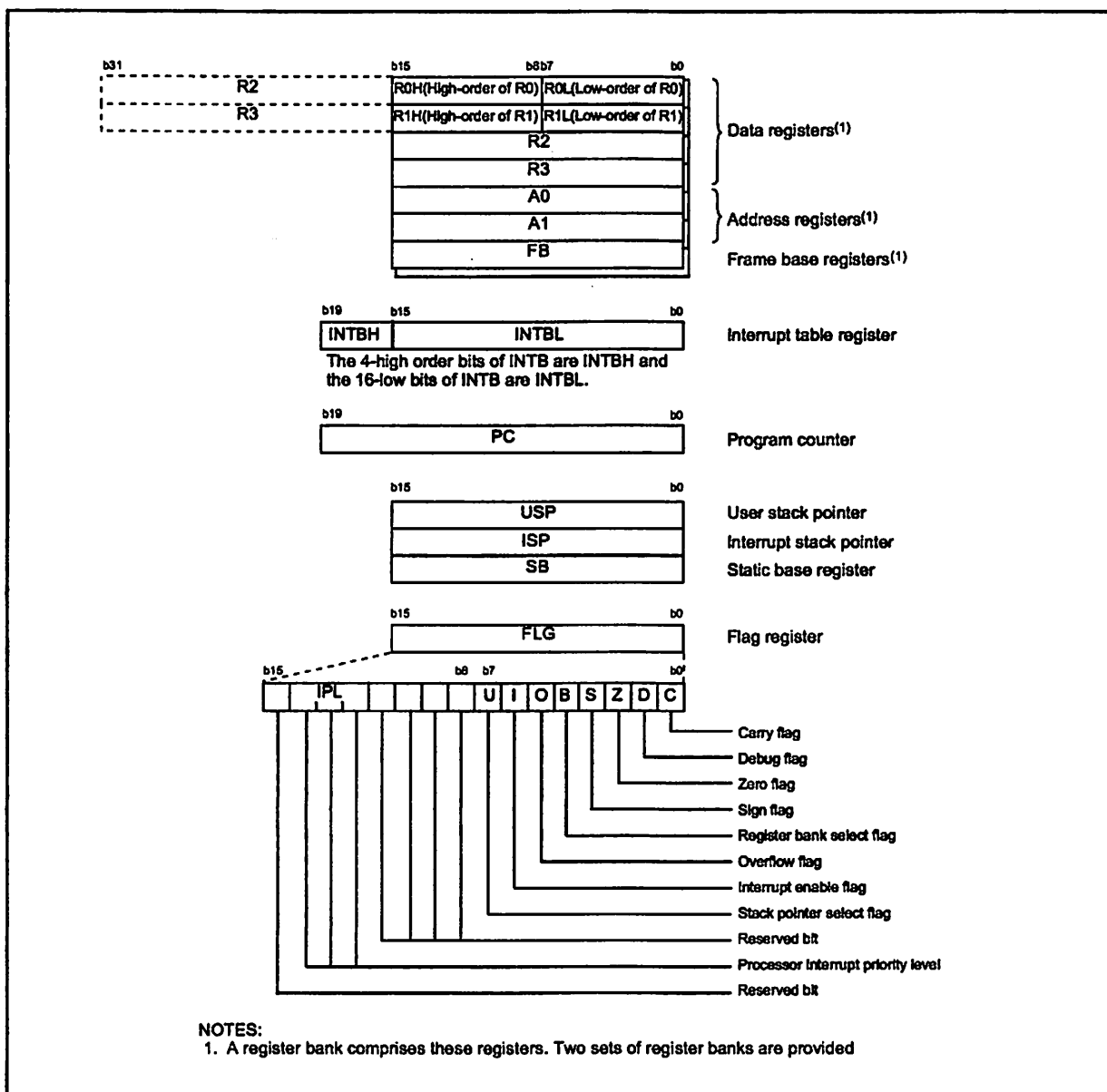


Figure 2.1 CPU Register

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

R0 is a 16-bit register for transfer, arithmetic and logic operations. The same applies to R1 to R3. The R0 can be split into high-order bit (R0H) and low-order bit (R0L) to be used separately as 8-bit data registers. The same applies to R1H and R1L as R0H and R0L. R2 can be combined with R0 to be used as a 32-bit data register (R2R0). The same applies to R3R1 as R2R0.

2.2 Address Registers (A0 and A1)

A0 is a 16-bit register for address register indirect addressing and address register relative addressing. They also are used for transfer, arithmetic and logic operations. The same applies to A1 as A0. A0 can be combined with A1 to be used as a 32-bit address register (A1A0).

2.3 Frame Base Register (FB)

FB is a 16-bit register for FB relative addressing.

2.4 Interrupt Table Register (INTB)

INTB is a 20-bit register indicates the start address of an interrupt vector table.

2.5 Program Counter (PC)

PC, 20 bits wide, indicates the address of an instruction to be executed.

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

The stack pointer (SP), USP and ISP, are 16 bits wide each.

The U flag of FLG is used to switch between USP and ISP.

2.7 Static Base Register (SB)

SB is a 16-bit register for SB relative addressing.

2.8 Flag Register (FLG)

FLG is a 11-bit register indicating the CPU state.

2.8.1 Carry Flag (C)

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

2.8.2 Debug Flag (D)

The D flag is for debug only. Set to "0".

2.8.3 Zero Flag (Z)

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

2.8.4 Sign Flag (S)

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

2.8.5 Register Bank Select Flag (B)

The register bank 0 is selected when the B flag is "0". The register bank 1 is selected when this flag is set to "1".

2.8.6 Overflow Flag (O)

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

2.8.7 Interrupt Enable Flag (I)

The I flag enables a maskable interrupt.

An interrupt is disabled when the I flag is set to "0", and are enabled when the I flag is set to "1". The I flag is set to "0" when an interrupt request is acknowledged.

2.8.8 Stack Pointer Select Flag (U)

ISP is selected when the U flag is set to "0", USP is selected when the U flag is set to "1".

The U flag is set to "0" when a hardware interrupt request is acknowledged or the INT instruction of software interrupt numbers 0 to 31 is executed.

2.8.9 Processor Interrupt Priority Level (IPL)

IPL, 3 bits wide, assigns processor interrupt priority levels from level 0 to level 7.

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

2.8.10 Reserved Bit

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

3. Memory

Figure 3.1 is a memory map of this MCU. This MCU provides 1-Mbyte address space from addresses 00000₁₆ to FFFFF₁₆.

The internal ROM (program ROM) is allocated lower addresses beginning with address 0C000₁₆. For example, a 16-Kbyte internal ROM is allocated addresses from 0C000₁₆ to 0FFFF₁₆.

The fixed interrupt vector table is allocated addresses 0FFDC₁₆ to 0FFFF₁₆. They store the starting address of each interrupt routine.

The internal ROM (data flash) is allocated addresses from 02000₁₆ to 02FFF₁₆.

The internal RAM is allocated higher addresses beginning with address 00400₁₆. For example, a 1-Kbyte internal RAM is allocated addresses 00400₁₆ to 007FF₁₆. The internal RAM is used not only for storing data, but for calling subroutines and stacks when interrupt request is acknowledged.

Special function registers (SFR) are allocated addresses 00000₁₆ to 002FF₁₆. The peripheral function control registers are located there. All addresses, which have nothing allocated within the SFR, are reserved area and cannot be accessed by users.

