

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



SKRIPSI

**APLIKASI MIKROKONTROLER RENESAS R8C/TINY
R5F21134FP SEBAGAI PENGENDALI MOTOR DC PADA
MOBIL *REMOTE CONTROL* (R/C)**

**Disusun Oleh :
ONGKY DWI HANORA
02.17.147**

MARET 2007

LEMBAR PERSETUJUAN

APLIKASI MIKROKONTROLER RENESAS R8C/TINY R5F21134FP SEBAGAI PENGENDALI MOTOR DC PADA MOBIL *REMOTE CONTROL* (R/C)

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro Strata Satu (S-1) Konsentrasi Elektronika*

Disusun Oleh

ONGKY DWI HANORA

NIM : 02.17.147

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. Poerwanto, MT

NIP. 131574847

Dosen Pembimbing II



I Komang Somawirata, ST. MT

NIP.Y. 1030100361

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT

NIP.Y. 1039500274

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

2007



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

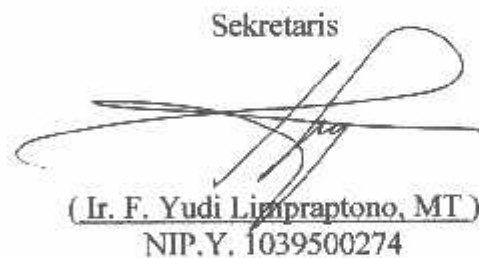
Nama : Ongky Dwi Hanora
Nim : 02 17 147
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Masa Bimbingan : 5 Oktober 2006 s/d 5 April 2007
Judul Skripsi : Aplikasi Mikrokontroller Renesas R8C/Tiny R5F21134FP
Sebagai Pengendali Motor DC Pada Mobil *Remote Control* (R/C)

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)
pada :

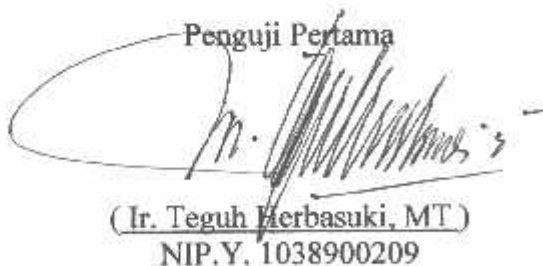
Hari : Jum'at
Tanggal : 16 Maret 2007
Nilai : 85,05 (A) *BA*

Panitia Majelis Penguji,


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


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

Anggota Penguji,


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


Penguji Kedua
(Ir. M. Ashar, MT)

ABSTRACT

APLIKASI MIKROKONTROLER RENESAS R8C/TINY R5F21134FP SEBAGAI PENGENDALI MOTOR DC PADA MOBIL REMOTE CONTROL (R/C)

Ongky Dwi Hanora, 02 17 147, Electrical Engineering S.1/Electronica
Adviser I : Ir. Poerwanto, MT
Adviser II : I Komang Somawirata, ST. MT

Key Words: Remote Control (R/C) Car's, Renesas R8C/Tiny R5F21134FP, TLP 434A, RLP 434A, HT640, HT648, Motor DC, PWM (Pulse Width Modulation)

R/C car system as conventional, consist of a transmitter one or more receivers and several motor dc as a actuator. A transmitter has a function as duty to receive command and change it to be electronic codes, and then sending it through radio wave to the air. The receiver has a duty to receive the information from radio wave, translate it's electronic codes to be movement command that is sent to the motor dc.

R/C car is produced with frequency that is almost the same about 40 MHz, that's often causes "jamming" among the R/C with another. For coverage, can only about 20 meter outdoor. From the speed side, R/C only has one speed version that is setting manually.

The Renesas R8C/Tiny R5F21134FP microcontroller application in R/C car is used a center control all system. Controller use button, the data will be encoder by HT640, then send by TLP434 transmitter in 434MHz frequency. The data is received by RLP434A receiver and decoders by HT648 before enter to microcontroller. Microcontroller will execution the input data and give instruction in motor dc. There are five motor dc speed variation use PWM (Pulse Width Modulation) method in microcontroller Renesas R8C/Tiny R5F21134FP.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat-Mu Ya Allah yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Mikrokontroler Rencas R8C/Tiny R5F21134FP Sebagai Pengendali Motor DC Pada Mobil *Remote Control (R/C)*” ini dengan lancar. Skripsi ini merupakan persyaratan kelulusan Studi di Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Elektronika ITN Malang dan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

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

1. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
2. Bapak Ir. Poerwanto, MT selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak I Komang Somawirata, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II.
4. Ayah dan Ibu serta keluarga besar yang telah memberikan do'a restu, dorongan, semangat, dan biaya.
5. Rekan-rekan mahasiswa/i Elektronika S-1.
6. Semua yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

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

Malang, Maret 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Maksud dan Tujuan	3
1.5. Metodologi	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TEORI DASAR	5
2.1. Renesas R8C/TINY R5F21134FP	6
2.1.1. Spesifikasi Mikrokontroller Renesas R8C/TINY R5F21134FP	8
2.1.2. Kelebihan Utama R8C/Tiny	9
2.1.3. Konfigurasi Pin-Pin R8C/Tiny R5F21134FP	10
2.1.4. Peripheral R8C/Tiny R5F21134FP	13
2.1.4.1. ADC (<i>Analog Digital Converter</i>)	13
2.1.4.2. Timer	14
2.1.4.3. POR (<i>Power-On Reset</i>)	15
2.1.4.4. LVD (<i>Low Voltage Detect</i>)	15
2.1.4.5. Watchdog Timer	16
2.1.4.6. On Chip Debugger	16
2.1.4.7. Oscillator Circuit	17
2.1.5. Memory R8C/Tiny	18

2.2. Transmitter TLP434A dan Receiver RLP434A	19
2.2.1. <i>Transmitter</i>	19
2.2.2. <i>Receiver</i>	20
2.3. IC HT640 (<i>Encoder</i>) dan IC HT648 (<i>Decoder</i>)	22
2.3.1. HT640	22
2.3.1.1. Diagram Blok HT640	22
2.3.1.2. Konfigurasi Pin HT640	23
2.3.1.3. Karakteristik HT640	24
2.3.1.4. Operasi HT640	24
2.3.2. HT648L	25
2.3.2.1. Diagram Blok HT648L	26
2.3.2.2. Konfigurasi Pin HT648L	26
2.3.2.3. Karakteristik HT648L	27
2.3.2.4. Operasi HT648L	28
2.4. Motor DC	28
2.4.1. Pengendalian Arah Putaran Motor DC	33
2.5. <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	34
2.6. <i>H-Bridge</i>	36
2.7. Transistor	37
2.7.1. Arus Bias	37
2.7.2. Arus <i>Emitter</i>	38
2.7.3. <i>Alpha (a)</i>	38
2.7.4. <i>Beta (b)</i>	39
2.7.5. <i>Common Emitter (CE)</i>	40
2.7.6. Kurva <i>Base</i>	41
2.7.7. Kurva Kolektor	42
2.7.8. Daerah Aktif	43
2.7.9. Daerah Saturasi (Dalam Keadaan Jenuh)	44
2.7.10. Daerah <i>Cut-Off</i>	45
2.7.11. Daerah <i>Breakdown</i>	47
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	48
3.1. Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	48

3.1.1. Perancangan Blok Pengiriman	50
3.1.1.1. Perancangan <i>Push Button</i>	51
3.1.1.2. Perancangan HTT640	52
3.1.1.3. Perancangan TLP434A	54
3.1.2. Perancangan Blok Penerimaan	54
3.1.2.1. Perancangan HT648L	55
3.1.2.2. Perancangan RLP434A	56
3.1.3. Perancangan Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny	57
3.1.4. Perancangan Driver Motor DC	59
3.1.4.1. Perancangan Driver Motor DC (A)	59
3.1.4.2. Perancangan Driver Motor DC (B)	62
3.1.5. Perancangan Putaran Motor DC (B)	64
3.2. Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	66
3.2.1. Perancangan Motor DC (A)	66
3.2.2. Perancangan Putaran Motor DC (B)	67
3.2.3. Perancangan Perangkat Lunak Secara Keseluruhan	70
BAB IV ANALISA DAN PENGUJIAN ALAT	74
4.1. Pengujian TLP434A dan RLP434A	74
4.1.1. Tujuan	74
4.1.2. Rangkaian Pengujian	75
4.1.3. Peralatan Yang Digunakan	75
4.1.4. Langkah Pengujian	76
4.1.5. Hasil Pengujian	76
4.1.5.1. Hasil Pengujian Pengiriman dan Penerimaan	76
4.1.5.2. Hasil Pengujian Out Gelombang	77
4.1.5.3. Hasil Pengujian Pengiriman Dan Penerimaan Data Tanpa Halangan	78
4.1.5.4. Hasil Pengujian Pengiriman Dan Penerimaan Data Dengan Halangan	79
4.2. Pengujian Rangkaian Driver Motor DC	80
4.2.1. Pengujian Rangkaian Rriver Motor DC (A)	80
4.2.1.1. Tujuan	80

4.2.1.2. Rangkaian pengujian	80
4.2.1.3. Peralatan Yang Digunakan	81
4.2.1.4. Langkah Pengujian	81
4.2.1.5. Hasil Pengujian	81
4.2.2. Pengujian Rangkaian Rriver Motor DC (B)	82
4.2.2.1. Tujuan	82
4.2.2.2. Rangkaian pengujian	83
4.2.2.3. Peralatan Yang Digunakan	83
4.2.2.4. Langkah Pengujian	83
4.2.2.5. Hasil Pengujian	84
4.3. Pengujian Putaran Motor DC (B)	85
4.3.1. Tujuan	85
4.3.2. Rangkaian pengujian	85
4.3.3. Peralatan Yang Digunakan	85
4.3.4. Langkah Pengujian	86
4.3.5. Hasil Pengujian	86
4.3.5.1. Hasil Pengujian Pada Oscilloscope	86
4.3.5.2. Hasil Pengujian Menggunakan Tachometer.....	89
4.4. Pengujian Kecepatan Mobil Remote Control (R/C)	92
4.4.1. Tujuan	92
4.4.2. Diagarm Blok Pengujian Kecepatan.....	92
4.4.3. Peralatan Yang Digunakan	93
4.4.4. Langkah Pengujian	93
4.4.5. Hasil Pengujian	93
4.5. Pengujian Sistem Keseluruhan	94
4.5.1. Tujuan	94
4.5.2. Diagarm Blok Pengujian Keseluruhan	94
4.5.3. Peralatan Yang Digunakan	95
4.5.4. Langkah Pengujian	95
4.5.5. Hasil Pengujian	95
BAB V PENUTUP	97
5.1. Kesimpulan	97

5.2. Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2-1. Arsitektur Mikrokontroler	7
2-2. Arsitektur Dasar Mikrokontroler	7
2-3. Spesifikasi R5F21134FP.....	8
2-4. Diagram Blok Renesas R8C/Tiny R5F21134FP	9
2-5. Konfigurasi Pin R8C/Tiny R5F21134FP	10
2-6. Blok Diagram ADC	13
2-7. Rangkaian POR (<i>Power-on Reset</i>)	15
2-8. Diagram LVD (<i>Low Voltage Detect</i>).....	15
2-9. Gambar Rangkaian Watchdog Timer	16
2-10. Gambar Map Memory	18
2-11. Modulasi ASK (<i>Amplitudo Shift Keying</i>)	19
2-12. Modul Dan Ukuran Dimensi TLP434A	20
2-13. Modul RLP 434A	21
2-14. Ukuran Fisik RLP 434A	21
2-15. Diagram Blok HT640.....	22
2-16. Konfigurasi Pin HT640.....	23
2-17. Diagram Blok HT648L.....	26
2-18. Konfigurasi pin HT648L.....	26
2-19. Kaidah Tangan Kiri.....	29
2-20. Konduktor Berarus Listrik Dalam Medan Magnet.....	29
2-21. Bergeraknya Sebuah Motor	31
2-22. Kaidah Tangan Kanan Untuk Motor.....	31
2-23. Konstruksi Dasar Motor DC	32
2-24. Arah Putaran Motor DC	33
2-25. Bentuk Gelombang Kotak	34
2-26. Pulsa yang diperkecil	35
2-27. Pulsa yang diperbesar	35
2-28. Pulsa yang diperbesar.....	36
2-29. Rangkaian H-Bridge	37

2-30. Arus Emitor	38
2-31. Rangkaian CE	40
2-32. Transistor Dalam Keadaan Saturasi.....	44
2-33. Transistor dalam Keadaan Cutt Off (Sumbat)	45
2-34. Rangkaian Driver LED	46
3-1. Diagram Blok Sistem	48
3-2. Rangkaian Blok Pengirim	50
3-3. Rangkaian Push Button	52
3-4. Rangkaian HT640	53
3-5. Rangkaian TLP434A.....	54
3-6. Rangkaian Blok Penerima.....	55
3-7. Rangkaian HT648L.....	56
3-8. Rangkaian RLP 434A	57
3-9. Konfigurasi Pin Renesas Dalam Perancangan	58
3-10. Rangkaian <i>Clock</i>	59
3-11. Rangkaian Driver Motor DC (A).....	59
3-12. Rangkaian Driver Motor DC (B)	62
3-13. Gelombang PWM 40%	67
3-14. Gelombang PWM 40%	68
3-15. Gelombang PWM 50%	68
3-16. Gelombang PWM 60%.....	69
3-17. Gelombang PWM 70%.....	69
3-18. Gelombang PWM 90%.....	70
3-19. Flowchart Sistem	71
3-20. IDE HEW (<i>High-performance Embedded Workshop</i>)	72
3-21. Editor pada HEW (<i>High-performance Embedded Workshop</i>)	73
4-1. Rangkaian Blok Pengiriman.....	75
4-2. Rangkaian Blok Penerimaan	75
4-3. Kondisi aktif TLP434A dan RLP434A.....	77
4-4. Kondisi Penekanan 1 Tombol Maupun 2 Tombol	77
4-5. Rangkaian Pengujian Motor DC (A)	80
4-6. Kondisi Keluaran Port Mikrokontroller (a) <i>High</i> (b) <i>Low</i>	82

4-7. Rangkaian Pengujian Driver Motor DC (B)	83
4-8. Kondisi Keluaran Port Mikrokontroller (a) High (b) Low.....	84
4-9. Rangkaian Pengujian Putaran Motor DC.....	85
4-10. PWM Dengan Duty Cycle 40%.....	88
4-11. Pengujian Putaran Motor DC (a) Pertama (b) Kedua.....	90
4-12. Blok Pengujian Keseluruhan	92
4-13. Blok Pengujian Keseluruhan	94

DAFTAR TABEL

2-1. Konfigurasi Pin R8C/Tiny R5F21134FP	11
2-2. Timer pada R8C/Tiny R5F21134FP	14
2-3. Oscillator Circuit pada R8C/Tiny R5F21134FP.....	17
2-4. Konfigurasi Pin TLP434A.....	20
2-5. Konfigurasi Pin RLP 434A.....	21
2-6. Konfigurasi Pin HT640.....	23
2-7. Karakteristik HT640	24
2-8. Konfigurasi Pin HT648L	27
2-9. Karakteristik HT648L.....	27
2-10. Cara kerja rangkaian H-Bridge	36
3-1. Konfigurasi Tombol kendali Mobil R/C.....	51
3-2. Putaran Motor DC (B).....	65
3-3. Perencanaan Putaran Motor DC (B)	66
3-4. Perencanaan Gerak Motor DC (A).....	66
4-1. Hasil Pengujian Pengiriman Data dan Penerimaan Data Dengan TLP434A dan RLP434A	76
4-2. Hasil Pengujian Jarak Pengiriman dan Penerimaan Data Dengan TLP434A dan RLP434A Tanpa Halangan	78
4-3. Hasil Pengujian Jarak Pengiriman dan Penerimaan Data Dengan TLP434A dan RLP434A Dengan Halangan.....	79
4-4. Pengujian Rangkaian Driver Motor DC (A).....	81
4-5. Hasil Pengujian Arus Pada Transistor	82
4-6. Pengujian Rangkaian Driver Motor DC (B).....	84
4-7. Hasil Pengujian Arus Pada Transistor	84
4-8. Hasil Perhitungan Perancangan <i>Duty Cycle</i> Motor DC (B).....	86
4-9. Hasil Pengukuran <i>Duty Cycle</i> Motor DC (B)	87
4-10. Hasil Analisa Putaran Motor DC	88
4-11. Hasil Pengukuran Putaran Motor DC	89
4-12. Perbandingan Perhitungan Dan Pengukuran Putaran Motor DC.....	90

4-13. Pengujian Kecepatan Mobil R/C.....	93
4-14. Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan	95

DAFTAR GRAFIK

2-1. Kurva $I_B - V_{BE}$	41
2-2. Kurva Kolektor	42
5-1. Pengukuran PWM Terhadap Putaran Motor DC	89
5-2. Perbandingan Pengukuran Dan Perhitungan PWM Terhadap Putaran Motor DC	91
5-3. Perbandingan PWM dengan Waktu.....	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem *Remote Control (R/C)* sebelumnya memang ditujukan untuk keperluan militer, yakni untuk mengendalikan peluru kendali yang tidak berawak yang dilepaskan dari pesawat terbang untuk menghancurkan daerah lawan. Saat ini R/C sudah banyak digunakan orang untuk mengendalikan berbagai sistem, baik untuk keperluan riset, industri, rekreasi maupun keperluan rumah tangga. Berbagai jenis pesawat terbang model, perahu, mobil-mobilan bahkan *robot* mainan saat inipun sudah banyak tersedia di toko-toko dengan dilengkapi radio kontrol.

Secara umum sistem R/C terdiri dari sebuah pemancar atau *transmitter*, sebuah atau lebih penerima atau *receiver* dan beberapa buah motor dc sebagai *aktuator* (www.geocities.com). Baterai sebagai sumber daya diperlukan oleh bagian pemancar maupun bagian penerima. Pemancar atau *transmitter* bertugas menerima perintah kendali dari orang yang mengendalikan dan merubahnya menjadi kode-kode elektronik dan mengirimkannya melalui gelombang radio ke udara. Bagian penerima atau *receiver* bertugas menerima informasi gelombang radio, menerjemahkan kode-kode elektroniknya menjadi perintah gerak yang dikirimkan ke motor dc. Selanjutnya motor dc bertugas sebagai *aktuator* ke posisi tertentu yang diinginkan.

Sistem R/C juga menggunakan berbagai metoda modulasi seperti halnya modulasi amplitudo (*Amplitude Modulation* disingkat AM), modulasi frekuensi (*Frequency Modulation* disingkat FM) dan modulasi kode pulsa PCM (*Pulse Code Modulation*). Dari segi kualitas dan tentunya juga diikuti dengan harganya, R/C dengan gelombang FM lebih baik dibandingkan yang menggunakan gelombang AM. Sedangkan R/C yang menggunakan gelombang PCM memiliki sistem perlindungan agar tidak dapat di kacaukan oleh gelombang radio asing yang frekuensinya sama, sehingga sistem ini oleh banyak pihak dinilai lebih baik dari sistem R/C bergelombang FM. Frekuensi yang digunakan antara lain jalur 27 Mhz, 29 Mhz, 35 Mhz, 40 Mhz, 50 Mhz dan 72 Mhz serta 75 Mhz. Untuk daya jangkauan, beberapa R/C yang ada di pasaran memiliki jangkauan maksimal ± 20 meter di luar gedung.

Dari uraian diatas maka penulis mempunyai ide untuk merancang dan membuat sistem pengendalian mobil *remote control (R/C)* menggunakan sebuah mikrokontroller. Frekuensi yang digunakan adalah 434 MHz, diharapkan memiliki jarak yang lebih jauh, serta memiliki versi kecepatan yang berbeda. Peralatannya menggunakan tombol (*push button*) sebagai kendali jarak jauh. Pemancar atau *transmitter* berfungsi memancarkan perintah kendali dari *push button* melalui media *wireless*. Perintah-perintah tersebut kemudian diterima oleh bagian penerima atau *reciver* dan diteruskan ke mikrokontroller sebagai inputan yang akan mengaktifkan atau mengendalikan motor dc pada mobil *remote control (R/C)*.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem pengaturan *remote control*
2. Bagaimana pengendalian motor dc menggunakan mikrokontroler
3. Bagaimana pengaturan kecepatan motor dc

1.3. Batasan Masalah

Penulis memberikan beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Melakukan pembahasan pada pengiriman data secara *wireless*
2. Pengendalian motor dc pada mobil *remote control (R/C)* menggunakan mikrokontroler renesas R8C/TINY R5F21134FP.

1.4. Maksud dan Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah merancang dan membuat mobil *remote control (R/C)* menggunakan mikrokontroler Renesas R8C/TINY R5F21134FP sebagai pusat pengendali.

1.5. Metodologi

Untuk membuat dan merancang sistem mobil *remote control (R/C)* dibutuhkan langkah – langkah sebagai berikut :

- a. *Library Study*, yaitu dengan mempelajari referensi buku-buku, majalah, internet yang mempunyai *relevansi* dengan materi serta mengamati prinsip kerja mobil *remote control (R/C)* yang sudah ada di pasaran.
-

- b. Perancangan dan pembuatan *hardware* dan *software*. *Hardware* meliputi perancangan per-blok, blok *transmitter* meliputi *push botton* dan TLP434A, blok *receiver* meliputi RLP434A, IC HT640, IC HT648I, Mikrokontroller Renesas R8C/Tiny R5F21134FP, dan Motor DC yang nantinya blok ini berada dalam *box* mobil R/C. *Software* pada mikrokontroller Renesas R8C/Tiny R5F21134FP menggunakan bahasa C.
- c. Integrasi dan Pengujian Sistem
Hasil dari pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak di uji per-blok kemudian diintegrasikan ke dalam satu sistem kerja untuk bisa dijalankan sesuai dengan fungsi yang diinginkan.
- d. Eksperimen dan Analisa Sistem
Sistem yang sudah dibangun, terintegrasi dan unjuk kerjanya dianggap memadai dapat digunakan sesuai dengan yang diharapkan.

1.6. Sistematika Penulisan

Buku laporan skripsi ini terdiri dari 5 (lima) bab, dimana masing-masing bab mempunyai kaitan satu sama lain, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Memberikan latar belakang tentang permasalahan, tujuan, masalah dan batasan masalah yang dibahas dalam skripsi ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Memberikan dasar teori untuk menunjang penyelesaian masalah dalam skripsi ini. Teori dasar yang diberikan meliputi : *Remote control* menggunakan *transmitter* TLP434A dan *receiver* RLP434A, IC HT640, IC HT648L, Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny R5F21134FP, dan Motor DC.

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Berisi tentang perencanaan dan pembuatan dari seluruh elemen dari sistem mobil *remote control (R/C)* baik algoritma, flowchart, dan perangkat kerasnya.

BAB IV ANALISA DAN PENGUJIAN ALAT

Berisi tentang hasil pengukuran dan analisa dari sistem yang sudah dibuat, kemudian dibandingkan dengan perencanaan awal serta teori-teori penunjang yang menjadi landasan dari skripsi ini.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran serta rencana pengembangan skripsi ini jika dimungkinkan untuk masa yang akan datang.

BAB II

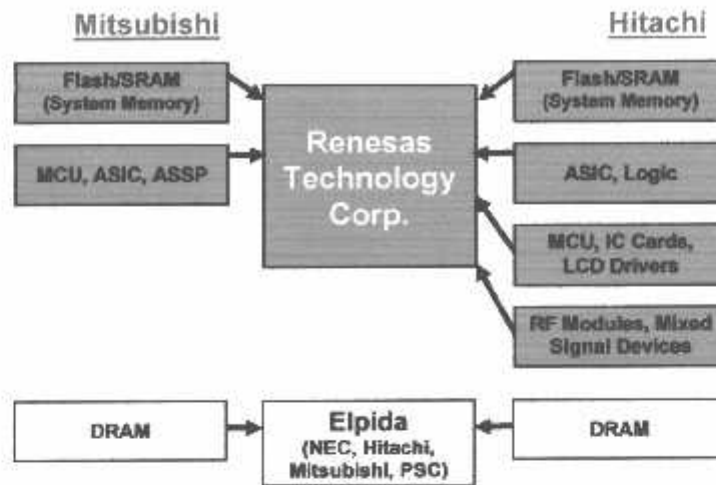
LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar-dasar teori yang dapat menunjang dalam merencanakan dan membuat sistem kendali motor dc pada mobil *remote control (R/C)* menggunakan mikrokontroler Renesas R8C/Tiny R5F21134FP. Teori penunjang ini akan membahas komponen dan peralatan pendukung pada alat yang dibuat. Uraian teori-teori dalam bab ini meliputi :

- Mikrokontroler Renesas R8C/TINY R5F21134FP
- *Transmitter* TLP434A dan *Receiver* RLP434A
- IC HT640 (*Encoder*) dan IC HT648 (*Decoder*)
- Motor DC
- PWM (*Pulse Width Modulation*)
- *H-Bridge*
- Transistor

2.1. Renesas R8C/TINY R5F21134FP

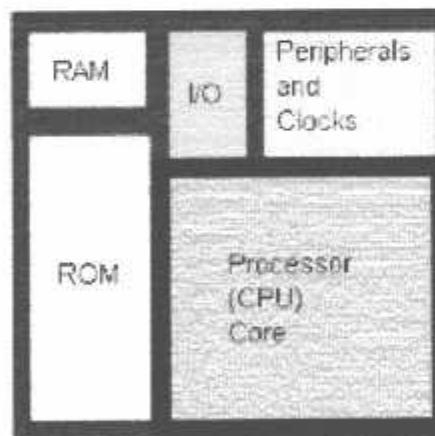
Renesas Teknologi adalah produsen semikonduktor tingkat internasional. Renesas tergabung dari gabungan dua produsen semikonduktor yaitu Mitsubishi dan Hitachi. Sebagai produsen semikonduktor, renesas juga mengeluarkan berbagai jenis keluarga Mikrokontroler. Ada tiga jenis mikrokontroler yang diproduksi yaitu keluarga 8-bit, 16-bit, dan 32-bit yang masing-masing disesuaikan dengan aplikasinya



Gambar 2-1 Arsitektur Mikrokontroler

Sumber: www.renesas.com

Perbedaan yang mendasar antara mikrokontroler dan mikroprosesor adalah, mikrokontroler selain memiliki CPU juga dilengkapi memori dan input output yang merupakan kelengkapan sebagai sistem minimum mikrokomputer sehingga sebuah mikrokontroler dapat dikatakan sebagai mikrokomputer dalam keping tunggal (*Single Chip Microcomputer*) yang dapat berdiri sendiri.



Gambar 2-2 Arsitektur Dasar Mikrokontroler

Sumber: www.renesas.com

2.1.1. Spesifikasi Mikrokontroler Renesas R8C/TINY R5F21134FP

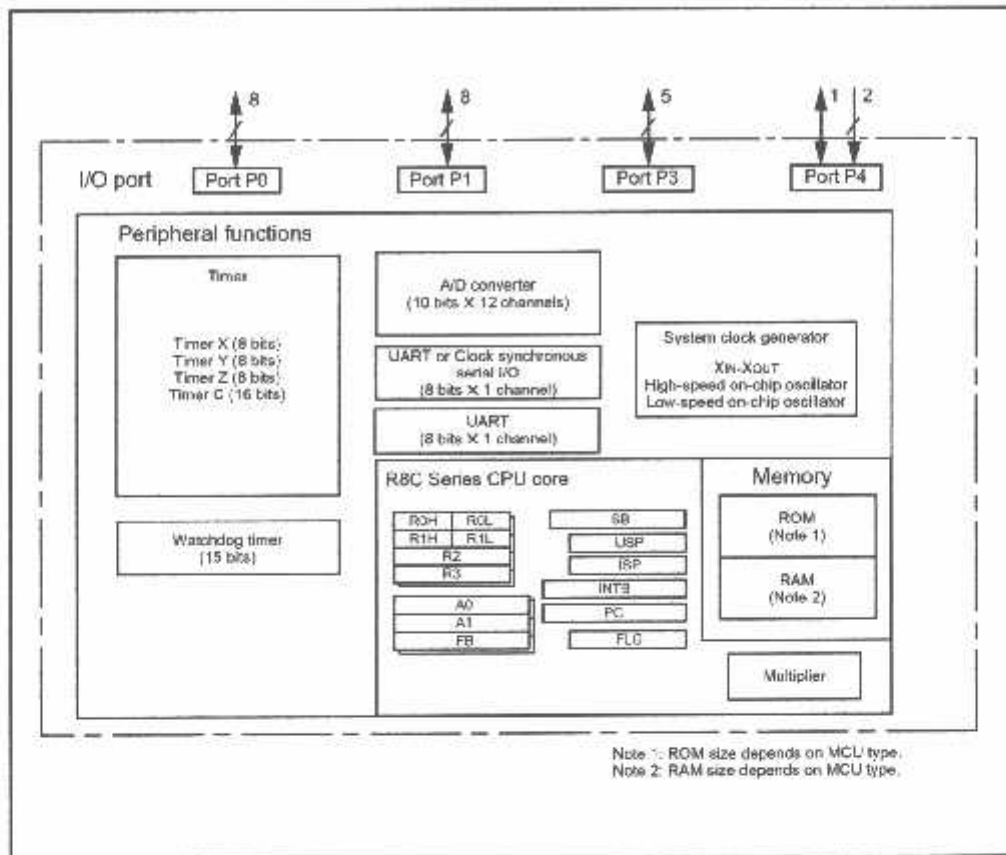
Renesas R8C/Tiny adalah salah satu jenis dalam keluarga mikrokontroler M16C. CPU R8C sama dengan CPU CISC 16-bit M16C, yang membedakan hanya pada lebar jalur data R8C yaitu 8-bit dan memiliki instruksi yang hampir sama, tidak memiliki instruksi *JMPS (Jump Special Page)* dan *JSRS (Jump Subroutine Special Page)*. Berikut ini adalah spesifikasi R5F21134FP dengan peta peripheral dan memori-memorinya:

- Mempunyai CPU Core (16-bit); 1-20 MHz, 3.0-5.5 Volt dan 1-10 MHz, 2.7-5.5 Volt
- Rangkaian *clock*; kecepatan *Low/High On-Chip Oscilator*. *Clock* utama dengan *Xin/Xout*
- Memori (ROM/SRAM); 16K Bytes/ 1K Bytes ; 2x2 K Bytes Data *Flash* pada R8C/12, 13
- 32 pin LQFP (7mmx7mm) dalam satu paket



Gambar 2-3 Spesifikasi R5F21134FP

Sumber: www.renesas.com



Gambar 2-4 Diagram Blok Renesas R8C/Tiny R5F21134FP

Sumber: www.renesas.com

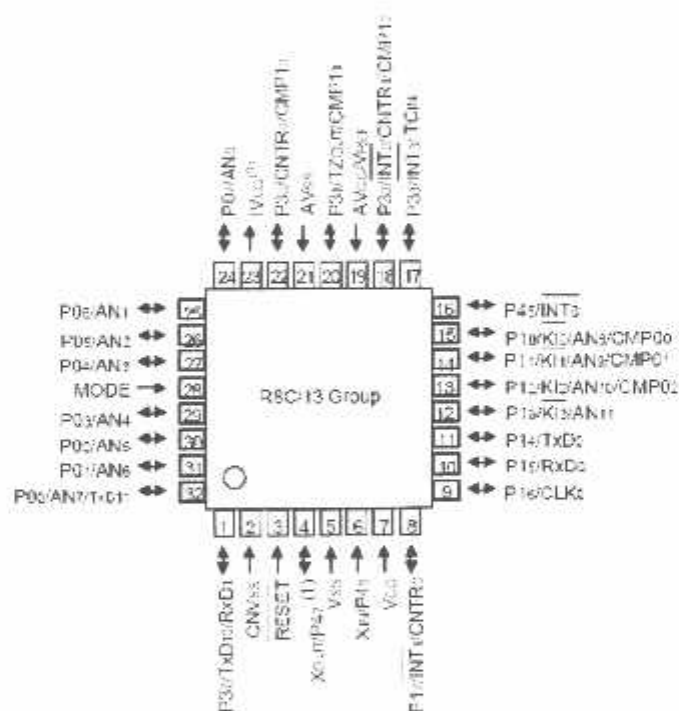
2.1.2. Kelebihan Utama R8C/Tiny

Adapun kelebihan yang dimiliki oleh Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny antara lain:

- Kompatibel dengan M16C yaitu dalam instruksi maupun kode-kode
- *Peripheral* yang terintegrasi jauh lebih hemat
- *Electromagnetic Compatibility* (EMC): memiliki *EMI* rendah dan *EMS* tinggi
- *Development Tool* (*Compiler* dan *debugger*) yang murah dengan fasilitas *On-Chip Debugger*

- Mempunyai fitur *fail-safe* yang berfungsi sebagai pengamanan terhadap kegagalan sistem
- Konsumsi daya yang rendah
- 16-bit CISC CPU yang mempunyai kecepatan maksimal 20 MHz (1:1)
- Mempunyai 89 instruksi CISC yang menghemat ROM $\pm 20\%$
- Memiliki *RAM (Random Access Memory)* sampai 1KB
- Membutuhkan waktu $3\mu\text{s}$ untuk konversi A/D

2.1.3. Konfigurasi Pin-Pin R8C/Tiny R5F21134FP



Gambar 2-5 Konfigurasi Pin R8C/Tiny R5F21134FP

Sumber: www.renesas.com

Konfigurasi Pin pada Mikrokontroller R8C/Tiny R5F21134FP adalah sebagai berikut:

- 22 bit Port (*Programmable I/O*)
 - a. 8 bit P0, P0_0...P0_7
 - b. 8 bit P1, P1_0...P1_7
 - c. 4 bit P3_0...P3_3
 - d. 1 bit P3_7 dan 1 bit P4_5
- Tiap Port dapat diset sebagai *input* atau *output* melalui *Port Direction Register (PD)*
- P1 memiliki transistor *driver* untuk LED (*Light Emitter Diode*)
- Tiap *input* memiliki Schmitt Trigger (kecuali *input* analog)
- Tiap *input* dilengkapi resistor *pull-up* (dapat disetel)
- P46 dan P47 dapat digunakan sebagai *port input* jika osilator eksternal tidak dipakai

Tabel 2-1 Konfigurasi Pin R8C/Tiny R5F21134FP

Nama Sinyal	Nama Pin	Type I/O	Fungsi
Catu Daya, Masukan	Vcc, Vss	I	Tegangan 2.7 V – 5.5 V pada pin Vcc. Tegangan 0 V pada Vss pin
IVcc	IVcc	O	Menstabilkan catu daya internal yang di hubungkan Vss melalui kapasitor 100nF dan jangan di hubungkan pada Vcc
Input Catu Daya Analog	AVcc, AVss	I	Sebagai catu daya ADC. AVcc di hubungkan pada Vcc, AVss di hubungkan pada Vss. Dianjurkan untuk menghubungkan kapasitor diantara pin AVcc dan AVss
Input Reset	RESET	I	“L” masukan untuk mereset MCU
CNVss	CNVss	I	Pin ini di hubungkan pada Vss melalui sebuah resistor
MODE	MODE	I	Pin ini di hubungkan pada Vcc melalui sebuah resistor

Input Clock Utama	X _{IN}	I	Pin-pin disini digunakan 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-pin ini dalam keadaan terbuka
Output Clock Utama	X _{OUT}	I	
INT interrupt input	INT0 to INT3	I	Pin sebagai masukan interupsi
Kunci interrupt input	KI0 to KI3	I	Sebagai masukan kunci interupsi
Timer X	CNTR0	I/O	Pin I/O untuk Timer X
	CNTR0	O	Pin output untuk Timer X
Timer Y	CNTR1	I/O	Pin I/O untuk Timer Y
Timer Z	TZOUT	O	Pin output untuk Timer Z
Timer C	TCIN	I	Pin input untuk Timmer C
	CMP0 ₀	O	Pin output untuk Timmer C
	CMP0 ₃		
	CMP1 ₀		
CMP1 ₃			
Serial interface	CLK0	I/O	Pin I/O untuk memindahkan Clock
	RxD0 ₂	I	Pin input untuk data serial
	RxD1		
	TxD0 ₂	O	Pin output untuk data serial
	TxD1 ₀		
TxD1 ₁			
Input Tegangan Referensi	V _{REF}	I	Tegangan input untuk ADC. Vref pin dihubungkan ke Vcc
A/D converter	AN ₀ to AN ₁₁	I	Pin Analog input pada ADC
I/O port	P0 ₀ -P0 ₇ , P1 ₀ -P1 ₇ , P3 ₀ -P3 ₃ , P3 ₇ , P4 ₅	I/O	Merupakan port I/O CMOS 8-bit. Setiap port memiliki pilihan register pengarah sebagai input atau output. Tiap port dapat dialamati per bit. Dapat di set melalui pull up register dengan program. P10-P17 mempunyai driver transistor
Input port	P4 ₆ , P4 ₇	I	Pin ini hanya bias digunakan sebagai input

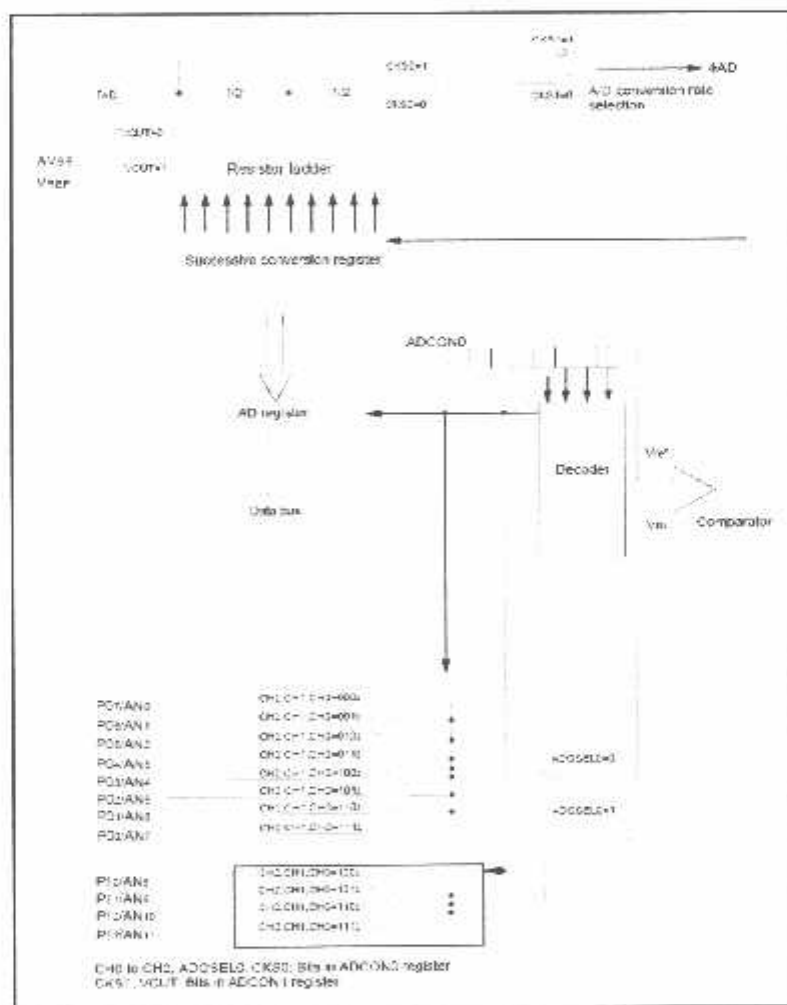
Sumber: www.renesas.com

2.1.4. Peripheral R8C/Tiny R5F21134FP

Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny R5F21134FP mempunyai beberapa *peripheral* yang banyak digunakan pada beberapa aplikasi penting diantaranya:

2.1.4.1. ADC (Analog Digital Converter)

Dengan 12 SAR ADC S/H yang mempunyai resolusi 8-bit atau 10-bit. Mode operasi menggunakan *One Shot* dan *Repeat* dengan waktu konversi 2,8 μ s pada frekuensi 10 MHz.



Gambar 2-6 Blok Diagram ADC

Sumber: www.renesas.com

2.1.4.2. Timer

Mikrokontroler R8C/Tiny R5F21134FP mempunyai 8-bit dan 16-bit timer. Timer X, Y, dan Z adalah timer 8-bit dan timer C mempunyai 16-bit timer.

