

# SKRIPSI

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENDETEKSI DETAK JANTUNG  
BAYI DALAM KANDUNGAN BERBASIS MIKROKONTROLLER RENESAS  
R8C/TINY SERIES**



**Disusun Oleh :**

**ERWIN HARI KRISTANTO**

**NIM : 03.17.046**

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

**APRIL 2008**

RECEIVED

RECEIVED  
RECEIVED  
RECEIVED  
RECEIVED  
RECEIVED

RECEIVED

RECEIVED  
RECEIVED  
RECEIVED

RECEIVED  
RECEIVED  
RECEIVED  
RECEIVED  
RECEIVED

RECEIVED

# LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENDETEKSI DETAK  
JANTUNG BAYI DALAM KANDUNGAN BERBASIS  
MIKROKONTROLLER RENESAS R8C/TINY SERIES

## SKRIPSI

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

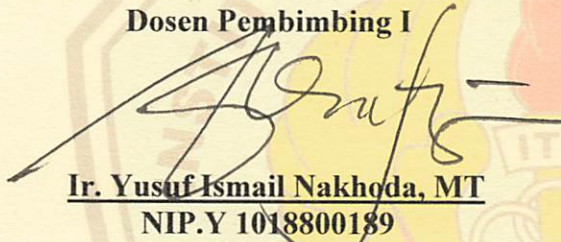
Disusun Oleh :

**Erwin Hari Kristanto**

NIM : 03.17.046

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP.Y 1018800189

Dosen Pembimbing II



Sotyo Phadi, ST, Msc  
NIP. Y 1039700309

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



F. Yudi Limpraptono, MT  
NIP.Y 1039500274



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



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

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : ERWIN HARI KRISTANTO  
NIM : 03.17.046  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Detak Jantung  
Bayi Dalam Kandungan Berbasis Mikrokontroler Renesas  
R8C/*Tiny Series*

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

Hari : Sabtu

Tanggal : 15 Maret 2008

Dengan Nilai : 81,2 (A) *guy*

**Ketua Majelis Penguji**



**(Ir. Mochtar Asroni, MS,ME)**  
NIP.Y.1018100036

**Sekretaris Majelis Penguji**

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

**Penguji I**

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

**Penguji II**

**(Ir. Eko Nurcahyo)**  
NIP.Y.1028700172

## ABSTRAKSI

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENDETEKSI DETAK JANTUNG BAYI DALAM KANDUNGAN BERBASIS MIKROKONTROLER RENESAS R8C/TINY SERIES

**Erwin Hari Kristanto, 0317046, Jurusan Teknik Elektronika S-1**  
**Dosen Pembimbing I : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
**Dosen Pembimbing II : Sotyohadi, ST, MSc**

Perkembangan pesat dibidang elektronika medika, membuat dokter dan perawat maupun masyarakat umum lainnya membutuhkan suatu alat elektronika medika semakin banyak. Salah satunya akan suatu alat yang dapat mendeteksi detak jantung bayi dalam kandungan. Pada jaman dahulu, para bidan menggunakan alat yang disebut fetoskop untuk mendengarkan detak jantung janin. Seiring dengan perkembangan jaman, dibutuhkan suatu alat yang lebih efisien dalam pemakaiannya.

Dari pemikiran tersebut timbul sebuah ide untuk membuat suatu alat pendeteksi detak jantung bayi dalam kandungan secara elektronik yang dapat memberikan kemudahan bagi para medis dengan menggunakan stetoskop sebagai sensor yang diteruskan ke mikrokontroller renesas R8C/13 sebagai bagian pengolah data dan ditampilkan pada sebuah LCD.

Alat tersebut dapat mendeteksi detak jantung bayi dalam kandungan dengan menggunakan stetoskop dan jumlah detak jantung per menitnya dapat diketahui setelah  $\pm 25$  detik. Dari hasil pengujian alat tersebut terhadap alat medis (*Doppler*) didapatkan nilai total error sebesar 1,05 %.

**Kata kunci:** detak jantung, kandungan, janin, mikrokontroller, LCD, stetoskop, fetoskop.

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Detak Jantung Bayi Dalam Kandungan Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C/*Tiny Series*” 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 terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. DR. Ir. Abraham Lomi, MSME selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Sotyohadi, ST, MSc selaku Dosen Pembimbing II.
6. Dr. Kityawati dan Dr. Wijayanto SpOG sebagai dokter yang telah membantu dalam skripsi saya.
7. Orang tua serta saudara-saudara kami yang telah memberikan doa restu, dorongan, semangat dan biaya.

8. Teman-teman Laboratorium di Laboratorium Dasar Elektronika dan Komponen serta teman-teman seperjuangan yang telah membantu.

9. 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 ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pembaca.

Malang, Maret 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xi
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II    DASAR TEORI</b>	
2.1. Perkembangan Janin.....	5
2.2. Metode Perhitungan Detak Jantung Janin.....	6
2.3. Denyut dan Frekuensi Jantung .....	7
2.4. Stetoskop .....	8
2.5. Mikrofon Kondensor .....	9
2.6. <i>Operational Amplifier</i> .....	9
2.6.1. <i>Non Inverting Amplifier</i> .....	9
2.6.2. <i>Inverting Amplifier</i> .....	10
2.6.3. Rangkaian Penyangga ( <i>buffer</i> ).....	11



2.7. Filter.....	12
2.7.1. <i>Band-pass Filter</i> .....	13
2.8. <i>Schmitt Trigger</i> (Komparator Regeatif).....	15
2.9. LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ).....	15
2.10. Mikrokontroler Renesas R8C13/ <i>Tiny Series</i> .....	18
2.10.1. Penjelasan Fungsi Pin R8C/13 .....	20
2.10.2. Organisasi Memori Mikrokontroler R8C/13.....	24
2.11. <i>Shif Register</i> .....	26