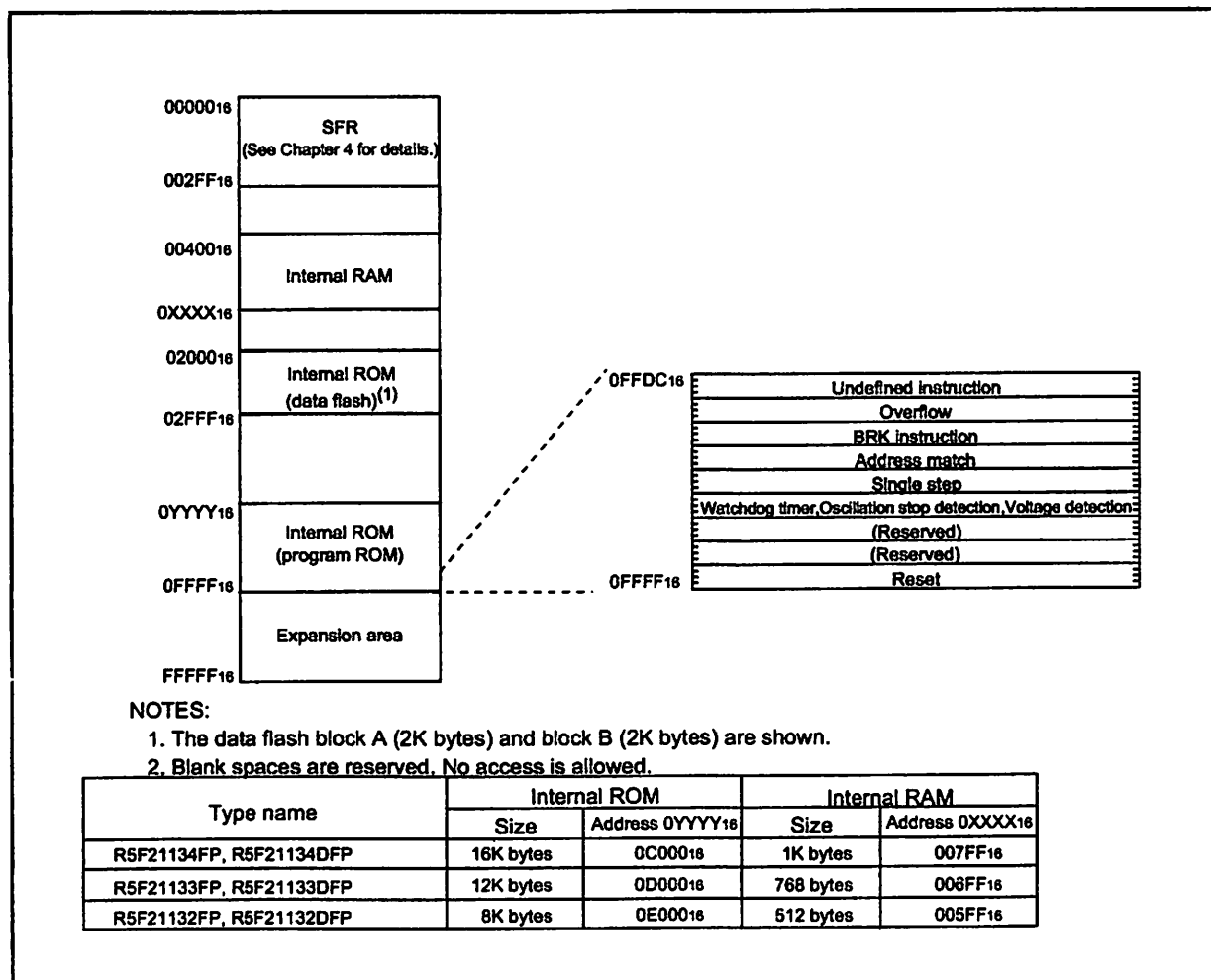


Figure 3.1 Memory Map

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 _{ns}			
0001 _{ns}			
0002 _{ns}			
0003 _{ns}			
0004 _{ns}	Processor mode register 0 ⁽¹⁾	PM0	0016
0005 _{ns}	Processor mode register 1	PM1	0016
0006 _{ns}	System clock control register 0	CM0	011010002
0007 _{ns}	System clock control register 1	CM1	001000002
0008 _{ns}	High-speed on-chip oscillator control register 0	HR0	0016
0009 _{ns}	Address match interrupt enable register	AIER	XXXXXX002
000A _{ns}	Protect register	PRCR	00XX0002
000B _{ns}	High-speed on-chip oscillator control register 1	HR1	4016
000C _{ns}	Oscillation stop detection register	OSD	000001002
000D _{ns}	Watchdog timer reset register	WDTR	XX16
000E _{ns}	Watchdog timer start register	WDTS	XX16
000F _{ns}	Watchdog timer control register	WDC	000111112
0010 _{ns}	Address match interrupt register 0	RMAD0	0016
0011 _{ns}			0016
0012 _{ns}			X016
0013 _{ns}			
0014 _{ns}	Address match interrupt register 1	RMAD1	0016
0015 _{ns}			0016
0016 _{ns}			X016
0017 _{ns}			
0018 _{ns}			
0019 _{ns}	Voltage detection register 1 ⁽²⁾	VCR1	000010002
001A _{ns}	Voltage detection register 2 ⁽²⁾	VCR2	0016 ⁽³⁾
001B _{ns}			100000002 ⁽⁴⁾
001C _{ns}			
001D _{ns}			
001E _{ns}	INT0 input filter select register	INT0F	XXXXX0002
001F _{ns}	Voltage detection interrupt register ⁽²⁾	D4INT	0016 ⁽³⁾
0020 _{ns}			010000012 ⁽⁴⁾
0021 _{ns}			
0022 _{ns}			
0023 _{ns}			
0024 _{ns}			
0025 _{ns}			
0026 _{ns}			
0027 _{ns}			
0028 _{ns}			
0029 _{ns}			
002A _{ns}			
002B _{ns}			
002C _{ns}			
002D _{ns}			
002E _{ns}			
002F _{ns}			
0030 _{ns}			
0031 _{ns}			
0032 _{ns}			
0033 _{ns}			
0034 _{ns}			
0035 _{ns}			
0036 _{ns}			
0037 _{ns}			
0038 _{ns}			
0039 _{ns}			
003A _{ns}			
003B _{ns}			
003C _{ns}			
003D _{ns}			
003E _{ns}			
003F _{ns}			

X : Undefined

NOTES:

- Blank spaces are reserved. No access is allowed.
- Software reset or the watchdog timer reset does not affect this register.
- Owing to Reset input.
- 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 spaces are reserved. No access is allowed.

Table 4.3 SFR Information(3)⁽¹⁾

Address	Register	Symbol	After reset
0080 ₁₆	Timer Y, Z mode register	TYZMR	0016
0081 ₁₆	Prescaler Y register	PREY	FF16
0082 ₁₆	Timer Y secondary register	TYSC	FF16
0083 ₁₆	Timer Y primary register	TYPR	FF16
0084 ₁₆	Timer Y, Z waveform output control register	PUM	0016
0085 ₁₆	Prescaler Z register	PREZ	FF16
0086 ₁₆	Timer Z secondary register	TZSC	FF16
0087 ₁₆	Timer Z primary register	TZPR	FF16
0088 ₁₆			
0089 ₁₆			
008A ₁₆	Timer Y, Z output control register	TYZOC	0016
008B ₁₆	Timer X mode register	TXMR	0016
008C ₁₆	Prescaler X register	PREX	FF16
008D ₁₆	Timer X register	TX	FF16
008E ₁₆	Count source set register	TCSS	0016
008F ₁₆			
0090 ₁₆	Timer C register	TC	0016
0091 ₁₆			0016
0092 ₁₆			
0093 ₁₆			
0094 ₁₆			
0095 ₁₆			
0096 ₁₆	External input enable register	INTEN	0016
0097 ₁₆			
0098 ₁₆	Key input enable register	KIEN	0016
0099 ₁₆			
009A ₁₆	Timer C control register 0	TCC0	0016
009B ₁₆	Timer C control register 1	TCC1	0016
009C ₁₆	Capture, compare 0 register	TM0	0016
009D ₁₆			0016 ⁽²⁾
009E ₁₆	Compare 1 register	TM1	FF16
009F ₁₆			FF16
00A0 ₁₆	UART0 transmit/receive mode register	U0MR	0016
00A1 ₁₆	UART0 bit rate register	U0BRG	XX16
00A2 ₁₆	UART0 transmit buffer register	U0TB	XX16
00A3 ₁₆			XX16
00A4 ₁₆	UART0 transmit/receive control register 0	U0C0	000010002
00A5 ₁₆	UART0 transmit/receive control register 1	U0C1	000000102
00A6 ₁₆	UART0 receive buffer register	U0RB	XX16
00A7 ₁₆			XX16
00A8 ₁₆	UART1 transmit/receive mode register	U1MR	0016
00A9 ₁₆	UART1 bit rate register	U1BRG	XX16
00AA ₁₆	UART1 transmit buffer register	U1TB	XX16
00AB ₁₆			XX16
00AC ₁₆	UART1 transmit/receive control register 0	U1C0	000010002
00AD ₁₆	UART1 transmit/receive control register 1	U1C1	000000102
00AE ₁₆	UART1 receive buffer register	U1RB	XX16
00AF ₁₆			XX16
00B0 ₁₆	UART transmit/receive control register 2	UCON	0016
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:

- Blank spaces are reserved. No access is allowed.
- When output compare mode (the TCC13 bit in the TCC1 register = 1) is selected, the value after reset is set to "FFFF16".