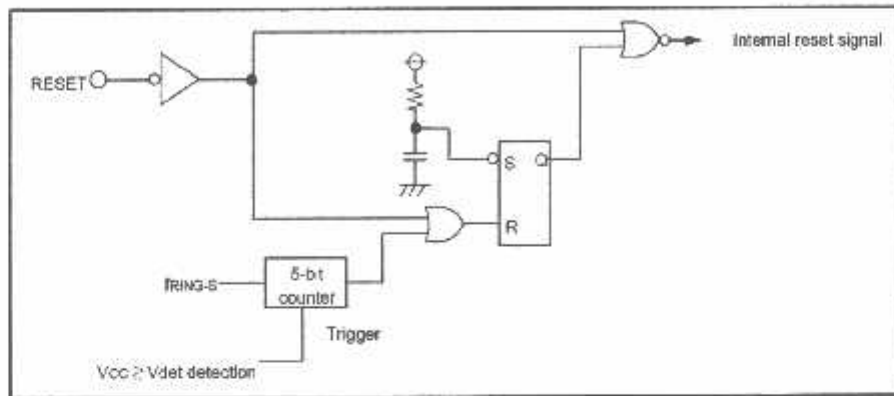
Tabel 2-2 Timer pada R8C/Tiny R5F21134FP

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 •TRNG •Input from CNTR1 pin	•f1 •f2 •f8 •Timer Y underflow	•f1 •f8 •f32 •TRNG-fast
Function	Timer mode	provided	provided	provided	not provided
	Pulse output mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Event counter mode	provided	provided	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	INT3	TCIN
Output pin		CNTR0 CNTR0	CNTR1	TZOUT	CMP00 to CMP02 CMP10 to CMP12
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: www.renesas.com

2.1.4.3. POR (*Power-on Reset*)

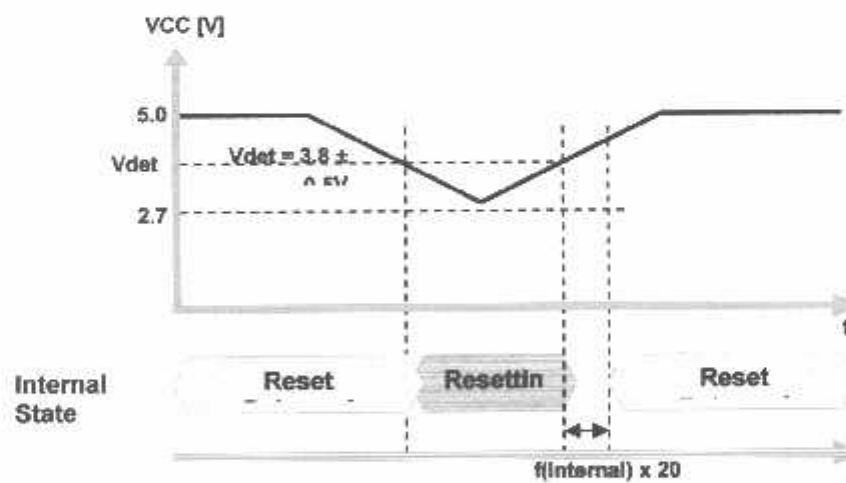
Berfungsi untuk mengembalikan pada keadaan normal tanpa menggunakan rangkaian *reset* luar.



Gambar 2-7 Rangkaian POR (*Power-on Reset*)

Sumber: www.renesas.com

2.1.4.4. LVD (*Low Voltage Detect*)

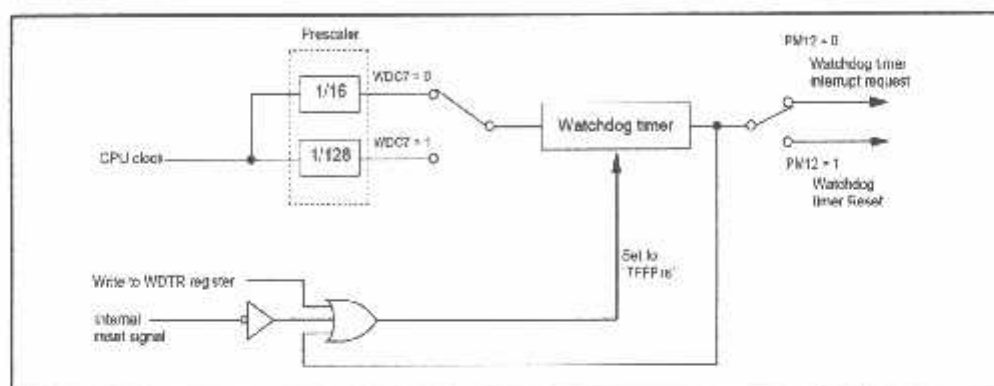


Gambar 2-8 Diagram LVD (*Low Voltage Detect*)

Sumber: www.renesas.com

Ketika mendeteksi V_{cc} kurang dari 3.8V ($\pm 0.5V$), maka secara otomatis akan membangkitkan *reset* dan *interrupt*

2.1.4.5. Watchdog Timer



Gambar 2-9 Gambar Rangkaian *Watchdog Timer*

Sumber: www.renesas.com

Watchdog timer berfungsi untuk mendeteksi ketika program di luar kendali.

2.1.4.6. On Chip Debugger

Fasilitas ini mempunyai fungsi untuk dapat di-*debug* pada waktu mikrokontroller sedang berjalan. Antara mikrokontroller dan PC dapat berkomunikasi. PC akan mengetahui aktifitas mikrokontroller saat itu. Syarat-syarat yang harus diperhatikan antara lain:

- Vektor *Address match interrupt* harus dihindari
- *Singel step interrupt* tidak dapat digunakan bersama dengan *interrupt* lain

- UART1 tidak boleh dipakai
- BRK *instruction* tidak boleh dipakai
- *Flash address* C000H-C7FFH
- PD3_7 harus "0"
- B5 FMR0 harus "1"
- Siapkan 8 *Byte* untuk *stack*
- OCD berpengaruh pada *timing run*

2.1.4.7. Oscillator Circuit

R8C/Tiny mempunyai dua *oscillator circuit*, yaitu:

- *Main Clock Oscillator*
- *On-Chip Oscillator*

Tabel 2-3 *Oscillator Circuit* pada R8C/Tiny R5F21134FP

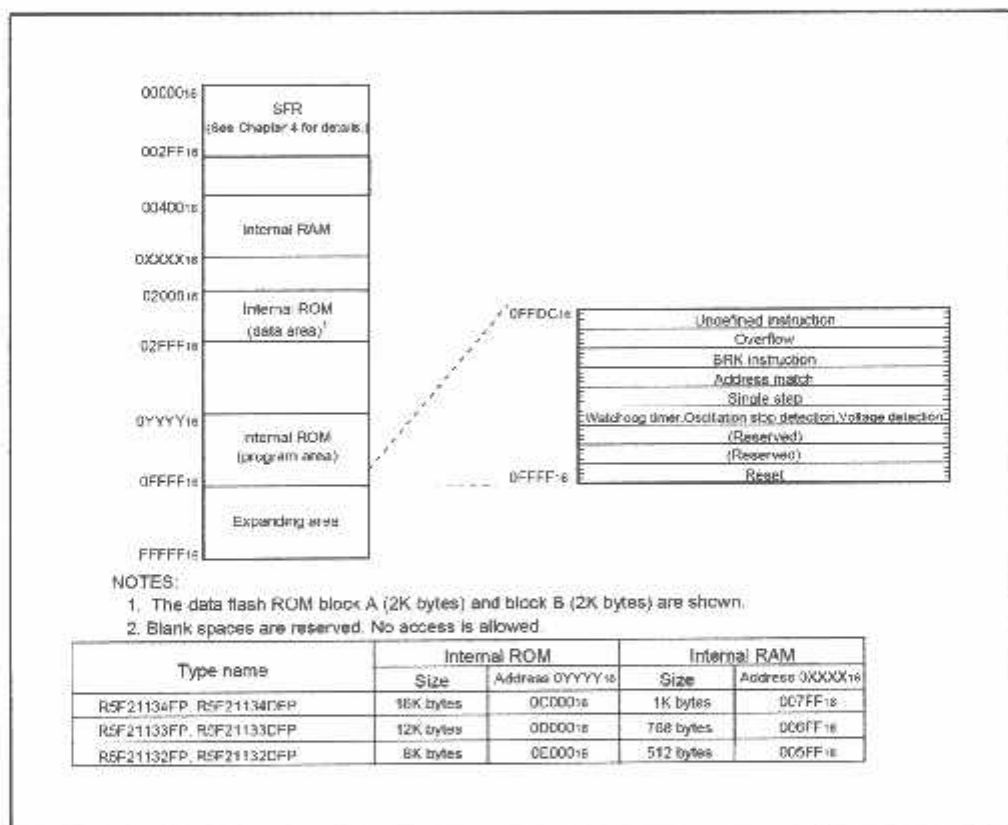
Item	Main clock oscillation circuit	On-chip oscillator	
		High-speed on-chip oscillator	Low-speed on-chip oscillator
Use of clock	<ul style="list-style-type: none"> • CPU clock source • Peripheral function clock source 	<ul style="list-style-type: none"> • CPU clock source • Peripheral function clock source • CPU and peripheral function clock sources when the main clock stops oscillating 	<ul style="list-style-type: none"> • CPU clock source • Peripheral function clock source • CPU and peripheral function clock sources when the main clock stops oscillating
Clock frequency	0 to 20 MHz	Approx. 8 MHz	Approx. 125 kHz
Usable oscillator	<ul style="list-style-type: none"> • Ceramic resonator • Crystal oscillator 	—	—
Pins to connect oscillator	XIN, XOUT ¹	Note ¹	Note ¹
Oscillation starts and stops	Present	Present	Present
Oscillator status after reset	Stopped	Stopped	Oscillating
Other	Externally derived clock can be input ²	—	—

Sumber: www.renesas.com

2.1.5. Memori R8C/Tiny

Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny R5F21134FP memiliki memori yang terbagi dalam:

- ROM (*Read Only Memory*)
 - 16 KB Program Area (Block 0 dan 1)
 - 8 KB *Boot Room* Area
 - 4 KB Data Area (Block A dan B)
- 1 KB RAM (*Random Access Memory*)

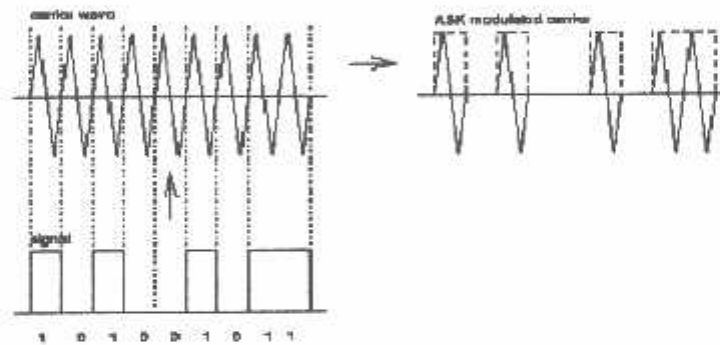


Gambar 2-10 Gambar Map Memory

Sumber: www.renesas.com

2.2. Transmitter TLP434A dan Receiver RLP434A

Transmitter TLP434A dan *receiver* RLP434A adalah sepasang modul pengiriman dan penerimaan data tanpa menggunakan kabel (*wireless*) yang bekerja pada frekuensi 434 MHz. Sistem modulasi yang digunakan adalah modulasi digital ASK (*Amplitudo Syift Keying*) yaitu modulasi yang menyatakan sinyal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan tertentu (misalnya 1 volt) dan sinyal digital 0 sebagai sinyal digital dengan tegangan 0 volt. sinyal ini yang kemudian digunakan untuk menyala-mati-kan pemancar, kira-kira mirip sinyal morse (affan@itb.ac.id).



Gambar 2-11 Modulasi ASK (*Amplitudo Syift Keying*)

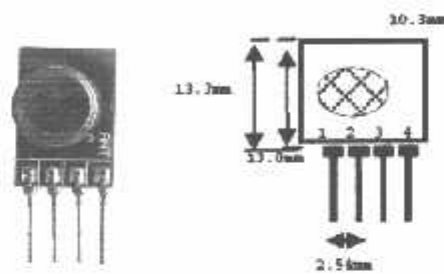
Sumber: Elektronika Komunikasi jilid 2

2.2.1. Transmitter

TLP 434A adalah suatu modul RF (*Radio Frekuensi*) dari Laipac Technology, Inc. yang biasa digunakan pada aplikasi *mobile robot*, alarm, *remote control*, dan transfer data. Jarak pancar yang mampu dijangkau tergantung dari berbagai faktor diantaranya faktor antena, kebisingan, tegangan kerja dari pemancar dan juga resistansi yang dimiliki suatu obyek penghalang. Jarak efektif kurang lebih 30 meter untuk pemakaian *indoor* dan 100 meter untuk pemakaian *outdoor* (www.futurlec.com).

Spesifikasi dan penjelasan dari *transmitter* TLP434A antara lain sebagai berikut:

- *Operation Voltage* antara 2-12 Volt DC
- Bekerja pada frekuensi 315, 418, dan 433,92 MHz
- *Case Temperature* = 25°C
- *Data Rate* sampai 4.8Kbps



Gambar 2-12 Modul dan Ukuran Dimensi TLP434A
(Sumber : Datasheet TLP/RLP434A)

Tabel 2-4 Konfigurasi Pin TLP434A

Pin 1	GND
Pin 2	Data in
Pin 3	Vcc
Pin 4	Antena (RF Output)

(Sumber : Datasheet TLP/RLP 434A)

2.2.2. Receiver

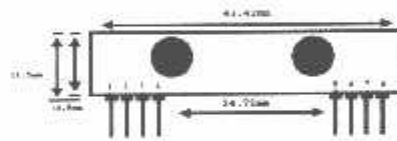
Receiver adalah suatu *hardware* yang berfungsi menerima sinyal informasi yang dikirim oleh suatu pemancar yang memiliki frekuensi yang sama dengan antara pemancar dan penerima. Spesifikasi dari RLP434A antara lain:

- *Operation voltage* 3,3 sampai 6,0 Volt DC
- Bekerja pada frekuensi 315, 418, dan 433,92 MHz
- *Operation temperature* antara -20°C sampai 80°C
- *Data Rate* sampai 4.8Kbps

Untuk ukuran fisiknya, RLP 434A memiliki dimensi yang lebih lebar dibandingkan dengan TLP 434A. Untuk lebih jelas dapat dilihat dari penjelasan berikut ini :



Gambar 2-13 Modul RLP 434A
(Sumber : *Datasheet* TLP/RLP 434A)



Gambar 2-14 Ukuran Fisik RLP 434A
(Sumber : *Datasheet* TLP/RLP 434A)

Tabel 2-5 Konfigurasi Pin RLP 434A

Pin 1	Ground
Pin 2	Digital Data Output
Pin 3	Linier Output/Test
Pin 4	Vcc
Pin 5	Vcc
Pin 6	Ground
Pin 7	Ground
Pin 8	Antena

(Sumber : *Datasheet* TLP/RLP 434A)

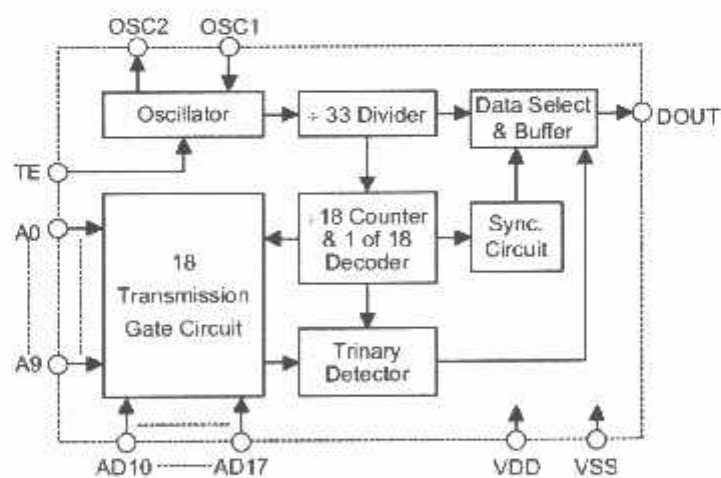
2.3. IC HT640 (Encoder) dan IC HT648 (Decoder)

2.3.1. HT640

HT640 adalah *hardware* yang memiliki fungsi sebagai spesial *encoder*. HT640 sendiri dibuat untuk aplikasi seperti alarm kebakaran, alarm kendaraan, *remote* pintu garasi, sistem keamanan dan aplikasi lain yang berhubungan dengan *remote control* sistem. IC HT640 disini digunakan sebagai *encoder* yang terhubung dengan *transmitter* TLP 434A yang berfungsi untuk mengubah *address* dan data *parallel* (18-bit) ke data *serial*. IC *encoder* HT640 adalah IC CMOS LSIs yang digunakan untuk aplikasi sistem pengendali jarak jauh. IC HT640 memiliki 10-bit alamat dan 8-bit data *input*. Data *input* yang berupa 8 buah data *biner* yang akan dikodekan menjadi data *serial* sehingga data dapat ditransmisikan oleh *transmitter* TLP434A.

2.3.1.1. Diagram Blok HT640

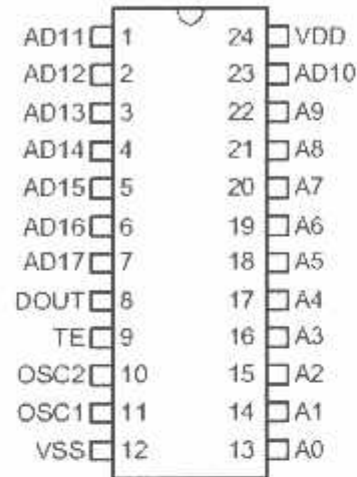
Adapun diagram blok dari HT640 adalah sebagai berikut :



Gambar 2-15 Diagram Blok HT640

(Sumber : *Datasheet* HT640)

2.3.1.2. Konfigurasi Pin HT640



Gambar 2-16 Konfigurasi Pin HT640

(Sumber : *Datasheet* HT640)

Tabel 2-6 Konfigurasi Pin HT640

Nama Pin	I/O	Deskripsi
A0 – A11	I	Input pin untuk memberi identitas <i>address</i>
AD10 – AD17	I	Input pin untuk <i>address</i> atau data
DOUT	O	Pin untuk transmisi data out
TE	I	Untuk mengaktifkan proses transmisi, (<i>active low</i>)
OSC1	I	Pin input untuk oscilator
OSC2	O	Pin output untuk oscillator
VSS	I	Negatif <i>power supply</i> (GND)
VDD	I	Positif <i>power supply</i>
LED	O	Indikator transmisi berupa LED

(Sumber : *Datasheet* HT640)

2.3.1.3. Karakteristik HT640

IC HT640 mempunyai beberapa karakteristk yang perlu diperhatikan sebelum diaplikasikan antara lain:

Tabel 2-7 Karakteristik HT640

Symbol	Parameter	Test Condition		Min	Typ	Max	Unit
		V _{DD}	Condition				
V _{DD}	Operating Voltage	-	-	2.4	-	12	V
I _{STB}	Stanby Current	3V	Oscillator stops	-	0.1	1	μA
		12V		-	2	4	μA
I _{DD}	Operating Current	5V	No load	-	250	500	μA
		12V	f _{OSC} =100kHz	-	1200	2400	μA
I _{LED}	LED Sink Current	5V	V _{LED} =0.5V	1.5	3	-	mA
I _{DDOUT}	Output Drive Current	5V	V _{OH} =0.9V _{DD} (Source)	-0.6	-1.2	-	mA
		5V	V _{OL} =0.1V _{DD} (Sink)	0.6	1.2	-	mA
V _{IH}	"H" Input Voltage	-	-	0.8V _{DD}	-	V _{DD}	V
V _{IL}	"L" Input Voltage	-	-	0	-	0.2V _{DD}	V
f _{OSC}	Oscillator Frequency	10V	R _{OSC} =330kΩ	-	100	-	kHz
R _{TE}	TE Pull-low Resistance	5V	V _{TE} =5V	-	1.5	3	MΩ
R _{DATA}	D12~D17 Pull-low Resistance	5V	V _{DATA} =5V	-	1.5	3	MΩ

(Sumber : Datasheet HT640)

2.3.1.4. Operasi HT640

Sistem kerja yang dilakukan HT640, awalnya akan mentransmisikan 8 data (maksimal untuk HT640) dalam suatu *cycle* selama ada perintah berupa *enable transmission* melalui pin TE (*active high*). *Cycle* ini akan mengulang

terus selama kondisi aktif *low* pada pin TE masih terjadi. Ketika kondisi pin TE menjadi *high*, maka *encoder output* akan menyelesaikan proses pengiriman dan berada pada keadaan stop.

Status dari setiap *address/data* pin bisa di set masing – masing sesuai kondisi yang diinginkan. Fungsinya adalah memberikan identitas pada masing – masing *hardware* jika digunakan lebih dari 1 *encoder* agar identitas dari *hardware* yang satu dengan hardware yang lain dapat dibedakan. Jika status pin TE diaktifkan (aktif *high*), maka *encoder* akan melakukan proses *scan* dan mentransmisikan status dari 18 bits *address* data secara *serial*. Jika proses telah selesai maka *encoder* akan kembali ke kondisi *standby* dan mengkonsumsi arus kurang dari 1 μ A dari *supply* tegangan sebesar 5 volt.

2.3.2. HT648L

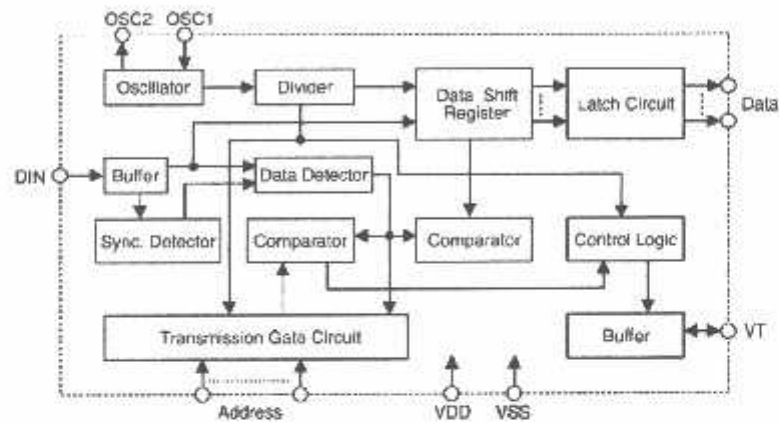
IC HT648L adalah IC *decoder* yang biasanya dipasangkan dengan IC *encoder* yang mempunyai *address* dan data yang sama bit-nya, misalnya HT640. Dari segi fisik hampir sama dengan HT640 namun tentu saja memiliki fungsi yang berbeda. *Hardware* ini akan menerima informasi dari satu pin input saja untuk kemudian dikeluarkan menjadi beberapa data, sesuai data yang diterima (untuk HT648L maksimal data yang diterima 8-bit). IC ini sangat mudah untuk digabungkan dengan RF atau *Infrared Transmisi*.

IC HT648L disini digunakan sebagai *decoder* yang terhubung dengan *receiver* RLP 434A yang berfungsi untuk merubah data *serial* yang diterima *receiver* RLP 434A yang dikirim oleh *transmitter* TLP 434A menjadi data *parallel* 18-bit. IC HT648L ini biasa digunakan untuk *remote control* sebagai

penterjemah dari data yang diterima oleh *receiver*. Biasanya penggunaan IC *decoder* ini dipasangkan dengan IC *encoder* holtek's yang terpasang pada *transmitter*.

2.3.2.1. Diagram Blok HT648L

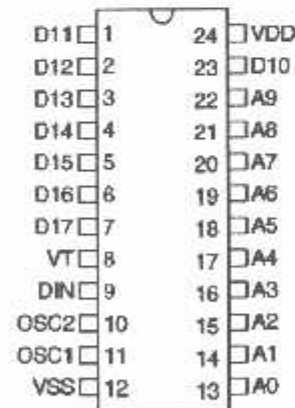
Adapun diagram blok dari HT648L adalah sebagai berikut :



Gambar 2-17 Diagram Blok HT648L

(Sumber : *Datasheet* HT648L)

2.3.2.2. Konfigurasi Pin HT648L



Gambar 2-18 Konfigurasi pin HT648L

(Sumber : *Datasheet* HT648L)

Tabel 2-8 Konfigurasi Pin HT648L

Nama Pin	I/O	Deskripsi
A0 – A17	I	Pin input untuk <i>address setting</i>
D10 – D17	O	Pin untuk data <i>output</i>
DIN	I	<i>Serial Data input</i>
VT	O	<i>Valid Transmision (aktif high)</i>
OSC1	I	<i>Oscillator input pin</i>
OSC2	O	<i>Oscillator output pin</i>
VSS	I	Negatif <i>Power supply</i>
VDD	I	Positif <i>Power supply</i>

(Sumber : *Datasheet HT648L*)

2.3.2.3. Karakteristik HT648L

Seperti halnya HT640, HT648L *Decoder* juga mempunyai karakteristik yang perlu diperhatikan. Berikut penjelasannya:

Tabel 2-9 Karakteristik HT648L

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		VDD	Conditions				
V _{DD}	Operating Voltage	—	—	3	—	12	V
I _{SD}	Standby Current	5V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		12V	—	—	2	4	μA
I _{DD}	Operating Current	5V	No load F _{osc} =100kHz	—	0.2	1	mA
I _O	Data Output Source Current (D10~D17)	5V	V _{OH} =4.5V	-0.5	-1	—	mA
	Data Output Sink Current (D10~D17)		V _{OL} =0.5V	0.5	1	—	mA
I _{VT}	VT Output Source Current	5V	V _{OH} =4.5V	-2	-4	—	mA
	VT Output Sink Current		V _{OL} =0.5V	1	2	—	mA
V _{IH}	"1" Input Voltage	5V	—	3.5	—	5	V
V _{IL}	"0" Input Voltage	5V	—	0	—	1	V
F _{osc}	Oscillator Frequency	10V	R _{osc} =330kΩ	—	100	—	kHz

(Sumber : *Datasheet HT648L*)

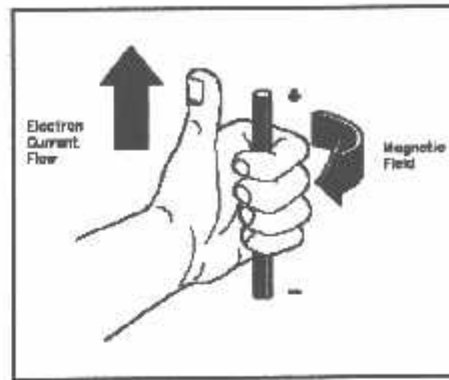
2.3.2.4. Operasi HT648L

HT648L *decoder* ini dapat dibuat menjadi beberapa kombinasi identitas sesuai dengan *address* dan data pin yang dimilikinya. *Decoder* ini menerima data yang ditransmisikan dari *encoder* dan menterjemahkan N bit awal sebagai *address* dan bit akhir dari $18 - N$ sebagai data, dimana N adalah jumlah *address*. Jika sinyal pada pin DIN on, maka *decoder* akan menerima *address* dan data yang masuk.

Decoder akan mengecek kembali *address* yang diterima sebanyak dua kali secara terus – menerus. Jika *address* yang diterima sesuai dengan *address* yang dimiliki oleh *local address decoder*, maka $18 - N$ bit data akan dikodekan untuk mengaktifkan pin *output* serta mengkondisikan pin VT pada kondisi *high* jika transmisi telah *valid*. Sinyal yang dikeluarkan pada pin VT dalam *high* hanya ketika transmisi telah *valid*, selain pada kondisi tersebut sinyal yang dikeluarkan pin VT adalah *low*.

2.4. Motor DC

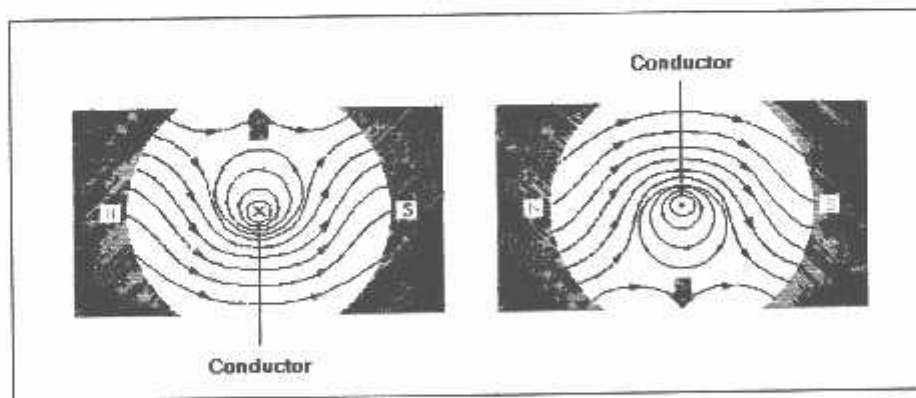
Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet. Arah medan magnet dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri. Ibu jari tangan menunjukkan arah aliran arus listrik sedangkan jari-jari yang lain menunjukkan arah medan magnet yang timbul, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2-19 berikut ini.



Gambar 2-19 Kaidah Tangan Kiri

(Sumber: www.CoolCircuit.com)

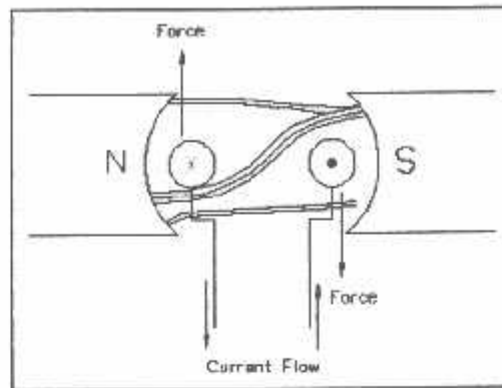
Jika suatu konduktor yang dialiri arus listrik ditempatkan dalam sebuah medan magnet, kombinasi medan magnet akan ditunjukkan oleh gambar 2-20. Arah aliran arus listrik dalam konduktor ditunjukkan dengan tanda “x” atau “.”. Tanda “x” menunjukkan arah arus listrik mengalir menjauhi pembaca gambar, tanda “.” menunjukkan arah arus listrik mengalir mendekati pembaca gambar.



Gambar 2-20 Konduktor Berarus Listrik Dalam Medan Magnet

(Sumber: www.CoolCircuit.com)

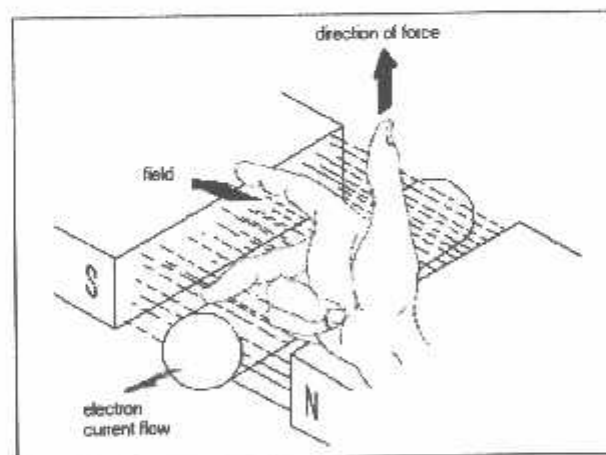
Pada gambar sebelah kiri, arah medan magnet pada sisi atas yang dihasilkan oleh konduktor berlawanan dengan arah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Sementara pada sisi sebelah bawah, arah medan magnet yang dihasilkan oleh konduktor searah dengan arah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Dengan kata lain, pada sisi sebelah atas kerapatan *fluks* magnet lebih sedikit dari pada sisi sebelah bawah. Sebuah gaya dorong akan menyebabkan konduktor bergerak ke sisi sebelah atas. Pada gambar sebelah kanan, arah medan magnet pada sisi atas yang dihasilkan oleh konduktor searah dengan arah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Sementara pada sisi sebelah bawah, arah medan magnet yang dihasilkan oleh konduktor berlawanan dengan arah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Dengan kata lain, pada sisi sebelah bawah kerapatan *fluks* magnet lebih sedikit dari pada sisi sebelah atas. Sebuah gaya dorong akan menyebabkan konduktor bergerak ke sisi sebelah bawah. Pada sebuah motor dc, konduktor dibentuk menjadi sebuah *loop* sehingga ada dua bagian konduktor yang berada didalam medan magnet pada saat yang sama, seperti diperlihatkan pada gambar 2-21. Konfigurasi konduktor seperti ini akan menghasilkan *distorsi* pada medan magnet utama dan menghasilkan gaya dorong pada masing-masing konduktor. Pada saat konduktor di tempatkan pada rotor, gaya dorong yang timbul akan menyebabkan rotor berputar searah dengan jarum jam, seperti diperlihatkan pada gambar 2-21.



Gambar 2-21 Bergeraknya Sebuah Motor

(Sumber: www.CoolCircuit.com)

Sebuah cara lagi untuk menunjukkan hubungan antara arus listrik yang mengalir didalam sebuah konduktor, medan magnet dan arah gerak, adalah kaidah tangan kanan untuk motor seperti yang diperlihatkan pada gambar 2-22.



Gambar 2-22 Kaidah Tangan Kanan Untuk Motor

(Sumber: www.CoolCircuit.com)

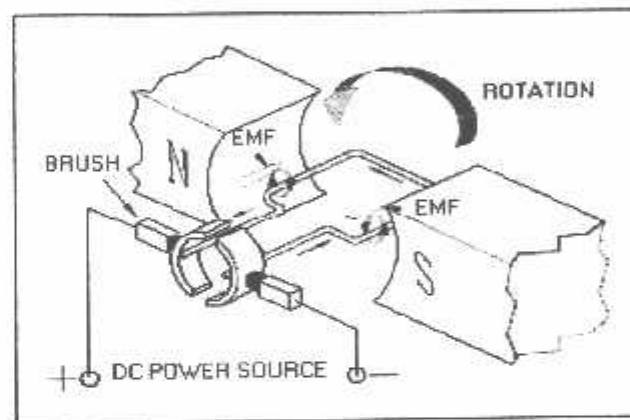
Kaidah tangan kanan untuk motor menunjukkan arah arus yang mengalir didalam sebuah konduktor yang berada dalam medan magnet. Jari tengah menunjukkan arah arus yang mengalir pada konduktor, jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet dan ibu jari menunjukkan arah gaya putar. Adapun besarnya gaya yang bekerja pada konduktor tersebut dapat dirumuskan dengan :

$$F = B.L.I \quad (\text{Newton})$$

Dimana : B = kerapatan *fluks* magnet (weber)

L = panjang konduktor (meter)

I = arus listrik (ampere)



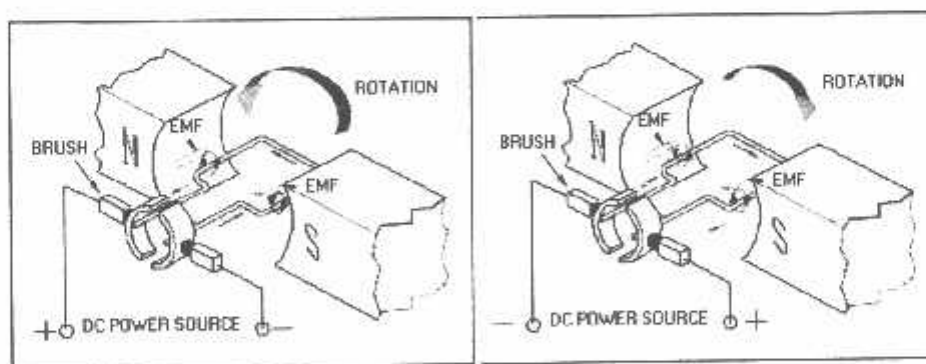
Gambar 2-23 Konstruksi Dasar Motor DC

(Sumber: www.CoolCircuit.com)

Pada gambar 2-23 diatas tampak sebuah konstruksi dasar motor dc, pada gambar diatas terlihat bahwa pada saat terminal motor diberi tegangan dc, maka arus elektron akan mengalir melalui konduktor dari terminal negatif menuju ke terminal positif. Karena konduktor berada diantara medan magnet, maka akan timbul medan magnet juga pada konduktor yang arahnya seperti

terlihat pada gambar 2-23. diatas. Arah garis gaya medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen adalah dari kutub utara menuju ke selatan. Sementara pada konduktor yang dekat dengan kutub selatan, arah garis gaya magnet disisi sebelah bawah searah dengan garis gaya magnet permanen sedangkan di sisi sebelah atas arah garis gaya magnet berlawanan arah dengan garis gaya magnet permanen. Ini menyebabkan medan magnet disisi sebelah bawah lebih rapat daripada sisi sebelah atas. Dengan demikian konduktor akan terdorong ke arah atas. Sementara pada konduktor yang dekat dengan kutub utara, arah garis gaya magnet disisi sebelah atas searah dengan garis gaya magnet permanen sedangkan di sisi sebelah bawah arah garis gaya magnet berlawanan arah dengan garis gaya magnet permanen. Ini menyebabkan medan magnet disisi sebelah atas lebih rapat daripada sisi sebelah bawah. Dengan demikian konduktor akan terdorong ke arah bawah. Pada akhirnya konduktor akan membentuk gerakan berputar berlawanan dengan jarum jam seperti terlihat pada gambar 2-23 di atas.

2.4.1. Pengendalian Arah Putaran Motor DC



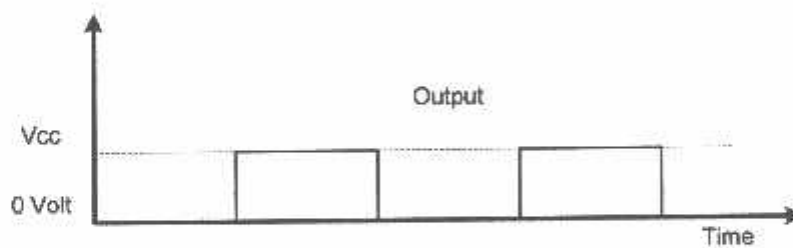
Gambar 2-24 Arah Putaran Motor DC

(Sumber: www.CoolCircuit.com)

Putaran motor dc sebenarnya dari kiri ke kanan, untuk mengubah putaran motor dari kiri ke kanan atau berbalik arah dari yang seharusnya dapat dilakukan dengan cara membalik arah arus motor tersebut dengan tegangan sumber, yaitu kutub positif pada tegangan sumber dan negatif pada motor disambungkan ke kutub positif pada tegangan sumber, maka motor akan berputar berlawanan dari arah sebenarnya yaitu dari kiri ke kanan.

2.5. Pulse Width Modulation (PWM)

PWM biasanya digunakan untuk mengatur penggunaan daya pada motor DC agar lebih efisien yaitu dengan cara pengalihan daya dengan menggunakan sistem lebar frekuensi, sehingga kecepatan putaran motor DC dapat diatur. *Output* dari mikrokontroler berbentuk gelombang kotak seperti gambar di bawah ini:

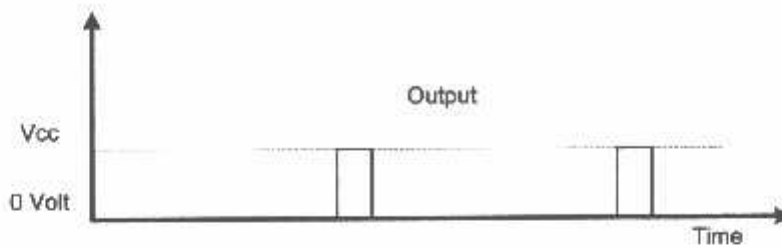


Gambar 2-25 Bentuk Gelombang Kotak

(Sumber: www.CoolCircuit.com)

Siklus *output* terdiri dari sebuah periode T_{low} dan sebuah periode tinggi T_{high} . $T_{low} + T_{high} = T$, dimana T adalah periode (lamanya waktu) untuk satu siklus waktu. T_{high} juga dinamakan *pulsa output* atau *pulsa*. Periode T harus dijaga agar tetap sama sehingga putaran per detik juga sama. Jika kita menambah lebar T_{high} , maka T_{low} juga harus dikurangi. Sebaliknya jika kita

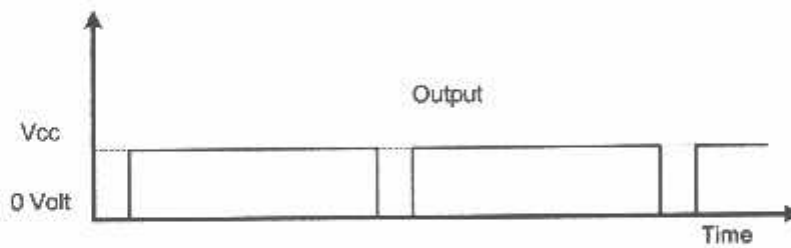
mengurangi T_{high} , maka T_{low} harus ditambah. *Output* T_{high} yang diperkecil terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2-26 *Pulsa yang diperkecil*

(Sumber: www.CoolCircuit.com)

Pada saat T_{high} diperbesar, outputnya terlihat sebagai berikut:

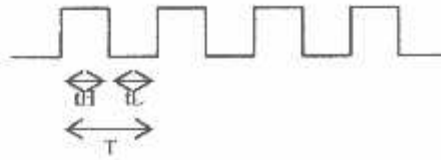


Gambar 2-27. *Pulsa yang diperbesar*

(Sumber: www.CoolCircuit.com)

Jika rangkaian *driver* motor aktif *high*, maka motor akan berputar selama T_{high} , artinya arus yang mengalir melalui motor dalam beberapa waktu selama T_{high} , sehingga untuk mengendalikan kecepatan motor maka lebar T_{high} yang harus di ubah.