### **BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

3.1. Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....	29
3.1.1. Rangkaian Mikrofon Kondensor .....	29
3.1.2. Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	30
3.1.3. Rangkaian Mikrokontroler Renesas R8C13.....	33
3.1.3.1. Rangkaian Reset .....	35
3.1.3.2. Rangkaian <i>Clock</i> .....	36
3.1.4. Rangkaian LCD .....	38
3.1.5. Rangkaian Penguat Suara.....	40
3.2. Perancangan Perangkat Lunak (software) .....	41
3.3. Mendesain Diagram Alir (Flowchart).....	41

### **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT**

4.1. Pengujian Rangkaian Penguat .....	43
4.1.1. Tujuan.....	43
4.1.2. Peralatan Yang Digunakan.....	43
4.1.3. Langkah Pengujian.....	44
4.1.4. Pengukuran.....	44
4.2. Pengujian Filter .....	47
4.2.1. Tujuan.....	47
4.2.2. Peralatan Yang Digunakan.....	48
4.2.3. Langkah Pengujian.....	48

4.2.4. Hasil Pengujian .....	48
4.3. Pengujian <i>Schmitt Trigger</i> .....	51
4.3.1. Tujuan.....	51
4.3.2. Peralatan Yang Digunakan.....	51
4.3.3. Langkah Pengujian .....	51
4.3.4. Hasil Pengujian .....	52
4.4. Pengujian Alat Keseluruhan.....	53
4.4.1. Tujuan.....	53
4.4.2. Langkah Pengujian .....	53
4.4.3. Cara Kerja ALat .....	53
4.4.4. Hasil Pengujian .....	54

## **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran .....	58

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Stetoskop .....	8
Gambar 2.2	Mikrofon Kondensor .....	9
Gambar 2.3	Rangkaian <i>Non Inverting Amplifier</i> .....	10
Gambar 2.4	Rangkaian <i>Inverting Amplifier</i> .....	11
Gambar 2.5	Rangkaian Penyangga ( <i>buffer</i> ) .....	12
Gambar 2.6	Kurva Umum Karakteristik <i>Band-pass Filter</i> .....	13
Gambar 2.7	Rangkaian <i>Band-pass Filter</i> .....	14
Gambar 2.8	Rangkaian <i>Schmitt Trigger</i> .....	15
Gambar 2.9	Diagram Blok LCD LMB1632 .....	16
Gambar 2.10	Diagram Blok R8C/13 .....	20
Gambar 2.11	Konfigurasi Pin R8C/13 .....	21
Gambar 2.12	<i>Memory Map</i> R8C/13 .....	25
Gambar 2.13	Blok Diagram IC 74LS164 .....	27
Gambar 3.1	Diagram Blok Keseluruhan Sistem .....	28
Gambar 3.2	Perancangan Rangkaian Mikrofon Kondensor .....	30
Gambar 3.3	Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	33
Gambar 3.4	Perancangan Rangkaian Mikrokontroler Renesas R8C/13 .....	34
Gambar 3.5	Perancangan Rangkaian Reset .....	36
Gambar 3.6	Perancangan Rangkaian <i>Clock</i> .....	37
Gambar 3.7	Perancangan Liquid Crystal Display (LCD) .....	38
Gambar 3.8	Perancangan Rangkaian Penguat Suara .....	41
Gambar 3.9	Diagram Alir (Flowchart) Keseluruhan Sistem .....	42
Gambar 4.1	Rangkaian Penguat .....	44
Gambar 4.2	Sumber Tegangan .....	47
Gambar 4.3	Hasil Tegangan <i>Output</i> .....	47
Gambar 4.4	Blok Diagram Pengujian Filter .....	48
Gambar 4.5	Hasil Gelombang <i>Output Filter</i> .....	49
Gambar 4.6	Blok Diagram Pengujian <i>Schmitt Trigger</i> .....	52
Gambar 4.7	Hasil Gelombang <i>Output Schmitt Trigger</i> .....	52
Gambar 4.8	Foto Alat Keseluruhan .....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perkembangan Janin .....	5
Tabel 2.2	Contoh Perhitungan Detak Jantung.....	7
Tabel 2.3	Fungsi Pin-Pin LCD M1632 .....	17
Tabel 3.1	Fungsi Penyemat LCD .....	40
Tabel 4.1	Data Hasil Perhitungan dan Pengukuran Rangkaian <i>Op-Amp</i> .	46
Tabel 4.2	Data Hasil Pengukuran Filter.....	50
Tabel 4.3	Data Hasil Pengujian Alat yang Dirancang Terhadap Alat Medis.....	56

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Grafik <i>Bandpass</i> Filter .....	51
------------	-------------------------------------	----

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Didasarkan pada cara pemeriksaan kondisi kesehatan jantung janin secara konvensional yang dilakukan dengan cara auskultasi yang artinya mendengarkan dan sering diterjemahkan dalam dunia medis dengan periksa dengar.

Metode ini menggunakan alat yang dapat dibuat dari kayu, *ebonite*, dan aluminium yang disebut *stetoskop*. Alat ini berbentuk seperti corong dimana cara pemakaiannya alat tersebut harus tegak lurus dari perut ibu ke arah telinga pemeriksa, kemudian alat tersebut harus benar-benar dipastikan menempel di perut ibu agar tidak ada udara dan suara lain yang masuk. Selama mendengarkan, alat tersebut tidak boleh dipegang oleh tangan agar tidak ada gangguan suara, ada baiknya pemeriksa memejamkan mata agar dapat lebih berkonsentrasi.

Saat pemeriksa mendengarkan detakan melalui alat tersebut, maka perlu diperiksa juga detak nadi dari ibu, apabila detaknya sama, maka itu bukan detak jantung janin melainkan detak aorta ibu.