Table 4.4 SFR Information(4)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
00C0 _h	AD register	AD	XX16
00C1 _h			XX16
00C2 _h			
00C3 _h			
00C4 _h			
00C5 _h			
00C6 _h			
00C7 _h			
00C8 _h			
00C9 _h			
00CA _h			
00CB _h			
00CC _h			
00CD _h			
00CE _h			
00CF _h			
00D0 _h			
00D1 _h			
00D2 _h			
00D3 _h			
00D4 _h	AD control register 2	ADCON2	0016
00D5 _h			
00D6 _h	AD control register 0	ADCON0	00000XXX2
00D7 _h	AD control register 1	ADCON1	0016
00D8 _h			
00D9 _h			
00DA _h			
00DB _h			
00DC _h			
00DD _h			
00DE _h			
00DF _h			
00E0 _h	Port P0 register	P0	XX16
00E1 _h	Port P1 register	P1	XX16
00E2 _h	Port P0 direction register	PD0	0016
00E3 _h	Port P1 direction register	PD1	0016
00E4 _h			
00E5 _h	Port P3 register	P3	XX16
00E6 _h			
00E7 _h	Port P3 direction register	PD3	0016
00E8 _h	Port P4 register	P4	XX16
00E9 _h			
00EA _h	Port P4 direction register	PD4	0016
00EB _h			
00EC _h			
00ED _h			
00EE _h			
00EF _h			
00F0 _h			
00F1 _h			
00F2 _h			
00F3 _h			
00F4 _h			
00F5 _h			
00F6 _h			
00F7 _h			
00F8 _h			
00F9 _h			
03FA _h			
03FB _h			
00FC _h	Pull-up control register 0	PUR0	00XX00002
00FD _h	Pull-up control register 1	PUR1	XXXXXX0X2
00FE _h	Port P1 drive capacity control register	DRR	0016
00FF _h	Timer C output control register	TCOUT	0016
~ ~ ~			
01B3 _h	Flash memory control register 4	FMR4	010000002
01B4 _h			
01B5 _h	Flash memory control register 1	FMR1	1000000X2
01B6 _h			
01B7 _h	Flash memory control register 0	FMR0	000000012
0FFF _h	Option function select register ⁽²⁾	OFS	(Note 2)

X : Undefined

NOTES:

- Blank columns, 0100_h to 01B2_h and 01B8_h to 02FF_h are all reserved. No access is allowed.
- The watchdog timer control bit is assigned. Refer to "Figure 11.2 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} (¹)	—	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	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	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
			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
			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

NOTES:

- V_{cc} = AV_{cc} = 2.7 to 5.5V at T_{opr} = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, unless otherwise specified.
- The typical values when average output current is 100ms.
- Hold 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	$f_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 5.0 \text{ V}$	—	—	± 3	LSB
		8 bit mode	$f_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 5.0 \text{ V}$	—	—	± 2	LSB
		10 bit mode	$f_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 3.3 \text{ V}^{(3)}$	—	—	± 5	LSB
		8 bit mode	$f_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 3.3 \text{ V}^{(3)}$	—	—	± 2	LSB
R_{LADDER}	Ladder resistance		$V_{REF} = V_{CC}$	10	—	40	$k\Omega$
t_{CONV}	Conversion time		10 bit mode	$f_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 5.0 \text{ V}$	3.3	—	μs
			8 bit mode	$f_{AD} = 10 \text{ MHz}$, $V_{ref} = V_{CC} = 5.0 \text{ V}$	2.8	—	μs
V_{REF}	Reference voltage			—	$V_{CC}^{(4)}$	—	V
V_{IA}	Analog input voltage			0	—	V_{ref}	V
—	A/D operating clock frequency ⁽²⁾	Without sample & hold		0.25	—	10	MHz
		With sample & hold		1.0	—	10	MHz

NOTES:

- $V_{CC} = AV_{CC} = 2.7$ to 5.5 V at $T_{opr} = -20$ to $85 \text{ }^\circ\text{C}$ / -40 to $85 \text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.
- If f_{AD} exceeds 10 MHz more, divide the f_{AD} and hold A/D operating clock frequency (ϕ_{AD}) 10 MHz or below.
- If the AV_{CC} is less than 4.2 V , divide the f_{AD} and hold A/D operating clock frequency (ϕ_{AD}) $f_{AD}/2$ or below.
- Hold $V_{CC} = V_{ref}$.

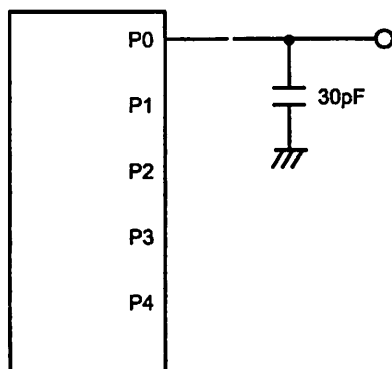


Figure 5.1 Port P0 to P4 measurement circuit

Table 5.4 Flash Memory (Program ROM) Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max	
—	Program/Erase endurance ⁽²⁾		1000 ⁽³⁾	—	—	times
—	Byte program time		—	50	—	μs
—	Block erase time		—	0.4	—	s
t _{d(SR-ES)}	Time delay from Suspend Request until Erase Suspend		—	—	8	ms
—	Erase Suspend Request Interval		10	—	—	ms
—	Program, Erase Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Read Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Program, Erase Temperature		0	—	60	°C
—	Data hold time ⁽⁷⁾	Ambient temperature = 55 °C	20	—	—	year

NOTES:

1. Referenced to V_{CC}=AV_{CC}=2.7 to 5.5V at Topr = 0°C to 60°C unless otherwise specified.
2. Definition of Program/Erase
The endurance of Program/Erase shows a time for each block.
If the program/erase number is "n" (n = 1000, 10000), "n" times erase can be performed for each block.
For example, if performing one-byte write to the distinct addresses on Block A of 2K-byte block 2048 times and then erasing that block, the number of Program/Erase cycles is one time.
However, performing multiple writes to the same address before an erase operation is prohibited (overwriting prohibited).
3. Numbers of Program/Erase cycles for which all electrical characteristics is guaranteed.
4. To reduce the number of Program/Erase cycles, a block erase should ideally be performed after writing in series as many distinct addresses (only one time each) as possible. If programming a set of 16 bytes, write up to 128 sets and then erase them one time. This will result in ideally reducing the number of Program/Erase cycles. Additionally, averaging the number of Program/Erase cycles for Block A and B will be more effective. It is important to track the total number of block erases and restrict the number.
5. If error occurs during block erase, attempt to execute the clear status register command, then the block erase command at least three times until the erase error disappears.
6. Customers desiring Program/Erase failure rate information should contact their Renesas technical support representative.
7. The data hold time includes time that the power supply is off or the clock is not supplied.