Duty cycle adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan *pulsa output* yang dinyatakan dalam persen (%). Persentase ini akan menunjukkan berapa persen siklus *output* pada saat T_{high} .



Gambar 2-28 *Pulsa High dan Low*

(Sumber: Dwi Sunar Prasetyono, 2003)

Dengan perhitungan *duty cycle*;

$$D = \frac{tH}{tL + tH} \times 100\%$$

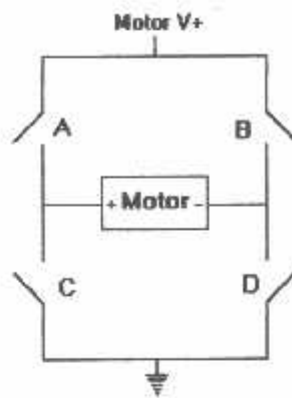
2.6. H-Bridge

H-Bridge merupakan suatu rangkaian yang fungsinya sama seperti saklar. *H-Bridge* terdiri dari beberapa susunan komponen yaitu transistor PNP dan NPN dan juga resistor. *H-Bridge* disini digunakan untuk mengatur arah putaran motor dc. Prinsip kerjanya sederhana seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2-10 Cara kerja rangkaian *H-Bridge*

A	B	C	D	OUTPUT
ON	OFF	OFF	ON	Motor putar kanan
OFF	ON	ON	OFF	Motor putar kiri
ON	ON	OFF	OFF	Tidak diperbolehkan
OFF	OFF	ON	ON	Tidak diperbolehkan

Sumber: Chuck McManis 2003



Gambar 2-29 Rangkaian H-Bridge

Sumber: Chuck McManis 2003

2.7. Transistor

Prinsip kerja transistor adalah arus bias *base - emitter* yang kecil mengatur besar arus *colector - emitter*. Bagian penting berikutnya adalah bagaimana caranya memberi arus bias yang tepat sehingga transistor dapat bekerja optimal.

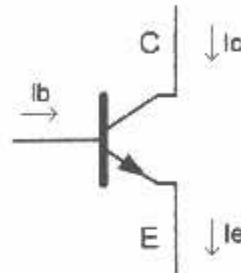
2.7.1. Arus Bias

Ada tiga cara yang umum untuk memberi arus bias pada transistor, yaitu rangkaian CE (*Common Emitter*), CC (*Common Colector*), CB (*Common Base*). Namun saat ini akan lebih detil jika dijelaskan bias transistor rangkaian CE. Dengan menganalisa rangkaian CE akan dapat diketahui beberapa parameter penting dan berguna, terutama untuk memilih transistor yang tepat untuk aplikasi tertentu. Misalnya untuk aplikasi pengolahan sinyal audio tentu saja tidak menggunakan transistor power.

2.7.2. Arus Emitor

Dari Hukum Kirchoff diketahui bahwa jumlah arus yang masuk ke satu titik akan sama dengan arus yang keluar. Jika teorema tersebut diaplikasikan pada transistor, maka hukum itu menjelaskan hubungan :

$$I_E = I_C + I_B$$



Gambar 2-30 Arus Emitor

(Sumber: www.electroniclab.com, rubrik elka analog, aswan hamonangan)

Persamaan di atas mengatakan arus emitor I_E adalah jumlah dari arus kolektor I_C dengan arus base I_B , karena arus I_B sangat kecil sekali atau disebutkan $I_B \ll I_C$, maka dapat dinyatakan :

$$I_E = I_C$$

2.7.3. Alpha (α)

Pada tabel data transistor (*databook*) sering dijumpai spesifikasi α_{dc} (alpha dc) yang tidak lain adalah :

$$\alpha_{dc} = I_C / I_E$$

Definisinya adalah perbandingan arus kolektor terhadap arus emitor. Karena besar arus kolektor umumnya hampir sama dengan besar arus emitor, maka

idealnya besarnya a_{dc} adalah = 1 (satu). Namun pada umumnya transistor yang ada memiliki a_{dc} kurang lebih antara 0,95 sampai 0,99.

2.7.4. Beta (b)

Beta didefinisikan sebagai besar perbandingan antara arus kolektor dengan arus base.

$$b = I_C / I_B$$

Dengan kata lain, b adalah parameter yang menunjukkan kemampuan penguatan arus (*current gain*) dari suatu transistor. Parameter ini ada tertera di *databook* transistor dan sangat membantu para perancang rangkaian elektronika dalam merencanakan rangkaiannya.

Misalnya jika suatu transistor diketahui besar $b = 250$ dan diinginkan arus kolektor sebesar 10 mA, maka berapakah arus bias base yang diperlukan. Tentu saja jawabannya sangat mudah, yaitu :

$$I_B = \frac{I_C}{b} = \frac{10\text{mA}}{250} = 40 \mu\text{A}$$

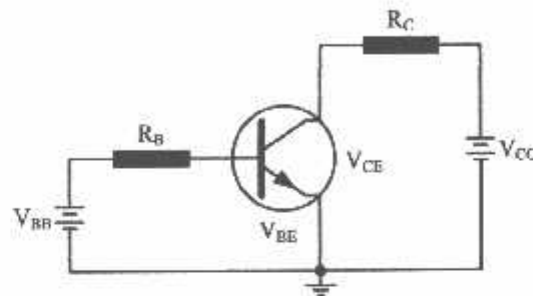
Arus yang terjadi pada kolektor transistor yang memiliki $b = 200$ jika diberi arus bias base sebesar 0,1 mA adalah :

$$I_C = b \cdot I_B = 200 \times 0,1 \text{ mA} = 20 \text{ mA}$$

Dari rumusan di atas lebih terlihat definisi penguatan arus transistor, yang sekali lagi, arus base yang kecil menjadi arus kolektor yang lebih besar.

2.7.5. Common Emitter (CE)

Rangkaian CE adalah rangkaian yang paling sering digunakan untuk berbagai aplikasi yang menggunakan transistor. Dinamakan rangkaian CE sebab titik *ground* atau titik tegangan 0 Volt dihubungkan pada titik emitter.



Gambar 2-31 Rangkaian CE

(Sumber: www.electroniclab.com, rubrik elka analog, aswan hamonangan)

Sekilas tentang notasi, ada beberapa notasi yang sering digunakan untuk menunjukkan besar tegangan pada suatu titik maupun antar titik. Notasi dengan satu *subscript* adalah untuk menunjukkan besar tegangan pada satu titik, misalnya V_C = tegangan kolektor, V_B = tegangan base, dan V_E = tegangan *emitter*.

Ada juga notasi dengan dua *subscript* yang dipakai untuk menunjukkan besar tegangan antar dua titik, yang disebut juga dengan tegangan jepit. Di antaranya adalah :

$$V_{CE} = \text{tegangan jepit kolektor - emitor}$$

$$V_{BE} = \text{tegangan jepit base - emitor}$$

$$V_{CB} = \text{tegangan jepit kolektor base}$$

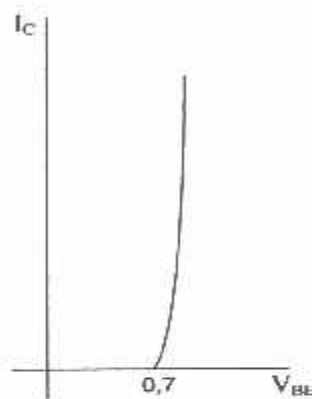
Notasi seperti V_{BB} , V_{CC} , V_{EE} berturut - turut adalah besar sumber tegangan yang masuk ke titik base, kolektor, dan emitor.

2.7.6. Kurva Base

Hubungan antara I_B dan V_{BE} tentu saja akan berupa kurva dioda. Karena memang telah diketahui bahwa *junction base – emitor* tidak lain adalah sebuah dioda. Jika hukum Ohm diterapkan pada loop base diketahui adalah :

$$I_B = \frac{(V_{BB} - V_{BE})}{R_B}$$

V_{BE} adalah tegangan jepit dioda *junction base – emitor*. Arus hanya akan mengalir jika tegangan antara base – emitor lebih besar dari V_{BE} . Sehingga arus I_B mulai aktif mengalir pada saat nilai V_{BE} tertentu.



Grafik 2-1 Kurva $I_B - V_{BE}$

(Sumber: www.electronicid.com, rubrik elka dasar, aswan hamonangan)

Besar V_{BE} umumnya tercantum dalam *databook*, tetapi untuk penyederhanaan umumnya diketahui $V_{BE} = 0,7$ Volt untuk transistor silikon dan $V_{BE} = 0,3$ Volt untuk transistor germanium. Nilai ideal $V_{BE} = 0$ Volt.

Sampai disini akan sangat mudah mengetahui arus I_B dan arus I_C dari rangkaian berikut ini, jika diketahui besar $b = 200$. Misalnya yang digunakan adalah transistor yang dibuat dari bahan silikon.

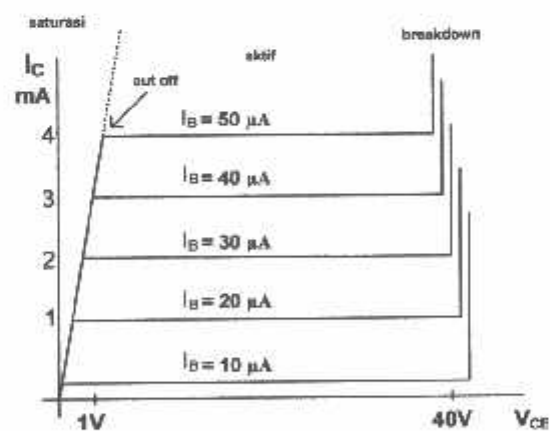
$$\begin{aligned}
 I_B &= \frac{(V_{BB} - V_{BE})}{R_B} \\
 &= \frac{(2V - 0,7V)}{100K\Omega} \\
 &= 13 \mu A
 \end{aligned}$$

Dengan $b = 200$, maka arus kolektor adalah :

$$\begin{aligned}
 I_C &= b \cdot I_B \\
 &= 200 \times 13 \mu A \\
 &= 2,6 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

2.7.7. Kurva Kolektor

Sekarang sudah diketahui konsep arus *base* dan arus kolektor, satu hal lain yang menarik adalah bagaimana hubungan arus base I_B , arus kolektor I_C , dan tegangan kolektor kolektor – *emitter* V_{CE} . Dengan menggunakan rangkaian-01, tegangan V_{BB} dan V_{CC} dapat diatur untuk memperoleh *plot* garis – garis kurva kolektor. Pada gambar berikut telah diplot beberapa kurva kolektor arus I_C terhadap V_{CE} dimana arus I_B dibuat konstan.



Grafik 2-2 Kurva Kolektor

(Sumber: www.electroniclab.com, rubrik elka dasar, aswan hamonangan)

Dari kurva ini dapat terlihat ada beberapa region yang menunjukkan daerah kerja transistor. Pertama adalah daerah saturasi, lalu daerah *cut-off*, kemudian daerah aktif, dan seterusnya adalah daerah *breakdown*.

2.7.8. Daerah Aktif

Daerah kerja transistor yang normal adalah pada daerah aktif, dimana arus I_C konstan terhadap berapapun nilai V_{CE} . Dari kurva ini diperlihatkan bahwa arus I_C hanya bergantung pada besar arus I_B . daerah kerja ini biasa disebut juga daerah linear (*linear region*).

Jika Hukum Kirchoff mengenai tegangan dan arus diterapkan pada *loop* kolektor (rangkaiannya CE), maka dapat diperoleh hubungan :

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

Dapat dihitung dissipasi daya transistor adalah :

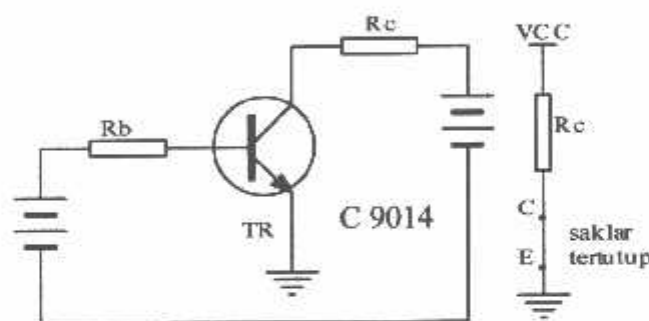
$$P_D = V_{CE} \cdot I_C$$

Rumus ini mengatakan jumlah dissipasi daya transistor adalah tegangan kolektor – *emitter* dikalikan dengan jumlah arus yang melewatinya. Dissipasi daya ini berupa panas yang menyebabkan naiknya temperatur transistor. Umumnya untuk transistor power sangat perlu untuk mengetahui spesifikasi P_{Dmax} . Spesifikasi ini menunjukkan temperatur kerja maksimum yang diperbolehkan agar transistor masih bekerja normal. Sebab jika transistor bekerja melebihi kapasitas daya P_{Dmax} , maka transistor dapat rusak atau terbakar.

2.7.9. Daerah Saturasi (Dalam Keadaan Jenuh)

Daerah Saturasi adalah mulai dari $V_{CE} = 0$ Volt sampai dengan kira-kira 0,7 Volt (transistor silikon), yaitu akibat dari efek dioda kolektor - base yang mana tegangan V_{CE} belum mencukupi untuk dapat menyebabkan aliran elektron. Transistor dalam keadaan jenuh (saturasi), maka berlaku :

- Kuat arus (I_C) mencapai maksimum
- V_{ce} sama dengan 0 volt
- Tegangan pada beban sama dengan tegangan sumber ($V_{cc}=V_{Rc}$)



Gambar 2-32 Transistor Dalam Keadaan Saturasi

(Sumber: www.gutenberg.org, rubrik elka dasar, aswan hamonangan)

Untuk menghitung resistansi pada basis menggunakan rumus :

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} = 0$$

Karena keadaan saturasi $V_{ce} = 0$ maka rumurnya menjadi :

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C = 0$$

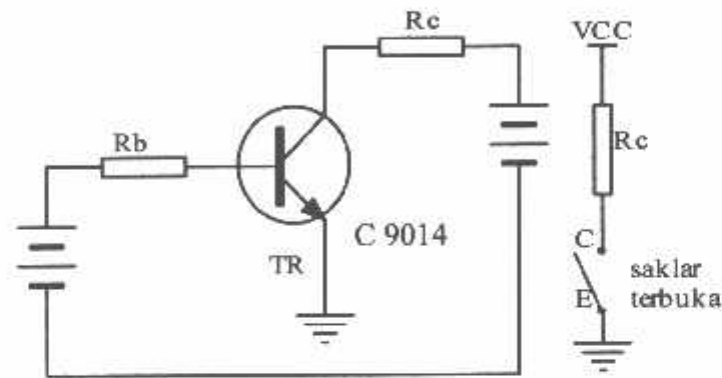
$$I_C = \beta_{dc} \cdot I_B$$

$$I_B = \frac{(V_{CC} - V_{BE})}{R_B}$$

2.7.10. Daerah *Cut-Off* (Sumbat)

Transistor dalam keadaan *cut off* (sumbat) berlaku hal-hal sebagai berikut :

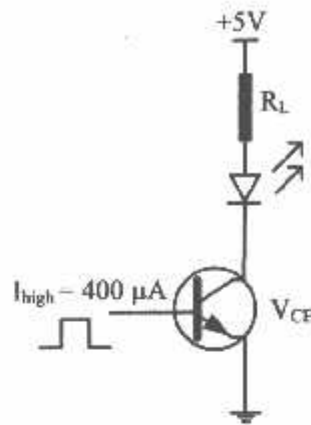
- Arus I_b sama dengan 0 volt
- Arus I_c sangat kecil sekali sehingga dapat diabaikan
- V_{ce} sama V_{cc}



Gambar 2-33 Transistor dalam Keadaan *Cutt Off* (Sumbat)

(Sumber: www.electronicelab.com, rubrik elka dasar, aswan hamonangan)

Jika kemudian tegangan V_{CC} dinaikkan perlahan - lahan sampai tegangan V_{CE} tertentu tiba - tiba arus I_C mulai konstan. Pada saat perubahan ini, daerah kerja transistor berada pada daerah *cut-off*, yaitu dari keadaan saturasi (OFF) lalu menjadi aktif (ON). Perubahan ini dipakai pada sistem digital yang hanya mengenal angka biner 0 dan 1 yang tidak lain dapat direpresentasikan oleh status transistor OFF dan ON.



Gambar 2-34 Rangkaian *Driver* LED

(Sumber: www.electroniclab.com, rubrik elka analog, aswan hamonangan)

Misalkan pada rangkaian *driver* LED di atas, transistor yang digunakan adalah transistor dengan $b = 50$. Penyalan LED diatur oleh sebuah gerbang logika (*logic gate*) dengan arus *output high* = $400 \mu\text{A}$ dan diketahui tegangan *forward* LED $V_{\text{LED}} = 2,4 \text{ Volt}$. Lalu pertanyaannya adalah berapakah seharusnya resistansi R_L yang dipakai?

$$\begin{aligned} I_C &= b \cdot I_B \\ &= 50 \times 400 \mu\text{A} \\ &= 20 \text{ mA} \end{aligned}$$

Arus sebesar ini cukup untuk menyalakan LED pada saat transistor *cut-off*. Tegangan V_{CE} pada saat *cut-off* idealnya = 0, dan aproksimasi ini sudah cukup untuk rangkaian ini.

$$\begin{aligned} R_L &= (V_{\text{CC}} - V_{\text{LED}} - V_{\text{CE}}) / I_C \\ &= (5 - 2,4 - 0) / 20 \text{ mA} \\ &= 2,6 \text{ V} / 20 \text{ mA} = 130 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

2.7.11. Daerah Breakdown

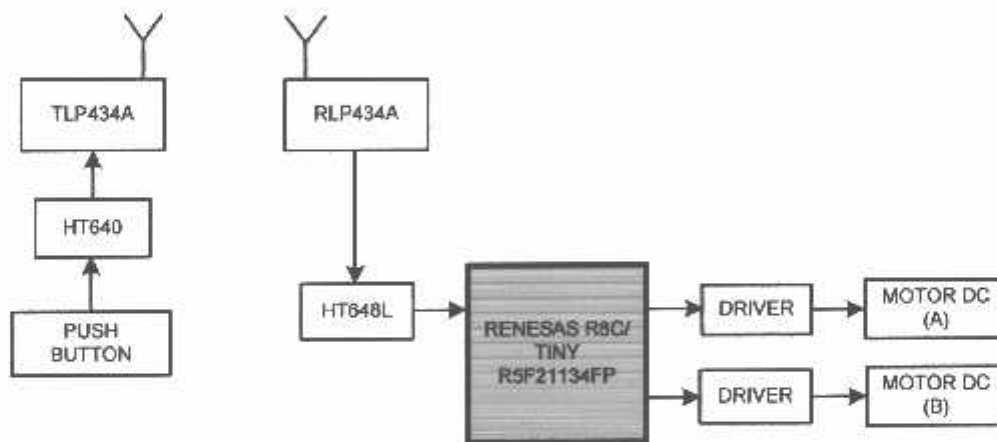
Dari kurva kolektor, terlihat jika tegangan V_{CE} lebih dari 40 V, arus I_C menanjak naik dengan cepat. Transistor pada daerah ini disebut berada pada daerah *breakdown*. Seharusnya transistor tidak boleh bekerja pada daerah ini, karena akan dapat merusak transistor tersebut. Untuk berbagai jenis transistor, nilai tegangan V_{CEmax} yang diperbolehkan sebelum *breakdown* bervariasi. V_{CEmax} pada *databook* transistor selalu dicantumkan juga.

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini membahas tentang perencanaan atau perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam aplikasi mikrokontroler Renesas R8C/Tiny sebagai pengendali motor DC pada mobil *remote control* (R/C).

3.1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)



Gambar 3-1 Diagram Blok Sistem

Keterangan Blok Diagram Sistem:

➤ *Push Button*

Alat pengendali gerak mobil (kemudi mobil) dari jauh. Terdiri dari 8 *push button* yang masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda untuk setiap penekanannya.

➤ IC HT640

IC Encoder yang berfungsi untuk memproses beberapa bit *input* data menjadi keluaran 1 bit sebelum diteruskan ke *transmitter*. Digunakan *IC Encoder* HT640 dari Holtek Semiconductor.

➤ TLP434A

Berfungsi sebagai pengirim data melalui frekuensi tertentu radio frekuensi (433,92 MHz). Digunakan *hardware* TLP434A dengan spesifikasi, 4 pin dengan fungsi yaitu 1 pin sebagai Vcc, 1 pin sebagai *ground*, 1 pin sebagai data digital *input* dan 1 pin sebagai RF *output*.

➤ RLP434A

Berfungsi sebagai penerima data melalui frekuensi tertentu (433,92 MHz). Digunakan *hardware* RLP434A dengan spesifikasi, 8 pin dengan fungsi yaitu 2 pin sebagai Vcc, 3 pin sebagai *ground*, 1 pin sebagai data *digital output*, 1 pin *linear output*, dan 1 pin untuk antena.

➤ IC HT648L

IC Decoder yang berfungsi memproses 1 inputan data menjadi beberapa data outputan dari *receiver*. Mempunyai spesifikasi yang sama dengan *IC encoder* HT640. Digunakan *Decoder* HT648L.

➤ RENESAS R8C/Tiny R5F21134FP

Mikrokontroler pusat pengendali atau pengontrol semua piranti yang termasuk dalam sistem

➤ *Driver*

Rangkaian untuk mengendalikan motor dc.

➤ Motor DC (A)

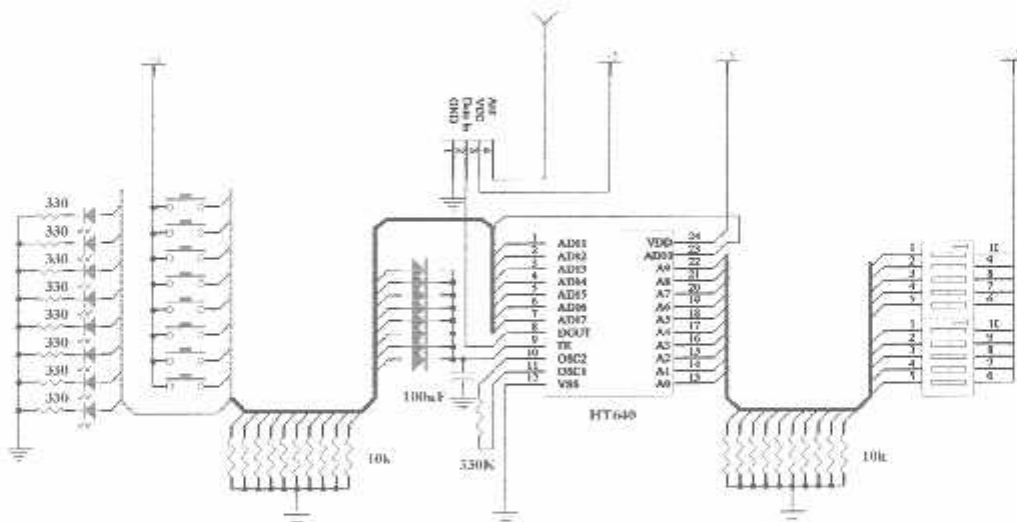
Sebagai kemudi roda depan yang hanya dapat berbelok ke kanan atau ke kiri.

➤ Motor DC (B)

Sebagai penggerak roda belakang yang memiliki beberapa versi kecepatan. Motor dc ini mirip motor dc *gearbox* karena didalamnya terdapat *gear* untuk meningkatkan torsi motor.

3.1.1. Perancangan Blok Pengirim

Untuk perancangan pada bagian pengirim terdiri dari beberapa *hardware* utama yaitu *push button*, *encoder HI'640* dan pemancar TLP434A.



Gambar 3-2 Rangkaian Blok Pengirim

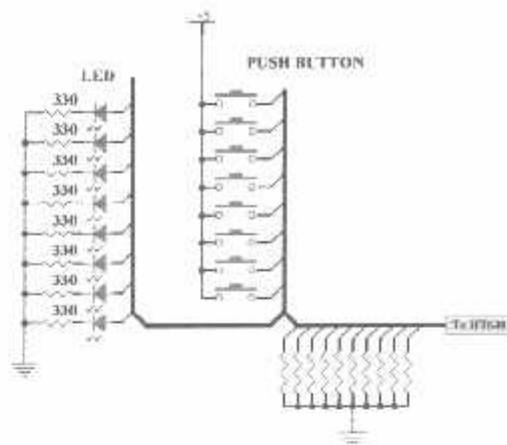
3.1.1.1. Perancangan Push Button

Push button di gunakan sebagai kendali gerak dari mobil R/C yang terdiri dari 8 buah tombol. 5 tombol untuk beberapa versi kecepatan, 3 tombol masing-masing untuk gerak ke kanan, ke kiri dan mundur.

Tabel 3-1 Konfigurasi Tombol kendali Mobil R/C

Tombol								Gerak Mobil R/C
⌂	⌂	U	①	②	③	④	⑤	
			*					Maju PWM 40%
				*				Maju PWM 50%
					*			Maju PWM 60%
						*		Maju PWM 70%
							*	Maju PWM 90%
*								Belok kiri
*		*						Maju PWM 40%, belok kiri
*			*					Maju PWM 50%, belok kiri
*				*				Maju PWM 60%, belok kiri
*					*			Maju PWM 70%, belok kiri
*						*		Maju PWM 90%, belok kiri
*								Belok kanan
*	*	*						Maju PWM 40%, belok kanan
*			*					Maju PWM 50%, belok kanan
*				*				Maju PWM 60%, belok kanan
*					*			Maju PWM 70%, belok kanan
*						*		Maju PWM 90%, belok kanan
		*						Mundur
*	*	*						Mundur belok kiri
*	*	*						Mundur belok kanan

Untuk mempermudah mengetahui tombol mana yang ditekan dan apakah tombol benar sesuai yang kita inginkan, maka dalam perancangan kali ini, ditambahkan indikator berupa lampu LED.



Gambar 3-3 Rangkaian *Push Button*

Penggunaan resistor 330 ohm adalah sebagai pembatas arus pada LED. Kebutuhan arus pada LED adalah 15 mA, dengan tegangan Vcc 5 volt, maka dapat dicari nilai tahanannya dengan cara sebagai berikut:

$$V = I * R$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$= \frac{5}{0.015}$$

$$R = 333,33 \Omega$$

Jadi dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai R_B sebesar 333,33 Ω atau disederhanakan menjadi 330 Ω .

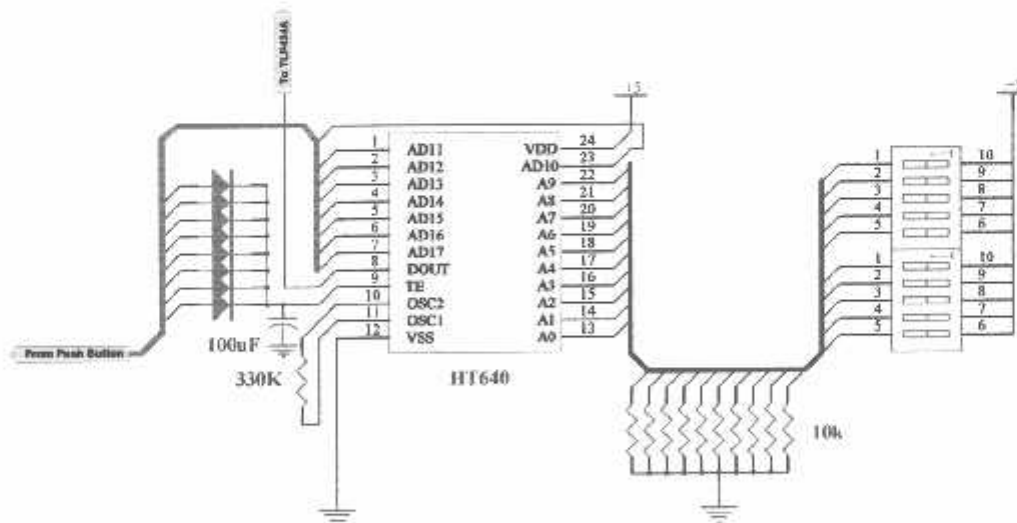
3.1.1.2. Perancangan HT640

Konfigurasi pin HT640 dalam perancangan adalah :

1. Pin A0 – A9 adalah 10 pin yang berfungsi sebagai *address bit*. Antara pemancar dengan penerima harus memiliki *address* yang sama agar dapat terjadi komunikasi. Untuk perancangan ini pada

pin A0 – A9 dihubungkan dengan *dipswitch* dengan tujuan nantinya dapat dilakukan kombinasi *address*.

2. Pin 24 dihubungkan dengan sumber tegangan (Vdd).
3. Pin 12 dihubungkan dengan *ground* (Vss)
4. Pin 8 (D_{OUT}) dihubungkan dengan pin data *in* pada TLP434A
5. Pemasangan R_{OSC} berpengaruh terhadap kecepatan transfer data. Yang paling ditekankan adalah pemakaian nilai R pada HT640 adalah sama dengan nilai R yang dipasang pada HT648L, yaitu sebesar 330K Ω .
6. Pin TE dihubungkan dengan semua pin data sebagai indikasi bahwa data telah atau belum diterima (aktif *high*)
7. Pin AD10 – AD17 adalah pin masukan data yang akan dihubungkan dengan *push button*. Pada perancangan ini digunakan pin AD10-AD17 karena dipakai 8 *push button*.

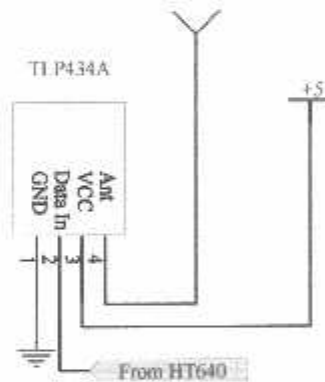


Gambar 3-4 Rangkaian HT640

3.1.1.3. Perancangan TLP434A

Untuk pengiriman data digunakan TLP434A yang bekerja melalui gelombang yang mempunyai frekuensi 433.99MHz. Alat ini sangat mudah digunakan karena tidak banyak membutuhkan banyak komponen pendukung, serta membutuhkan tegangan yang relatif kecil yaitu 2-5 Volt. Konfigurasi pin – pin TLP434A dalam perancangan adalah :

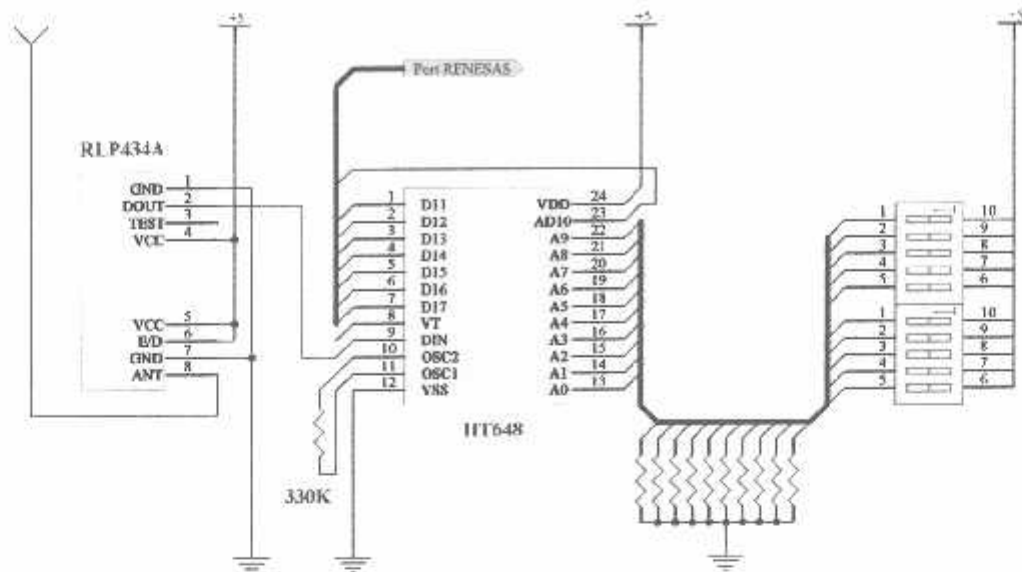
1. Kaki 1 dihubungkan dengan *ground*
2. Kaki 2 dihubungkan dengan pin D_{OUT} dari HT640 sebagai data *input*
3. Kaki 3 dihubungkan dengan sumber tegangan
4. Kaki 4 dihubungkan dengan antena



Gambar 3-5 Rangkaian TLP434A

3.1.2. Perancangan Blok Penerima

Blok penerima juga memiliki 2 *hardware* utama yaitu HT648L dan RLP434A. Blok ini terdapat pada mobil *remote control* (R/C) bersama dengan mikrokontroller sebagai pusat kendali.



Gambar 3-6 Rangkaian Blok Penerima

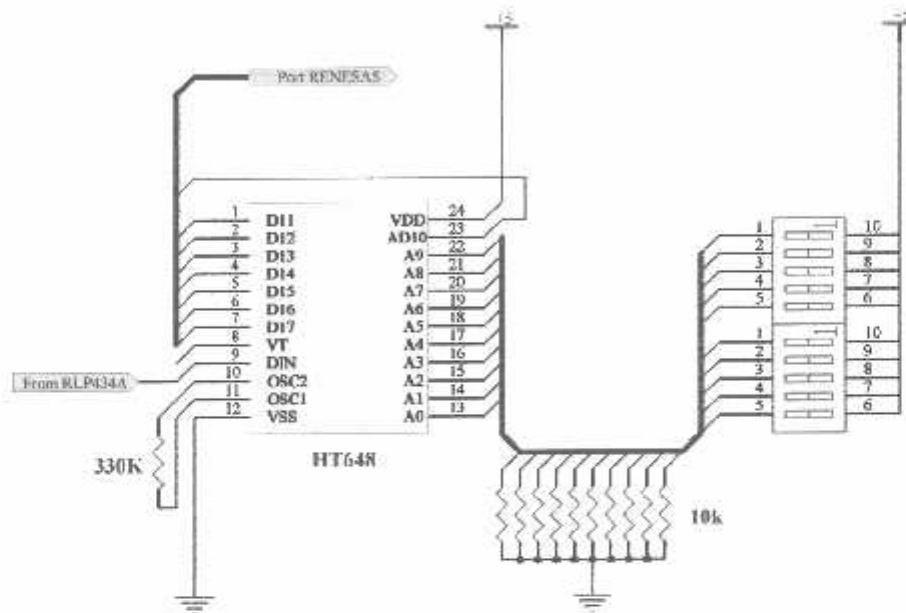
3.1.2.1. Perancangan HT648L

Konfigurasi pin HT648L dalam perancangan adalah :

1. Pin A0 – A9 adalah 10 pin yang berfungsi sebagai *address bit*. Antara pemancar dengan penerima harus memiliki *address* yang sama agar dapat terjadi komunikasi. Untuk perancangan ini pada pin A0 – A9 dihubungkan dengan *dipswitch* dengan tujuan nantinya dapat dilakukan kombinasi *address*.
2. Pin 24 Vdd dihubungkan dengan sumber tegangan.
3. Pin 12 Vss dihubungkan dengan *ground*.
4. Pin 8 VT dihubungkan dengan mikrokontroller sebagai indikasi bahwa transmisi telah berhasil dilakukan (Tidak diaplikasikan).
5. Pemasangan R_{OSC} berpengaruh terhadap kecepatan *transfer data*. Yang paling ditekankan adalah pemakaian nilai R pada HT648

harus sama dengan nilai R yang dipasang pada HT640, yaitu sebesar $330K\Omega$.

6. Pin 9 D_{IN} dihubungkan dengan RLP434A untuk memberikan data *input* yang diterima.
7. Pin AD10 – AD17 adalah pin keluaran data yang akan dihubungkan dengan mikrokontroler.

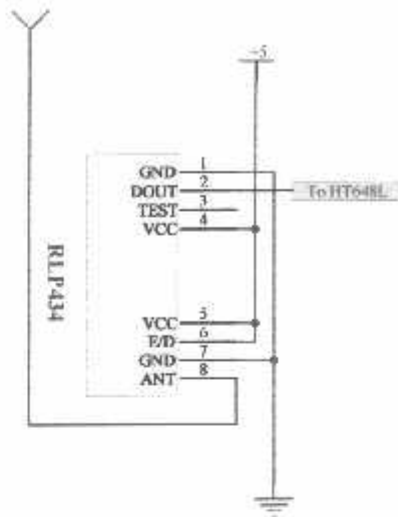


Gambar 3-7 Rangkaian HT648L

3.1.2.2. Perancangan RLP434A

Konfigurasi perancangan pin-pin RLP434A adalah :

1. Kaki 1 dan 7 dihubungkan dengan *ground*
2. Kaki 2 sebagai *output* ke mikrokontroler
3. Kaki 3 yaitu pin RSSI dihubungkan dengan pin HT648L, tetapi dalam perancangan ini tidak digunakan.
4. Kaki 4, 5, dan 6 dihubungkan dengan Vcc
5. Kaki 8 dihubungkan dengan antena.

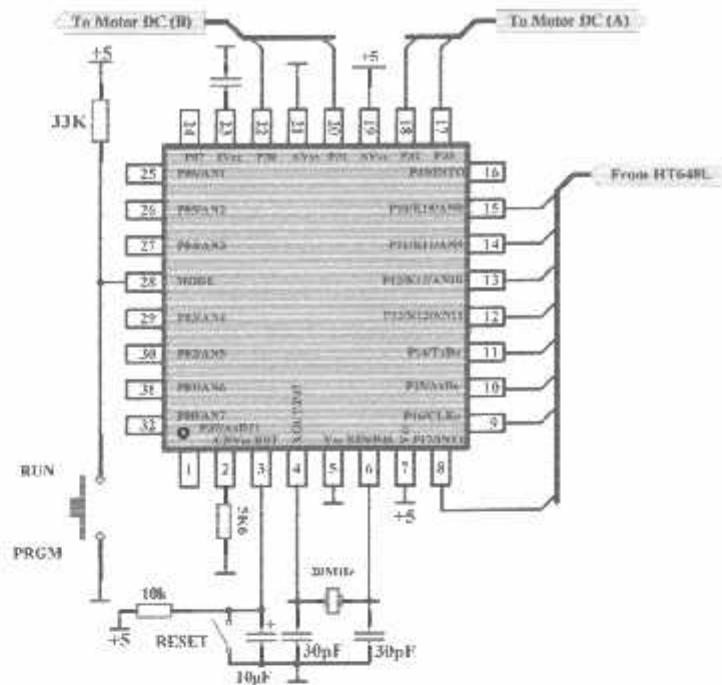


Gambar 3-8 Rangkaian RLP 434A

3.1.3. Perancangan Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny R5F21134FP

Dalam skripsi ini mikrokontroler yang di gunakan adalah mikrokontroler Renesas R8C/Tiny R5F21134FP karena mempunyai fasilitas dengan keunggulan yang banyak. Pembahasan ini telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Mikrokontroler Renesas mempunyai I/O port yaitu P0.0 - P0.7, P1.0 - P1.7, P3.0 - P3.3, P3.7, P4.5, sedangkan P4.6 dan P4.7 hanya bias digunakan sebagai *input* saja jika konfigurasi kristal memakai kristal *internal*. Berikut adalah konfigurasi pin yang digunakan dalam perancangan:

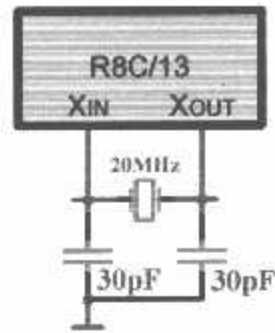
- P1.0 - P1.7 digunakan sebagai *input* dari *decoder* HT648L.
- P3.0 dan P3.1 digunakan sebagai *output* ke motor dc (B) untuk penggerak roda belakang.
- P3.2 dan P3.3 digunakan sebagai *output* ke motor dc (A) untuk penggerak roda depan.
- P4.6 dan P4.7 membangkitkan rangkaian osilator *external*.