Cara konvensional tersebut sering dipakai oleh para bidan dan dokter kandungan, namun diperlukan suatu ketelitian yang baik dalam menganalisanya. Karena prosedur pemeriksaan yang cukup rumit, maka menjadi dasar bagi saya untuk membuat alat pemeriksa kondisi kesehatan jantung janin dalam bentuk

elektronik sehingga bertujuan lebih memudahkan prosedur pemeriksaan kondisi kesehatan jantung dari janin tersebut serta memudahkan dalam pembacaan hasil pemeriksaan.

## **1.2 Tujuan**

Membuat alat yang dapat memeriksa keadaan detak jantung dari janin dan menampilkannya dalam sebuah LCD sehingga lebih mudah untuk membaca hasilnya.

## **1.3 Rumusan Masalah**

- Bagaimana merancang dan membuat alat pemeriksa jantung janin dengan metode dengar secara elektronik.
- Bagaimana menampilkan hasil dari pemeriksaan tersebut dalam sebuah tampilan LCD.
- Bagaimana memisahkan antara frekuensi jantung ibu dan frekuensi jantung janin.

## **1.4 Batasan Masalah**

Penulis akan memberikan batasan-batasan masalah agar tidak terjadi penyimpangan maksud dan tujuan utama penyusunan skripsi ini, antara lain :

1. Alat ini baik digunakan untuk usia kandungan 18-20 minggu.

2. Tidak membahas penyakit atau kelainan jantung.
3. Tidak membahas mekanisme letak atau posisi pasien pada saat pemeriksaan.

## **1.5 Metodologi**

Metodologi penulisan yang dipakai dalam pembuatan skripsi ini adalah :

### **1. Studi Literatur**

Dengan mencari referensi-referensi yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan alat yang akan dibuat.

### **2. *Field Research***

Dengan melakukan penelitian secara langsung mengenai objek-objek yang berhubungan langsung dengan perencanaan alat yang akan dibuat.

### **3. Perancangan dan Pembuatan Alat**

Yaitu meliputi pembuatan PCB, perakitan komponen serta penyolderan dan pembuatan perangkat lunak.

### **4. Pengujian Alat**

Dengan melakukan pengujian untuk setiap blok rangkaian dan kerja seluruh sistem pada alat tersebut.

### **5. Penyusunan laporan skripsi**

Dengan melakukan penyusunan laporan sesuai dengan perancangan dari skripsi.



## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini terbagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang, tujuan, permasalahan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TEORI**

Membahas teori-teori dasar penunjang, perancangan dan pembuatan alat.

### **BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Membahas tentang perancangan alat baik perangkat keras maupun perangkat lunak serta carakerja blok diagram.

### **BAB IV PENGUJIAN ALAT**

Mencakup pembahasan tentang proses pengujian alat yang terdiri dari peralatan yang digunakan, langkah kerja dan analisa hasil pengujian.

### **BAB V PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan saran.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Perkembangan Janin

Apabila seorang ibu mengalami masa kehamilan, tentunya terdapat masa-masa dimana janin di dalam perut ibu tersebut mengalami berbagai perkembangan mulai kecil hingga besar yang siap untuk dilahirkan.

Adapun tahap – tahap perkembangan janin tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perkembangan Janin <sup>[15]</sup>

No	Waktu	Perkembangan
1	1 hari	ditentukannya jenis kelamin, warna mata dan rambut.
2	8 minggu	seluruh organ tubuh utama bayi telah terbentuk meskipun belum berkembang sempurna. Mata dan telinga mulai terbentuk. Jantung berdetak kuat. Dengan ultrasound kita dapat melihat jantung janin berdenyut.
3	12 minggu	kepala bayi menjadi lebih bulat dan wajah telah terbentuk sepenuhnya. Jari-jari tangan dan kaki terbentuk dan kuku mulai tumbuh. Bayi mulai menggerak-gerakkan tungkai dan lengannya, tetapi ibu belum dapat merasakan gerakan-gerakan ini.
4	16 minggu	dengan bantuan scan, kita dapat melihat kepala dan tubuh bayi, kita juga dapat melihatnya bergerak-gerak. Ia menggerak-gerakkan seluruh tungkai dan lengannya, menendang dan menyepak. Inilah tahap paling awal di mana ibu dapat merasakan gerakan bayi.

5	18 minggu	organ-organ tubuh penting telah terbentuk secara sempurna terutama organ jantung dari janin.
6	20 minggu	janin tumbuh dengan pesat, baik dalam bobot maupun panjangnya. Ketika ia dilahirkan nanti dan bobotnya sudah sekitar 340 gram. Bayi membuat gerakan-gerakan aktif yang dapat dirasakan ibu. Mungkin ibu memperhatikan ada saat-saat di mana bayi tampaknya tidur, dan saat-saat lain di mana ia melakukan banyak gerak.
7	24 minggu	ibu dapat merasakan bagian-bagian tubuh bayi yang berbeda yang menyentuh dinding perutnya. Otot rahim ibu meregang dan terkadang ibu merasakan sakit di bagian perutnya.
8	30 minggu	kepala bayi sekarang sudah proporsional dengan tubuhnya. Ibu mungkin mengalami tekanan di bagian diafragma dan perut.
9	36 minggu	bayi sudah hampir sepenuhnya berkembang. Kulit bayi sudah halus sekarang dan tubuhnya sempurna. Apabila ia bangun, matanya terbuka dan ia dapat membedakan antara terang dan gelap.
10	37–40 minggu	bayi siap untuk dilahirkan

## 2.2 Metode Perhitungan Detak Jantung Janin

Terdapat berbagai macam metode penghitungan detak jantung dari janin, namun yang biasa dipakai oleh seorang bidan ataupun seorang dokter adalah sebanyak enam tahap dimana tahapan yang diambil adalah tahapan ganjil sedangkan nilai dari tahapan genap tidak diambil. Masing-masing tahap memiliki waktu perhitungan detak jantung selama lima detik. Kemudian ketiga angka tersebut dijumlah dan dikalikan empat untuk mendapatkan jumlah per menitnya.