Table 5.5 Flash Memory (Data flash Block A, Block B) Electrical Characteristics⁽⁴⁾

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
—	Program/Erase endurance ⁽²⁾		10000 ⁽³⁾	—	—	times
—	Byte program time(program/erase endurance ≤1000 times)		—	50	400	μs
—	Byte program time(program/erase endurance >1000 times)		—	65	—	μs
—	Block erase time(program/erase endurance ≤1000 times)		—	0.2	9	s
—	Block erase time(program/erase endurance >1000 times)		—	0.3	—	s
t _d (SR-ES)	Time delay from Suspend Request until Erase Suspend		—	—	8	ms
—	Erase Suspend Request Interval		10	—	—	ms
—	Program, Erase Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Read Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Program/Erase Temperature		-20(-40) ⁽⁸⁾	—	85	°C
—	Data hold time ⁽⁹⁾	Ambient temperature = 55 °C	20	—	—	year

NOTES:

1. Referenced to V_{CC}=AV_{CC}=2.7 to 5.5V at Topr = -20°C to 85°C / -40°C to 85°C unless otherwise specified.
2. Definition of Program/Erase
The endurance of Program/Erase shows a time for each block.
If the program/erase number is "n" (n = 1000, 10000), "n" times erase can be performed for each block.
For example, if performing one-byte write to the distinct addresses on Block A of 2K-byte block 2048 times and then erasing that block, the number of Program/Erase cycles is one time.
However, performing multiple writes to the same address before an erase operation is prohibited (overwriting prohibited).
3. Numbers of Program/Erase cycles for which all electrical characteristics is guaranteed.
4. Table 5.5 applies for Block A or B when the Program/Erase cycles are more than 1000. The byte program time up to 1000 cycles are the same as that of the program area (see Table 5.4).
5. To reduce the number of Program/Erase cycles, a block erase should ideally be performed after writing in series as many distinct addresses (only one time each) as possible. If programming a set of 16 bytes, write up to 128 sets and then erase them one time. This will result in ideally reducing the number of Program/Erase cycles. Additionally, averaging the number of Program/Erase cycles for Block A and B will be more effective. It is important to track the total number of block erases and restrict the number.
6. If error occurs during block erase, attempt to execute the clear status register command, then the block erase command at least three times until the erase error disappears.
7. Customers desiring Program/Erase failure rate information should contact their Renesas technical support representative.
8. -40 °C for D version.
9. The data hold time includes time that the power supply is off or the clock is not supplied.

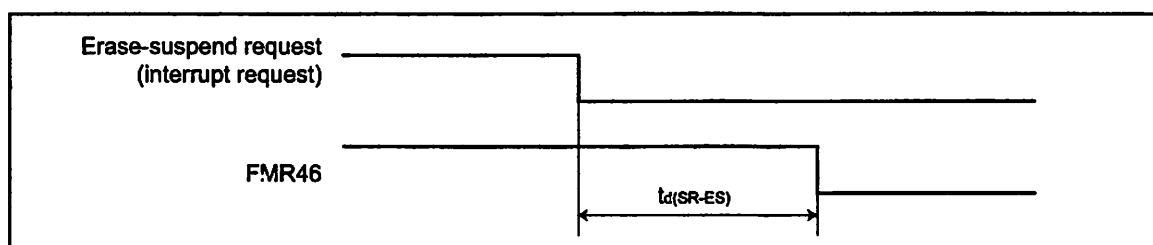


Figure 5.2 Time delay from Suspend Request until Erase Suspend

Table 5.6 Voltage Detection Circuit Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vdet	Voltage detection level		3.3	3.8	4.3	V
	Voltage detection interrupt request generating time ⁽²⁾			40		μs
	Voltage detection circuit self consumption current	VC27=1, VCC=5.0V		600	—	nA
td(EA)	Waiting time until voltage detection circuit operation starts ⁽³⁾				20	μs
Vccmin	Microcomputer operation voltage minimum value		2.7			V

- NOTES:
- The measuring condition is Vcc=AVcc=2.7V to 5.5V and Topr=-40°C to 85°C.
 - This shows the time until the voltage detection interrupt request is generated since the voltage passes Vdet.
 - This shows the required time until the voltage detection circuit operates when setting to "1" again after setting the VC27 bit in the VCR2 register to "0".

Table 5.7 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Using Hardware Reset 2^(1, 3))

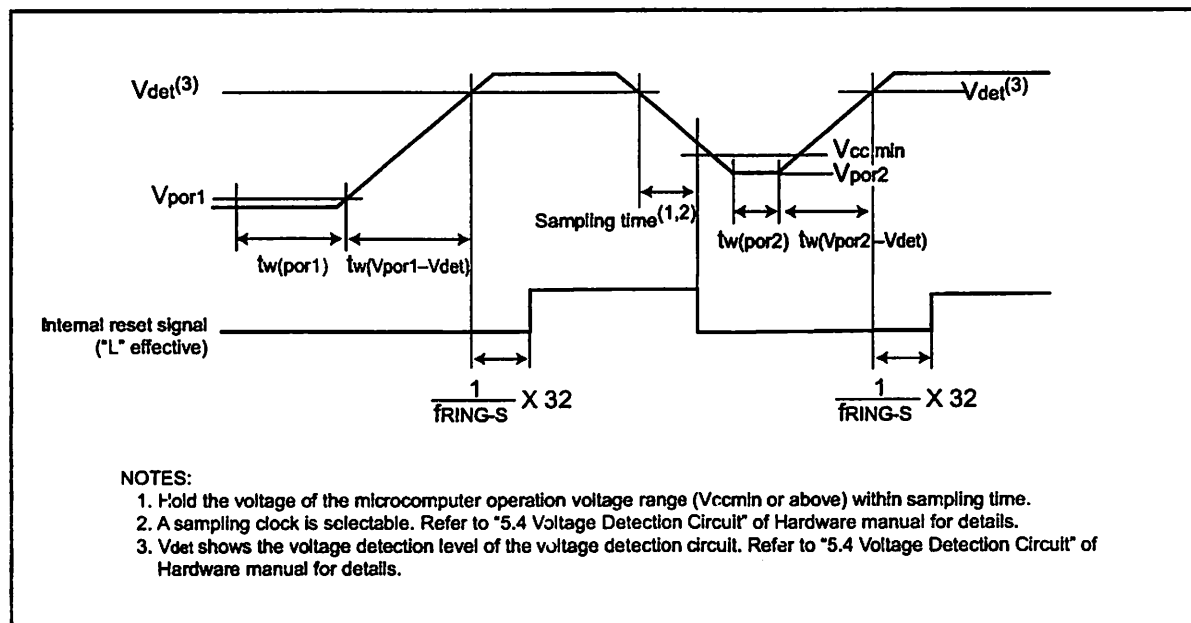
Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vpor2	Power-on reset valid voltage	-20°C ≤ Topr < 85°C	—	—	Vdet	V
tw(Vpor2-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled ⁽²⁾	-20°C ≤ Topr < 85°C, tw(por2) ≥ 0s ⁽⁴⁾	—	—	100	ms

- NOTES:
- The voltage detection circuit which is embedded in a microcomputer is a factor to generate the hardware reset 2. Refer to 5.1.2 Hardware Reset 2 of Hardware Manual for details.
 - This condition is not applicable when using VCC ≥ 1.0V.
 - When turning power on after the external power has been held below the valid voltage (Vpor1) for greater than 10 seconds, refer to Table 5.8 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Not Using Hardware Reset 2).
 - tw(por2) is time to hold the external power below effective voltage (Vpor2).

Table 5.8 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Not Using Hardware Reset 2)

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vpor1	Power-on reset valid voltage	-20°C ≤ Topr < 85°C	—	—	0.1	V
tw(Vpor1-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	0°C ≤ Topr ≤ 85°C, tw(por1) ≥ 10s ⁽²⁾	—	—	100	ms
tw(Vpor1-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	-20°C ≤ Topr < 0°C, tw(por1) ≥ 30s ⁽²⁾	—	—	100	ms
tw(Vpor1-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	-20°C ≤ Topr < 0°C, tw(por1) ≥ 10s ⁽²⁾	—	—	1	ms
tw(Vpor1-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	0°C ≤ Topr ≤ 85°C, tw(por1) ≥ 1s ⁽²⁾	—	—	0.5	ms

- NOTES:
- When not using hardware reset 2, use with Vcc ≥ 2.7V.
 - tw(por1) is time to hold the external power below effective voltage (Vpor1).



- NOTES:
- Hold the voltage of the microcomputer operation voltage range (Vccmin or above) within sampling time.
 - A sampling clock is selectable. Refer to "5.4 Voltage Detection Circuit" of Hardware manual for details.
 - Vdet shows the voltage detection level of the voltage detection circuit. Refer to "5.4 Voltage Detection Circuit" of Hardware manual for details.