Gambar 3-9 Konfigurasi Pin Renesas Dalam Perancangan

Sebagai pewaktu R8C/13 digunakan pin X_{IN} dan X_{OUT} sebagai masukan dari rangkaian osilator kristal. Rangkaian osilator kristal terdiri dari osilator 20MHz, kapasitor C_1 dan C_2 yang masing-masing bernilai 30pF yang akan membangkitkan *pulsa clock* yang digunakan sebagai penggerak bagi sejumlah operasi internal CPU.

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem yang dirancang ini menggunakan osilator internal yang telah tersedia dalam *chip* R8C/13. Untuk menentukan frekuensi osilatornya cukup dengan menghubungkan kristal dalam port P4.6 (X_{IN}) dan port P4.7 (X_{OUT}) serta dua buah kapasitor ke *ground*. Besarnya kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi dalam lembar data R8C/13 yaitu 30pF. Kristal yang digunakan adalah 20MHz.

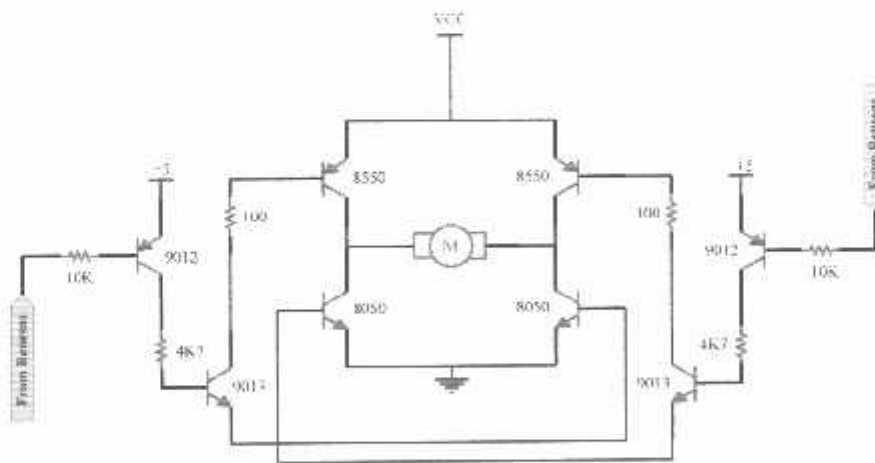


Gambar 3-10 Rangkaian *Clock*
(Sumber : www.renesas.com)

3.1.4. Perancangan *Driver Motor DC*

Rangkaian *driver* yang digunakan adalah jembatan H atau sering juga disebut dengan rangkaian *H-Bridge*. Rangkaian ini terdiri dari beberapa transistor yang dirangkai sedemikian rupa dimana transistor ini berfungsi sebagai saklar.

3.1.4.1. Perancangan *Driver Motor DC (A)*



Gambar 3-11 Rangkaian *Driver Motor DC (A)*

Dari rangkaian diatas dapat kita peroleh nilai R_B yang sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

- R_B pada transistor 9012

$$R_b = \frac{V_{E_B} - V_{BE}}{I_B}$$

$$I_B = \frac{I_C}{hfe}$$

Diketahui dari *data sheet* transistor 9012 besarnya $I_C = 50 \text{ mA}$, $hfe = 120$, $V_{BE} = 0,7 \text{ Volt}$, sehingga :

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{50 \text{ mA}}{120} \\ &= 0,416 \text{ mA} \end{aligned}$$

Maka R_B adalah :

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{5 - 0,7}{0,416 \text{ mA}} \\ &= \frac{4,3}{0,416 \text{ mA}} \\ &= 10,33 \times 10^3 \Omega \end{aligned}$$

Jadi hasil perhitungan diatas diperoleh nilai R_B sebesar $10,33 \times 10^3 \Omega$ atau dibulatkankan menjadi $10 \text{ K}\Omega$.

- R_B pada transistor 9013

$$R_b = \frac{V_{E_B} - V_{BE}}{I_B}$$

$$I_B = \frac{I_C}{hfe}$$

Diketahui dari *data sheet* transistor 9013 besarnya $I_C = 100 \text{ mA}$, $h_{fe} = 110$, $V_{BE} = 0,7 \text{ Volt}$, sehingga :

$$I_B = \frac{100 \text{ mA}}{110}$$

$$= 0,909 \text{ mA}$$

Maka R_B adalah :

$$R_B = \frac{5 - 0,7}{0,909 \text{ mA}}$$

$$= \frac{4,3}{0,909 \text{ mA}}$$

$$= 4,73 \times 10^3 \Omega$$

Jadi hasil perhitungan diatas diperoleh nilai R_B sebesar $4,73 \times 10^3 \Omega$ atau dibulatkan menjadi $4K7 \Omega$

- R_B pada transistor 8550

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{ce}(8550) - V_{ce}(9013) - V_{ce}(8050)}{I_C}$$

Diketahui dari *data sheet* transistor 8550 memiliki $V_{ce} = 0,6 \text{ Volt}$. Pada transistor 9013 $I_C = 100 \text{ mA}$, $H_{fe} = 110$, $V_{ce} = 0,7 \text{ Volt}$. Pada transistor 8050 memiliki $V_{ce} = 0,7 \text{ Volt}$.

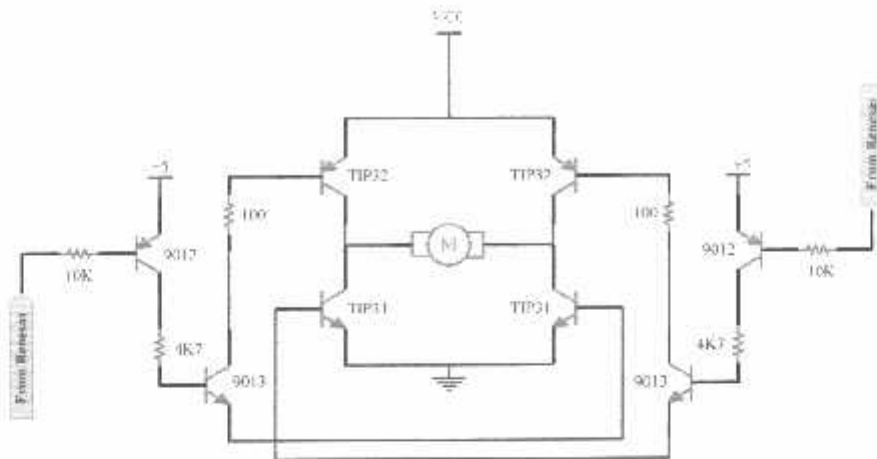
$$R_B = \frac{12 - 0,6 - 0,7 - 0,7}{100 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{10}{100 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 100 \Omega$$

Jadi dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai R_B sebesar 100Ω .

3.1.4.2. Perancangan *Driver Motor DC (B)*



Gambar 3-12 Rangkaian *Driver Motor DC (B)*

Dari rangkaian diatas dapat kita peroleh nilai R_b yang sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

- R_b pada transistor 9012

$$R_b = \frac{V_{EH} - V_{BE}}{I_B}$$

$$I_B = \frac{I_C}{hfe}$$

Diketahui dari *data sheet* transistor 9012 besarnya $I_C = 50 \text{ mA}$, $hfe = 120$, $V_{BE} = 0,7 \text{ Volt}$, sehingga :

$$I_B = \frac{50 \text{ mA}}{120}$$

$$= 0,416 \text{ mA}$$

Maka R_B adalah :

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{5 - 0,7}{0,416mA} \\ &= \frac{4,3}{0,416mA} \\ &= 10,33 \times 10^3 \Omega \end{aligned}$$

Jadi hasil perhitungan diatas diperoleh nilai R_B sebesar $10,33 \times 10^3 \Omega$ atau dibulatkan menjadi $10 \text{ K}\Omega$.

- R_B pada transistor 9013

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{V_{EE} - V_{BE}}{I_B} \\ I_B &= \frac{I_C}{hfe} \end{aligned}$$

Diketahui dari *data sheet* transistor 9013 besarnya $I_C = 100 \text{ mA}$, $hfe = 110$, $V_{BE} = 0,7 \text{ Volt}$, sehingga :

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{100mA}{110} \\ &= 0,909mA \end{aligned}$$

Maka R_B adalah :

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{5 - 0,7}{0,781mA} \\ &= \frac{4,3}{0,909mA} \\ &= 4,73 \times 10^3 \Omega \end{aligned}$$

Jadi hasil perhitungan diatas diperoleh nilai R_B sebesar $4,73 \times 10^3 \Omega$ atau dibulatkan menjadi $4\text{K}7 \Omega$

- R_B pada transistor TIP32

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{ce}(TIP32) - V_{ce}(9013) - V_{ce}(TIP31)}{I_c}$$

Diketahui dari *data sheet* transistor TIP32 memiliki $V_{ce} = 1,2$ Volt. Pada transistor 9013 $I_c = 100\text{mA}$, $h_{fe} = 110$, $V_{ce} = 0,7$ Volt. Pada transistor TIP31 memiliki $V_{ce} = 1.2$ Volt.

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{12 - 1,2 - 0,7 - 1,2}{100 \cdot 10^{-3}} \\ &= \frac{8,9}{100 \cdot 10^{-3}} \\ &= 89\Omega \end{aligned}$$

Jadi dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai R_B sebesar 89Ω atau dibulatkan menjadi 100Ω

3.1.5. Perancangan Putaran Motor DC (B)

Motor DC (B) mempunyai *gear box* yang digunakan untuk menggerakkan roda belakang, mempunyai putaran (rpm) yang bervariasi. Dalam perancangan ini, terdapat lima kondisi putaran motor dc yang sesuai dengan penekanan tombol masing-masing. Sebelumnya, harus mengetahui putaran maksimal motor dc (B) yang ditentukan dengan melakukan percobaan dengan peralatan sebagai berikut:

- Catu daya (Baterai 12V)
 - Rangkaian *Driver* Motor DC (B)
 - Motor DC (B)
 - Digital Hand Optical Tachometer (DL2026) *range* 20-20.000rpm
-

Tabel 3-2 Putaran Motor DC (B)

Percobaan	Putaran motor DC (rpm)
1	1793
2	1898
3	1758
4	1888
5	1899
Jumlah	9236

Jadi rata rata putaran maksimal motor dc (B) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{rata-rata} &= \frac{\text{jumlah hasil percobaan}}{\text{jumlah percobaan}} \\ &= \frac{9236}{5} \\ &= 1847,2 \text{rpm} \end{aligned}$$

Jika kecepatan putaran maksimum motor dc adalah 1847,2 rpm, maka putaran motor dc masing-masing tombol dapat dicari dengan rumus:

$$D = \frac{\text{rpm}}{\text{rpm (max)}} \times 100\%$$




$$\text{rpm} = D * \text{rpm (max)}$$

- Tombol “●” *Duty Cycle* 40%, rpm yang dihasilkan adalah:






$$\begin{aligned} \text{rpm}_{40\%} &= 0,4 \times 1847,2 \\ &= 738,88 \text{ rpm} \end{aligned}$$

- Tombol “●” *Duty Cycle* 50%, rpm yang dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{rpm}_{50\%} &= 0,5 \times 1847,2 \\ &= 923,6 \text{ rpm} \end{aligned}$$

- Tombol “” *Duty Cycle* 60%, rpm yang dihasilkan adalah:
 $\text{rpm}_{60\%} = 0,6 \times 1847,2$
 $= 1108,32 \text{ rpm}$
- Tombol “” *Duty Cycle* 70%, rpm yang dihasilkan adalah:
 $\text{rpm}_{70\%} = 0,7 \times 1847,2$
 $= 1293,04 \text{ rpm}$
- Tombol “” *Duty Cycle* 90%, rpm yang dihasilkan adalah:
 $\text{rpm}_{90\%} = 0,9 \times 1847,2$
 $= 1662,48 \text{ rpm}$

Tabel 3-3 Perencanaan Putaran Motor DC (B)



Tombol	<i>Duty Cycle</i> (%)	Putaran (rpm)
	40	738,88
	50	923,6
	60	1108,32
	70	1293,04
	90	1662,48

3.2. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

3.2.1. Perancangan Motor DC (A)

Motor dc (A) berfungsi sebagai kemudi yang hanya dapat bergerak ke kanan dan ke kiri. Supaya putaran tidak terlalu cepat, maka diberi PWM.

Tabel 3-4 Perencanaan Gerak Motor DC (A)

Tombol	<i>Duty Cycle</i> (%)
	40
	40

Jika motor dc yang digunakan mempunyai frekuensi (f) 1 KHz, berarti waktu dalam satu siklus atau satu periode (T) adalah:

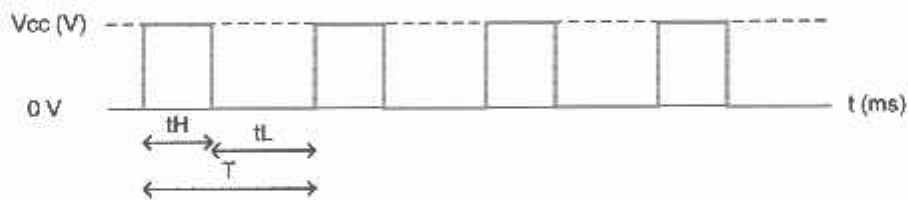
$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{1 \text{ KHz}} = 1 \text{ ms}$$

Untuk menghasilkan sinyal *duty cycle* 40%, maka waktu yang diperlukan adalah:

$$t_H = 40\% \times 1 \text{ ms}$$

$$t_H = 0,4 \text{ ms}$$



Gambar 3-13 Gelombang PWM 40%

3.2.2. Perancangan Putaran Kecepatan Motor DC (B)

Motor DC (B) berfungsi sebagai penggerak roda belakang, PWM yang digunakan mempunyai frekuensi (f) 1 KHz, berarti waktu dalam satu siklus atau satu periode (T) adalah:

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

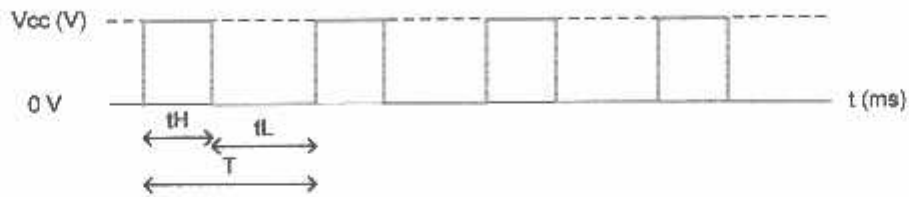
$$T = \frac{1}{1 \text{ KHz}} = 1 \text{ ms}$$

- Untuk tombol "1" *duty cycle* 40%, waktu yang diperlukan adalah:

$$D = \frac{tH}{T} \times 100\%$$

$$40\% = \frac{tH}{1ms} \times 100\%$$

$$tH = 0,4ms$$



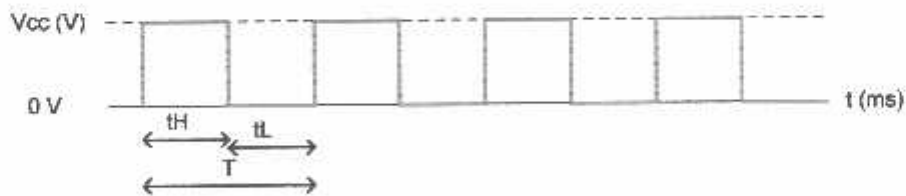
Gambar 3-14 Gelombang PWM 40%

- Untuk tombol "2" *duty cycle* 50%, waktu yang diperlukan adalah:

$$D = \frac{tH}{T} \times 100\%$$

$$50\% = \frac{tH}{1ms} \times 100\%$$

$$tH = 0,5ms$$



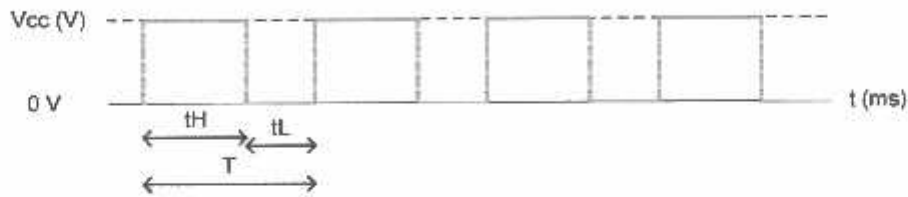
Gambar 3-15 Gelombang PWM 50%

- Untuk tombol "❶" *duty cycle* 60%, waktu yang diperlukan adalah:

$$D = \frac{tH}{T} \times 100\%$$

$$60\% = \frac{tH}{1ms} \times 100\%$$

$$tH = 0,6ms$$



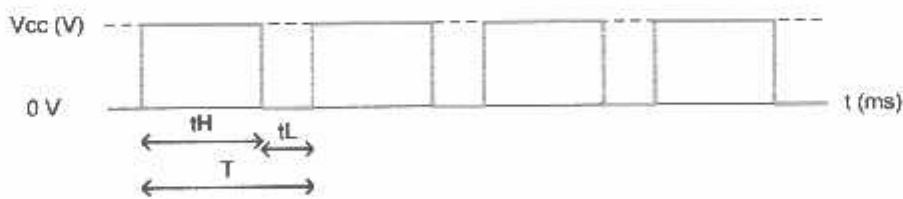
Gambar 3-16 Gelombang PWM 60%

- Untuk tombol "❷" *duty cycle* 70%, waktu yang diperlukan adalah:

$$D = \frac{tH}{T} \times 100\%$$

$$70\% = \frac{tH}{1ms} \times 100\%$$

$$tH = 0,7ms$$



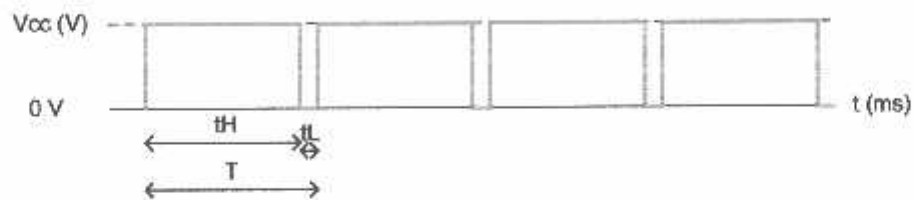
Gambar 3-17 Gelombang PWM 70%

- Untuk tombol "5" *duty cycle* 90%, waktu yang diperlukan adalah:

$$D = \frac{tH}{T} \times 100\%$$

$$90\% = \frac{tH}{1ms} \times 100\%$$

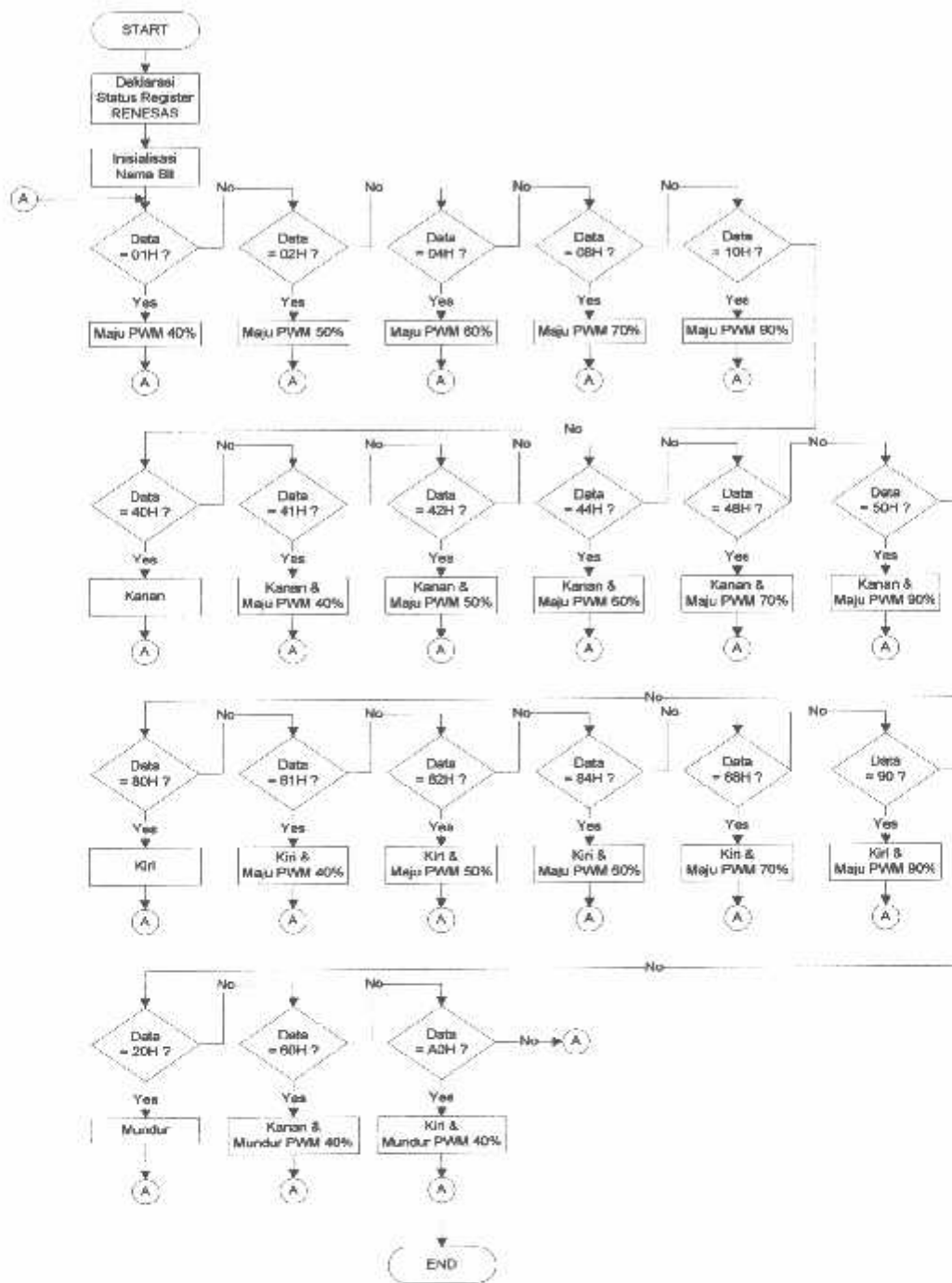
$$tH = 0,9ms$$



Gambar 3-18 Gelombang PWM 90%

3.2.3. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*) Secara Keseluruhan

Pada perancangan perangkat lunak (*software*) dipaparkan dalam diagram alir secara keseluruhan dari semua sistem.

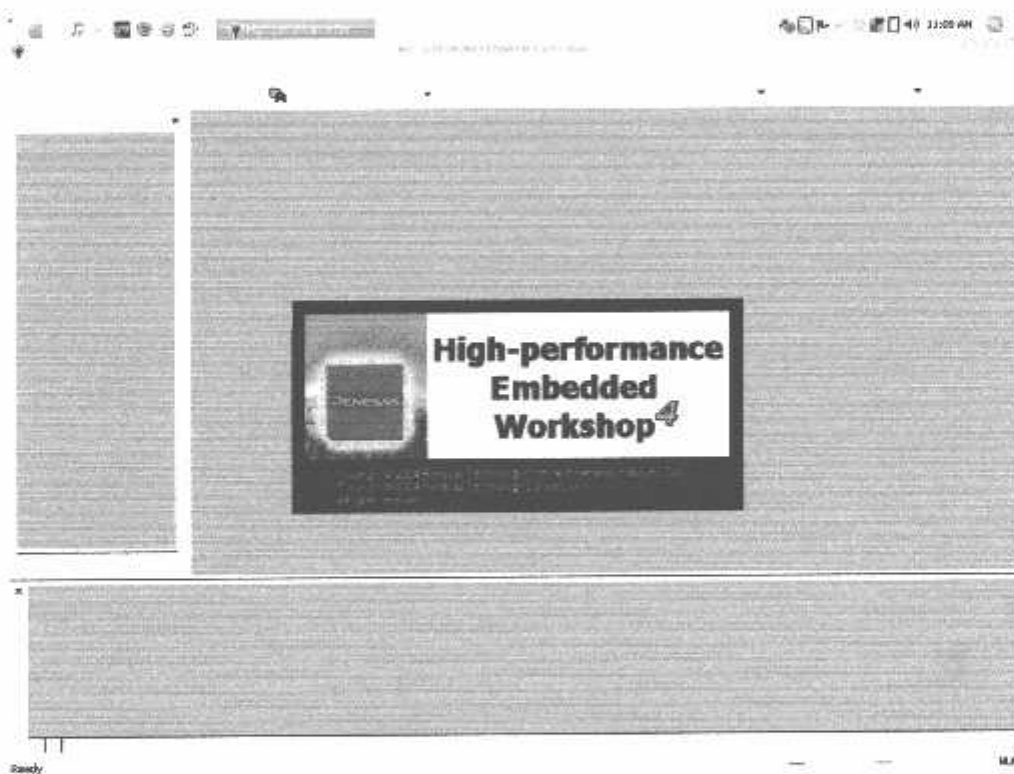


Gambar 3-19 Flowchart Sistem

Untuk bahasa pemrograman pada mikrokontroler Rcnesas R8C/Tiny R5F21134FP menggunakan pemrograman bahasa C dengan *Compiler* yang dipaket bersama pada suatu IDE yaitu HEW (*High-performance Embedded*

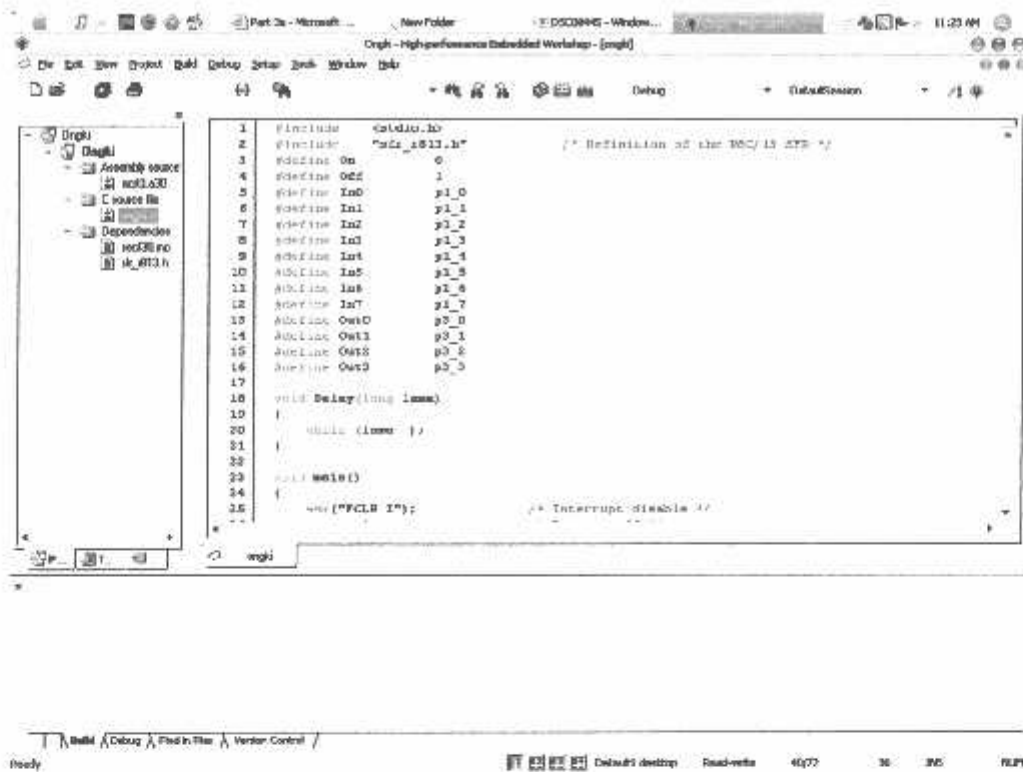
Workshop). Fasilitas lainnya yang disertakan Renesas adalah *software emulator* KD30 dengan menggunakan *fasilitas On-Chip Debugger R8C* yang mempunyai kehandalan mengeliminasi kebutuhan akan *simulator software* dan dapat dilakukan *debug* langsung pada *hardware*.

Development Tool Software ini di sediakan *freeware*-nya beserta *application-application note*-nya pada situs Renesas (www.renesas.com). Berikut adalah tampilan *window IDE EW (High-performance Embedded Workshop)* dan *software emulator* KD30.



Gambar 3-20 IDE HEW (*High-performance Embedded Workshop*)

(Sumber : www.renesas.com)



Gambar 3-21 Editor pada HEW (*High-performance Embedded Workshop*)

(Sumber : www.renesas.com)

BAB IV

ANALISA DAN PENGUJIAN ALAT

Pada bab ini membahas cara pengujian dan analisa dari alat yang dirancang, sehingga dapat diketahui apakah alat tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang telah direncanakan. Dalam rangka pengujian alat tersebut diuraikan percobaan yang dilakukan untuk mengetahui respon dari keseluruhan alat yang telah dirancang.

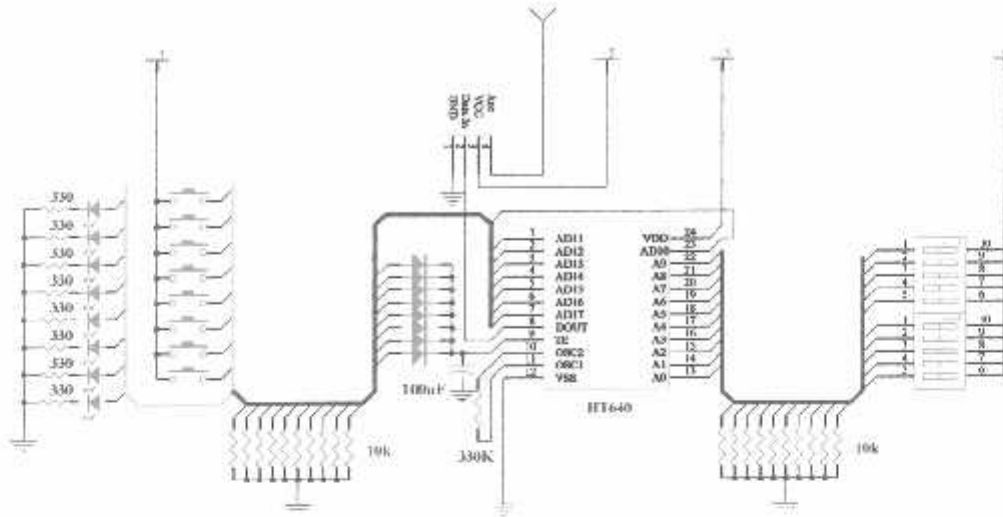
Untuk mengetahui kemampuan alat dan sistem kerja sesuai dengan program yang telah dibuat maka dilakukan pengujian pada alat dan sistem kerja alat dengan prosedur pengujian perblok.

4.1. Pengujian TLP434A dan RLP434A

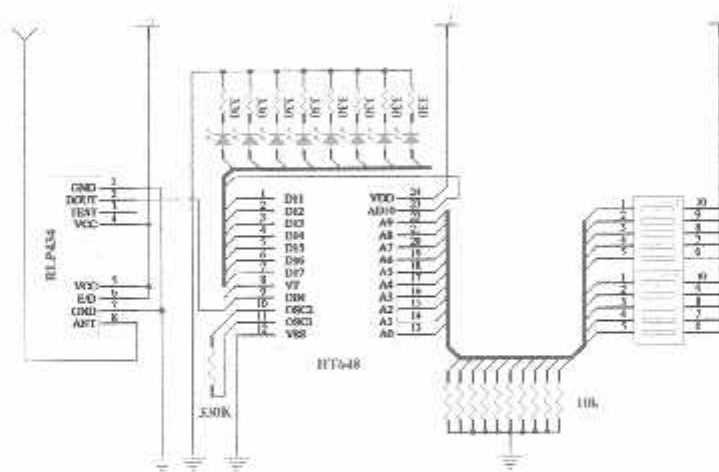
4.1.1. Tujuan

Tujuan pengujian TLP434A dan RLP434A adalah untuk melihat apakah kedua komponen ini memiliki keadaan yang baik untuk mentransfer data dan untuk mengetahui bentuk gelombang yang dihasilkan dengan menggunakan bantuan osiloscope. Pada pengujian ini dilakukan pengiriman data dan melihat outputannya. Dilakukan juga pengujian terhadap jarak yang mampu dicapai oleh TLP434A dan RLP434A dengan halangan maupun tanpa halangan.

4.1.2. Rangkaian Pengujian



Gambar 4-1 Rangkaian Blok Pengiriman



Gambar 4-2 Rangkaian Blok Penerimaan

4.1.3. Peralatan Yang Digunakan

1. Sumber tegangan 5V
2. Rangkaian pengujian
3. Multimeter Digital
4. Oscilloscope
5. Antena (lembaga) panjang $\pm 18\text{cm}$ dan diameter $\pm 0,5\text{mm}$

4.1.4. Langkah-Langkah Pengujian

1. Hubungkan pin *Vcc* dan *Ground* pada rangkaian pengujian dengan sumber tegangan 5 volt.
2. Memberikan inputan pada *push button* yang terhubung dengan pin data HT640 dan melihat outputannya pada pin data *out* HT648 yang diindikasikan dengan nyala LED.
3. Melihat bentuk gelombang keluaran pada oscilloscope.
4. Memisahkan blok pengirim dan blok penerima dengan jarak yang telah ditentukan di ruang terbuka (tanpa halangan).
5. Memisahkan blok pengirim dan blok penerima dengan jarak yang telah ditentukan di ruang tertutup (dengan halangan).
6. Mencatat hasil pengamatan pada tabel.

4.1.5. Hasil Pengujian

4.1.5.1. Hasil Pengujian Pengiriman dan Penerimaan Data

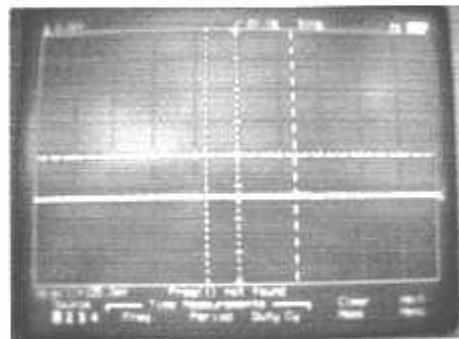
Tabel 4-1 Hasil Pengujian Pengiriman Data dan Penerimaan Data
Dengan TLP434A dan RLP434A

Tombol	Data Pengiriman	Data pengiriman								Data Penerimaan							
		L ₇	L ₆	L ₅	L ₄	L ₃	L ₂	L ₁	L ₀	L ₇	L ₆	L ₅	L ₄	L ₃	L ₂	L ₁	L ₀
Ⓐ	01H	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Ⓑ	02H	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ⓒ	04H	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ⓓ	08H	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ⓔ	10H	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Ⓕ	80H	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ⓖ&Ⓐ	81H	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Ⓖ&Ⓑ	82H	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0

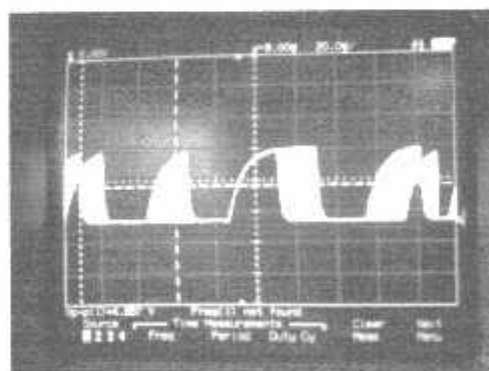
C&S	84H	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
C&S	88H	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
C&S	90H	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
S	40H	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S&I	41H	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
S&S	42H	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
S&S	44H	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
S&S	48H	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
S&S	50H	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
U	20H	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
C&U	60H	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
C&U	A0H	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0

Keterangan: 1 = Nyala 0 = Padam

4.1.5.2. Hasil Pengujian *Output Gelombang*



Gambar 4-3 Kondisi aktif TLP434A dan RLP434A



Gambar 4-4 Kondisi Penekanan 1 Tombol Maupun 2 Tombol

4.1.5.3. Hasil Pengujian Pengiriman dan Penerimaan Tanpa Halangan

Tabel 4-2 Hasil Pengujian Jarak Pengiriman dan Penerimaan Data Dengan TLP434A dan RLP434A Tanpa Halangan

Tombol	Jarak (m)				
	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
①	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
②	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
③	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
④	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
⑤	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
Ⓒ	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&①	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&②	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&③	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&④	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&⑤	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
↻	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
↻&①	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
↻&②	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
↻&③	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
↻&④	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
↻&⑤	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
Ⓚ	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&Ⓚ	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal
↻&Ⓚ	sukses	sukses	sukses	sukses	gagal

Keterangan:

Sukses : data yang dikirim berhasil atau terdeteksi oleh penerima dan *driver* bergerak sesuai dengan yang direncanakan.

Gagal : data yang dikirim tidak terdeteksi oleh penerima.

Dari hasil pengujian jarak pengiriman dan penerimaan tanpa halangan dapat disimpulkan bahwa jarak maksimal yang dicapai adalah ± 40 meter dengan kondisi baterai terisi penuh dan antena (tembaga) panjang ± 18 cm dan diameter $\pm 0,5$ mm.

4.1.5.4. Hasil Pengujian Pengiriman dan Penerimaan Dengan Halangan

Tabel 4-3 Hasil Pengujian Jarak Pengiriman dan Penerimaan Data Dengan TLP434A dan RLP434A Dengan Halangan

Tombol	Jarak (m)		
	1-10	11-20	21-22
①	sukses	sukses	gagal
②	sukses	sukses	gagal
③	sukses	sukses	gagal
④	sukses	sukses	gagal
⑤	sukses	sukses	gagal
Ⓒ	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&①	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&②	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&③	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&④	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&⑤	sukses	sukses	gagal
↻	sukses	sukses	gagal
↻&①	sukses	sukses	gagal
↻&②	sukses	sukses	gagal
↻&③	sukses	sukses	gagal
↻&④	sukses	sukses	gagal
↻&⑤	sukses	sukses	gagal
⓪	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&⓪	sukses	sukses	gagal
Ⓒ&⓪	sukses	sukses	gagal

Keterangan:

Sukses : data yang dikirim berhasil atau terdeteksi oleh penerima dan *driver* bergerak sesuai dengan yang direncanakan.

Gagal : data yang dikirim tidak terdeteksi oleh penerima.

Dari hasil pengujian jarak pengiriman dan penerimaan dengan halangan dapat di simpulkan bahwa jarak maksimal yang dicapai adalah ± 20 meter dengan kondisi baterai terisi penuh dan antena (tembaga) panjang ± 18 cm dan diameter $\pm 0,5$ mm

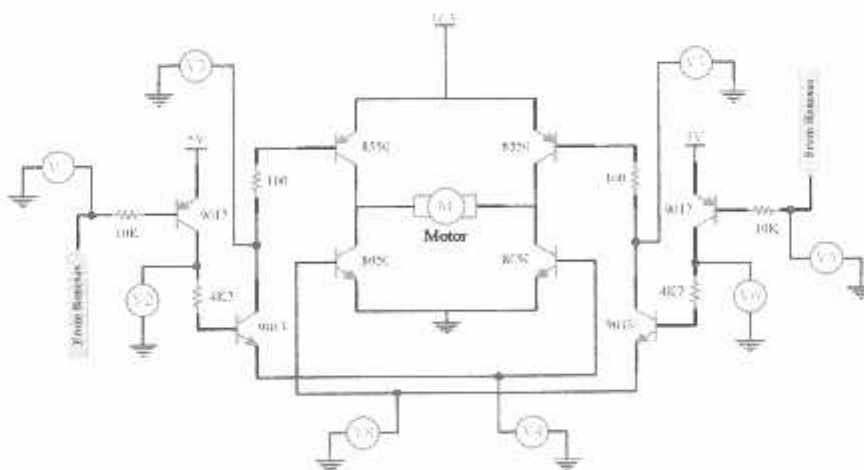
4.2. Pengujian Rangkaian *Driver* Motor DC

4.2.1. Pengujian Rangkaian *Driver* Motor DC (A)

4.2.1.1. Tujuan

Mengetahui apakah *driver* Motor DC (A) dapat bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan dan mengetahui nilai tegangan pada rangkaian *driver* motor DC.

4.2.1.2. Rangkaian Pengujian



Gambar 4-5 Rangkaian Pengujian Motor DC (A)

4.2.1.3. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan adalah:

- *Power supply* 5 volt DC dan 12 volt DC
- *Digital* multimeter
- Rangkaian *driver* motor DC (A)

4.2.1.4. Langkah Pengujian

Langkah-langkah pengujian antara lain:

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt DC
- Motor DC diberi catu daya 12 volt DC
- Dilakukan pengukuran tegangan pada rangkaian pengujian *driver* motor DC menggunakan multimeter digital.