Contoh dari perhitungannya adalah :

Tabel 2.2 Contoh Perhitungan Detak Jantung<sup>[4]</sup>

<b>Tahapan</b>	<b>Jumlah detak / 5 detik</b>
I	12
II	-
III	11
IV	-
V	12
VI	-
<b>Jumlah</b>	<b>35</b>

Jumlah dari tahapan I,III, dan V adalah 35. Kemudian hasil 35 tersebut dikalikan dengan empat untuk memperoleh angka per menitnya  $(35 \times 4 = 140)$ <sup>[4]</sup>. Maka kesimpulannya 140 detak/menit.

### 2.3 Denyut dan Frekuensi Jantung

Organ tubuh yang disebut jantung adalah pusat suatu kehidupan makhluk hidup. Tanpa adanya detak / denyut jantung maka makhluk hidup tersebut dapat dikatakan mati / meninggal.

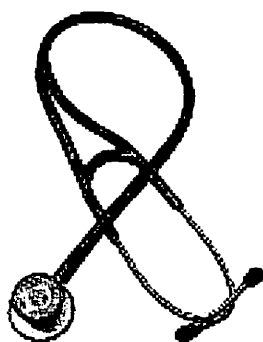
Jantung bekerja dengan *ritme* tertentu yang biasanya jumlahnya dapat dirasakan sebagai denyut jantung tiap menitnya yang dalam istilah kedokteran

disebut sebagai *heart rate*. Denyut jantung masing-masing makhluk hidup berbeda-beda. Dalam pembahasan ini denyut jantung normal bayi di dalam kandungan antara 120-160 denyut per menit<sup>[3]</sup>. Apabila denyut jantung bayi tersebut di atas atau di bawah *range* tersebut, maka dapat dikatakan kondisi jantung bayi tersebut kurang baik.

Organ jantung makhluk hidup yang bekerja juga memiliki nilai frekuensi. Untuk nilai frekuensi suara dari denyut jantung bayi di dalam kandungan antara 12 Hz – 20 Hz, sedangkan untuk frekuensi denyut jantung ibunya di atas 40 Hz<sup>[21]</sup>.

## 2.4 Stetoskop

Merupakan suatu alat yang dapat mendeteksi dan denyut jantung, yang mana hasil denyut jantung ini akan dirubah dalam bentuk tegangan oleh kodensor. Stetoskop lebih sering digunakan oleh para medis atau oleh para dokter dalam mendeteksi gejala – gejala yang terjadi didalam tubuh manusia atau pasien.



Gambar 2.1 Stetoskop<sup>[17]</sup>

## 2.5 Mikrofon Kondensor

Merupakan suatu mikrofon yang mengubah gelombang suara ke dalam besaran kapasitansi. Sehingga bila ada gelombang suara masuk ke dalam mikrofon kondensor tersebut maka lempengan logam di dalamnya menjadi bergetar menyebabkan kapasitansinya berubah, perubahan nilai kapasitansi itu menyebabkan perubahan besaran listrik pada suatu frekuensi yang sebanding gelombang suara itu.

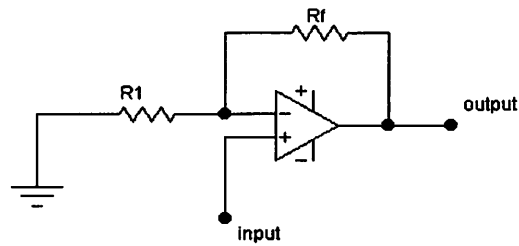


Gambar 2.2 Mikrofon Kondensor<sup>[10]</sup>

## 2.6 Operational Amplifier

### 2.6.1 Non Inverting Amplifier

*Non Inverting Amplifier* adalah penguat operasional tidak membalik sehingga tegangan output penguat ini polaritasnya tetap. Berikut ini merupakan gambar dari penguat *non inverting amplifier*:



Gambar 2.3 Rangkaian *Non Inverting Amplifier*<sup>[12]</sup>

Untuk penguatan pada *non inverting amplifier* adalah sebagai berikut :

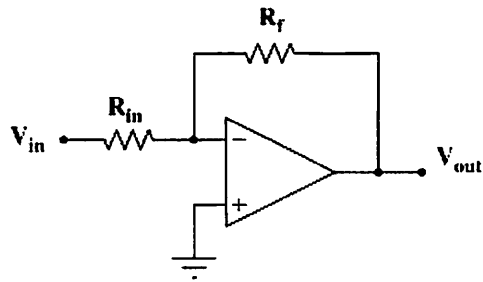
$$A_v = 1 + \left( \frac{R_f}{R_i} \right) \dots\dots\dots(2-1)$$

$$V_{out} = A_v \times V_{in}$$

$$= \left[ 1 + \left( \frac{R_f}{R_i} \right) \right] \times V_{in} \dots\dots\dots(2-2)$$

### 2.6.2 *Inverting Amplifier*

Rangkaian penguat *inverting* merupakan rangkaian *operational amplifier* yang paling luas digunakan, rangkaian ini merupakan penguat yang membalik artinya pada penguat ini polaritas tegangan output merupakan kebalikan dari inputnya. Berikut ini merupakan gambar dari rangkaian *inverting amplifier*:



Gambar 2.4 Rangkaian *Inverting Amplifier*<sup>[12]</sup>

Untuk penguatan pada *inverting amplifier* adalah sebagai berikut :

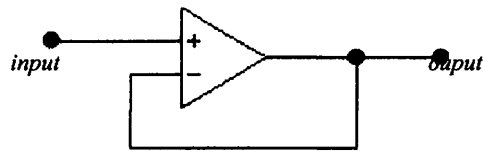
$$A_v = -\frac{R_f}{R_i} \dots\dots\dots (2-3)$$

$$\begin{aligned} V_{out} &= A_v \times V_{in} \\ &= -A_v \times \left(\frac{R_f}{R_i}\right) \dots\dots\dots (2-4) \end{aligned}$$