Figure 5.3 Reset Circuit Electrical Characteristics

Table 5.9 High-speed On-Chip Oscillator Circuit Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
—	High-speed on-chip oscillator frequency 1 / (td(HRoffset)+td(HR)) when the reset is released	VCC=5.0V, Topr=25 °C Set "401e" in the HR1 register	—	8	—	MHz
td(HRoffset)	Settable high-speed on-chip oscillator minimum period	VCC=5.0V, Topr=25 °C Set "001e" in the HR1 register	—	61	—	ns
td(HR)	High-speed on-chip oscillator period adjusted unit	Differences when setting "011e" and "001e" in the HR register	—	1	—	ns
—	High-speed on-chip oscillator frequency temperature dependence(1)	Frequency fluctuation in temperature range of -10 °C to 50 °C	—	±5	—	%
—	High-speed on-chip oscillator frequency temperature dependence(2)	Frequency fluctuation in temperature range of -40 °C to 85 °C	—	±10	—	%

NOTES:

1. The measuring condition is Vcc=AVcc=5.0 V and Topr=25 °C.

Table 5.10 Power Circuit Timing Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Min.	Standard	Max.	Unit
				Typ.		
td(P-R)	Time for internal power supply stabilization during power-on(2)		1	—	2000	μs
td(R-S)	STOP release time(3)		—	—	150	μs

NOTES:

1. The measuring condition is Vcc=AVcc=2.7 to 5.5 V and Topr=25 °C.

2. This shows the wait time until the internal power supply generating circuit is stabilized during power-on.

3. This shows the time until BCLK starts from the interrupt acknowledgement to cancel stop mode.

Table 5.11 Electrical Characteristics (1) [Vcc=5V]

Symbol	Parameter		Measuring condition	Standard			Unit	
				Min.	Typ.	Max.		
V _{OH}	"H" output voltage	Except Xout	I _{OH} =5mA	Vcc-2.0	—	Vcc	V	
			I _{OH} =200μA	Vcc-0.3	—	Vcc	V	
		Xout	Drive capacity HIGH	I _{OH} =1 mA	Vcc-2.0	—	Vcc	V
			Drive capacity LOW	I _{OH} =500μA	Vcc-2.0	—	Vcc	V
V _{OL}	"L" output voltage	Except P10 to P17, Xout	I _{OL} =5 mA	—	—	2.0	V	
			I _{OL} =200 μA	—	—	0.45	V	
		P10 to P17	Drive capacity HIGH	I _{OL} =15 mA	—	—	2.0	V
			Drive capacity LOW	I _{OL} =5 mA	—	—	2.0	V
			Drive capacity LOW	I _{OL} =200 μA	—	—	0.45	V
			Drive capacity HIGH	I _{OL} =1 mA	—	—	2.0	V
		Xout	Drive capacity LOW	I _{OL} =500 μA	—	—	2.0	V
		V _{T+} -V _{T-}	Hysteresis	INT0, INT1, INT2, INT3, K0, K1, K2, K3, CNTR0, CNTR1, TCN, RxD0, RxD1, P45		0.2	—	1.0
RESET				0.2	—	2.2	V	
I _{IH}	"H" input current		V _I =5V	—	—	5.0	μA	
I _{IL}	"L" input current		V _I =0V	—	—	-5.0	μA	
R _{PULLUP}	Pull-up resistance		V _I =0V	30	50	167	kΩ	
R _{FB}	Feedback resistance	X _{IN}		—	1.0	—	MΩ	
f _{OSC-S}	Low-speed on-chip oscillator frequency			40	125	250	kHz	
V _{RAM}	RAM retention voltage		At stop mode	2.0	—	—	V	

NOTES:

1. Referenced to Vcc = AVcc = 4.2 to 5.5V at Topr = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(X_{IN})=20MHz unless otherwise specified.

Table 5.12 Electrical Characteristics (2) [Vcc=5V]

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
I _{CC}	Power supply current (V _{CC} =3.3 to 5.5V) In single-chip mode, the output pins are open and other pins are V _{SS}	High-speed mode	X _{IN} =20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	9	15	mA
			X _{IN} =16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	8	14	mA
			X _{IN} =10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	5	—	mA
		Medium-speed mode	X _{IN} =20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	4	—	mA
			X _{IN} =16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	3	—	mA
			X _{IN} =10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	2	—	mA
		High-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator on=8 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	4	8	mA
			Main clock off High-speed on-chip oscillator on=8 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	1.5	—	mA
		Low-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	470	900	μA
		Wait mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed ⁽¹⁾ Peripheral clock operation VC27="0"	—	40	80	μA
Wait mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed ⁽¹⁾ Peripheral clock off VC27="0"	—	38	76	μA		
Stop mode	Main clock off, T _{OPR} =-25 °C High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator off CM10="1" Peripheral clock off VC27="0"	—	0.8	3.0	μA		

NOTES:

1. Timer Y is operated with timer mode.
2. Referenced to V_{CC} = AV_{CC} = 4.2 to 5.5V at T_{OPR} = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(X_{IN})=20MHz unless otherwise specified.

Timing requirements [V_{CC}=5V] (Unless otherwise noted: V_{CC} = 5V, V_{SS} = 0V at T_{opr} = 25 °C)

Table 5.13 XIN input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _c (XIN)	XIN input cycle time	50	–	ns
t _{WH} (XIN)	XIN input HIGH pulse width	25	–	ns
t _{WL} (XIN)	XIN input LOW pulse width	25	–	ns

Table 5.14 CNTR0 input, CNTR1 input, INT2 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _c (CNTR0)	CNTR0 input cycle time	100	–	ns
t _{WH} (CNTR0)	CNTR0 input HIGH pulse width	40	–	ns
t _{WL} (CNTR0)	CNTR0 input LOW pulse width	40	–	ns

Table 5.15 TCIN input, INT3 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _c (TCIN)	TCIN input cycle time	400 ⁽¹⁾	–	ns
t _{WH} (TCIN)	TCIN input HIGH pulse width	200 ⁽²⁾	–	ns
t _{WL} (TCIN)	TCIN input LOW pulse width	200 ⁽²⁾	–	ns

NOTES:

1. When using the Timer C input capture mode, adjust the cycle time above (1/ Timer C count source frequency x 3).
2. When using the Timer C input capture mode, adjust the pulse width above (1/ Timer C count source frequency x 1.5).

Table 5.5 Serial Interface

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _c (CK)	CLKi input cycle time	200	–	ns
t _w (CKH)	CLKi input HIGH pulse width	100	–	ns
t _w (CKL)	CLKi input LOW pulse width	100	–	ns
t _d (C-Q)	TxDi output delay time	–	80	ns
t _h (C-Q)	TxDi hold time	0	–	ns
t _{su} (D-C)	RxDi input setup time	35	–	ns
t _h (C-D)	RxDi input hold time	90	–	ns

Table 5.17 External interrupt INT0 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _w (INH)	INT0 input HIGH pulse width	250 ⁽¹⁾	–	ns
t _w (INL)	INT0 input LOW pulse width	250 ⁽²⁾	–	ns

NOTES:

1. When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input HIGH pulse width to the greater value, either (1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.
2. When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input LOW pulse width to the greater value, either (1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.