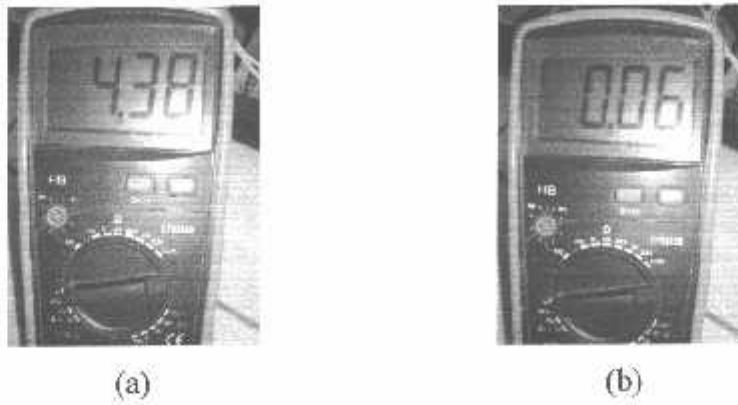
4.2.1.5. Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian *driver* motor DC (A) adalah sebagai berikut:

Tabel 4-4 Pengujian Rangkaian *Driver* Motor DC (A)

V1 (Volt)	V2 (Volt)	V3 (Volt)	V4 (Volt)	V5 (Volt)	V6 (Volt)	V7 (Volt)	V8 (Volt)	Kondisi Motor
0.06	4.36	1.10	1.13	4.38	0.85	11.28	2.64	Belok Kanan
4.38	0.85	11.28	2.64	0.06	4.37	1.07	1.10	Belok Kiri

Besar tegangan *output* pada mikrokontroler dengan keluaran *low* dan *high* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4-6 Kondisi Keluaran Port Mikrokontroller

(a) *High*, (b) *Low*

Tabel 4-5 Hasil Pengujian Arus Pada Transistor

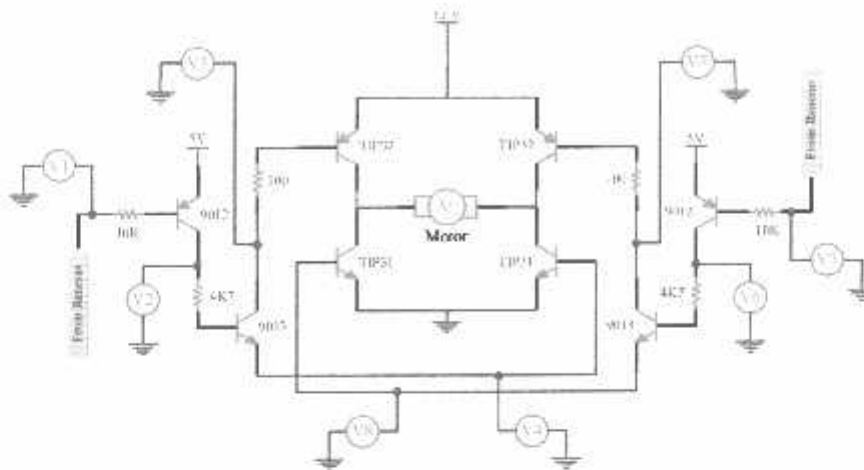
Transistor	Hasil Pengukuran (mA)	Hasil Perhitungan (mA)
9012 (Ib)	0,43	0,416
9013 (Ib)	0,9	0,909
9013 (Ic)	98	100

4.2.2. Pengujian Rangkaian *Driver* Motor DC (B)

4.2.2.1. Tujuan

Mengetahui apakah *driver* Motor DC (B) dapat bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan dan mengetahui nilai tegangan pada rangkaian *driver* motor DC.

4.2.2.2. Rangkaian Pengujian



Gambar 4-7 Rangkaian Pengujian *Driver* Motor DC (B)

4.2.2.3. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan adalah:

- *Power supply* 5 volt DC dan 12 volt DC.
- Digital multimeter.
- Rangkaian *driver* motor DC (A).

4.2.2.4. Langkah Pengujian

Langkah-langkah pengujian antara lain:

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt DC.
- Motor DC diberi catu daya 12 volt DC.
- Dilakukan pengukuran tegangan pada rangkaian pengujian *driver* motor DC menggunakan multimeter digital.

4.2.2.5. Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian *driver* motor DC (B) adalah sebagai berikut:

Tabel 4-6 Pengujian Rangkaian *Driver* Motor DC (B)

V1 (Volt)	V2 (Volt)	V3 (Volt)	V4 (Volt)	V5 (Volt)	V6 (Volt)	V7 (Volt)	V8 (Volt)	Kondisi Motor
0.06	4.26	1.10	1.13	4.38	0.85	11.28	2.64	Maju
4.38	0.85	11.28	2.64	0.06	4.37	1.07	1.10	Mundur

Besar tegangan *output* pada mikrokontroler dengan keluaran *low* dan *high* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



(a)



(b)

Gambar 4-8 Kondisi Keluaran Port Mikrokontroler

(a) *High*, (b) *Low*

Tabel 4-7 Hasil Pengujian Arus Pada Transistor

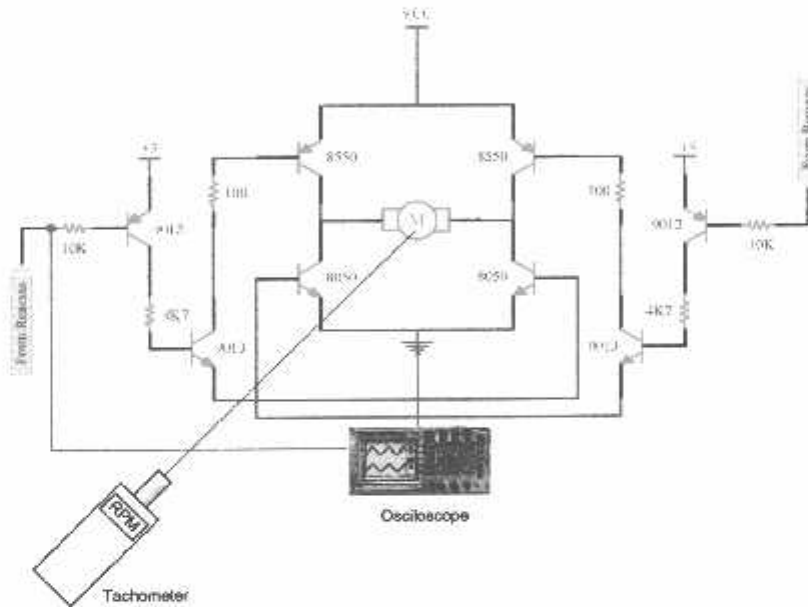
Transistor	Hasil Pengukuran (mA)	Hasil Perhitungan (mA)
9012 (Ib)	0,42	0,416
9013 (Ib)	0,91	0,909
9013 (Ic)	98,5	100

4.3. Pengujian Putaran Motor DC (B)

4.3.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui putaran pada motor dc dan mengetahui bentuk gelombang dari PWM.

4.3.2. Rangkaian Percobaan



Gambar 4-9 Rangkaian Pengujian Putaran Motor DC

4.3.3. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan adalah:

- *Power supply* 5 volt DC dan 12 volt DC
- Rangkaian *driver* motor dc (B)
- Digital Hand Optical Tachometer
- Oscilloscope

4.3.4. Langkah Pengujian

Langkah-langkah pengujian antara lain:

- Rangkaian diberi catu daya 5 volt DC
- Motor DC diberi catu daya 12 Volt DC
- Melakukan pengukuran putaran motor dc dengan Tachometer
- Melihat bentuk keluaran gelombang dengan oscilloscope

4.3.5. Hasil Pengujian

4.3.5.1. Hasil Pengujian Pada Oscilloscope

Hasil pengujian putaran Motor DC pada oscilloscope adalah sebagai berikut:

Tabel 4-8 Hasil Perhitungan Perancangan *Duty Cycle* Motor DC (B)

Tombol	Duty Cycle (%)	Sinyal Analog (V)
❶	40%	4,8
❷	50%	6
❸	60%	7,2
❹	70%	8,4
❺	90%	10,8

Sinyal analog diatas merupakan tegangan yang dihasilkan dari besarnya *duty cycle* dalam 1 periode, besarnya tegangan tersebut dapat dicari dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$V = V_{cc} * \text{Duty Cycle}$$

Diketahui V_{cc} adalah 12 Volt, maka:

- Untuk tombol "❶", $V = 12 * 40\%$
 $= 12 * 0,4$
 $= 4,8 \text{ volt}$
- Untuk tombol "❷", $V = 12 * 50\%$
 $= 12 * 0,5$
 $= 6 \text{ volt}$
- Untuk tombol "❸", $V = 12 * 60\%$
 $= 12 * 0,6$
 $= 7,2 \text{ volt}$
- Untuk tombol "❹", $V = 12 * 70\%$
 $= 12 * 0,7$
 $= 8,4 \text{ volt}$
- Untuk tombol "❺", $V = 12 * 90\%$
 $= 12 * 0,9$
 $= 10,8 \text{ volt}$

Tabel 4-9 Hasil Pengukuran *Duty Cycle* Motor DC (B)

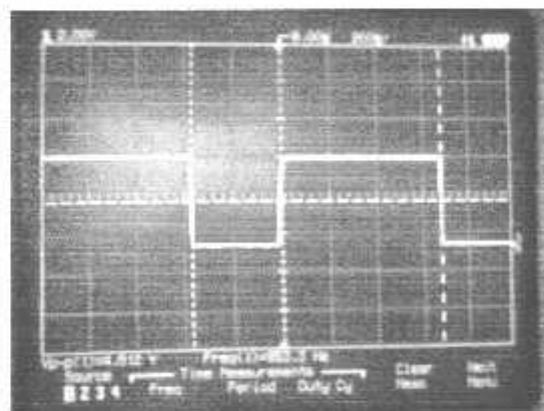
Tombol	Duty Cycle (%)
❶	61,7%
❷	51,9%
❸	42,2%
❹	30,9%
❺	11%

Pada Table 4-8 hasil pengujian diatas, didapatkan *duty cycle* yang tidak sesuai dengan hasil perhitungan, ini dikarenakan pulsa yang dikeluarkan oleh mikrokontroller adalah aktif *low* (logic 0), sementara rangkaian *driver* motor dc menggunakan transistor yang difungsikan sebagai pembalik tegangan. Dengan demikian jelaslah bahwa *logic 0* (*low*) pada oscilloscope sama *logic 1* (*high*) pada motor dc.

Dari analisa diatas, dapat diketahui besarnya *duty cycle*, dan dengan menggunakan perhitungan yang sama, maka didapatkan juga besarnya sinyal *analog* sebagai berikut;

Tabel 4-10 Hasil Analisa Putaran Motor DC

Tombol	Duty Cycle Pengukuran (%)	Duty Cycle Sebenarnya (%)	Sinyal Analog (V)
❶	61,7%	38,3%	4,596
❷	51,9%	48,1%	5,772
❸	42,2%	57,8%	6,936
❹	30,9%	69,1%	8,292
❺	11%	89%	10,68



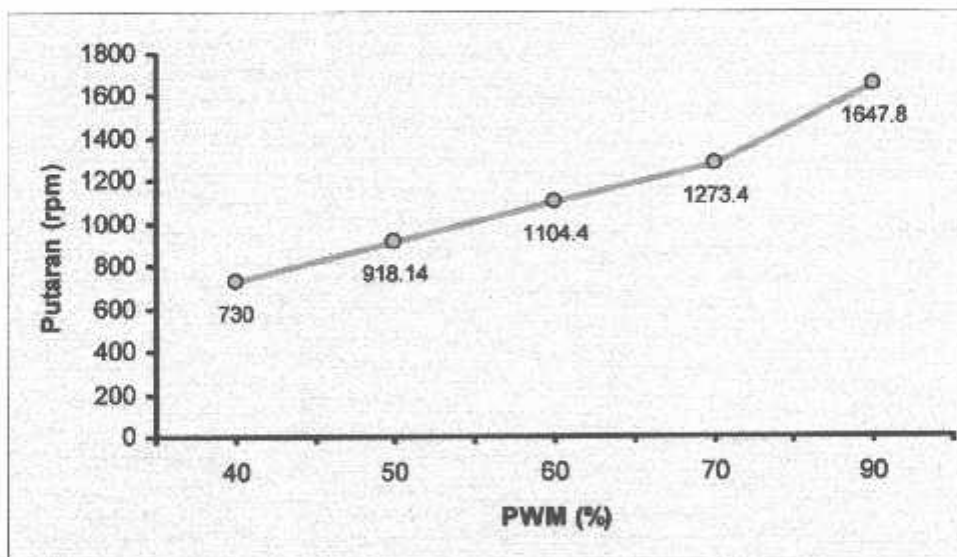
Gambar 4-10 PWM Dengan *Duty Cycle* 40%

4.3.5.2. Hasil Pengujian Menggunakan Tachometer

Pada pengujian putaran motor dc menggunakan Digital Hand Optical Tachometer (DL2026) di dapat hasil sebagai berikut:

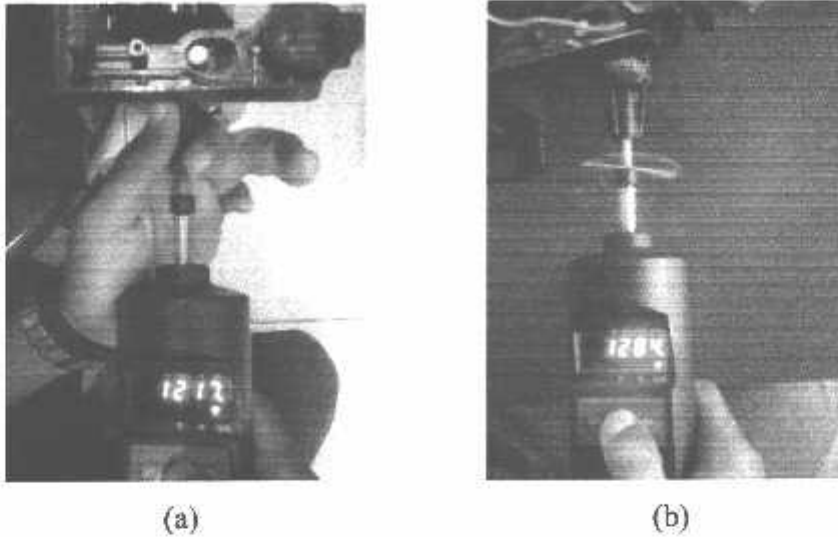
Tabel 4-11 Hasil Pengukuran Putaran Motor DC

Tombol	PWM (%)	Percobaan Pengukuran Putaran Motor DC (rpm)					Rata-rata (rpm)
		Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	
❶	40	744,5	711,7	721,5	742,2	731,6	730,0
❷	50	912,0	902,0	932,2	925,2	919,3	918,14
❸	60	1019	1104	1135	1133	1131	1104,4
❹	70	1217	1284	1292	1290	1284	1273,4
❺	90	1637	1640	1659	1653	1650	1647,8



Grafik 5-1 Pengukuran PWM Terhadap Putaran Motor DC

Dari percobaan dapat di ambil kesimpulan, semakin besar PWM yang diberikan maka semakin besar pula putaran motor dc yang dihasilkan.

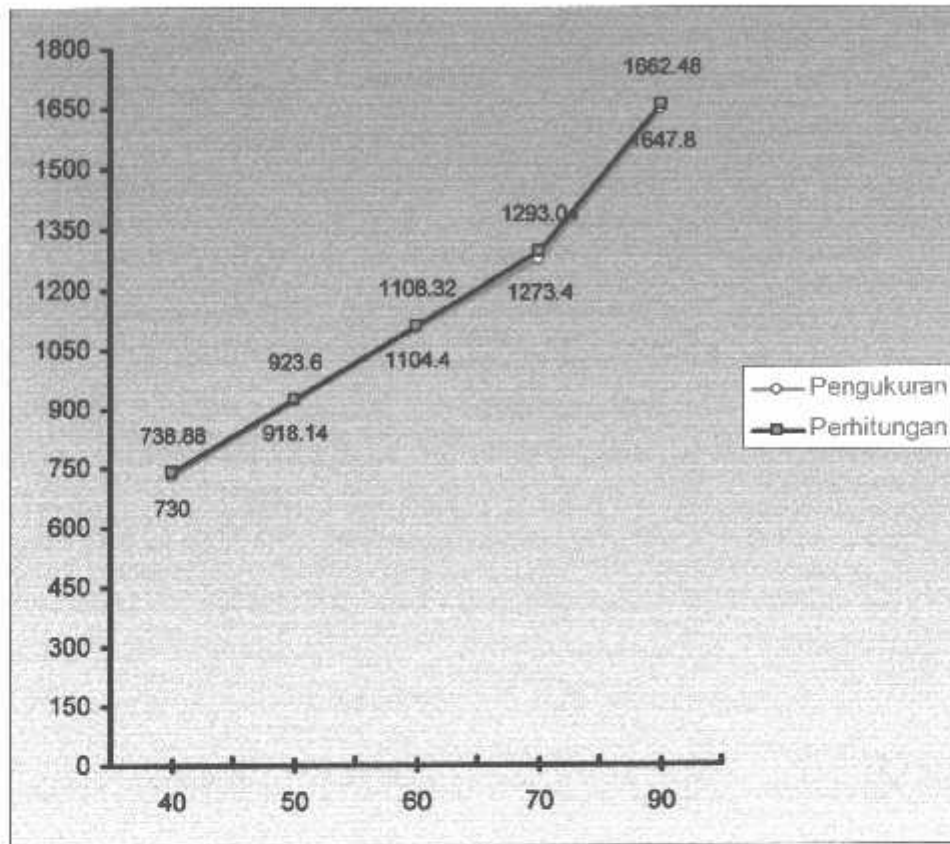


Gambar 4-11 Pengujian Putaran Motor DC
(a) Pengujian Pertama (b) Pengujian Kedua

Hasil pengukuran putaran motor dc tidak sesuai dengan hasil perhitungan. Ini dikarenakan kondisi baterai sudah lemah yang mengakibatkan konsumsi daya motor dc kurang, Akurasi tachometer, dan kesalahan pengujian.

Tabel 4-12 Perbandingan Perhitungan Dan Pengukuran Putaran Motor DC

Tombol	Putaran Motor DC (rpm)		Error (%)
	Perhitungan	Pengukuran	
1	738,88	730,0	1,20
2	923,6	918,14	0,59
3	1108,32	1104,4	0,35
4	1293,04	1273,4	1,51
5	1662,48	1647,8	0,88
Total	5726,32	5673,74	0,91



Grafik 5-2 Perbandingan Pengukuran Dan Perhitungan
PWM Terhadap Putaran Motor DC

Penyimpangan dari pengambilan data diperoleh dari besarnya selisih antara hasil penunjukan alat ukur yang diuji dengan hasil perhitungan. Jadi besarnya penyimpangan adalah :

$$E = F_u - F_s$$

Dimana : E = Hasil Penyimpangan (Error)

F_u = Hasil Perhitungan.

F_s = Hasil Pengukuran.

Sedangkan penyimpangan (error) total terhadap perhitungan dalam bentuk persen diperoleh dari :

$$\begin{aligned}\sum \%Penyimpangan &= \frac{\sum Fu - \sum Fs}{\sum Fu} \times 100\% \\ &= \frac{5726,32 - 5673,74}{5726,32} \times 100\% \\ &= 0,91 \%\end{aligned}$$

Sedangkan untuk persentase ketelitian dalam persen diperoleh perhitungan sebagai berikut :

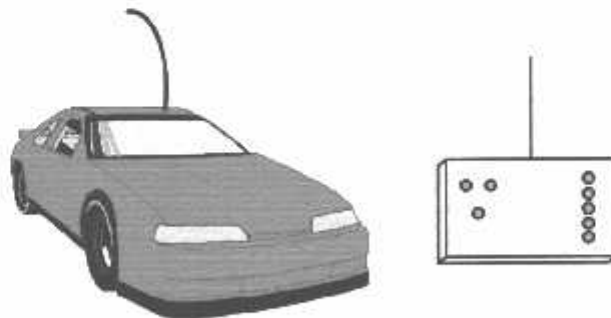
$$\begin{aligned}\sum \%Ketelitian &= 100\% - \sum \%Penyimpangan \\ &= 100\% - 0,91 \%\end{aligned}$$

4.4. Pengujian Kecepatan Mobil *Remote Control* (R/C)

4.4.1. Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan mobil *remote control* (R/C).

4.4.2. Diagram Blok Pengujian Kecepatan



Gambar 4-12 Blok Pengujian Keseluruhan

4.4.3. Peralatan Yang Digunakan

- Rangkaian sistem keseluruhan
- Mobil R/C (*Remote Control*)
- Catu daya (Baterai)
- *Stopwatch*

4.4.4. Langkah Pengujian

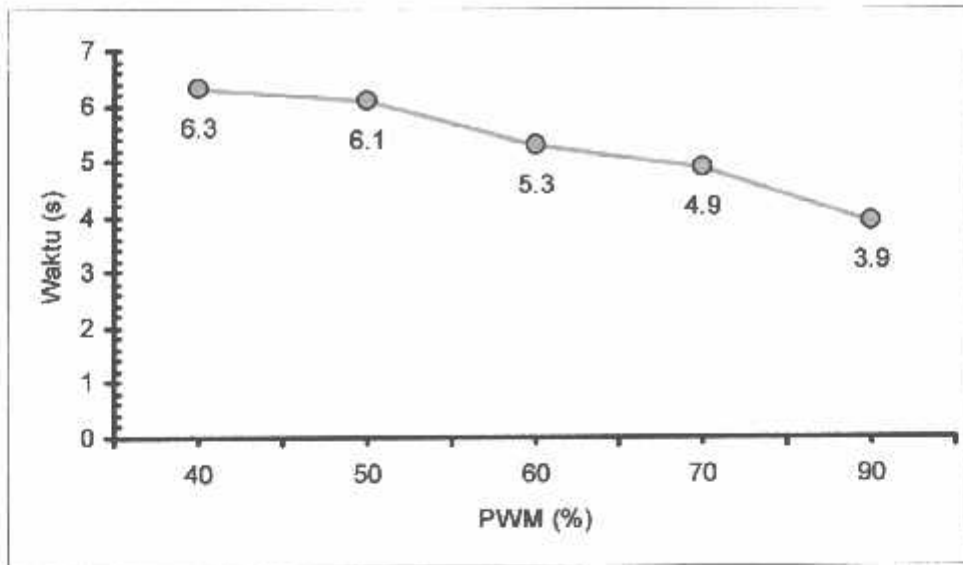
- Memberikan Catu Daya (Baterai Terisi Penuh).
- Menguji masing-masing penekanan tombol, yaitu tombol ①; ②; ③; ④; ⑤.
- Mengukur jarak lintasan (10 meter).
- Melihat waktu pada *stopwatch* dan mencatat hasil percobaan pada tabel.

4.4.5. Hasil Pengujian

Tabel 4-13 Pengujian Kecepatan Mobil R/C

Tombol	Duty Cycle (%)	Jarak (m)	Waktu (s)
①	40	10	06:3
②	50	10	06:1
③	60	10	05:3
④	70	10	04:9
⑤	90	10	03:9

Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar *duty cycle*, waktu tempuh semakin kecil dengan jarak tempuh yang sama atau *duty cycle* berbanding terbalik dengan waktu tempuh.



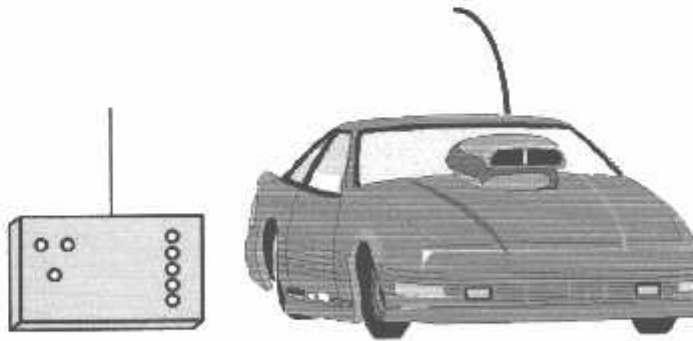
Grafik 5-3 Perbandingan PWM dengan Waktu

4.5. Pengujian Sistem Keseluruhan

4.5.1. Tujuan

Pengujian rangkaian secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui keseluruhan sistem yang telah dirancang dapat bekerja dengan baik.

4.5.2. Diagram Blok Pengujian Keseluruhan



Gambar 4-13 Blok Pengujian Keseluruhan

4.5.3. Peralatan Yang Digunakan

- Rangkaian sistem keseluruhan
- Mobil R/C (*Remote Control*)
- Catu daya (Baterai)

4.5.4. Langkah Pengujian

- Memberikan Catu Daya (Baterai Terisi Penuh).
- Menguji masing-masing penekanan tombol, baik penekanan satu tombol maupun dua tombol.
- Mencatat hasil percobaan pada tabel.

4.5.6. Hasil Pengujian

Tabel 4-14 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Tombol	Kondisi mobil R/C	Keterangan
➊	Maju PWM 40%	Sukses
➋	Maju PWM 50%	Sukses
➌	Maju PWM 60%	Sukses
➍	Maju PWM 70%	Sukses
➎	Maju PWM 90%	Sukses
↶	Belok kiri	Sukses
➊&➋	Maju PWM 40%, belok kiri	Sukses
➋&➌	Maju PWM 50%, belok kiri	Sukses
➌&➍	Maju PWM 60%, belok kiri	Sukses
➍&➎	Maju PWM 70%, belok kiri	Sukses
➎&➏	Maju PWM 90%, belok kiri	Sukses
↷	Belok kanan	Sukses
➏&➐	Maju PWM 40%, belok kanan	Sukses
➐&➑	Maju PWM 50%, belok kanan	Sukses

➡&⬅	Maju PWM 60%, belok kanan	Sukses
➡&⬅	Maju PWM 70%, belok kanan	Sukses
➡&⬅	Maju PWM 90%, belok kanan	Sukses
⬅	Mundur	Sukses
⬅&⬅	Mundur belok kiri	Sukses
⬅&⬅	Mundur belok kanan	Sukses

Dapat diambil kesimpulan bahwa sistem secara keseluruhan berjalan sesuai yang direncanakan. Untuk putaran motor dc, tidak sesuai dengan yang direncanakan karena catu daya yang digunakan adalah baterai yang tidak dapat memberikan *suplay* daya secara penuh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian, pengamatan, dan penganalisaan alat berdasarkan *literature*, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan:

- Secara keseluruhan sistem pengendalian motor dc pada mobil *remote control* (R/C) dengan menggunakan mikrokontroler Renesas R8C/Tiny R5F21134FP telah bekerja dengan baik.
- Jarak maksimal pengiriman dan penerimaan tanpa halangan (*outdoor*) adalah $\pm 40\text{m}$ sedangkan jarak maksimal pengiriman dan penerimaan dengan halangan (*indoor*) adalah $\pm 20\text{m}$.
- Pada pengujian putaran motor dc, putaran motor berbanding lurus terhadap PWM, dengan error total sebesar 0,91 % dari hasil perhitungan.
- Pada pengujian kecepatan mobil *remote control* (R/C), waktu berbanding terbalik terhadap PWM.

5.2. Saran

Beberapa tambahan yang diperlukan dalam meningkatkan kemampuan alat ini adalah:

- Untuk menambah jarak jangkauan dapat diganti dengan pemancar dan antena yang lebih baik
- Kalibrasi alat (Tachometer) penting saat pengujian putaran motor dc

DAFTAR PUSTAKA

- Budiharto, Widodo. 2006. *Belajar Sendiri Membuat Robot Cerdas*. Jakarta:
Elex Media Koputindo
- Budiman, Yohanes. 2006. *Modul Workshop Pelatihan Mikrokontroler
Renesas R8C/Tiny*. Malang, ITN Malang
- Budiharto, Widodo. 2005. *Interfacing Komputer dan Mikrokontroler*. Jakarta:
Elex Media Komputindo
- Data Sheat, *TLP434A & RLP434A*. Lapiac Teknologi.Inc
www.electroniclab.com, rubrik elka dasar, aswan hamonangan
www.renesas.com
www.futurlec.com
www.CoolCircuit.com
www.geocities.com
www.halfcksemiconductor.com.tw
www.lapiac.com

LAMPIRAN



Alloh SWT,
Yang Maha Tau
Yang Memperkaya Pikiran & Kekuatanku

Untuk orang-orang yang telah mewarnai kehidupanku, Yang Tercinta:

Ayahanda Ramani S.pd

Ibunda Sarmini S.pd

Kakakku Didien Ika Herayani S.pd

Makasih dah membimbing, mendidik dengan tulus ikhlas... 😊

Keluarga Besar,
Makasih smangat & dukunganx (materi & spirit)

EffriLA, Cute girl's.. 😊
yang menemaniku, thx, you are special for me

My Best friend
AgUs, FiFie, OKa, Mupit, RuDy, tanpa kalian aku gak bisa apa-apa, thx.. 😊
SePtA, FarHan (Gamer's) WiDo thx
GaToT, MUjib, PuPut cepat lulus
Anak2 seperjuangan semua (Kadek, Jabrik, Reza, Wawan, Sugianto)
Anak2 Tombro, ELKA-4, & Elektronika S-1 '02
FeRid, Bang HEndri, DenY (cah2 nggalek)
Alumni anak2 kost 2B

Keluarga Besar Panjaitan 2B & SETIA NIAGA
Anak2 percetakan.. 😊

Dan semua yang memberi semangat dan doa.....



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : Ongky Dwi Hanora
NIM : 02 17 147
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Masa Bimbingan : 5 Oktober 2006 s/d 5 April 2007
Judul Skripsi : Aplikasi Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny R5F21134FP
Sebagai Pengendali Motor DC Pada Mobil *Remote Control* (R/C)

Tanggal	Uraian	Paraf
16 Maret 2007	❖ Untuk bab IV, setiap pengujian harus dilakukan sebanyak 5 kali, sehingga akan terjadi error yang lebih kecil (kesimpulan No: 3)	
	❖ Gambar 2-6 (Revisi) ❖ Tabel 2-9 ❖ Konsep Modulasi pada TLP/RLP ❖ Pengujian Sistem ❖ Gambar 4-12	

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Poerwanto, MT)
NIP. 131574847

Dosen Pembimbing II

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

Dosen Penguji,

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

(Ir. M. Ashar, MT)



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ONGKY DWI HANORA
Nim : 02.17.147
Masa Bimbingan : 5 Oktober 2006 s/d 5 April 2007
Judul Skripsi : APLIKASI MIKROKONTROLLER RENESAS R8C/TINY R5F21134FP SEBAGAI PENGENDALI MOTOR DC PADA MOBIL REMOTE CONTROL (R/C)

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	07/07	Bab I : Ditampulkan	
2.	—	Kontribusi ditampulkan.	
3.	—	Bab II : Ditampulkan	
4.	—	Kontribusi ditampulkan.	
5.	—	Bab III :	
6.	—	Referensi ditampulkan.	
7.	—	Lee Bab III - Ditampulkan	
8.	—	Bab IV a & V	
9.	—	Kontribusi ditampulkan	
10.	—	Simpulan	

Malang,
Desen Pembimbing I


Ir. Poerwanto, MT
NIP. 131574847

Form.S-4b



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ONGKY DWI HANORA
Nim : 02.17.147
Masa Bimbingan : 5 Oktober 2006 s/d 5 April 2007
Judul Skripsi : **APLIKASI MIKROKONTROLLER RENESAS R8C/TINY R5F21134FP SEBAGAI PENGENDALI MOTOR DC PADA MOBIL REMOTE CONTROL (R/C)**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.		<i>See Semester Uraian</i>	
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang,
Dosen Pembimbing I

Ir. Poerwanto, MT
NIP. 131574847

Form.S-4b



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ONGKY DWI HANORA
Nim : 02.17.147
Masa Bimbingan : 5 Oktober 2006 s/d 5 April 2007
Judul Skripsi : APLIKASI MIKROKONTROLLER RENESAS R8C/TINY R5F21134FP SEBAGAI PENGENDALI MOTOR DC PADA MOBIL REMOTE CONTROL (R/C)

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	10/10/06	Perkenalan	
2.	11/10/06	Konsultasi Mangle	
3.	16/11/06	BAB 1, BAB 2, BAB 3 + praktik driver mot.	
4.	19/11/06	Melalah Seminar Besar	
5.	28/11/06	Konultasi Bab IV & V, Di cek data pengujian (Driver driver mot)	
6.	27/12/06	Mee Skripsi	
7.			
8.			
9.			
10.			

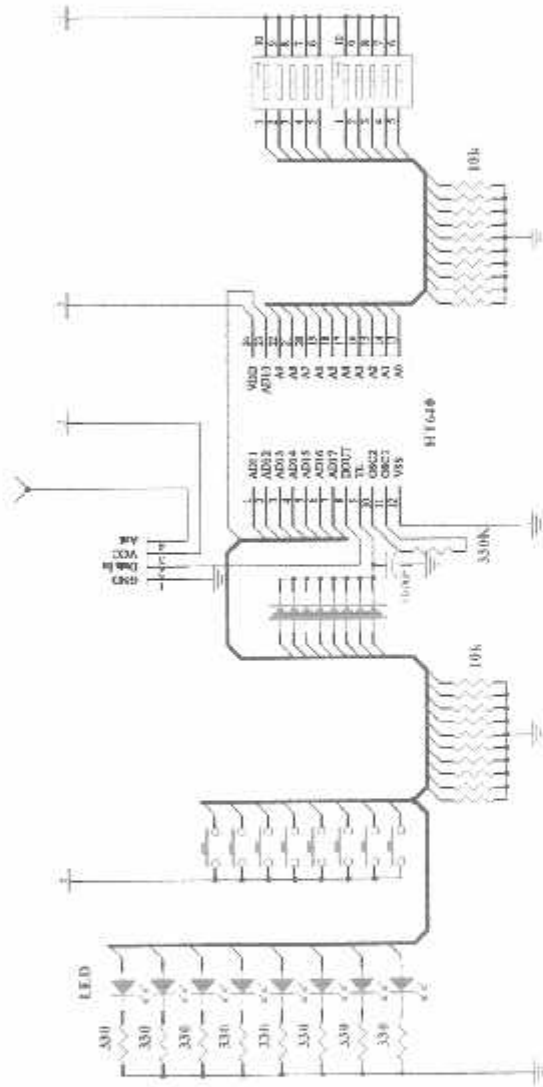
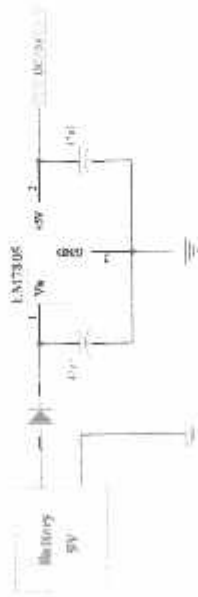
Malang, 05-03-2007.