### 2.6.3 Rangkaian Penyangga (*Buffer*)

Rangkaian penyangga (*buffer*) atau yang sering dikenal sebagai rangkaian *voltage follower* adalah suatu rangkaian yang memiliki fungsi untuk menyangga supaya menghasilkan tegangan keluaran yang sama besar dengan tegangan masukan serta mempunyai resistansi masukan tak terhingga, seperti ditunjukkan dalam gambar di bawah ini :





Gambar 2.5 Rangkaian Penyangga (*buffer*) <sup>[12]</sup>

Berdasarkan dari rumus *Non Inverting Amplifier*, dengan nilai  $R_f = 0$  dan nilai  $R_i = \infty$  maka dapat dihasilkan nilai  $V_o$  dari *buffer* sebagai berikut:

$$V_o = \left[ 1 + \left( \frac{R_f}{R_i} \right) \right] \times V_{in}$$

$$V_o = V_{in} \dots\dots\dots (2.5)$$

## 2.7 Filter

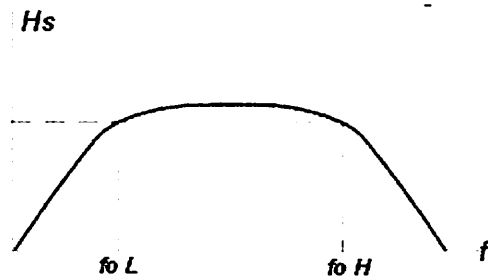
Filter adalah sebuah rangkaian yang dirancang untuk melewatkan suatu pita frekuensi tertentu sambil memperlemah frekuensi yang tidak diinginkan.

Terdapat dua sifat filter, yaitu filter aktif dan filter pasif. Filter aktif adalah sebuah rangkaian filter yang tersusun atas resistor dan kapasitor disertai dengan suatu rangkaian penguat, biasanya berupa penguat operasional. Sedangkan filter pasif hanya terdiri dari rangkaian resistor, induktor, dan kapasitor.

Ada empat jenis filter, yaitu *low-pass filter*, *high-pass filter*, *band-pass filter*, *bandreject filter*.

### 2.7.1 Band-pass Filter

Merupakan jenis filter yang meloloskan frekuensi dalam sebuah *range* tertentu, dengan bentuk respon seperti di bawah ini:



Gambar 2.6 Kurva Umum Karakteristik *Band-pass Filter*<sup>[11]</sup>

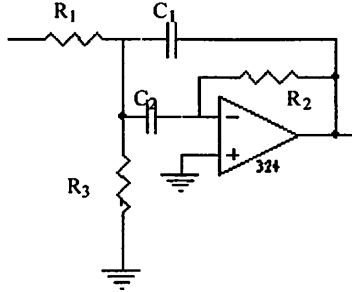
Pada *band-pass filter* dikenal istilah lebar pita (*bandwidth*) yang merupakan perbedaan anatar frekuensi tinggi dan frekuensi rendah sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$B = f_H - f_L \dots\dots\dots(2.6)$$

*Band-pass filter* digolongkan sebagai pita sempit atau pita lebar. Filter pita sempit adalah sebuah filter yang mempunyai lebar pita lebih kecil dari sepersepuluh frekuensi tengahnya, jika lebar pitanya lebih besar sepersepuluh dari frekuensi tengahnya maka disebut filter pita lebar. Perbandingan antara frekuensi tengah terhadap lebar pita dikenal sebagai faktor kualitas (Q) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = \frac{f_o}{B} \dots\dots\dots(2.7)$$

Berikut ini adalah rangkaian dari *band-pass filter* ragam umpan balik :



Gambar 2.7 Rangkaian *bandpass filter* <sup>[6]</sup>

Berdasarkan gambar rangkaian sesuai Gambar 2.7 maka dapat ditentukan rumus sebagai berikut :

$$f_o = \sqrt{\frac{1}{2\pi RC} \left[ \frac{1}{R_2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right) \right]} \dots\dots\dots(2-6)$$

$$R_1 = \frac{Q}{2\pi f_o GC} \dots\dots\dots(2-7)$$

$$R_3 = \frac{Q}{2\pi f_o C(2Q^2 - G)} \dots\dots\dots(2-8)$$

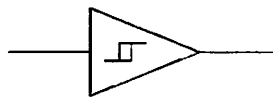
$$R_2 = \frac{2Q}{2\pi f_o C} \dots\dots\dots(2-9)$$

$$G = \frac{R_2}{2R_1} \dots\dots\dots(2-10)$$

## 2.8 *Schmitt Trigger* (Komparator regeneratif)

Komparator regeneratif merupakan suatu rangkaian yang menunjukkan terjadinya histeresis, yaitu suatu perbedaan besar tegangan pindah pada saat tegangan masuk naik dan tegangan masuk turun. Komparator regeneratif ini juga memiliki input tegangan dengan batas maksimum yaitu UTL (*upper trigger level*) sebesar 3,4V dan batas minimum yaitu LTL (*lower trigger level*) sebesar 0,4V.