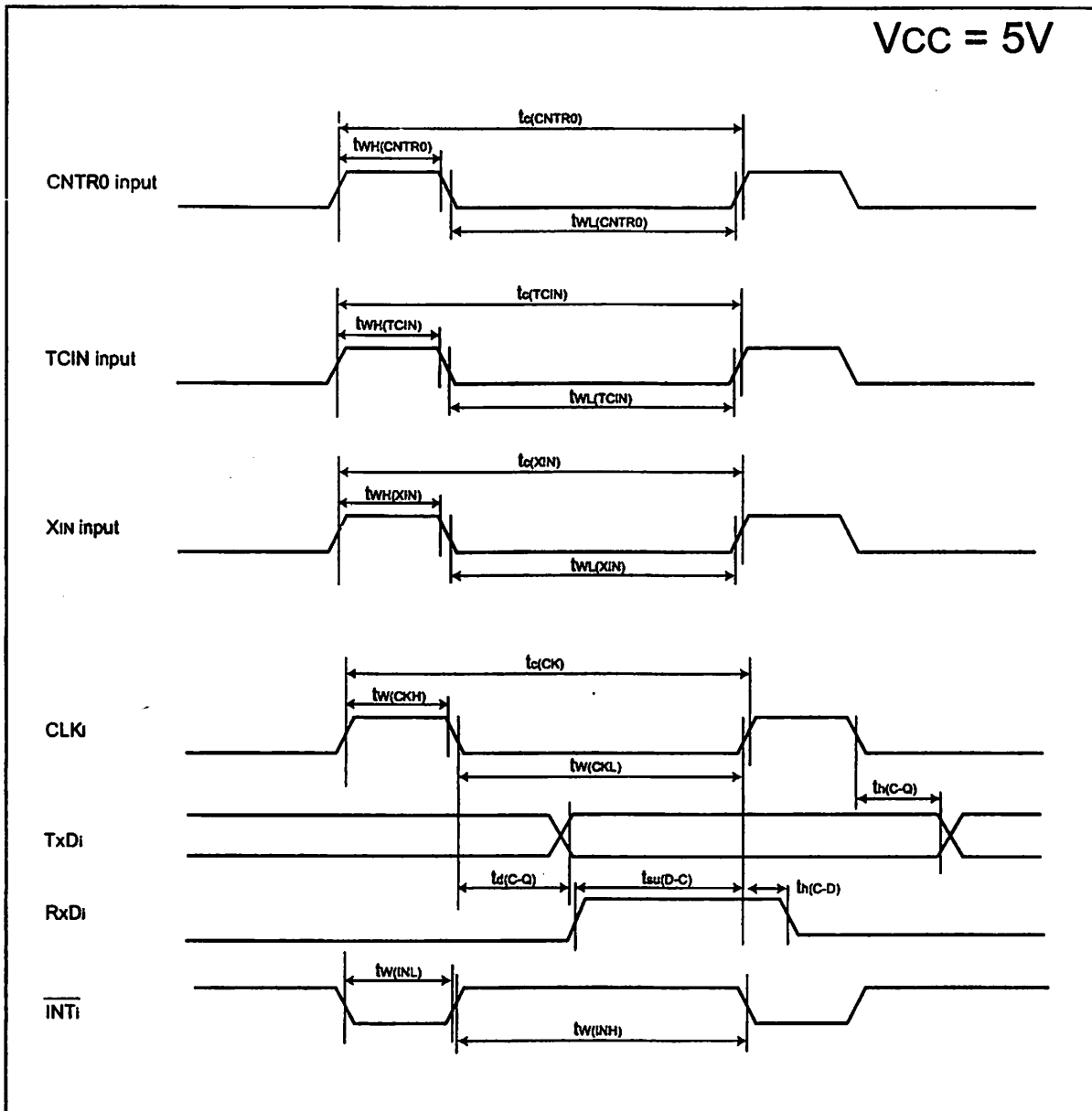


Figure 5.4 Vcc=5V timing diagram

Table 5.18 Electrical Characteristics (3) [Vcc=3V]

Symbol	Parameter		Measuring condition		Standard			Unit
					Min.	Typ.	Max.	
V _{OH}	"H" output voltage	Except Xout	I _{OH} =-1mA		Vcc-0.5	—	Vcc	V
		Xout	Drive capacity HIGH	I _{OH} =-0.1 mA	Vcc-0.5	—	Vcc	v
			Drive capacity LOW	I _{OH} =-50 μA	Vcc-0.5	—	Vcc	v
V _{OL}	"L" output voltage	Except P10 to P17, Xout	I _{OL} = 1 mA		—	—	0.5	V
		P10 to P17	Drive capacity HIGH	I _{OL} = 2 mA	—	—	0.5	V
			Drive capacity LOW	I _{OL} = 1 mA	—	—	0.5	v
		Xout	Drive capacity HIGH	I _{OL} = 0.1 mA	—	—	0.5	V
			Drive capacity LOW	I _{OL} =50 μA	—	—	0.5	v
V _{T+} -V _{T-}	Hysteresis	INT0, INT1, INT2, INT3, KI0, KI1, KI2, KI3, CNTR0, CNTR1, TCIN, RxD0, RxD1, P45			0.2	—	0.8	V
		RESET			0.2	—	1.8	V
I _{IH}	"H" input current			V _I =3V	—	—	4.0	μA
I _{IL}	"L" input current			V _I =0V	—	—	-4.0	μA
R _{PULLUP}	Pull-up resistance			V _I =0V	66	160	500	kΩ
R _{FXN}	Feedback resistance	XIN			—	3.0	—	MΩ
f _{OSC-S}	Low-speed on-chip oscillator frequency				40	125	250	KHz
V _{RAM}	RAM retention voltage			At stop mode	2.0	—	—	V

NOTES:

1. Referenced to Vcc = AVcc = 2.7 to 3.3V at T_{opr} = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(XIN)=10MHz unless otherwise specified.

Table 5.19 Electrical Characteristics (4) [V_{CC}=3V]

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
I _{CC}	Power supply current (V _{CC} =2.7 to 3.3V) In single-chip mode, the output pins are open and other pins are V _{SS}	High-speed mode Xin=20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	8	13	mA
		Xin=16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	7	12	mA
		Xin=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	5	—	mA
		Medium-speed mode Xin=20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	3	—	mA
		Xin=16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	2.5	—	mA
		Xin=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	1.6	—	mA
		High-speed on-chip oscillator mode Main clock off High-speed on-chip oscillator on=8 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	—	3.5	7.5	mA
		Main clock off High-speed on-chip oscillator on=8 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	1.5	—	mA
Low-speed on-chip oscillator mode Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	420	800	μA		
Wait mode Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed ⁽¹⁾ Peripheral clock operation VC27="0"	—	37	74	μA		
Wait mode Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed ⁽¹⁾ Peripheral clock off VC27="0"	—	35	70	μA		
Stop mode Main clock off, Topr=-25 °C High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator off CM10="1" Peripheral clock off VC27="0"	—	0.7	3.0	μA		

NOTES:

1. Timer Y is operated with timer mode.
2. Referenced to V_{CC} = AV_{CC} = 2.7 to 3.3V at Topr = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(XIN)=10MHz unless otherwise specified.

Timing requirements [V_{CC}=3V] (Unless otherwise noted: V_{CC} = 3V, V_{SS} = 0V at T_{opr} = 25 °C)

Table 5.20 X_{IN} input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _c (X _{IN})	X _{IN} input cycle time	100	–	ns
t _{WH} (X _{IN})	X _{IN} input HIGH pulse width	40	–	ns
t _{WL} (X _{IN})	X _{IN} input LOW pulse width	40	–	ns

Table 5.21 CNTR0 input, CNTR1 input, INT2 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _c (CNTR0)	CNTR0 input cycle time	300	–	ns
t _{WH} (CNTR0)	CNTR0 input HIGH pulse width	120	–	ns
t _{WL} (CNTR0)	CNTR0 input LOW pulse width	120	–	ns

Table 5.22 TCIN input, INT3 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _c (TCIN)	TCIN input cycle time	1200 ⁽¹⁾	–	ns
t _{WH} (TCIN)	TCIN input HIGH pulse width	600 ⁽²⁾	–	ns
t _{WL} (TCIN)	TCIN input LOW pulse width	600 ⁽²⁾	–	ns

NOTES:

1. When using the Timer C input capture mode, adjust the cycle time above (1/ Timer C count source frequency x 3).
2. When using the Timer C input capture mode, adjust the pulse width above (1/ Timer C count source frequency x 1.5).

Table 5.23 Serial Interface

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _c (CK)	CLK _i input cycle time	300	–	ns
t _w (CKH)	CLK _i input HIGH pulse width	150	–	ns
t _w (CKL)	CLK _i input LOW pulse width	150	–	ns
t _d (C-Q)	TxD _i output delay time	–	160	ns
t _h (C-Q)	TxD _i hold time	0	–	ns
t _{su} (D-C)	RxD _i input setup time	55	–	ns
t _h (C-D)	RxD _i input hold time	90	–	ns

Table 5.24 External interrupt INT0 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t _w (INH)	INT0 input HIGH pulse width	380 ⁽¹⁾	–	ns
t _w (INL)	INT0 input LOW pulse width	380 ⁽²⁾	–	ns

NOTES:

1. When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input HIGH pulse width to the greater value, either (1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.
2. When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input LOW pulse width to the greater value, either (1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.