Dosen Pembimbing II

I Komang Somawirata, ST. MT

NIP.Y. 1030100361

Form.S-4b



File Blok Pengiriman

No	Number	Revisi
1	2023	1
2	2023	1
3	2023	1

Drawn by: Ikhwan Al-Farisi

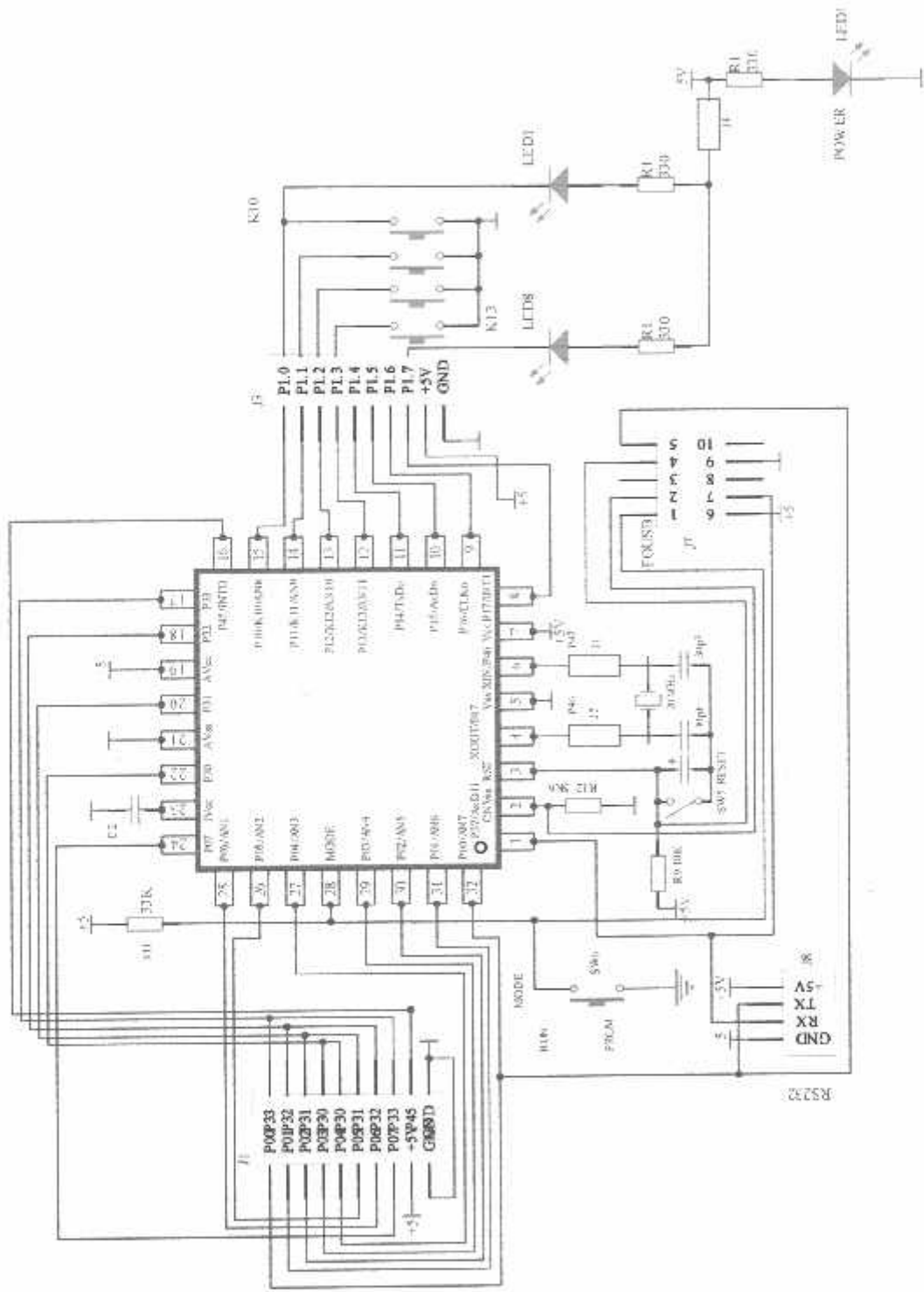
Checked by: Ikhwan Al-Farisi

Date: 2023

Scale: 1:1

Sheet of: 1

Drawn by: Ikhwan Al-Farisi



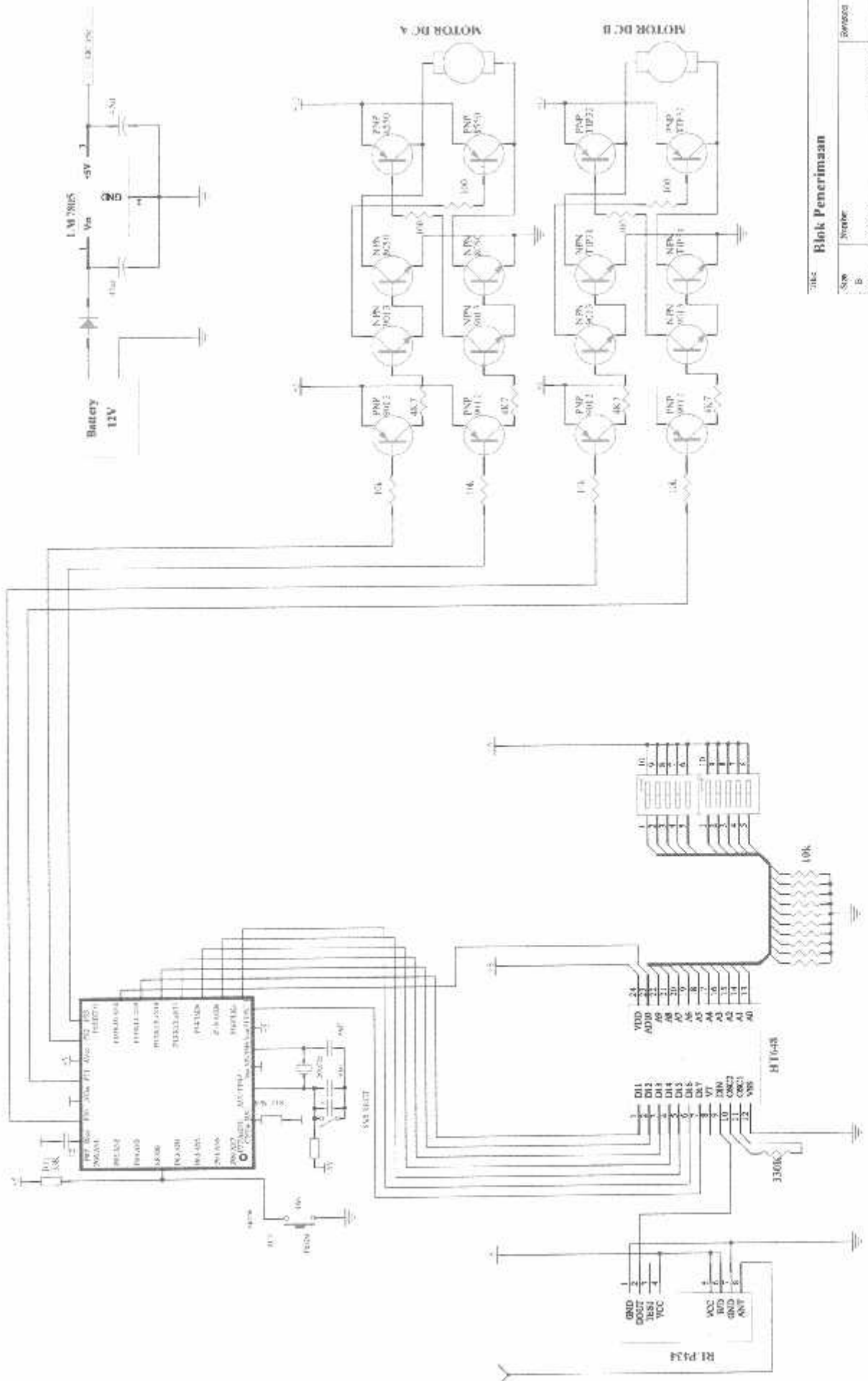
Title HRS8000

Size Number Revision

A

Date 3/10/2007 Sheet of 1

Title G:\Tray\Romanus\SCIDOC Drawn By:



Tugas Blok Penerimaan

No	10000	10000
B	10000	10000
Dire	10000	10000
PM	10000	10000

```

#include
#define On
#define Off
#define In0
#define In1
#define In2
#define In3
#define In4
#define In5
#define In6
#define In7
#define Out0
#define Out1
#define Out2
#define Out3

/* Definition of the R8C/13 SFR */
#define R8C13 (*(volatile unsigned char *)0x00000013)

void Delay(long lama)
{
    while (lama--);
}

void main()
{
    asm("CLR I");
    prcr = 1;
    cm13 = 1;
    cm15 = 1;
    cm05 = 0;
    cm16 = 0;
    cm17 = 0;
    cm06 = 0;
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    ccu2 = 0;
    prcr = 0;
    p1 = 0xFF;
    pd1 = 0x00;
    p3 = 0xFF;
    pd3 = 0xFF;

    while(1) {
        if ( p1 == 0x00 ) { p3 = 0xFF; }
        if ( p1 == 0x01 ) { out0 = On; Delay(400); out0 = Off; Delay(600); }
        if ( p1 == 0x02 ) { out0 = On; Delay(500); out0 = Off; Delay(500); }
        if ( p1 == 0x04 ) { out0 = On; Delay(600); out0 = Off; Delay(400); }
        if ( p1 == 0x08 ) { out0 = On; Delay(700); out0 = Off; Delay(300); }
        if ( p1 == 0x10 ) { out0 = On; Delay(900); out0 = Off; Delay(100); }
        if ( p1 == 0x40 ) { out2 = On; Delay(500); out2 = Off; Delay(500); out3 = Off; }
        if ( p1 == 0x41 ) { out0 = On; Delay(400); out2 = On; Delay(500); out3 = Off; }
        if ( p1 == 0x42 ) { out0 = On; Delay(500); out2 = On; Delay(500); out3 = Off; }
        if ( p1 == 0x44 ) { out0 = On; Delay(600); out2 = On; Delay(400); out3 = Off; }
        if ( p1 == 0x48 ) { out0 = On; Delay(700); out2 = On; Delay(300); out3 = Off; }
        if ( p1 == 0x50 ) { out0 = On; Delay(900); out2 = On; Delay(100); out3 = Off; }
        if ( p1 == 0x80 ) { out2 = Off; out3 = On; Delay(500); out1 = Off; Delay(500); }
        if ( p1 == 0x81 ) { out0 = On; Delay(400); out2 = Off; Delay(600); out3 = Off; Delay(500); }
        if ( p1 == 0x82 ) { out0 = On; Delay(500); out2 = Off; Delay(500); out3 = Off; Delay(500); }
        if ( p1 == 0x84 ) { out0 = On; Delay(600); out2 = Off; Delay(400); out3 = Off; Delay(500); }
        if ( p1 == 0x88 ) { out0 = On; Delay(700); out2 = Off; Delay(300); out3 = Off; Delay(500); }
        if ( p1 == 0x90 ) { out0 = On; Delay(900); out2 = Off; Delay(100); out3 = Off; Delay(500); }

        /* motor MM mati, motor KK mati */
        /* motor Maju 40%, motor KK mati */
        /* motor Maju 50%, motor KK mati */
        /* motor Maju 60%, motor KK mati */
        /* motor Maju 70%, motor KK mati */
        /* motor Maju 90%, motor KK mati */

        /* Interrupt disable */
        /* Protect off */
        /* X-in X-out */
        /* XCIN-XCOUT drive capacity select bit : HIGH */
        /* X-in on */
        /* Main clock = No division mode */
        /* CV16 and CV17 enable */

        /* Main clock change */
        /* Protect on */
        /* set mati semua */
        /* set input semua */
        /* set mati semua */
        /* set output semua */
    }
}

```

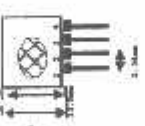
```
11 // motor maju 50%, motor kanan nyala 50% */
12 if ( p1 == 0x20 ) { Out1 = On; Delay(600); Out1 = Off; Delay(400); }
13 /* motor Mundur 50%, motor KK mati */
14 if ( p1 == 0x60 ) { Out1 = On; Delay(600); Out1 = Off; Delay(400); Out2 = Off; Delay(500); Out3 = Off; }
15 /* motor Mundur 60%, motor Kiri nyala 50% */
16 if ( p1 == 0xA0 ) { Out1 = On; Delay(600); Out1 = Off; Delay(400); Out2 = On; Delay(500); Out3 = Off; Delay(500); }
17 /* motor Mundur 60%, motor Kanan nyala 50% */
```

```
18 }
```

```
19 }
```

TLP434A & RLP434A RF ASK Hybrid Modules for Radio Control (New Version)

TLP434A Ultra Small Transmitter



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

**Easy-Link
Wireless**

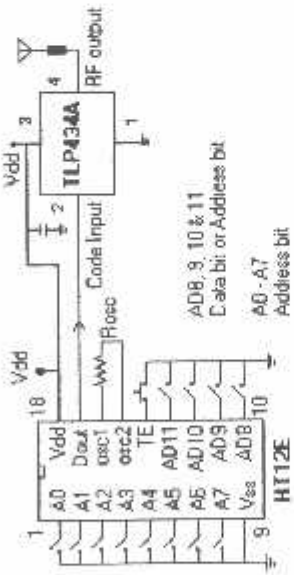
Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

Modulation : ASK
Operation Voltage : 2 - 12 VDC

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Limit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata = 100µA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
Vl	Input Low Voltage	Idata = 0 µA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF Output Power: 50ohm	Vcc = 9V, 12V	-	16	-	dBm
DR	Data Rate	Vcc = 5V-6V	-	34	-	dBm
		External Encoding	512	4.8K	200K	bps

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

Application Circuit :
Typical Key-chain Transmitter using HT12E-1SDIP, a Pincer, 12 bit, Encoder from Follet, Semiconductor Inc.

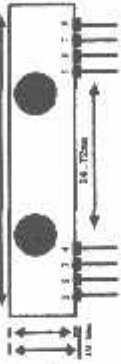


Vdd
Vcc
Data Input
RF output

A08, 9, 10 & 11
Data bit or Address bit

A0 - A7
Address bit

RLP434A SAW Based Receiver



pin 1 : GND
pin 2 : Digital Data Output
pin 3 : Linear Output / Test
pin 4 : Vcc
pin 5 : Vcc
pin 6 : Vcc
pin 7 : GND
pin 8 : Address

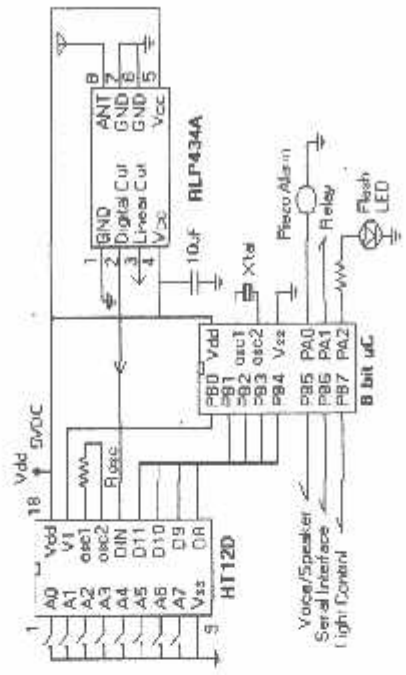
Modulation : ASK
Supply Voltage : 3.3 - 6.0 VDC
Output : Digital & Linear

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

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

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

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



Vdd
Vcc
osc1
osc2
Vss
P80
P81
P82
P83
P84
P85
P86
P87
P88
P89
P90
P91
P92
P93
P94
P95
P96
P97
P98
P99
Vcc

Voice/Speaker
Serial Interface
Light Control

10µF
Xtal
Pincos (A5-11)
Relay
Flash LED

Laipac Technology, Inc.

105 West Beaver Creek Rd., Unit 207 Richmond Hill Ontario L4B 1C6 Canada
Tel: (905)762-1228 Fax: (905)763-1737 e-mail: info@laipac.com



Features

- Operating voltage: 2.4V-12V
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current
- Three words transmission
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Easy interface with an RF or infrared transmission media
- Minimal external components

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 3¹⁸ encoders are a series of CMOS LSI's for remote control system applications. They are capable of encoding 18 bits of information which consists of N address bits and 18-N data bits. Each address/data input is externally trinary programmable if bonded out. It is otherwise set floating internally. Various packages of the 3¹⁸ encoders offer flexible combinations of

programmable address/data to meet various application needs. The programmable address/data is transmitted together with the header bits via an RF or an infrared transmission medium upon receipt of a trigger signal. The capability to select a TE trigger type or a DATA trigger type further enhances the application flexibility of the 3¹⁸ series of encoders.

Selection Table

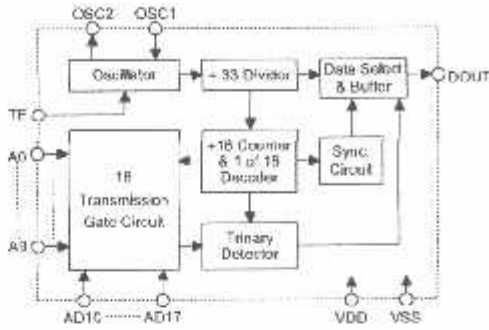
Function Part No.	Address No.	Address/ Data No.	Data No.	Dummy Code No.	Oscillator	Trigger	Package
HT600	9	5	0	4	RC oscillator	TE	20 DIP/20 SOP
HT640	10	8	0	0	RC oscillator	TE	24 SOP/24 SDIP
HT680	8	4	0	6	RC oscillator	TE	18 DIP
HT6187	9	0	3	6	RC oscillator	D12,D14,D15	18 DIP/20 SOP
HT6207	10	0	4	4	RC oscillator	D12-D15	20 DIP/20 SOP
HT6247	12	0	6	0	RC oscillator	D12-D17	24 SOP/24 SDIP

Note: Address/Data represents addressable pins or data according to the decoder requirements.

Block Diagram

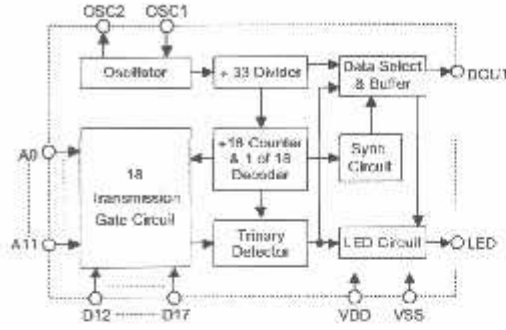
TE trigger

HT600/HT640/HT680



DATA trigger

HT6187/HT6207/HT6247

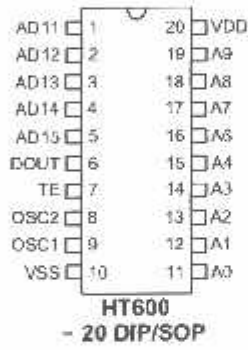


Note: The address/data pins are available in various combinations.

Pin Assignment

TE trigger type

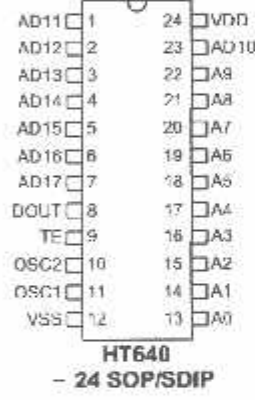
**9-Address
5-Address/Data**



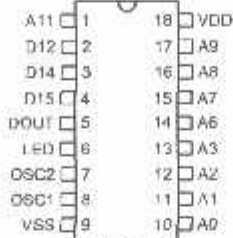
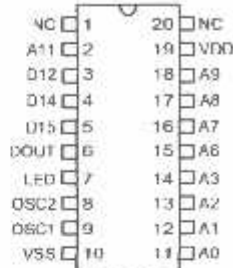
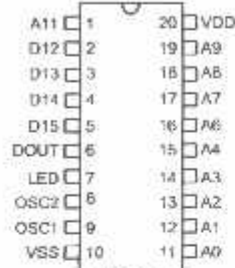
**8-Address
4-Address/Data**



**10-Address
8-Address/Data**



DATA trigger type

**9-Address
3-Data**

**HT6187
- 18 DIP**
**9-Address
3-Data**

**HT6187
- 20 SOP**
**10-Address
4-Data**

**HT6207
- 20 DIP/SOP**
**12-Address
6-Data**

**HT6247
- 24 SOP/SDIP**

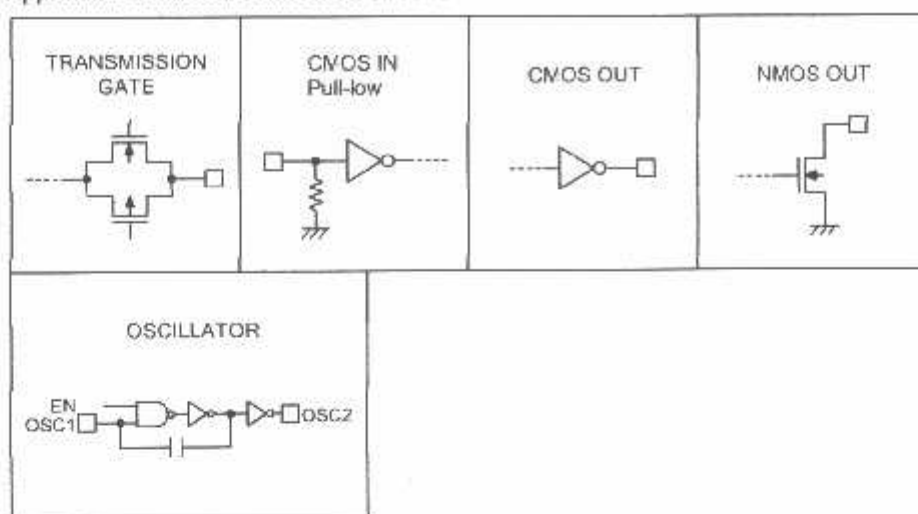
Pin Description

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A11	I	TRANSMISSION GATE	Input pins for address A0~A11 setting They can be externally set to VDD, VSS, or left open.
AD10~AD17	I	TRANSMISSION GATE	Input pins for address/data (AD10~AD17) setting They can be externally set to VDD, VSS, or left open.
D12~D17	I	CMOS IN Pull-low	Input pins for data (D12~D17) setting and transmission enable (active high) They can be externally set to VDD or left open (see Note).
DOUT	O	CMOS OUT	Encoder data serial transmission output
LED	O	NMOS OUT	LED transmission enable indicator
TE	I	CMOS IN Pull-low	Transmission enable, active high (see Note).
OSC1	I	OSCILLATOR	Oscillator input pin
OSC2	O	OSCILLATOR	Oscillator output pin
VSS	I	—	Negative power supply (GND)
VDD	I	—	Positive power supply

Notes: D12~D17 are data input and transmission enable pins of the HT6187/HT6207/HT6247.

TE is the transmission enable pin of the HT600/HT640/HT680.

Approximate internal connection circuits



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage.....	-0.3V to 13V	Input Voltage	$V_{SS} - 0.3$ to $V_{DD} + 0.3$ V
Storage Temperature.....	-50°C to 125°C	Operating Temperature	-20°C to 75°C

Note: These are stress ratings only. Stresses exceeding the range specified under "Absolute Maximum Ratings" may cause substantial damage to the device. Functional operation of this device at other conditions beyond those listed in the specification is not implied and prolonged exposure to extreme conditions may affect device reliability.

Electrical Characteristics

 $T_a = 25^\circ\text{C}$

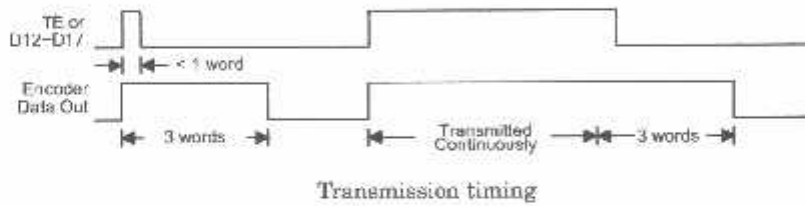
Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—		2.4		12	V
I_{SFB}	Standby Current	3V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		12V		—	2	4	μA
I_{DD}	Operating Current	5V	No load	—	250	500	μA
		12V	$f_{OSC} = 100\text{kHz}$	—	1200	2400	μA
I_{LED}	LED Sink Current	5V	$V_{LED} = 0.5\text{V}$	1.5	3	—	mA
I_{POUT}	Output Drive Current	5V	$V_{OH} = 0.9V_{DD}$ (Source)	-0.6	-1.2	—	mA
		5V	$V_{OL} = 0.1V_{DD}$ (Sink)	0.6	1.2	—	mA

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V _{DD}	Conditions				
V _{IH}	"H" Input Voltage	—	—	0.8V _{DD}	—	V _{DD}	V
V _{IL}	"L" Input Voltage	—	—	0	—	0.2V _{DD}	V
f _{OSC}	Oscillator Frequency	10V	R _{OSC} =330kΩ	—	100	—	kHz
R _{TE}	TE Pull-low Resistance	5V	V _{TE} =5V	—	1.5	3	MΩ
R _{DATA}	D12~D17 Pull-low Resistance	5V	V _{DATA} =5V	—	1.5	3	MΩ

Functional Description

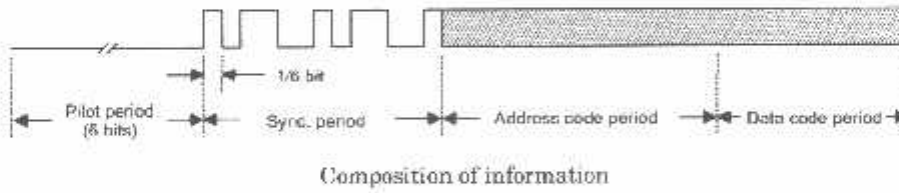
Operation

The 3rd series of encoders begins a three-word transmission cycle upon receipt of a transmission enable (TE for the HT600/HT640/HT680 or D12~D17 for the HT6187/HT6207/HT6247, active high). This cycle will repeat itself as long as the transmission enable (TE or D12~D17) is held high. Once the transmission enable falls low, the encoder output completes its final cycle and then stops as shown below.



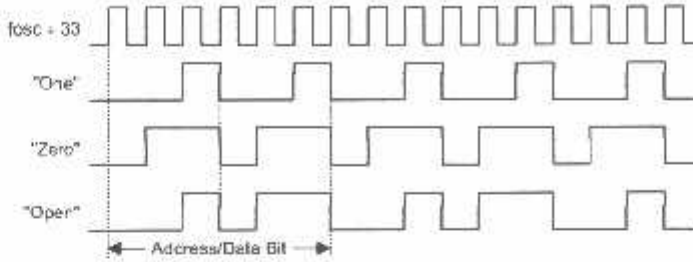
Information word

An information word consists of 4 periods as shown:



Address/data waveform

Each programmable address/data pin can be externally set to one of the following three logic states:



Address/Data bit waveform

The "Open" state data input is interpreted as logic low by the decoders since the decoder output only have two states.

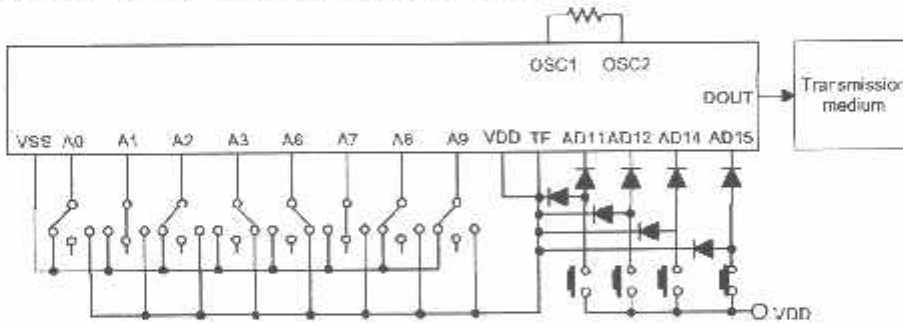
Address/data programming (preset)

The status of each address/data pin can be individually preset to logic "high", "low", or "floating". If a transmission enable signal is applied, the encoder scans and transmits the status of the 18 bits of address/data serially in the order A0 to AD17 for the HT600/HT640/HT680 and A0 to D17 for the HT6187/HT6207/HT6247.

There are some packaging limitations. The 18-pin DIP HT680, for example, offers four external data bits and eight external address bits. The remaining unpackaged bits or dummy codes are treated as floating for A0-AD17 or as pull-low for D12-D17. During an information transmission these bits are still located in their original position. But if the trigger signal is not applied, the chip only consumes a standby current which is less than 1 μ A.

The address pins are usually preset to transmit data codes with particular security codes by the DIP switches or PCB wiring, while the data is selected using push buttons or electronic switches.

The following figure shows an application using the HT680:



The transmitted information is as shown:

Pilot & Sync.	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AD10	AD11
	0	Z	0	1	Z	Z	1	Z	0	0	Z	Z
	AD12	AD13	AD14	AD15	AD16	AD17						
	Z	Z	Z	1	Z	Z						

Z: floating

Address/Data sequence

The following provides a table of address/data sequence for various models of the 3rd series encoders. A correct device should be selected according to the individual address and data requirements.

Part No.	Address/Data Bits											
	0~3	4	5	6~9	10	11	12	13	14	15	16	17
HT600	A0~A3	A4	—	A6~A9		AD11	AD12	AD13	AD14	AD15	—	—
HT640	A0~A3	A4	A5	A6~A9	AD10	AD11	AD12	AD13	AD14	AD15	AD16	AD17
HT630	A0~A3	—	—	A6~A9		AD11	AD12	—	AD14	AD15	—	—
HT6187	A0~A3		—	A6~A9	—	A11	D12	—	D14	D15	—	—
HT6207	A0~A3	A4	—	A6~A9		A11	D12	D13	D14	D15	—	—
HT6247	A0~A3	A4	A5	A6~A9	AD10	A11	D12	D13	D14	D15	D16	D17

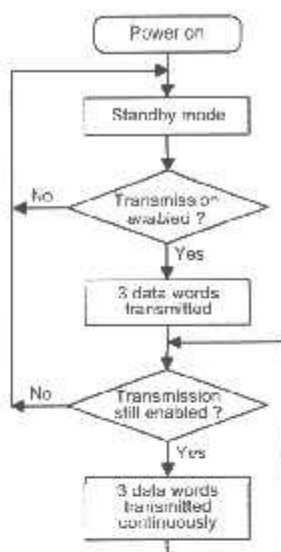
Notes: "—" is a dummy code which is left "open" and not bonded out.

"—" is a dummy code which is set low and not bonded out.

Transmission enable

For the TE trigger type of encoders, transmission is enabled by applying a high signal to the TE pin. But for the Data trigger type of encoders, it is enabled by applying a high signal to one of the data pins D12~D17.

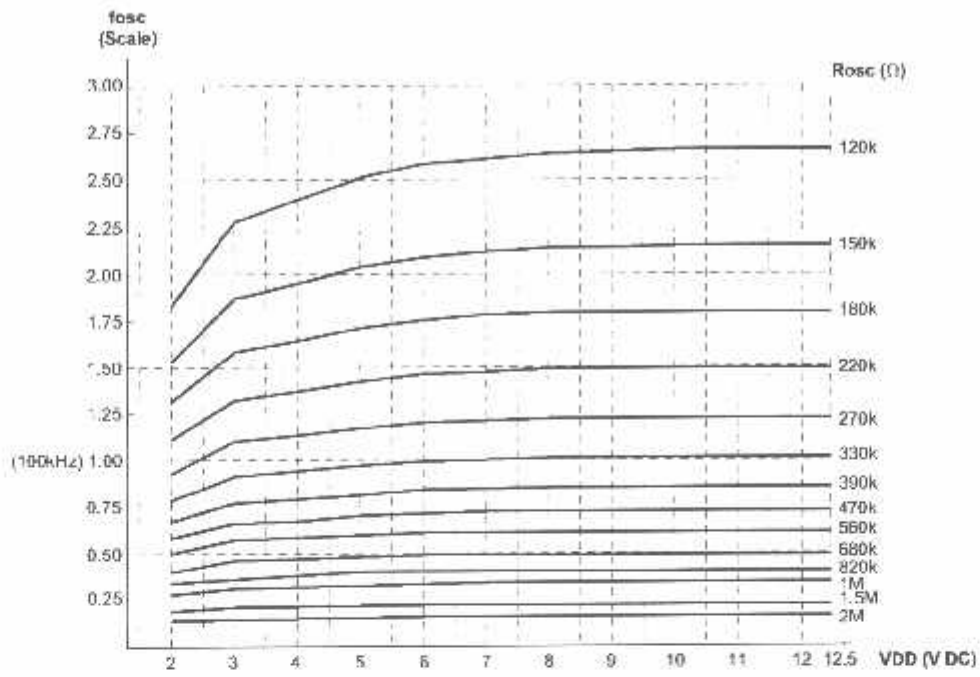
Flowchart



Notes: D12~D17 are transmission enables of the HT6187/HT6207/HT6247.

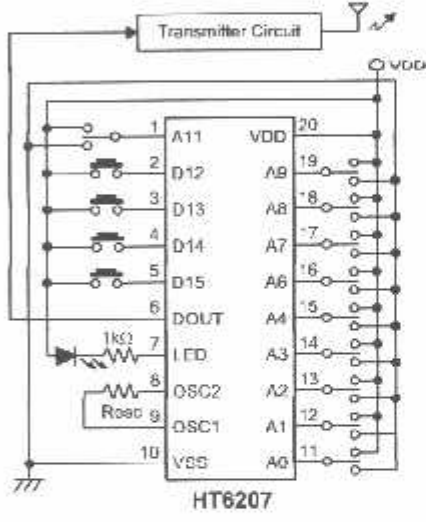
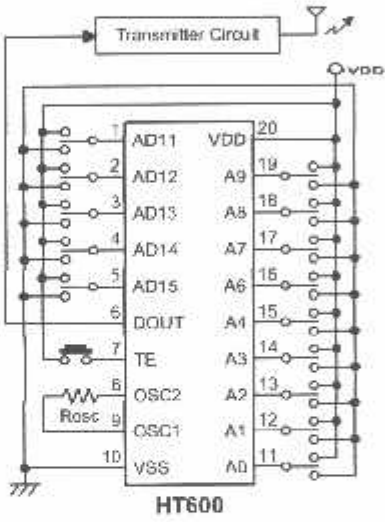
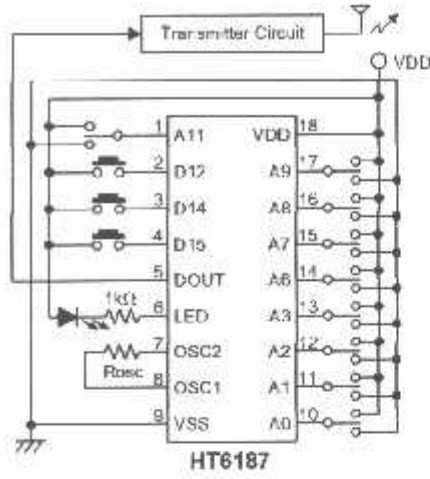
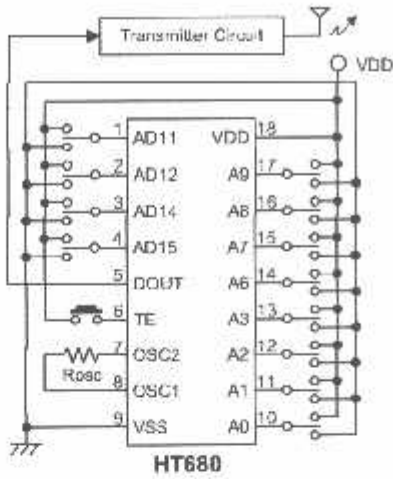
TE is the transmission enable of the HT600/HT640/HT680.

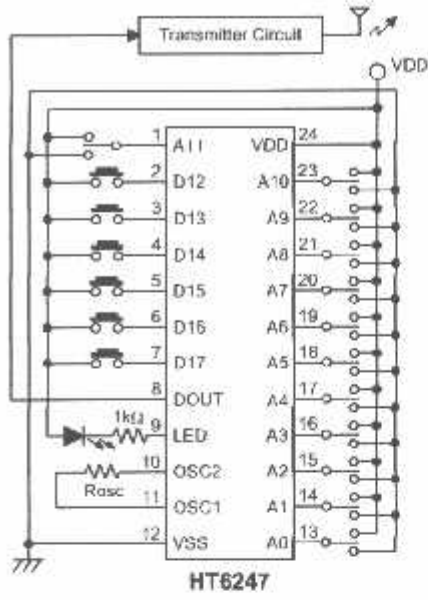
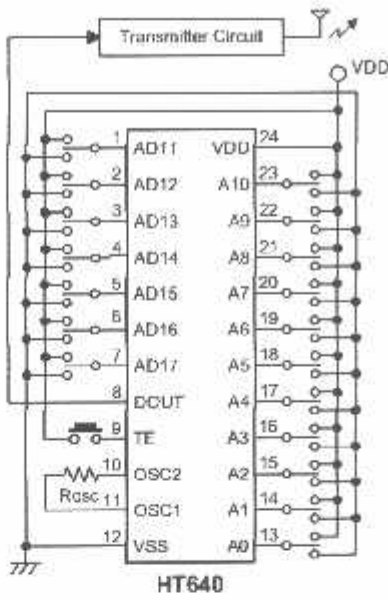
Oscillator frequency vs supply voltage



The recommended oscillator frequency is $f_{OSC(D)} \cong f_{OSC(E)}$.

Application Circuits





Notes: Typical infrared diode: EL-1L2 (KODENSHI CORP.)
 Typical RF transmitter: JR-220 (JUWA CORP.)
 TX-99 (MING MICROSYSTEM, U.S.A.)

Features

- Operating voltage: 2.4V-12V
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current
- Capable of decoding 18 bits of information
- Pairs with HOLTEK's 3¹⁸ series of encoders
- 8-18 address pins
- 0-8 data pins
- Trinary address setting
- Two times of receiving check
- Built-in oscillator needs only a 5% resistor
- Valid transmission indicator
- Easily interface with an RF or an infrared transmission medium
- Minimal external components

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 3¹⁸ decoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are paired with the 3¹⁸ series of encoders. For proper operation a pair of encoder/decoder pair with the same number of address and data format should be selected (refer to the encoder/decoder cross-reference tables).

The 3¹⁸ series of decoders receives serial address and data from that series of encoders that are transmitted by a carrier using an RF or an IR transmission medium. It then compares the serial input data twice continuously with its local address. If no errors or unmatched codes

are encountered, the input data codes are decoded and then transferred to the output pins. The VI pin also goes high to indicate a valid transmission.

The 3¹⁸ decoders are capable of decoding 18 bits of information that consists of N bits of address and 18-N bits of data. To meet various applications they are arranged to provide a number of data pins whose range is from 0 to 8 and an address pin whose range is from 8 to 18. In addition, the 3¹⁸ decoders provide various combinations of address/data number in different packages.

Selection Table

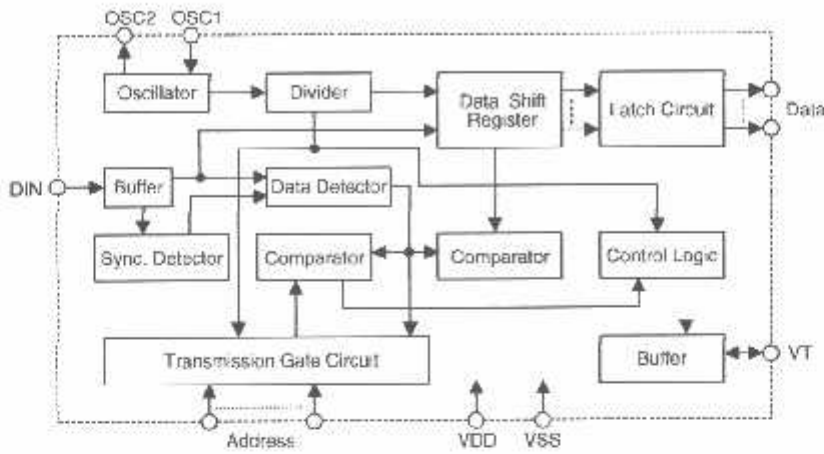
Item	Function	Address No.	Data		VT	Oscillator	Trigger	Package
			No.	Type				
HT602L		12	2	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	20 DIP/20 SOP
HT604L		10	4	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	20 DIP/20 SOP
HT605L		9	5	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	20 DIP/20 SOP
HT611		14	0		√	RC oscillator	DIN active "Hi"	20 DIP/20 SOP

Function Item	Address No.	Data		VT	Oscillator	Trigger	Package
		No.	Type				
HT612	12	2	M	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	20 DIP/20 SOP
HT614	10	4	M	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	20 DIP/20 SOP
HT615	9	5	M	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	20 DIP/20 SOP
HT644L	14	4	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	24 SOP/24 SDIP
HT646L	12	6	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	24 SOP/24 SDIP
HT648L	10	8	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	24 SOP/24 SDIP
HT651	18	0	—	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	24 SOP/24 SDIP
HT654	14	4	M	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	24 SOP/24 SDIP
HT656	12	6	M	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	24 SOP/24 SDIP
HT658	10	8	M	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	24 SOP/24 SDIP
HT682L	10	2	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP
HT683L	9	3	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP
HT684L	8	4	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP
HT691	12	0		√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP
HT692	10	2	M	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP
HT693	9	3	M	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP
HT694	8	4	M	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP

Note: Data type: M represents momentary type of data output.
L represents latch type of data output.

VT can be used as a momentary data output.

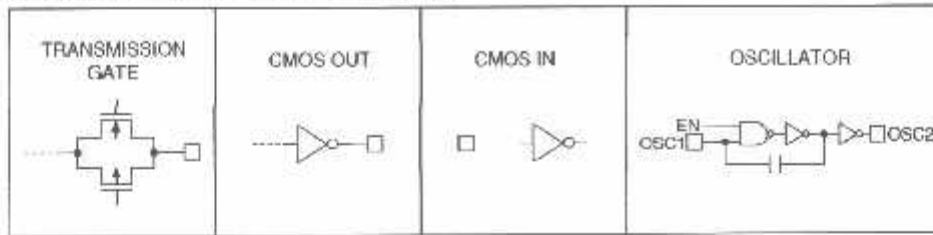
Block Diagram



Note: The address/data pins are available in various combinations (refer to the address/data table).

Pin Description

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0-A17	I	TRANSMISSION GATE	Input pins for address A0-A17 setting. They can be externally set to VDD, VSS, or left open.
D10-D17	O	CMOS OUT	Output data pins.
DIN	I	CMOS IN	Serial data input pin.
VT	O	CMOS OUT	Valid transmission, active high.
OSC1	I	OSCILLATOR	Oscillator input pin.
OSC2	O	OSCILLATOR	Oscillator output pin.
VSS	I		Negative power supply (GND).
VDD	I		Positive power supply.

Approximate internal connection circuits

Absolute Maximum Ratings*

Supply Voltage -0.3V to 13V Storage Temperature..... -50°C to 125°C
 Input Voltage..... V_{SS} 0.3V to V_{DD} 10.3V Operating Temperature..... 20°C to 75°C

*Note: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only. Functional operation of this device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied and exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Electrical Characteristics

(Ta=25°C)

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V _{DD}	Conditions				
V _{DD}	Operating Voltage	-	—	3		12	V
I _{STB}	Standby Current	5V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		12V		—	2	4	μA
I _{DD}	Operating Current	5V	No load F _{osc} =100kHz	—	0.2	1	mA
I _O	Data Output Source Current (D10-D17)	5V	V _{OH} =4.5V	-0.5	-1		mA
	Data Output Sink Current (D10-D17)		V _{OL} =0.5V	0.5	1		mA
I _{VT}	V _T Output Source Current	5V	V _{OH} =4.5V	-2	4		mA
	V _T Output Sink Current		V _{OL} =0.5V	1	2	—	mA
V _{IH}	"H" Input Voltage	5V	—	3.5	—	5	V
V _{IL}	"L" Input Voltage	5V	—	0	—	1	V
F _{OSC}	Oscillator Frequency	10V	R _{osc} =330kΩ		100	—	kHz

Functional Description

Operation

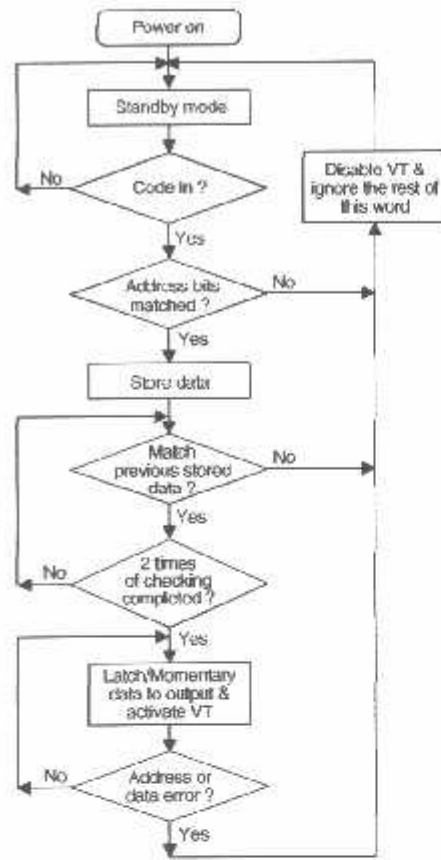
The 3¹⁸ series of decoders provides various combinations of address and data pins in different packages. It is paired with the 3¹⁸ series of encoders. The decoders receive data transmitted by the encoders and interpret the first N bits of the code period as address and the last 18-N bits as data (where N is the address code number). A signal on the DIN pin then activates the oscillator which in turn decodes the incoming address and data. The decoders will check the received address twice continuously. If all the received address codes match the contents of the decoder's local address, the 18-N bits of data are decoded to activate the output pins, and the VT pin is set high to indicate a valid transmission. That will last until the address code is incorrect or no signal has been received. The output of the VT pin is high only when the transmission is valid. Otherwise it is low always.