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



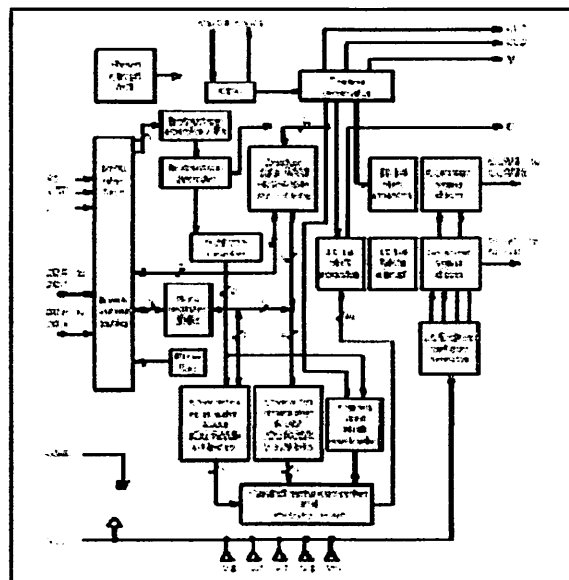
Gambar 2.8 Rangkaian *schmitt trigger* <sup>[16]</sup>

## 2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Modul peraga yang digunakan dalam aplikasi ini adalah LCD modul M1632. Modul LCD ini membutuhkan daya yang kecil dan dilengkapi dengan panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang terpasang dalam modul tersebut. Pengendali mempunyai pembangkit karakter ROM/RAM dan *display* data RAM. Semua fungsi display diatur oleh

instruksi-instruksi, sehingga modul LCD ini dapat dengan mudah dihubungkan dengan unit mikroprosesor. LCD tipe ini tersusun sebanyak dua baris dengan 16 karakter.

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul berupa bus data yang masih termultiplex dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendalian LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang dalam modul LCD. Diagram blok untuk LCD dapat dilihat dalam Gambar 2.5



Gambar 2.9 Diagram Blok LCD M1632<sup>[13]</sup>

LCD modul M1632 mempunyai spesifikasi perangkat keras sebagai berikut:

- 16 karakter dan 2 baris tampilan yang terdiri dari 5x7 dot matrik ditambah kursor
- Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter
- Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter

- 80 x 8 *display* data RAM (maksimum 8 karakter)
- Osilator internal
- Catu daya +5volt
- Secara otomatis akan reset saat catu daya dinyalakan

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

Tabel 2.3 Fungsi Pin-Pin LCD M1632<sup>[13]</sup>

No	Nama Penyemat	Fungsi
1	Vss	Terminal ground
2	Vcc	Tegangan catu +5 volt
3	Vee	Drive LCD
4	RS	Sinyal pemilih register 0: Instruksi register (tulis) 1: Data Register (tulis dan baca)
5	R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0: Tulis 1: Baca
6	E	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis dan baca
7 – 14	DB0-DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan
15	V+ BL	Pengendali kecerahan latar belakang LCD 4 - 4,42 V dan 50 – 500 mA
16	V-BL	Pengendali kecerahan latar belakang LCD 0 V

## 2.10 Mikrokontroler Renesas R8C/13 *Tiny Series*

R8C/13 merupakan salah satu mikrokontroler dari buatan RENESAS keluarga M16C yang mempunyai 16 *kbyte Flash ROM (Flash Read Only Memory)* dan 1 *kbytes SRAM* serta 2x2 *kbytes Data Flash*, RAM sampai 1 *kbyte*, 22 *bit port I/O* (4 buah *port I/O bit*) yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, mempunyai ADC (*Analog to Digital Converter*) mempunyai tiga buah *timer/counter* 8 bit (*Timer X, Y, Z*) dan satu buah *Timer/Counter* 16 bit (*Timer C*), mempunyai *Watchdog Timer*, mempunyai *power on reset*, mempunyai *serial I/F (A/Sync)*, mempunyai *On-Chip Debug*, serta *Oscillator Circuit*.

Pada dasarnya mikrokontroler adalah terdiri atas prosesor (*CPU*), memori (*ROM* dan *RAM*), perangkat *I/O* dan peripheral. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk *chip* tunggal. Mikrokontroler dikemas dalam satu *chip (single chip)*. Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 16 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari *internal* memori ke *ALU*.

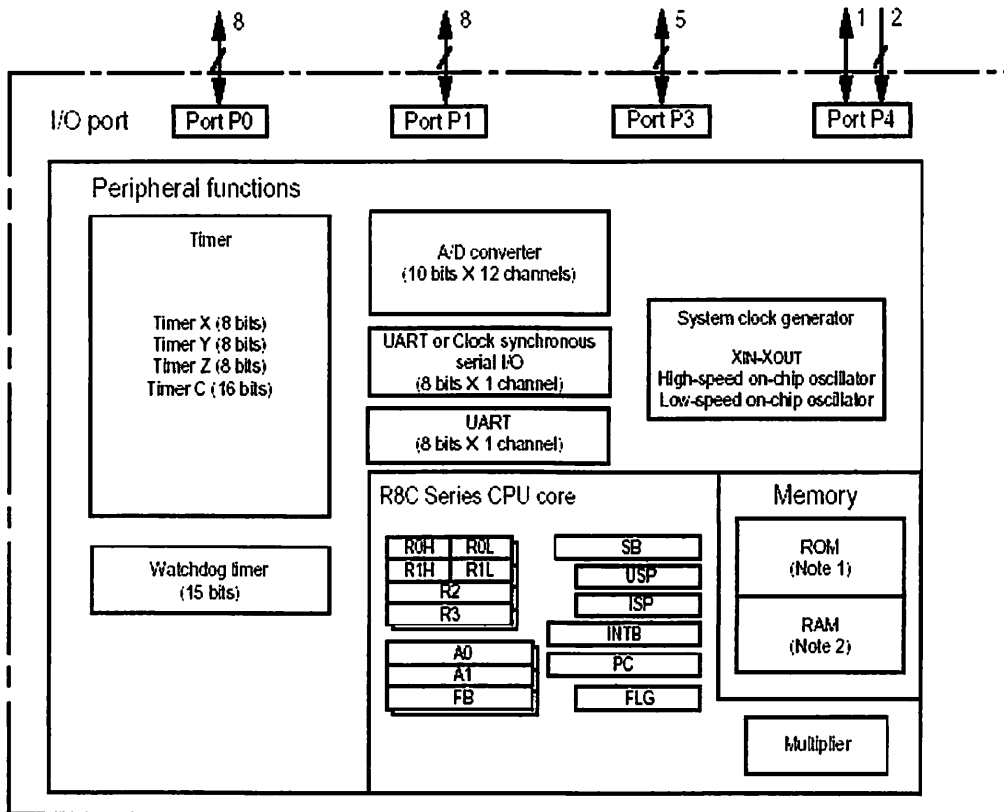
Sebagai suatu sistem kontrol mikrokontroler R8C/13 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena dalam mikrokontroler sudah terdapat *RAM* dan *ROM*, sedangkan di dalam mikroprosesor tidak terdapat keduanya. Secara umum, konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler R8C/13 adalah sebagai berikut :

- Sebuah *CPU 16 bit* dengan menggunakan teknologi dari Renesas.