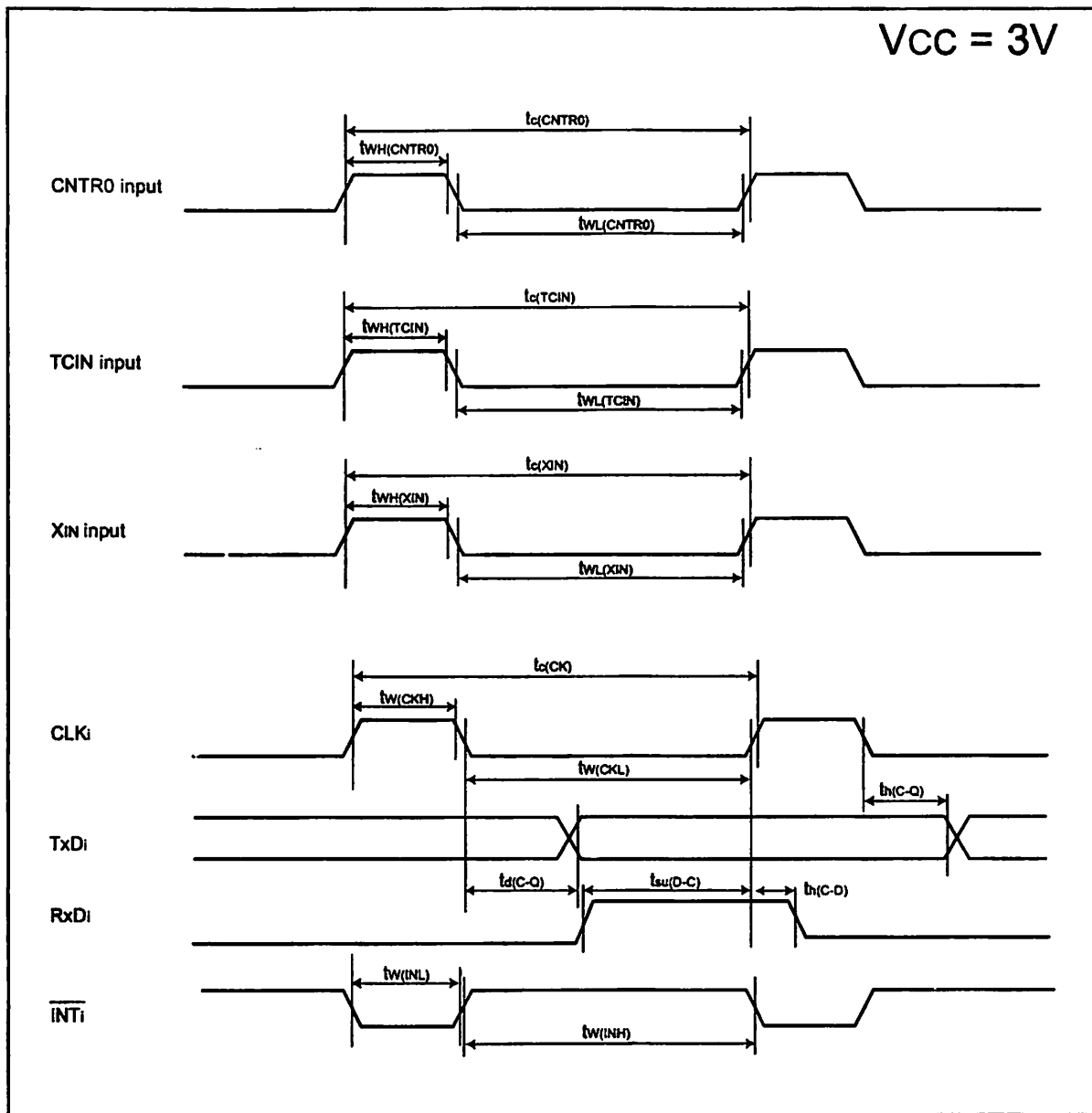
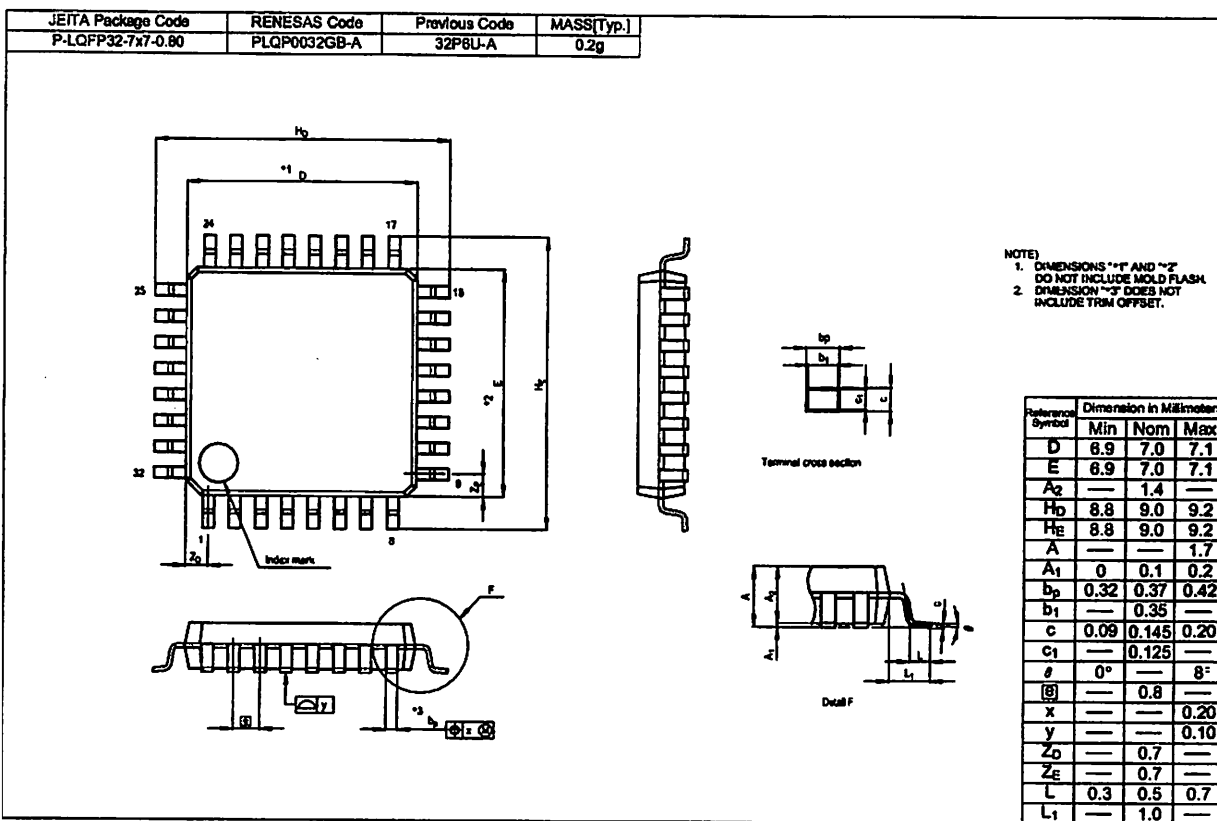


Figure 5.5 Vcc=3V timing diagram

Package Dimensions



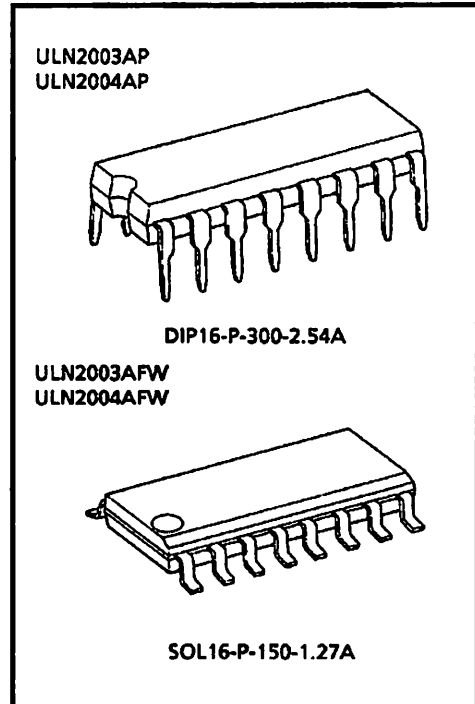
TOSHIBA BIPOLAR DIGITAL INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC
ULN2003AP, ULN2003AFW, ULN2004AP, ULN2004AFW
 (Manufactured by Toshiba Malaysia)

7-CHANNEL DARLINGTON SINK DRIVER

The ULN2003AP / AFW Series are high-voltage, high-current darlington drivers comprised of seven NPN darlington pairs. All units feature integral clamp diodes for switching inductive loads. Applications include relay, hammer, lamp and display (LED) drivers.