Output type

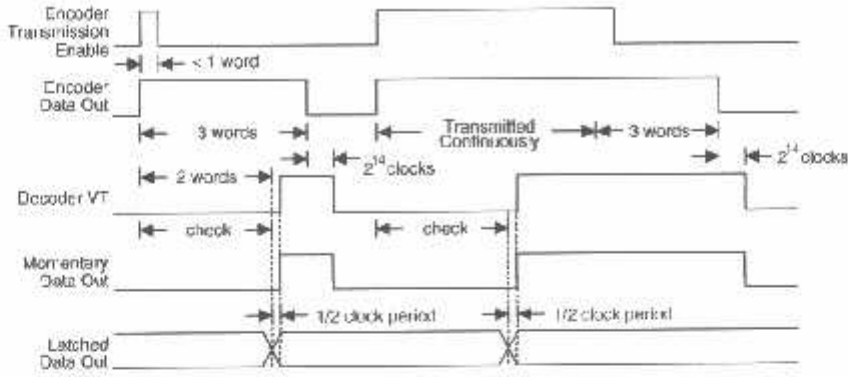
There are 2 types of output to select from:

- **Momentary type**
The data outputs follow the encoder during a valid transmission and then reset.
- **Latch type**
The data outputs follow the encoder during a valid transmission, and are then latched in this state until the next valid transmission occurs.

Flowchart



Note: The oscillator is disabled in the standby state and activated as long as a logic "high" signal is applied to the DIN pin, i.e., the DIN should be kept "low" if there is no signal input.

Decoder timing

Encoder/Decoder selection tables

• Latch type of data output

Part No.	Data Pins	Address Pins	VT	Pair Encoder	Package					
					Encoder			Decoder		
					DIP	SOP	SDIP	DIP	SOP	SDIP
HT682L	2	10	√	HT680	18	—	—	18	—	—
HT683L	3	9	√	HT680	18	—	—	18	—	—
				HT6187	18	—	—	—	—	—
HT684L	4	8	√	HT680	18	—	—	18	—	—
HT602L	2	12	√	HT600	20	20	—	20	20	—
HT604L	4	10	√	HT600	20	20	—	20	20	—
				HT6207	20	—	—	—	—	—
HT605L	5	9	√	HT600	20	20	—	20	20	—
HT644L	4	14	√	HT640	24	24	24	—	24	24
				HT646L	24	24	—	24	—	24
HT646L	6	12	√	HT640	24	24	24	—	24	24
				HT6247	24	—	—	—	—	—
HT648L	8	10	√	HT640	24	24	24	—	24	24

• Momentary type of data output

Part No.	Data Pins	Address Pins	VT	Pair Encoder	Package					
					Encoder			Decoder		
					DIP	SOP	SDIP	DIP	SOP	SDIP
HT691	0	12	√	HT680	18	—	—	18	—	—
HT692	2	10	√	HT680	18	—	—	18	—	—
HT693	3	9	√	HT680	18	—	—	18	—	—
				HT6187	18	—	—	—	—	—
HT694	4	8	√	HT680	18	—	—	18	—	—
HT611	0	14	√	HT600	20	20	—	20	20	—
HT612	2	12	√	HT600	20	20	—	20	20	—
HT614	4	10	√	HT600	20	20	—	20	20	—
				HT6207	20	—	—	—	—	—
HT615	5	9	√	HT600	20	20	—	20	20	—
HT651	0	18	√	HT640	24	24	24	—	24	24
HT654	4	14	√	HT640	24	24	24	—	24	24
HT656	6	12	√	HT640	24	24	24	—	24	24
				HT6247	24	—	—	—	—	—
HT658	8	10	√	HT640	24	24	24	—	24	24

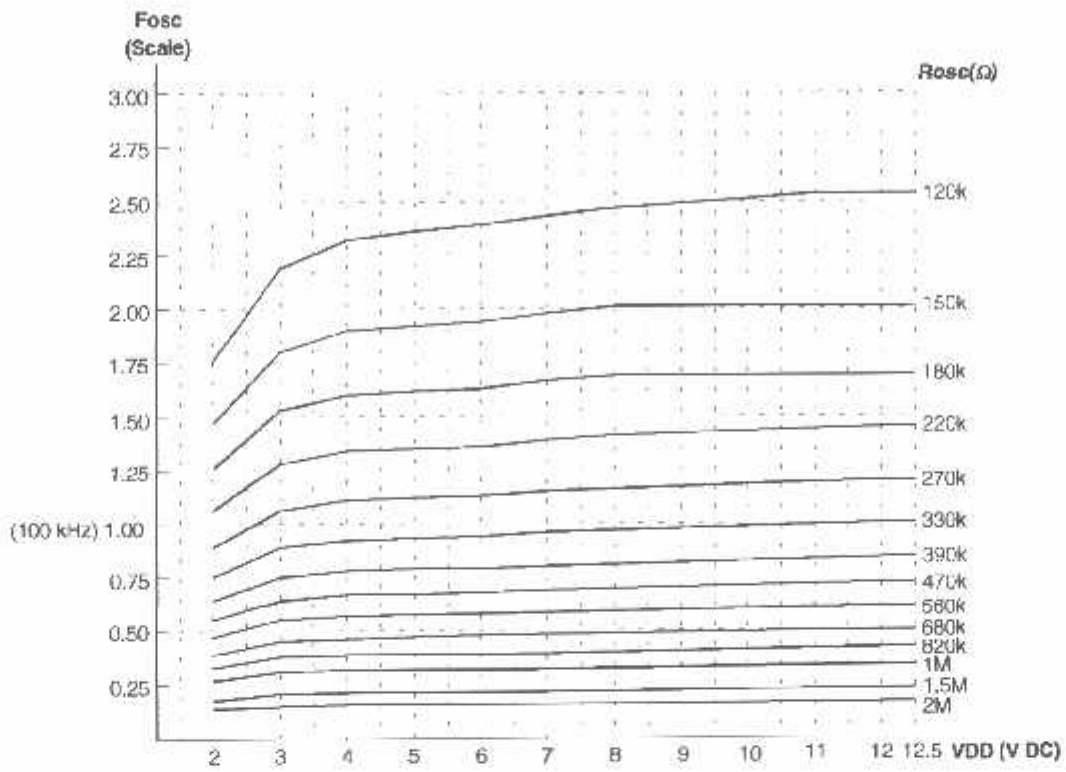
Address/Data sequence

The following provides a table of address/data sequence for various models of the 3¹⁸ series decoders. A correct device should be selected according to the requirements of individual address and data.

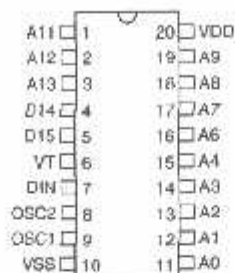
Part No.	Address/Data Bits											
	0-3	4	5	6-9	10	11	12	13	14	15	16	17
HT602L	A0-A3	A4		A6-A9	—	A11	A12	A13	D14	D15	—	—
HT604L	A0-A3	A4	—	A6-A9	—	A11	D12	D13	D14	D15		—
HT605L	A0-A3	A4		A6-A9	—	D11	D12	D13	D14	D15	—	
HT611	A0-A3	A4	—	A6-A9	—	A11	A12	A13	A14	A15		
HT612	A0-A3	A4		A6-A9	—	A11	A12	A13	D14	D15	—	
HT614	A0-A3	A4		A6-A9	—	A11	D12	D13	D14	D15		—
HT615	A0-A3	A4		A6-A9	—	D11	D12	D13	D14	D15	—	
HT644L	A0-A3	A4	A5	A6-A9	A10	A11	A12	A13	D14	D15	D16	D17
HT646L	A0-A3	A4	A5	A6-A9	A10	A11	D12	D13	D14	D15	D16	D17
IIT648L	A0-A3	A4	A5	A6-A9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17
HT651	A0-A3	A4	A5	A6-A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
HT654	A0-A3	A4	A5	A6-A9	A10	A11	A12	A13	D14	D15	D16	D17
IIT656	A0-A3	A4	A5	A6-A9	A10	A11	D12	D13	D14	D15	D16	D17
HT658	A0-A3	A4	A5	A6-A9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17
HT682L	A0-A3	—	—	A6-A9		A11	A12	—	D14	D15	—	—
HT683L	A0-A3	—	—	A6-A9	—	A11	D12	—	D14	D15		—
HT684L	A0-A3	—	—	A6-A9	—	D11	D12	—	D14	D15	—	—
HT691	A0-A3		—	A6-A9		A11	A12	—	A14	A15	—	—
HT692	A0-A3		—	A6-A9	—	A11	A12	—	D14	D15	—	
HT693	A0-A3	—	—	A6-A9	—	A11	D12	—	D14	D15		—
HT694	A0-A3		—	A6-A9		D11	D12		D14	D15		—

Note: "—" is a dummy code which is left "open" and not bonded out.

Oscillator frequency vs supply voltage

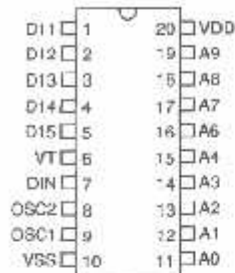


The recommended oscillator frequency is F_{oscD} (decoder) \cong F_{oscE} (encoder).

Package Information
Latch series
**12-Address
2-Data**

HT602L
- 20 DIP/SOP

**10-Address
4-Data**

HT604L
- 20 DIP/SOP

**9-Address
5-Data**

HT605L
- 20 DIP/SOP

**14-Address
4-Data**

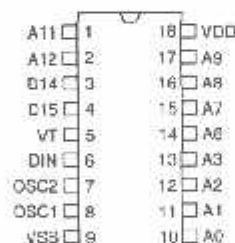
HT644L
- 24 SOP/SDIP

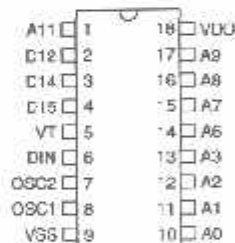
**12-Address
6-Data**

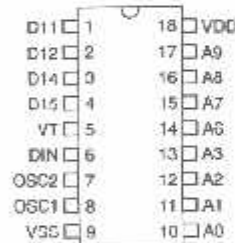
HT646L
- 24 SOP/SDIP

**10-Address
8-Data**

HT648L
- 24 SOP/SDIP

**10-Address
2-Data**

HT682L
- 18 DIP

**9-Address
3-Data**

HT683L
- 18 DIP

**8-Address
4-Data**

HT684L
- 18 DIP

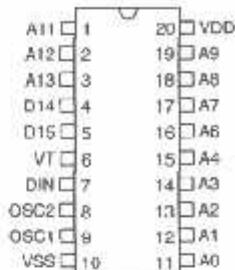
Momentary series

14-Address
0-Data



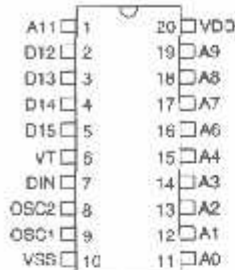
HT611
- 20 DIP/SOP

12-Address
2-Data



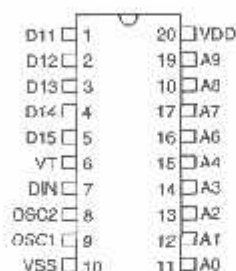
HT612
- 20 DIP/SOP

10-Address
4-Data



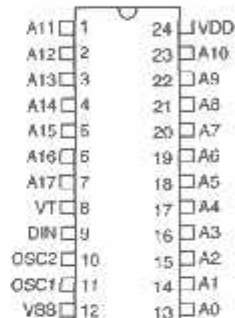
HT614
- 20 DIP/SOP

9-Address
5-Data



HT615
- 20 DIP/SOP

18-Address
0-Data



HT651
- 24 SOP/SDIP

14-Address
4-Data



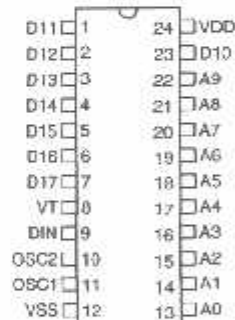
HT654
- 24 SOP/SDIP

12-Address
6-Data



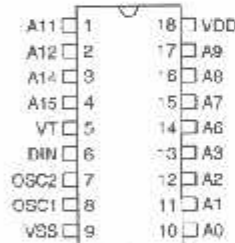
HT656
- 24 SOP/SDIP

10-Address
8-Data



HT658
- 24 SOP/SDIP

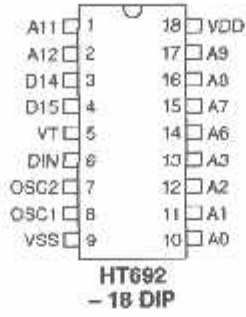
12-Address
0-Data



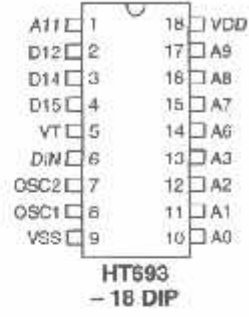
HT691
- 18 DIP

Momentary series

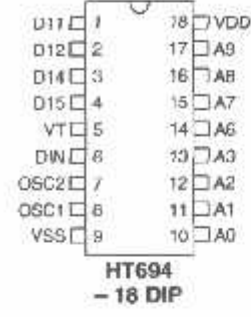
10-Address
2-Data



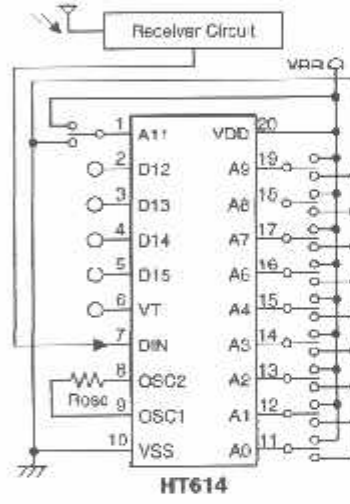
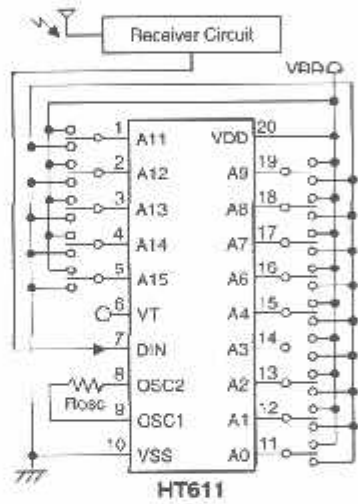
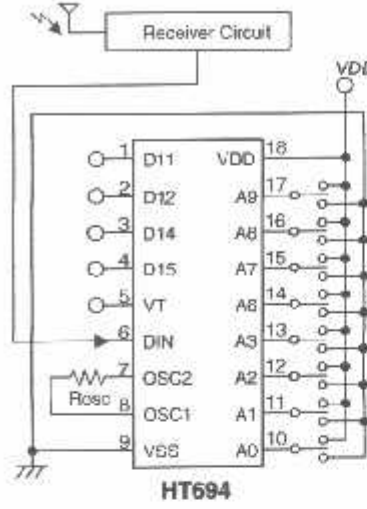
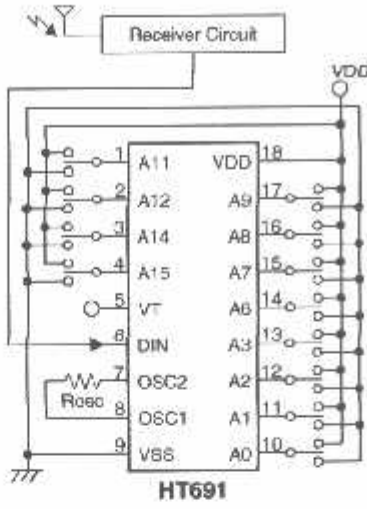
9-Address
3-Data

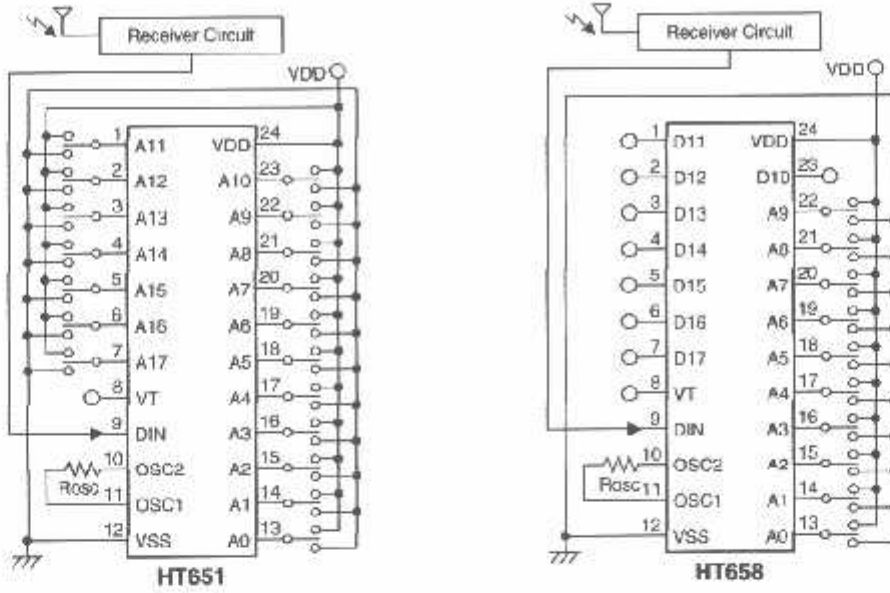


8-Address
4-Data



Application Circuits





Note: Typical infrared receiver PIC-12043T/PIC-12043C (KODENSHI CORP.)
 or LTM9052 (LITEON CORP.)
 Typical RF receiver: JR-200 (JUWA CORP.)
 RF-99 (MING MICROSYSTEM, U.S.A.)

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 Outline

Table 1.1. lists the performance outline of this MCU.

Table 1.1 Performance outline

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

1.3 Block Diagram

Figure 1.1 shows this MCU block diagram.

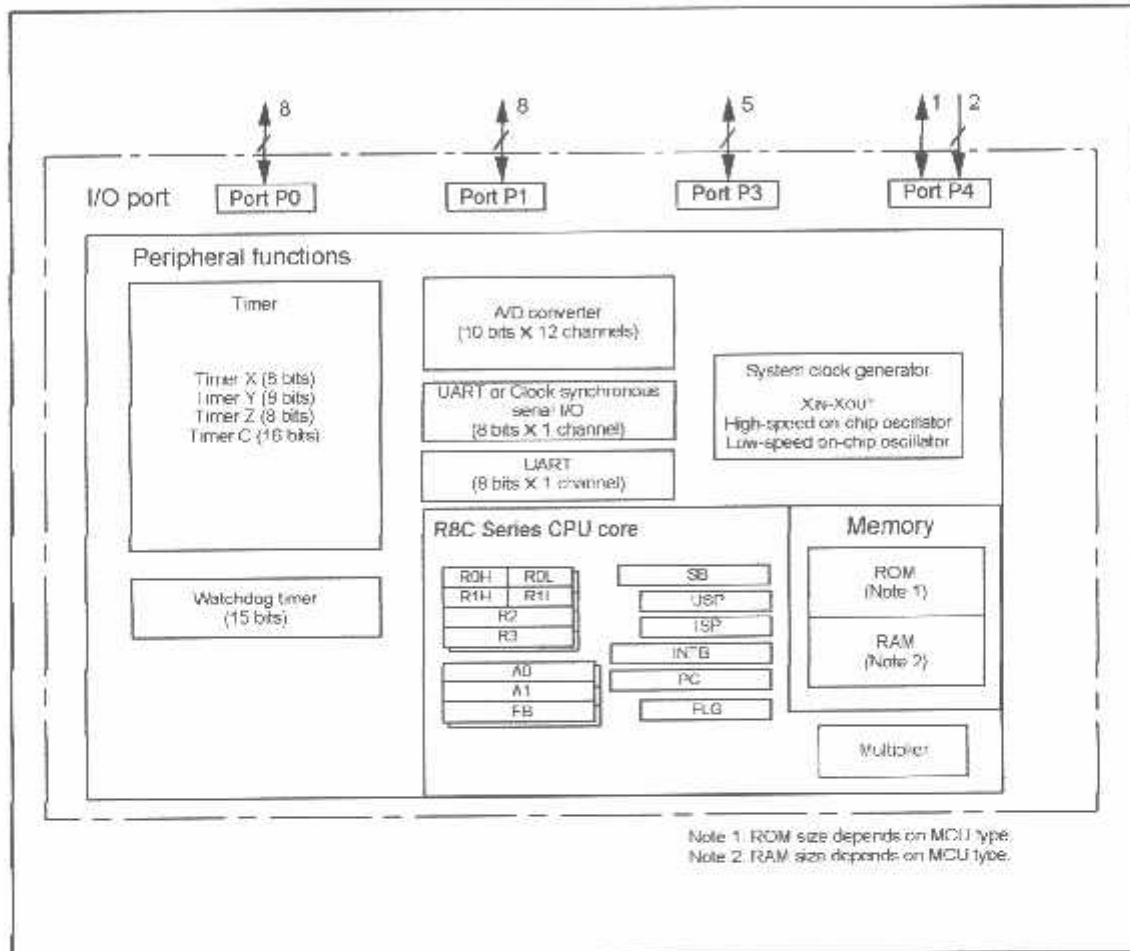


Figure 1.1 Block Diagram

1.4 Product Information

Table 1.2 lists the products.

Table 1.2 Product List

As of April 2005

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

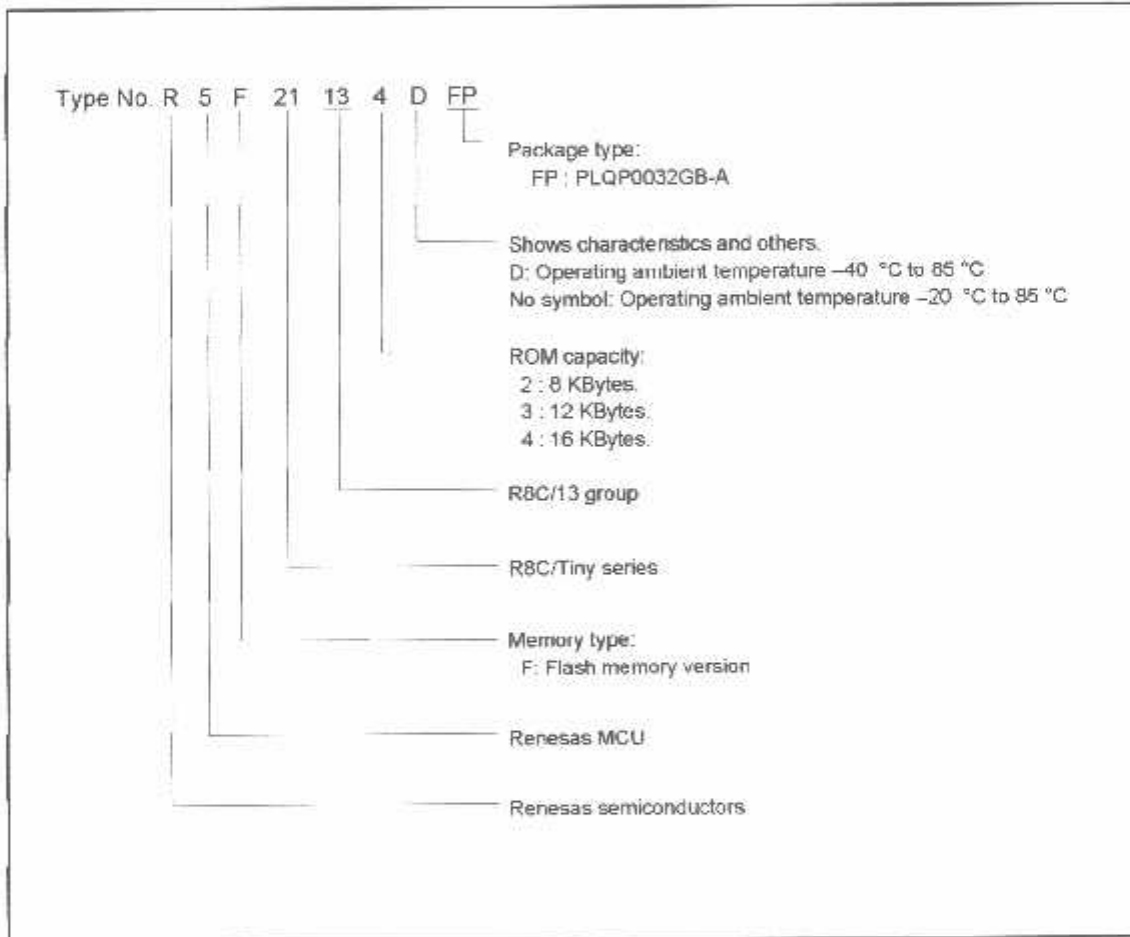


Figure 1.2 Type No., Memory Size, and Package

1.5 Pin Assignments

Figure 1.3 shows the pin configuration (top view).

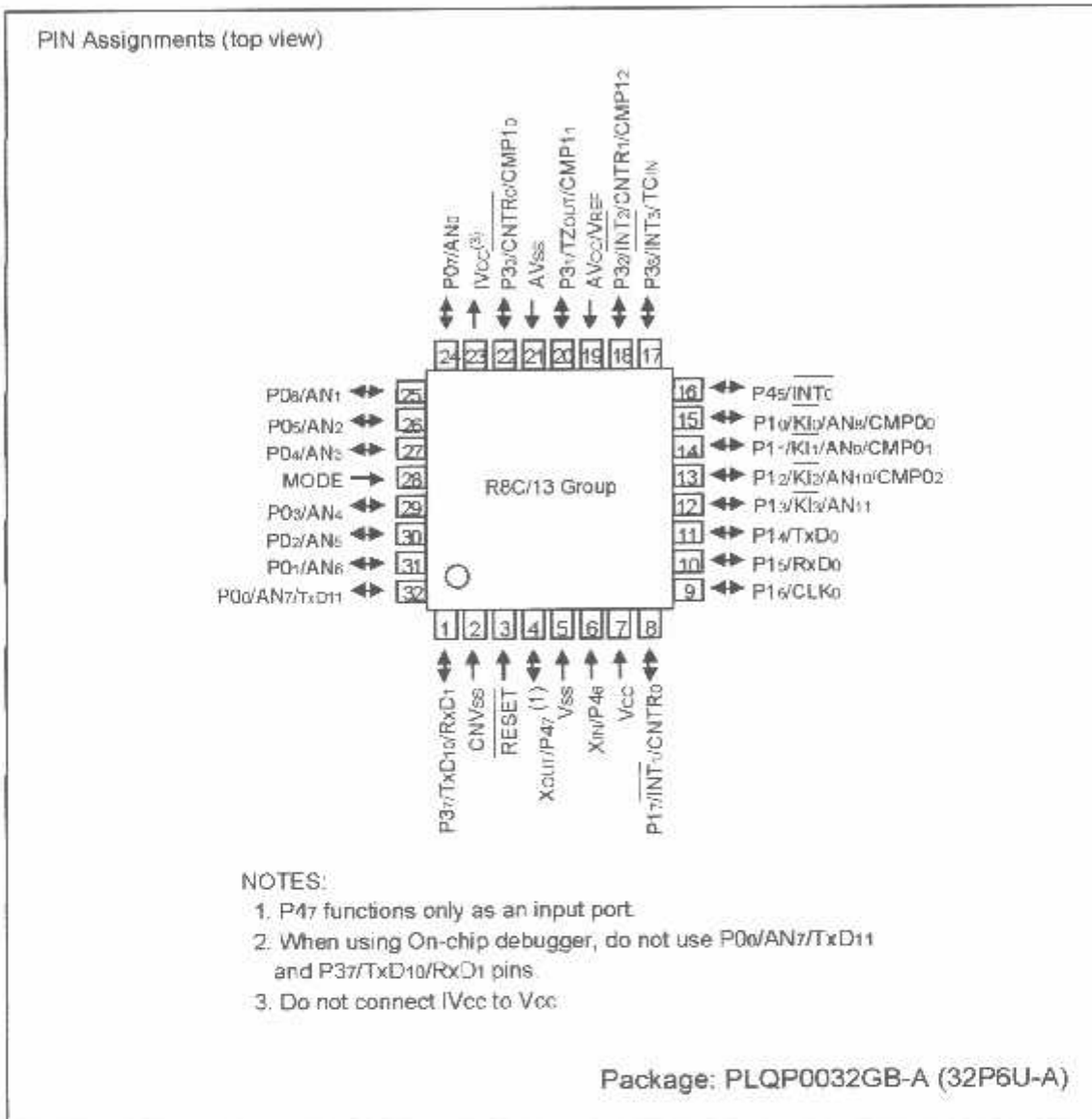


Figure 1.3 Pin Assignments (Top View)

1.6 Pin Description

Table 1.3 shows the pin description.

Table 1.3 Pin description

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

2. Central Processing Unit (CPU)

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

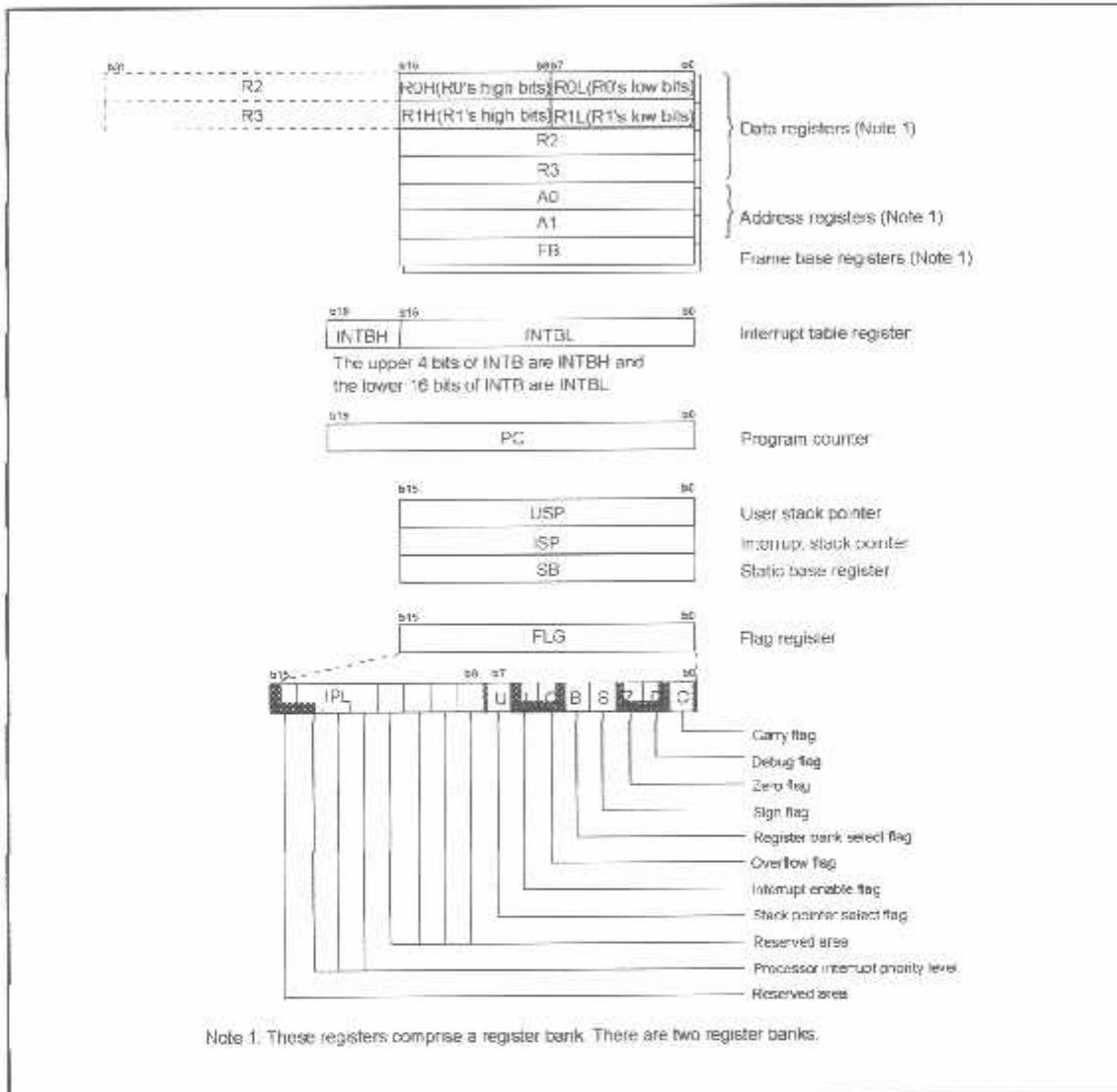


Figure 2.1 Central Processing Unit Register

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

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

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

2.2 Address Registers (A0 and A1)

The register A0 consists of 16 bits, and is used for address register indirect addressing and address register relative addressing. They also are used for transfers and logic/logic operations. A1 is the same as A0. In some instructions, registers A1 and A0 can be combined for use as a 32-bit address register (A1A0).

2.3 Frame Base Register (FB)

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

2.4 Interrupt Table Register (INTB)

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

2.5 Program Counter (PC)

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

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

Stack pointer (SP) comes in two types: USP and ISP, each configured with 16 bits. Your desired type of stack pointer (USP or ISP) can be selected by the U flag of FLG.

2.7 Static Base Register (SB)

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

2.8 Flag Register (FLG)

FLG consists of 11 bits, indicating the CPU status.

2.8.1 Carry Flag (C Flag)

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

2.8.2 Debug Flag (D Flag)

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

2.8.3 Zero Flag (Z Flag)

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

2.8.4 Sign Flag (S Flag)

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

2.8.5 Register Bank Select Flag (B Flag)

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

2.8.6 Overflow Flag (O Flag)

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

2.8.7 Interrupt Enable Flag (I Flag)

This flag enables a maskable interrupt.

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

2.8.8 Stack Pointer Select Flag (U Flag)

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

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

2.8.9 Processor Interrupt Priority Level (IPL)

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

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

2.8.10 Reserved Area

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

3. Memory

Figure 3.1 is a memory map of this MCU. The address space extends the 1M bytes from address 00000₁₆ to FFFFF₁₆.

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

The fixed interrupt vector table is allocated to the addresses from 0FFDC₁₆ to 0FFFF₁₆. Therefore, store the start address of each interrupt routine here.

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

The internal RAM is allocated in an upper address direction beginning with address 00400₁₆. For example, a 1-Kbyte internal RAM is allocated to the addresses from 00400₁₆ to 007FF₁₆. In addition to storing data, the internal RAM also stores the stack used when calling subroutines and when interrupts are generated.

Special function registers (SFR) are allocated to the addresses from 00000₁₆ to 002FF₁₆. Peripheral function control registers are located here. Of the SFR, any space which has no functions allocated is reserved for future use and cannot be used by users.

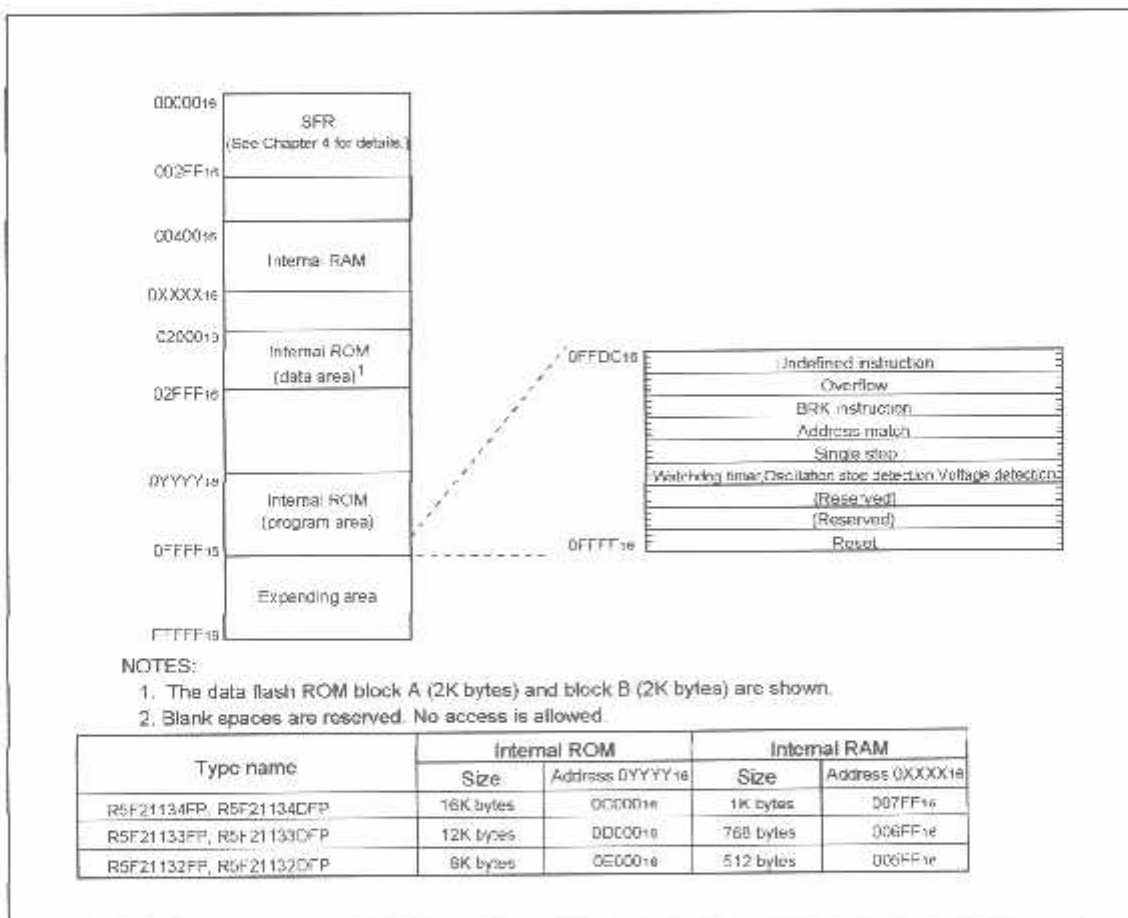


Figure 3.1 Memory Map

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
0007h			
00010h			
00020h			
00030h			
00040h	Processor mode register 0 ¹	PM0	0010
00050h	Processor mode register 1	PM1	0010
00060h	System clock control register 0	CM0	01101000
00070h	System clock control register 1	CM1	00100000
00080h	High-speed on-chip oscillator control register 0	HR0	0010
00090h	Address match interrupt enable register	AIER	XXXXXXXX02
000A0h	Protect register	PRCN	00XXXX00
000B0h	High-speed on-chip oscillator control register 1	HR1	4010
000C0h	Oscillation stop detection register	OCD	00001002
000D0h	Watchdog timer reset register	WDIR	XX10
000E0h	Watchdog timer start register	WDTS	XX10
000F0h	Watchdog timer control register	WDC	00111112
00100h	Address match interrupt register 0	RMAD0	0010 0010 X010
00110h			
00120h			
00130h			
00140h	Address match interrupt register 1	RMAD1	0010 0010 X010
00150h			
00160h			
00170h			
00180h			
00190h	Voltage detection register 1 ²	VCR1	00010002
001A0h	Voltage detection register 2 ²	VCR2	0010 ³ 10000002 ⁴
001B0h			
001C0h			
001D0h			
001E0h	INT0 input filter select register	INT0F	XXXXXXXX02
001F0h	Voltage detection interrupt register ²	DAINT	0010 ³ 01000012 ⁴
0020h			
0021h			
0022h			
0023h			
0024h			
0025h			
0026h			
0027h			
0028h			
0029h			
002Ah			
002Bh			
002Ch			
002Dh			
002Eh			
002Fh			
0030h			
0031h			
0032h			
0033h			
0034h			
0035h			
0036h			
0037h			
0038h			
0039h			
003Ah			
003Bh			
003Ch			
003Dh			
003Eh			
003Fh			

X: Undefined

NOTES:

- Blank columns are all reserved space. 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
0040h			
0041h			
0042h			
0043h			
0044h			
0045h			
0046h			
0047h			
0048h			
0049h			
004Ah			
004Bh			
004Ch			
004Dh	Key input interrupt control register	KUPIC	XXXXX000 ₂
004Eh	AD conversion interrupt control register	ADIC	XXXXX000 ₂
004Fh			
0050h	Compare 1 interrupt control register	CMP1IC	XXXXX000 ₂
0051h	UART0 transmit interrupt control register	S0TIC	XXXXX000 ₂
0052h	UART0 receive interrupt control register	S0RIC	XXXXX000 ₂
0053h	UART1 transmit interrupt control register	S1TIC	XXXXX000 ₂
0054h	UART1 receive interrupt control register	S1RIC	XXXXX000 ₂
0055h	INT2 interrupt control register	INT2IC	XXXXX000 ₂
0056h	Timer X interrupt control register	TXIC	XXXXX000 ₂
0057h	Timer Y interrupt control register	TYIC	XXXXX000 ₂
0058h	Timer Z interrupt control register	TZIC	XXXXX000 ₂
0059h	INT1 interrupt control register	INT1IC	XXXXX000 ₂
005Ah	INT3 interrupt control register	INT3IC	XXXXX000 ₂
005Bh	Timer C interrupt control register	TCIC	XXXXX000 ₂
005Ch	Comparat 0 interrupt control register	CMP0IC	XXXXX000 ₂
005Dh	INT0 interrupt control register	INT0IC	XXXXX000 ₂
005Eh			
005Fh			
0060h			
0061h			
0062h			
0063h			
0064h			
0065h			
0066h			
0067h			
0068h			
0069h			
006Ah			
006Bh			
006Ch			
006Dh			
006Eh			
006Fh			
0070h			
0071h			
0072h			
0073h			
0074h			
0075h			
0076h			
0077h			
0078h			
0079h			
007Ah			
007Bh			
007Ch			
007Dh			
007Eh			
007Fh			

X - Undefined

NOTES

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

Table 4.3 SFR Information(3)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
0080 _h	Timer Y, Z mode register	TYZMR	00 ₁₆
0081 _h	Prescaler Y	PREY	FF ₁₆
0082 _h	Timer Y secondary	TYSC	FF ₁₆
0083 _h	Timer Y primary	TYPR	FF ₁₆
0084 _h	Timer Y, Z waveform output control register	PUM	00 ₈
0085 _h	Prescaler Z	PREZ	FF ₁₆
0086 _h	Timer Z secondary	TZSC	FF ₁₆
0087 _h	Timer Z primary	TZPR	FF ₁₆
0088 _h			
0089 _h			
008A _h	Timer Y, Z output control register	TYZOC	00 ₁₆
008B _h	Timer X mode register	TXMR	00 ₁₆
008C _h	Prescaler X	PREX	FF ₁₆
008D _h	Timer X register	TX	FF ₁₆
008E _h	Count source set register	TCSS	00 ₁₆
008F _h			
0090 _h	Timer C register	TC	00 ₁₆
0091 _h			00 ₁₆
0092 _h			
0093 _h			
0094 _h			
0095 _h			
0096 _h	External input enable register	INTEN	00 ₁₆
0097 _h			
0098 _h	Key input enable register	KIEN	00 ₁₆
0099 _h			
009A _h	Timer C control register 0	TCC0	00 ₁₆
009B _h	Timer C control register 1	TCC1	00 ₁₆
009C _h	Capture, compare 0 register	TMO	00 ₁₆
009D _h			00 ₁₆ ²
009E _h	Compare 1 register	TM1	FF ₁₆
009F _h			FF ₁₆
00A0 _h	UART0 transmit/receive mode register	U0MR	00 ₁₆
00A1 _h	UART0 bit rate register	U0BRG	XX ₁₆
00A2 _h	UART0 transmit buffer register	U0TB	XX ₁₆
00A3 _h			XX ₁₆
00A4 _h	UART0 transmit/receive control register 0	U0C0	00001000 ₂
00A5 _h	UART0 transmit/receive control register 1	U0C1	00000102
00A6 _h	UART0 receive buffer register	U0RB	XX ₁₆
00A7 _h			XX ₁₆
00A8 _h	UART1 transmit/receive mode register	U1MR	00 ₁₆
00A9 _h	UART1 bit rate register	U1BRG	XX ₁₆
00AA _h	UART1 transmit buffer register	U1TB	XX ₁₆
00AB _h			XX ₁₆
00AC _h	UART1 transmit/receive control register 0	U1C0	00001000 ₂
00AD _h	UART1 transmit/receive control register 1	U1C1	00000102
00AE _h	UART1 receive buffer register	U1RB	XX ₁₆
00AF _h			XX ₁₆
00B0 _h	UART transmit/receive control register 2	UCON	00 ₁₆
00B1 _h			
00B2 _h			
00B3 _h			
00B4 _h			
00B5 _h			
00B6 _h			
00B7 _h			
00B8 _h			
00B9 _h			
00BA _h			
00BB _h			
00BC _h			
00BD _h			
00BE _h			
00BF _h			

X: Undefined

NOTES:

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

2. When the output compare mode is selected (the TOC13 bit in the TOC1 register = 1), the value is set to FFFF₁₆.

Table 4.4 SFR Information(4)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
00C0h 00C1h	AI ₀ register	AD	XX18
			XX18
00C2h 00C3h			
00C4h 00C5h			
00C6h 00C7h			
00C8h 00C9h			
00CAh 00CBh			
00CCh 00CDh			
00CEh 00CFh			
00D0h 00D1h			
00D2h 00D3h			
00D4h 00D5h	AD control register 2	ADCON2	0018
00D6h 00D7h	AD control register 0 AD control register 1	ADCON0 ADCON1	00XXXX.X2 0018
00D8h 00D9h			
00DAh 00DBh			
00DCh 00Ddh			
00DEh 00DFh			
00E0h	Port P0 register	P0	XX18
00E1h	Port P1 register	P1	XX18
00E2h	Port P0 direction register	PD0	0018
00E3h	Port P1 direction register	PD1	0018
00E4h			
00E5h	Port P3 register	P3	XX18
00E6h			
00E7h	Port P3 direction register	PD3	0018
00E8h	Port P4 register	P4	XX18
00E9h			
00EAh	Port P4 direction register	PD4	0018
00EBh			
00ECh 00EDh			
00EEh			
00EFh			
00F0h			
00F1h 00F2h			
00F3h 00F4h			
00F5h 00F6h			
00F7h 00F8h			
00F9h 00FAh			
00FBh			
00FCh	Pull-up control register 0	PUR0	00XXC002
00FDh	Pull-up control register 1	PUR1	XXXXXX.X2
00FEh	Port P1 drive capacity control register	DRR	0018
00FFh	Timer C output control register	TCOUT	0018
01B2h	Flash memory control register 4	FMR4	01000002
01B4h			
01B6h	Flash memory control register 1	FMR1	100000X2
01B8h			
01BCh	Flash memory control register 0	FMRO	00000012
01FFh	Option function select register (2)	OFS	Note 2

X: Undefined
NOTES

- The blank areas, 0100h to 01F0h and 01D6h to 02FFh are reserved and cannot be used by users.
- The watchdog timer control bit is assigned. Refer to "Figure 11.2 CFS, WJC, WOTR and WDT5 registers" of Hardware Manual for details.