- Memiliki memori (*ROM*) 16 *Kbyte* (2x2 *Kbyte* data *Flash*).
- Memiliki memori data baca-tulis (*RAM*) 1 *Kbyte*.
- Jalur 2 arah (*bidirectional*) yang digunakan sebagai saluran masukan atau keluaran.
- *Interface* komunikasi *serial* *UART* (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*), *UART* 0 (*Sync/Async*) dan *UART* 1 ( hanya *Async*).
- Empat buah *timer/cunter* ( 3 buah *timer X, Y, Z*, 8 *bit* dan *timer C* 16 *bit* ).
- Memiliki *ADC* (*Analog To Digital Converter*).
- Osilator *internal* dan rangkaian pewaktu.
- *Flash ROM* yang besarnya 16 *kbyte* untuk memori program.
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi *Boolean*.
- Mampu beroperasi sampai 20 *MHz*.



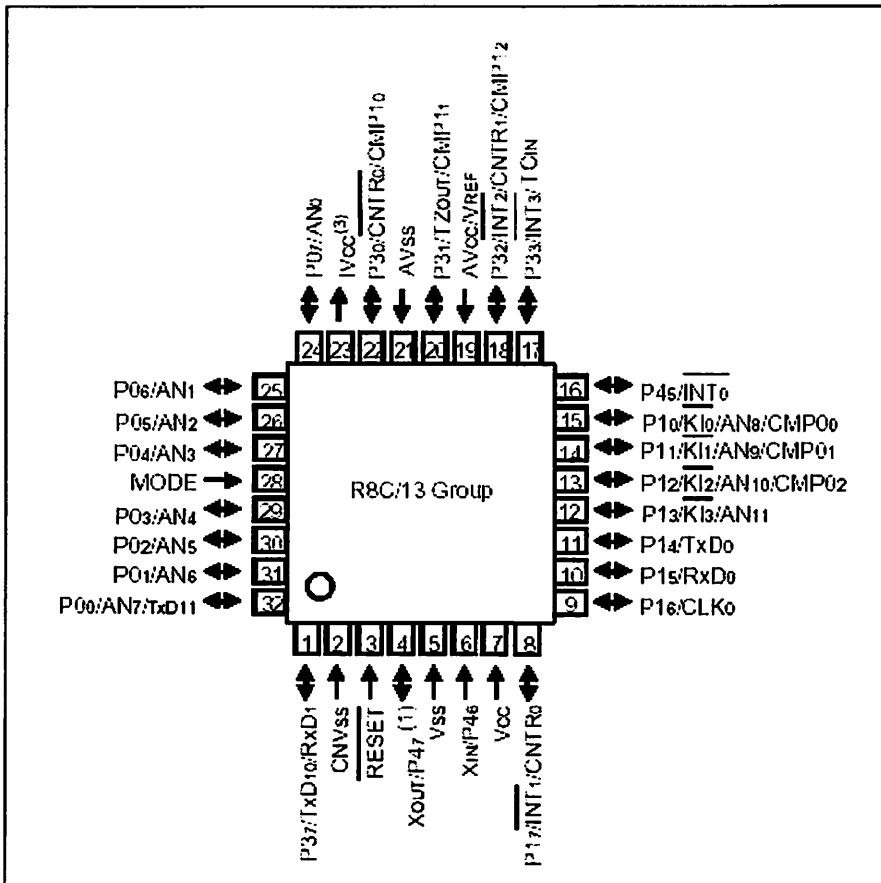
Sedangkan untuk blok diagram diperlihatkan dalam Gambar 2.6



Gambar 2.10 Diagram Blok R8C/13 <sup>[19]</sup>

### 2.10.1 Penjelasan Fungsi *Pin* R8C/13

Mikrokontroler R8C/13 mempunyai 32 *pin* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7. Fungsi – fungsi *pin* tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2.11 Konfigurasi Pin R8C/13 <sup>[19]</sup>

Fungsi kaki-kaki R8C/13 adalah:

1.  $V_{cc}$

Digunakan untuk sumber tegangan dengan *range* nilai antara 2,7 volt sampai 5,5 volt.

2.  $V_{SS}$

*Range* tegangan 0 volt.

3.  $IV_{CC}$

*Pin* ini digunakan untuk menstabilkan sumber tegangan *internal*. *Pin* ini dihubungkan ke  $V_{SS}$  melalui kapasitor 0,1  $\mu$ F.

4.  $AV_{CC}$  dan  $AV_{SS}$

*Pin* ini merupakan *input power supply* untuk *A/D Converter*. *Pin* ini dihubungkan ke *pin*  $V_{CC}$ , sedangkan  $AV_{SS}$  dihubungkan ke  $V_{SS}$ . Hubungkan *pin*  $AV_{SS}$  dan  $AV_{CC}$  dengan kapasitor.

5. Reset

Merupakan *input* reset pada MCU. Dimana logika *low* selama 100 ms pada input reset akan mengakibatkan program kemabli ke awal.

6.  $CNV_{SS}$

*Pin* ini dihubungkan ke  $V_{SS}$  melalui resistor.