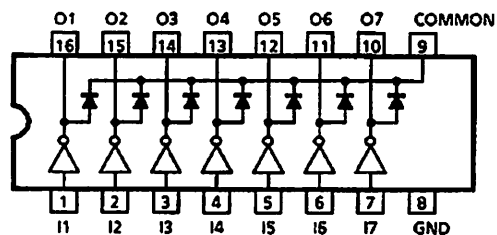
FEATURES

- ▷ Output current (single output) 500 mA MAX.
- ▷ High sustaining voltage output 50 V MIN.
- ▷ Output clamp diodes
- ▷ Inputs compatible with various types of logic
- ▷ Package Type-AP : DIP-16pin
- ▷ Package Type-AFW : SOL-16pin



Weight
 DIP16-P-300-2.54A : 1.11 g (Typ.)
 SOL16-P-150-1.27A : 0.15 g (Typ.)

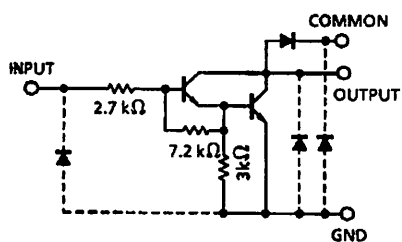
PIN CONNECTION (TOP VIEW)



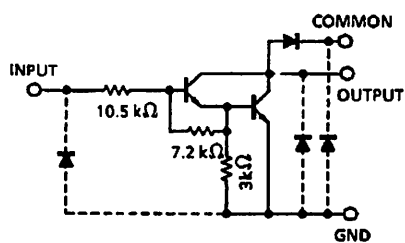
TYPE	INPUT BASE RESISTOR	DESIGNATION
ULN2003AP / AFW	2.7 kΩ	TTL, 5 V CMOS
ULN2004AP / AFW	10.5 kΩ	6~15 V PMOS, CMOS

SCHEMATICS (EACH DRIVER)

ULN2003AP / AFW



ULN2004AP / AFW



Note: The input and output parasitic diodes cannot be used as clamp diodes.

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Output Sustaining Voltage	V _{CE(SUS)}	-0.5~50	V
Output Current	I _{OUT}	500	mA / ch
Input Voltage	V _{IN}	-0.5~30	V
Clamp Diode Reverse Voltage	V _R	50	V
Clamp Diode Forward Current	I _F	500	mA
Power Dissipation	AP	1.47	W
	AFW	0.54 / 0.625 (Note)	
Operating Temperature	T _{opr}	-40~85	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-55~150	°C

Note: On glass epoxy PCB (30 × 30 × 1.6 mm Cu 50%)

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS (Ta = -40~85°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CONDITION	MIN	TYP.	MAX	UNIT	
Output Sustaining Voltage		V _{CE (SUS)}		0	—	50	V	
Output Current	AP	I _{OUT}	T _{pw} = 25 ms 7 Circuits	Duty = 10%	0	—	370	mA / ch
				Duty = 50%	0	—	130	
	AFW		Ta = 85°C	Duty = 10%	0	—	233	
			Tj = 120°C	Duty = 50%	0	—	70	
Input Voltage		V _{IN}		0	—	24	V	
Input Voltage (Output On)	ULN2003A	V _{IN (ON)}	I _{OUT} = 400 mA h _{FE} = 800	2.8	—	24	V	
	ULN2004A			6.2	—	24		
Input Voltage (Output Off)	ULN2003A	V _{IN (OFF)}		0	—	0.7	V	
	ULN2004A			0	—	1.0		
Clamp Diode Reverse Voltage		V _R		—	—	50	V	
Clamp Diode Forward Current		I _F		—	—	350	mA	
Power Dissipation	AP	P _D	Ta = 85°C	—	—	0.76	W	
	AFW		Ta = 85°C (Note)	—	—	0.325		

Note: On glass epoxy PCB (30 × 30 × 1.6 mm Cu 50%)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C unless otherwise noted)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIR-CUIT	TEST CONDITION	MIN	TYP.	MAX	UNIT				
Output Leakage Current	I _{CEX}	1	V _{CE} = 50 V, Ta = 25°C	—	—	50	μA				
			V _{CE} = 50 V, Ta = 85°C	—	—	100					
Collector-Emitter Saturation Voltage	V _{CE(sat)}	2	I _{OUT} = 350 mA, I _{IN} = 500 μA	—	1.3	1.6	V				
			I _{OUT} = 200 mA, I _{IN} = 350 μA	—	1.1	1.3					
			I _{OUT} = 100 mA, I _{IN} = 250 μA	—	0.9	1.1					
DC Current Transfer Ratio	h _{FE}	2	V _{CE} = 2 V, I _{OUT} = 350 mA	1000	—	—					
Input Current (Output On)	ULN2003A	3	V _{IN} = 2.4 V, I _{OUT} = 350 mA	—	0.4	0.7	mA				
	ULN2004A							V _{IN} = 9.5 V, I _{OUT} = 350 mA	—	0.8	1.2
Input Current (Output Off)	I _{IN(OFF)}	4	I _{OUT} = 500 μA, Ta = 85°C	50	65	—	μA				
Input Voltage (Output On)	ULN2003A	5	V _{CE} = 2 V h _{FE} = 800				V				
								ULN2004A	I _{OUT} = 350 mA	—	—
	I _{OUT} = 200 mA								—	—	2.0
	ULN2004A							I _{OUT} = 350 mA	—	—	4.7
I _{OUT} = 200 mA		—	—	4.4							
Clamp Diode Reverse Current	I _R	6	V _R = 50 V, Ta = 25°C	—	—	50	μA				
			V _R = 50 V, Ta = 85°C	—	—	100					
Clamp Diode Forward Voltage	V _F	7	I _F = 350 mA	—	—	2.0	V				
Input Capacitance	C _{iN}	—		—	15	—	pF				
Turn-On Delay	t _{ON}	8	V _{OUT} = 50 V, R _L = 125 Ω C _L = 15 pF	—	0.1	—	μs				
Turn-Off Delay	t _{OFF}	8	V _{OUT} = 50 V, R _L = 125 Ω C _L = 15 pF	—	0.2	—					

FEATURES

Power dissipation

P_{cat} : 0.625W ($T_{amb}=25^{\circ}C$)

Collector Current

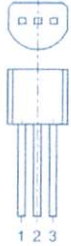
I_{C0} : -0.5A

Collector-base voltage

$V_{(BR)CB0}$: -40V

Operating and storage junction temperature range

T_j, T_{stg} : -55 $^{\circ}C$ to + 150 $^{\circ}C$



TO-92

1. EMITTER
2. BASE
3. COLLECTOR

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($T_{amb}=25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	MIN	MAX	UNIT
Collector-base breakdown voltage	$V_{(BR)CB0}$	$I_c = 100\mu A, I_e = 0$	45		V
Collector-emitter breakdown voltage	$V_{(BR)CE0}$	$I_c = 0.1mA, I_e = 0$	25		V
Emitter-base breakdown voltage	$V_{(BR)EB0}$	$I_c = 100\mu A, I_e = 0$	5		V
Collector cut-off current	I_{CBO}	$V_{CE} = 40V, I_e = 0$		0.1	μA
Collector cut-off current	I_{CBO}	$V_{CE} = 20V, I_e = 0$		0.1	μA
Emitter cut-off current	I_{EBO}	$V_{EB} = 5V, I_c = 0$		0.1	μA
DC current gain	$h_{FE(1)}$	$V_{CE} = 1V, I_c = 50mA$	64	300	
	$h_{FE(2)}$	$V_{CE} = 1V, I_c = 500mA$	40		
Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_c = 500mA, I_b = 50mA$		0.6	V
Base-emitter saturation voltage	$V_{BE(sat)}$	$I_c = 500mA, I_b = 50mA$		1.2	V
Base-emitter voltage	V_{BE}	$I_c = 100mA$		1.4	V
Transition frequency	f_T	$V_{CE} = 6V, I_c = -20mA$ $f = 30MHz$	150		MHz

CLASSIFICATION OF $h_{FE(1)}$

Rank	D	E	F	G	H	I
Range	64-91	78-112	96-135	112-166	144-202	190-300

TYPICAL CHARACTERISTICS