5. Electrical Characteristics

Table 5.1 Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Condition	Rated value	Unit
Vcc	Supply voltage	Vcc=AVcc	-0.3 to 6.5	V
AVcc	Analog supply voltage	Vcc=AVcc	-0.3 to 6.5	V
Vi	Input voltage		-0.3 to Vcc+0.3	V
Vo	Output voltage		-0.3 to Vcc+0.3	V
Pa	Power dissipation	Topr=25 °C	300	mW
Topr	Operating ambient temperature		-20 to 85 / -40 to 85 (D version)	°C
Tstg	Storage temperature		-65 to 150	°C

Table 5.2 Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Conditions	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vcc	Supply voltage		2.7	—	5.5	V
AVcc	Analog supply voltage		—	Vcc ³	—	V
Vss	Supply voltage		—	0	—	V
AVss	Analog supply voltage		—	0	—	V
ViH	"H" input voltage		0.8Vcc	—	Vcc	V
ViL	"L" input voltage		0	—	0.2Vcc	V
I _{OH} (sum)	"H" peak all output currents (peak)	Sum of all pins' IOH	—	—	-80.0	mA
I _{OH} (peak)	"H" peak output current		—	—	-10.0	mA
I _{OH} (avg)	"H" average output current		—	—	-5.0	mA
I _{OL} (sum)	"L" peak all output currents (peak)	Sum of all pins' IOL	—	—	90	mA
I _{OL} (peak)	"L" peak output current	Except P10 to P17	—	—	10	mA
		P10 to P17	—	—	30	mA
I _{OL} (avg)	"L" average output current	Drive ability HIGH	—	—	10	mA
		Drive ability LOW	—	—	0	mA
I _{OL} (avg)	"L" average output current	Except P10 to P17	—	—	15	mA
		P10 to P17	—	—	5	mA
f (Max)	Main clock input oscillation frequency	3.0V ≤ Vcc ≤ 5.5V	0	—	20	MHz
		2.7V ≤ Vcc < 3.0V	0	—	10	MHz

Note

1. Referenced to Vcc = AVcc = 2.7 to 5.5V at Topr = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C unless otherwise specified
2. The mean output current is the mean value within 100ms.
3. Set Vcc=AVcc

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 Ω
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_{IN}	Analog input voltage			0	—	V_{ref}	V
-	A/D operation clock frequency ²	Without sample & hold		0.25	—	10	MHz
		With sample & hold		1.0	—	10	MHz

Note

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

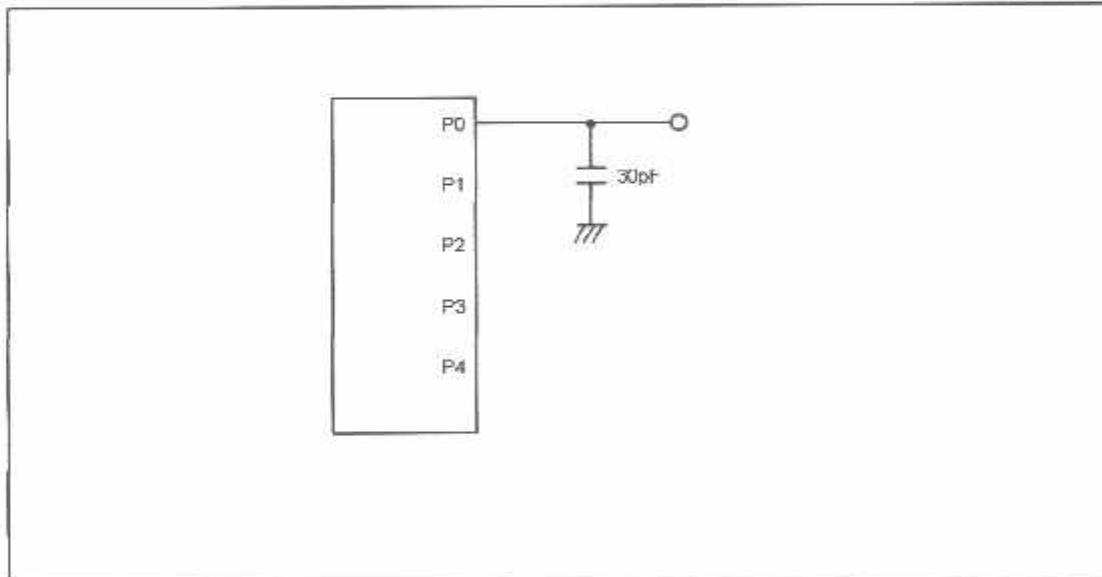


Figure 5.1 Port P0 to P4 measurement circuit

Table 5.4 Flash Memory (Program area) Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
—	Program/Erase cycle ²		1000 ³	—	—	cycle
—	Byte program time	V _{CC} = 5.0 V at T _{opr} = 25 °C	—	50	—	μs
—	Block erase time	V _{CC} = 5.0 V at T _{opr} = 25 °C	—	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-retention duration	T _{opr} = 55 °C	20	—	—	year

Table 5.5 Flash Memory (Data area Block A, Block B) Electrical Characteristics⁴

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
—	Program/Erase endurance ²		10000 ³	—	—	times
—	Byte program time(program/erase endurance ≤1000 times)	V _{CC} = 5.0 V at T _{opr} = 25 °C	—	50	400	μs
—	Byte program time(program/erase endurance >1000 times)	V _{CC} = 5.0 V at T _{opr} = 25 °C	—	65	—	μs
—	Block erase time(program/erase endurance ≤1000 times)	V _{CC} = 5.0 V at T _{opr} = 25 °C	—	0.2	9	s
—	Block erase time(program/erase endurance >1000 times)	V _{CC} = 5.0 V at T _{opr} = 25 °C	—	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-retention duration	T _{opr} = 55 °C	20	—	—	year

Note

- 1: Referenced to V_{CC} = AV_{CC} = 2.7 to 5.5V at T_{opr} = 0°C to 60°C unless otherwise specified.
- 2: Definition of Program/Erase
The cycle of Program/Erase shows a cycle 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: Maximum numbers of Program/Erase cycles for which all electrical characteristics is guaranteed.
- 4: Table 16.5 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.

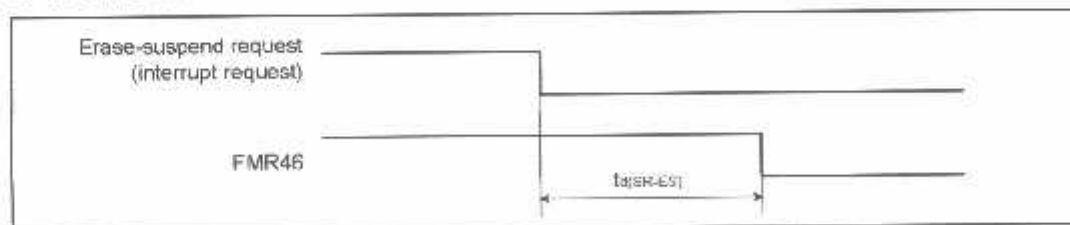


Figure 5.2 Time delay from Suspend Request until Erase Suspend

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	VCC27=1, VCC=5.0V	—	40.0	—	nA
t _{djE-AI}	Waiting time until voltage detection circuit operation starts ³		—	—	20	μs
V _{ocmin}	Microcomputer operation voltage minimum value		2.7	—	—	V

NOTES:

- The measuring condition is V_{CC1}/V_{CC2}: 2.7V to 5.5V and T_{opr}: -40°C to 85°C.
- This shows the time until the voltage detection interrupt request is generated since the voltage passes V_{det}.
- 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.	
V _{por2}	Power-on reset valid voltage	-20°C ≤ T _{opr} ≤ 85°C	—	—	Min.	V
t _w (V _{por2} -V _{det})	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled ²	-20°C ≤ T _{opr} ≤ 85°C, t _w (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.
- This condition is not applicable when using V_{CC} ≥ 1.0V.
- When turning power on after the external power has been held below the valid voltage for greater than 10 seconds, refer to Table 6.6 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Not Using Hardware Reset 2).
- t_w(por2) is time to hold the external power below effective voltage (V_{por2}).

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

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
V _{por1}	Power-on reset valid voltage	-20°C ≤ T _{opr} ≤ 85°C	—	—	0.1	V
t _w (V _{por1} -V _{det})	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	0°C ≤ T _{opr} ≤ 85°C, t _w (por1) ≥ 10μs ²	—	—	100	ms
t _w (V _{por1} -V _{det})	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	-20°C ≤ T _{opr} ≤ 0°C, t _w (por1) ≥ 20μs	—	—	100	ms
t _w (V _{por1} -V _{det})	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	-20°C ≤ T _{opr} ≤ 0°C, t _w (por1) ≥ 10μs ²	—	—	1	ms
t _w (V _{por1} -V _{det})	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	0°C ≤ T _{opr} ≤ 85°C, t _w (por1) ≥ 1μs ²	—	—	0.5	ms

NOTES:

- When not using hardware reset 2, use with V_{CC} ≥ 2.7V.
- t_w(por1) is time to hold the external power below effective voltage (V_{por1}).

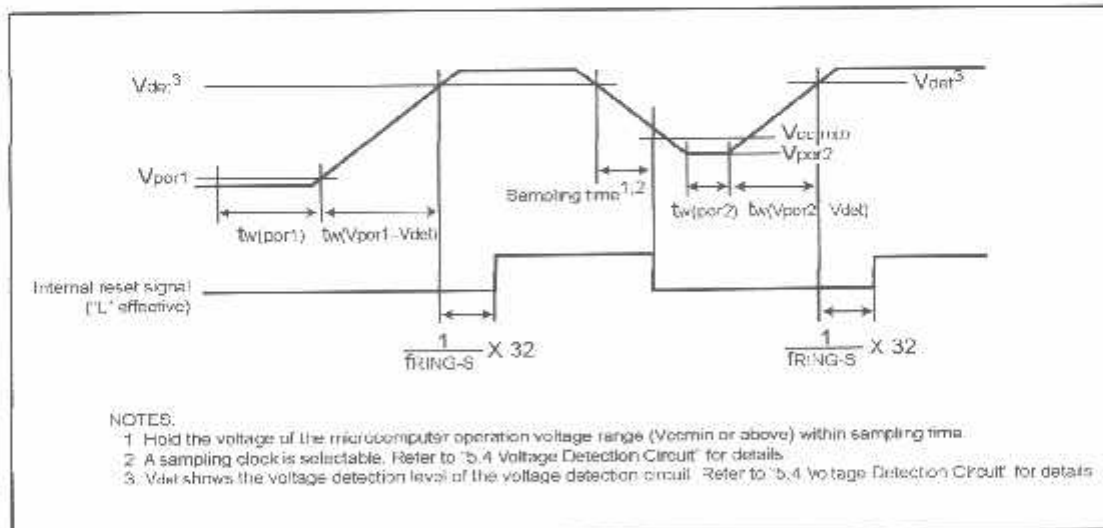


Figure 5.3 Reset Circuit Electrical Characteristics

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 (f _{osc}) when the reset is released	V _{CC} =5.0V, T _{opr} =25 °C Set "40" in the HR1 register	—	8	—	MHz
t _{osc} (HR0/osc)	Switable high-speed on-chip oscillator minimum period	V _{CC} =5.0V, T _{opr} =25 °C Set "03" in the HR1 register	—	61	—	ns
t _{osc} (HR)	High-speed on-chip oscillator period adjusted unit	Differences when setting "016" and "006" in the HR register	—	1	—	ns
—	High-speed on-chip oscillator temperature dependence (1)	Frequency fluctuation in temperature range of -10 °C to 50 °C	—	±5	—	%
—	High-speed on-chip oscillator temperature dependence (2)	Frequency fluctuation in temperature range of -40 °C to 85 °C	—	±10	—	%

NOTES:

1. The measuring condition is V_{CC}=AV_{CC}=5.0 V and T_{opr}=25 °C.

Table 5.10 Power Circuit Timing Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
t _{INTPWR}	Time for internal power supply stabilization during powering on ²	—	1	—	2000	μs
t _{INTRS}	STOP release time ³	—	—	—	150	μs

Note:

1: The measuring condition is V_{CC}=AV_{CC}=2.7 to 5.5 V and T_{opr}=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) [V_{CC}=5V]

Symbol	Parameter		Measuring condition	Standard			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
V _{OH}	"H" output voltage	Except Xs bit	I _{OH} =-5mA I _{OL} =200μA	V _{CC} -2.0	—	V _{CC}	V
		Xs bit	Drive capacity HIGH I _{OH} =-1 mA Drive capacity LOW I _{OH} =-500μA	V _{CC} -2.0	—	V _{CC}	V
V _{OL}	"L" output voltage	H10 to P17 Except Xs bit	I _{OL} =5 mA I _{OL} =200 μA	—	—	2.0	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
		Xs bit	Drive capacity HIGH I _{OL} =1 mA Drive capacity LOW I _{OL} =500 μA	—	—	2.0	V
V _{IH} /V _I	Hysteresis	INT0, INT1, INT2, INT3, K0, K1, K2, K3, CNTR0, CNTR1, TCN, RnCG, RnDn, PnG	—	—	2.0	V	
		RRSET	—	—	2.0	V	
I _H	"H" input current	—	V _I =5V	—	—	5.0	μA
I _L	"L" input current	—	V _I =0V	—	—	-5.0	μA
R _{pull-up}	Pull up resistance	—	V=5V	30	50	157	Ω
R _{FB}	Feedback resistance	Xs bit	—	—	1.0	—	MΩ
f _{osc} (L)	Low-speed on-chip oscillator frequency	—	—	40	125	250	k-Hz
V _{RAM}	RAM retention voltage	—	At stop mode	2.0	—	—	V

Note:

1: Referenced to V_{CC}=AV_{CC}=4.2 to 5.5 V at T_{opr} = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f_{osc}(L)=20MHz unless otherwise specified.

Table 5.12 Electrical Characteristics (2) [V_{CC}=5V]

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
I _{CC}	Power supply current (V _{CC} = 5.0 to 5.5V) In single-chip mode, the output pins are open and other pins are V _{CC} .	High-speed mode Xin=20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator on Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No divider	—	8	15	mA
			—	0	14	
		Medium speed mode Xin=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No divider	—	5	—	mA
			—	4	—	
		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 divider	—	3	—	mA
			—	2	—	
		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	—	4	0	mA
			—	1.5	—	
		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 Peripheral clock operation V _{CC1} =V _{CC}	—	470	500	μA
			—	40	80	
Sleep mode Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed Peripheral clock off V _{CC1} =V _{CC}	—	38	78	μA		
	—	0.8	3.0			

NOTES

- The power supply current measuring is executed using the measuring program on flash memory.
- Timer Y is operated with timer mode.

Timing requirements (Unless otherwise noted: $V_{CC} = 5V$, $V_{SS} = 0V$ at $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$) [$V_{CC}=5V$]

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 5.16 Serial Interface

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(CLK)$	CLKi input cycle time	200		ns
$t_{WH}(CLK)$	CLKi input HIGH pulse width	100		ns
$t_{WL}(CLK)$	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.	
$t_{WH}(INH)$	INT0 input HIGH pulse width	250 ¹		ns
$t_{WL}(INL)$	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.

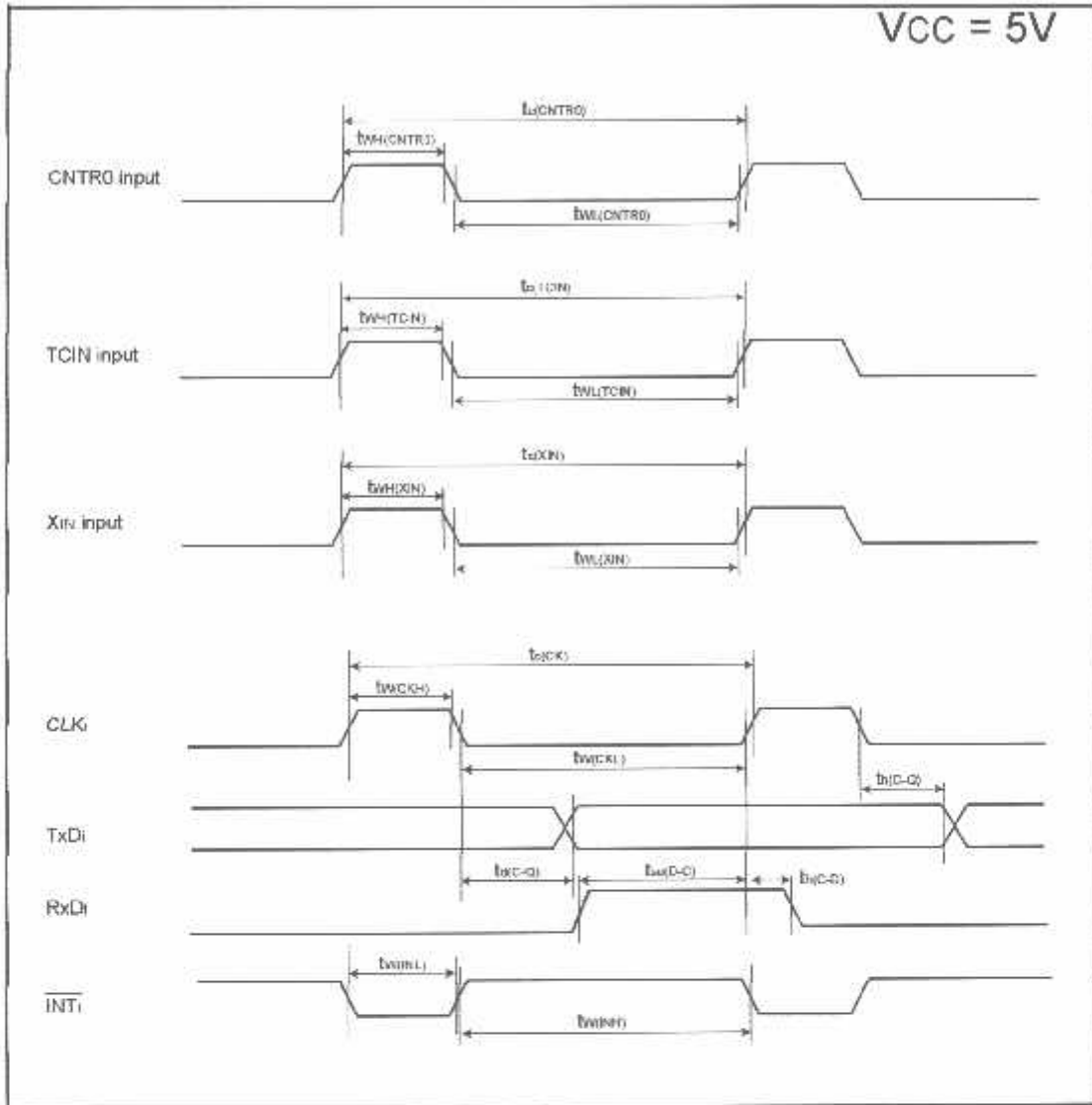


Figure 5.4 Vcc=5V timing diagram

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

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
V _{OH}	“H” output voltage	Except X0A1	I _{OH} =-1mA	V _{CC} -0.5	—	V _{CC}	V
		X0A1	Drive capacity HIGH I _{OH} = 0.1 mA	V _{CC} -0.5	—	V _{CC}	V
V _{OL}	“L” output voltage	P10 to P17 Except X0A1	Drive capacity LOW 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
		X0A1	Drive capacity HIGH I _{OL} = 0.1 mA	—	—	0.5	V
		Drive capacity LOW I _{OL} =50 μA	—	—	0.5	V	
V _H , V _L	Hysteresis	INT0, INT1, INT2, INT3, K0, K1, K2, K3, CNTR0, CNTR1, TCN, RxD0, RxD1, P45		0.2	—	0.8	V
		RESET		0.2	—	1.8	V
I _I	“H” input current	V=3V	—	—	4.0	μA	
I _L	“L” input current	V=0V	—	—	-4.0	μA	
R _{PULL-UP}	Pull-up resistance	V=0V	65	100	500	kΩ	
R _{FEED}	Feedback resistance	X0A1	—	3.0	—	MΩ	
f _{STOP}	Low-speed on-chip oscillator frequency		40	125	250	kHz	
V _{RAM}	RAM retention voltage	At stop mode	2.0	—	—	V	

Note

1: Referenced to V_{DD}=AV_{CC}=2.7 to 3.3V at T_{OPR} = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f_(X0A)=10MHz unless otherwise specified.

Table 5.19 Electrical Characteristics (4) [Vcc=3V]

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
I _{cc}	Power supply current (V _{cc} =2.7 to 3.0V) In single-chip mode, the output pins are open and other pins are V _{ss} .	High speed mode f _{clk} =20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator on Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Div ₅₀ by 8 f _{clk} =10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator on Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division	8	13	mA	
			—	7	12	mA
			—	5	—	mA
		Medium speed mode f _{clk} =20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator on Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8 f _{clk} =10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator on Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8 f _{clk} =10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator on Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	2	—	mA	
			—	2.5	—	mA
			—	1.8	—	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 Main clock off High-speed on-chip oscillator on=8 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 8	—	3.5	7.0	mA
			—	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	600	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 Peripheral clock operation VCC2="0"	—	37	74	μA
			—	35	70	μA
		Stop mode Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator off VCC1="0" Peripheral clock off VCC2="0"	—	0.7	0.0	μA

NOTES

- The power supply current measuring is executed using the measuring program on trash memory.
- Timer Y is operated with timer mode.

Timing requirements (Unless otherwise noted: $V_{CC} = 3V$, $V_{SS} = 0V$ at $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$) [$V_{CC}=3V$]

Table 5.20 XIN input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(XIN)$	XIN input cycle time	100		ns
$t_{WH}(XIN)$	XIN input HIGH pulse width	40		ns
$t_{WL}(XIN)$	XIN input LOW pulse width	40		ns

Table 5.21 CNTR0 input, CNTR1 input, $\overline{INT2}$ 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, $\overline{INT3}$ 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

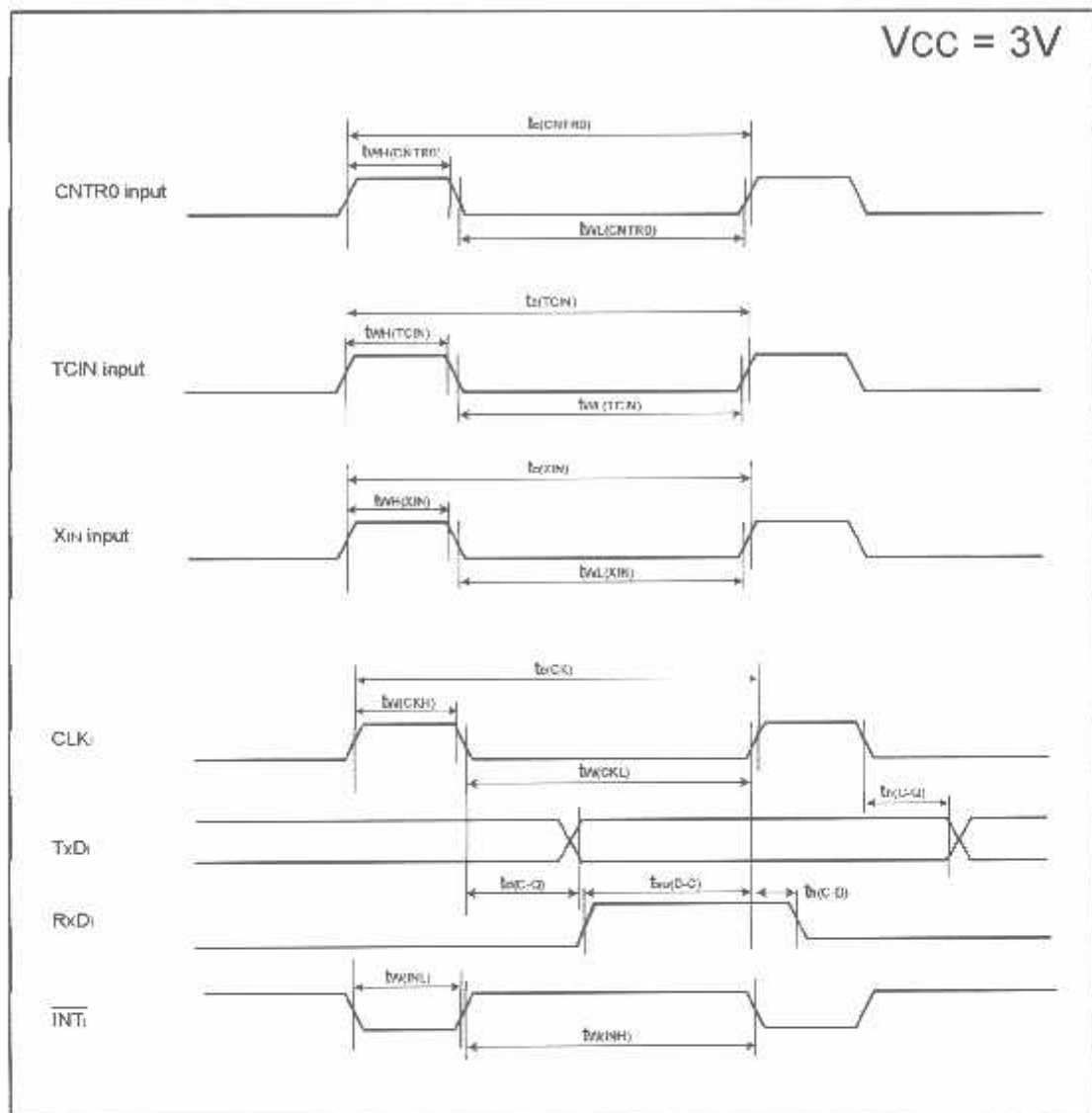
Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(CLK)$	CLKi input cycle time	300		ns
$t_{WH}(CLKH)$	CLKi input HIGH pulse width	150		ns
$t_{WL}(CLKL)$	CLKi input LOW pulse width	150		ns
$t_d(C-Q)$	TxDi output delay time		160	ns
$t_h(C-Q)$	TxDi hold time	0		ns
$t_{su}(D-C)$	RxDi input setup time	55		ns
$t_h(C-D)$	RxDi input hold time	90		ns

Table 5.24 External interrupt $\overline{INT0}$ input

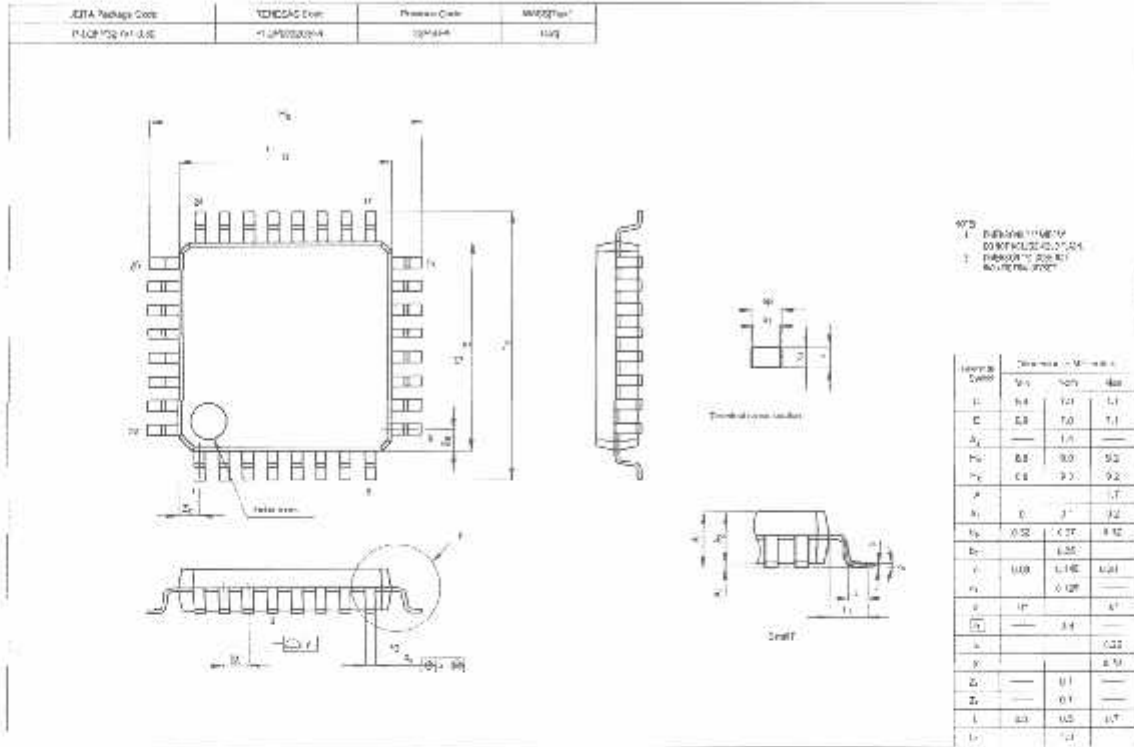
Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_{WH}(INH)$	$\overline{INT0}$ input HIGH pulse width	380 ¹		ns
$t_{WL}(INL)$	$\overline{INT0}$ input LOW pulse width	380 ²		ns

NOTES

- 1 : When selecting the digital filter by the $\overline{INT0}$ input filter select bit, use the $\overline{INT0}$ 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 $\overline{INT0}$ input filter select bit, use the $\overline{INT0}$ 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 $V_{CC}=3V$ timing diagram

Package Dimensions



REVISION HISTORY		R8C/13 Group Datasheet	
Rev.	Date	Description	
		Page	Summary
0.10	Oct 28, 2003		First edition issued
0.20	Dec05, 2003	5	Figure 1.3 revised
		10	Chapter 4, NOTES revised
		16	Table 5.4 revised Table 5.5 revised
		17	Table 5.6 revised Figure 5.3 added
		18	Table 5.8 revised Table 5.10 revised
		21	Figure 5.3 revised to Figure 5.4
		22	Table 5.17 revised
		25	Figure 5.4 revised to Figure 5.5
1.00	Sep 30, 2004	All pages	Words standardized (on-chip oscillator, serial interface, A/D)
		2	Table 1.1 revised
		5	Figure 1.3, NOTES 3 added
		6	Table 1.3 revised
		9	Figure 3.1, NOTES added
		10-13	One body sentence in chapter 4 added , Titles of Table 4.1 to 4.4 added
		12	Table 4.3 revised ; Table 4.4 revised
		14	Table 5.2 revised
		15	Table 5.3 revised
		16	Table 5.4 and Table 5.5 revised
		17	Table 5.6, 5.7 and 5.8 revised ; Figure 5.3 revised
		18	Table 5.9 and 5.11 revised
		19	Table 5.12 revised
		20	Table 5.13 revised
22	Table 5.18 revised		
23	Table 5.19 revised		
24	Table 5.20 and Table 5.24 revised		
1.10	Apr.27.2005	4	Table 1.2, Figure 1.2 package name revised
		5	Figure 1.3 package name revised
		10	Table 4.1 revised
		12	Table 4.3 revised
		15	Table 5.3 partly revised
		16	Table 5.4, Table 5.5 partly added

REVISION HISTORY		R8C/13 Group Datasheet	
Rev.	Date	Description	
		Page	Summary
1.10	Apr.27.2005	17	Table 5.7, 5.8 revised
		18	Table 5.10, Table 5.11 partly revised
		22	Table 5.18 partly revised
		26	Package Dimensions revised

Keep safety first in your circuit designs!

1. Renesas Technology Corp. puts the maximum effort into making semiconductor products better and more reliable, but there is always the possibility that trouble may occur with them. Trouble with semiconductors may lead to personal injury, fire or property damage. Remember to give due consideration to safety when making your circuit designs, with appropriate measures such as (i) placement of substitutive, auxiliary circuits, (ii) use of nonflammable material, or (iii) provision against any malfunction or mishap.

Notes regarding these materials

1. These materials are intended as a reference to assist our customers in the selection of the Renesas Technology Corp. product best suited to the customer's application; they do not convey any license under any intellectual property rights, or any other rights, belonging to Renesas Technology Corp. or a third party.
2. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, or infringement of any third-party's rights, originating in the use of any product data, diagrams, charts, programs, algorithms, or circuit application examples contained in these materials.
3. All information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs and algorithms represents information on products at the time of publication of these materials, and are subject to change by Renesas Technology Corp. without notice due to product improvements or other reasons. We therefore recommend that customer's contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor for the latest product information before purchasing a product used herein.
The information described here may contain technical inaccuracies or typographical errors.
Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability, or other loss resulting from these inaccuracies or errors.
Please also pay attention to information published by Renesas Technology Corp. by various means, including the Renesas Technology Corp. Semiconductor home page (<http://www.renesas.com>).
4. When using any or all of the information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs, and algorithms, please be sure to evaluate all information as a total system before making a final decision on the applicability of the information and products. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability or other loss resulting from the information contained herein.
5. Renesas Technology Corp. semiconductors are not designed or manufactured for use in a device or system that is used under circumstances in which human life is potentially at stake. Please contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor when considering the use of a product contained herein for any specific purposes, such as apparatus or systems for transportation, vehicular, medical, aerospace, nuclear, or aerospace repetitive use.
6. The prior written approval of Renesas Technology Corp. is necessary to reprint or reproduce in whole or in part these materials.
7. If these products or technologies are subject to the Japanese export control restrictions, they must be exported under a license from the Japanese government and cannot be imported into a country other than the approved destination.
Any diversion or reexport contrary to the export control laws and regulations of Japan and/or the country of destination is prohibited.
8. Please contact Renesas Technology Corp. for further details on these materials or the products contained therein.



RENESAS SALES OFFICES

<http://www.renesas.com>

Refer to "<http://www.renesas.com/en/network>" for the latest and detailed information.

Renesas Technology America, Inc.
450 Holger Way, San Jose, CA 95134, U.S.A.
Tel: +1 (408) 552-7500, Fax: +1 (408) 292-7501

Renesas Technology Europe Limited
Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, S. A53H, UK
Tel: +44 (1628) 5857111, Fax: +44 (1628) 635605

Renesas Technology Hong Kong Ltd.
7th Floor, North Tower, World Finance Centre, Harbour City, 1 Canton Road, Tsimshatsui, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852 2265 8600, Fax: +852 2700 8071

Renesas Technology Taiwan Co., Ltd.
1001 Floor, No.59, Fushing North Road, Taipei, Taiwan
Tel: +886 (2) 2715 2000, Fax: +886 (2) 2715 2169

Renesas Technology (Shanghai) Co., Ltd.
L1-0207, Ruijing Building, No.205 Maoming Road (S), Shanghai 200020, China
Tel: +86 (21) 6472-7001, Fax: +86 (21) 6416-2952

Renesas Technology Singapore Pte. Ltd.
1 Harbour Front Avenue, #06-10, Keppel Bay Tower, Singapore 098632
Tel: +65 6213-0200, Fax: +65 6278-8001