7. Mode

*Pin* ini dihubungkan ke  $V_{CC}$  melalui resistor.

8.  $X_{IN}$ ,  $X_{OUT}$

*Pin* ini disediakan untuk pembangkitan rangkaian *I/O* pada *clock* utama.

Hubungkan resonator keramik atau osilator kristal antara  $X_{IN}$  dan  $X_{OUT}$ .

Untuk menggunakan *clock derived external*, masukkan ke pin  $X_{IN}$  dan pin  $X_{OUT}$  dibiarkan terbuka.

9.  $INT_0 - INT_3$

Merupakan *pin input interrupt*.

10.  $KI_0 - KI_3$

Merupakan *pin Key Input interrupt*.

11.  $CNTR_0$  ( *I/O* )

Merupakan *timer pin X I/O*

12.  $CNTR_0$  ( *O* )

Merupakan *timer pin X output*.

13.  $CNTR_1$

Merupakan *timer pin Y I/O*

14.  $TZ_{OUT}$

Merupakan *timer pin Z output*.

15.  $TC_{IN}$

Merupakan *timer pin C input*.

16. CMPO<sub>0</sub> – CMPO<sub>3</sub> dan CMPO<sub>10</sub> – CMPO<sub>13</sub>

Merupakan *timer pin C output*.

17. CLK<sub>0</sub>

Merupakan transfer *clock* untuk pin *I/O*.

18. RxD<sub>0</sub> dan RxD<sub>1</sub>

*Pin serial data input*.

19. TxD<sub>0</sub>, TxD<sub>10</sub> dan TxD<sub>11</sub>

*Pin serial data output*.

20. V<sub>REF</sub>

Referensi *pin input* tegangan untuk *A/D Converter*. Hubungkan V<sub>REF</sub> ke V<sub>CC</sub>.

21. AN<sub>0</sub> – AN<sub>11</sub>

*Pin input analog* untuk *A/D Converter*.

22. P0<sub>0</sub> – P0<sub>1</sub>, P1<sub>0</sub> – P1<sub>7</sub>, P3<sub>0</sub> – P3<sub>3</sub>, P3<sub>7</sub> dan P4<sub>5</sub>

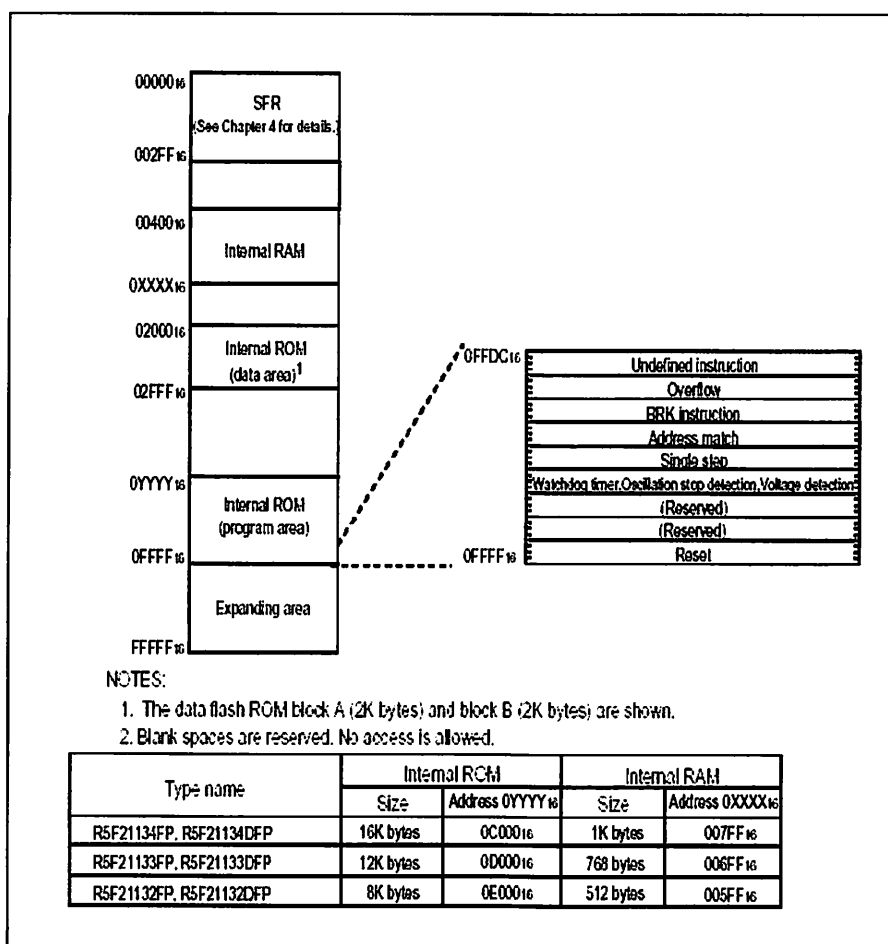
Merupakan port *8 bit CMOS I/O*. P1<sub>0</sub> – P1<sub>7</sub> juga berfungsi sebagai port *LED driver*.

### 2.10.2 Organisasi Memori Mikrokontroler R8C/13

Organisasi memori mikrokontroler R8C/13 dapat dibagi menjadi dua bagian yang berbeda, yaitu ROM (*Read Only Memory*) dan RAM. Lebar jalur

alamat yang dapat diakses adalah 1 *Mbytes* mulai alamat  $00000_{16}$  sampai  $FFFFFF_{16}$ .

Untuk ROM internal (*program area*) ditempatkan pada *lower address* dimulai dari  $0FFFF_{16}$ . Sedangkan untuk ROM internal (*data area*) ditempatkan mulai dari *address*  $02000_{16}$  sampai  $02FFF_{16}$ . Data internal RAM ditempatkan pada *upper address* mulai dari  $00400_{16}$  sampai  $007FF_{16}$ .



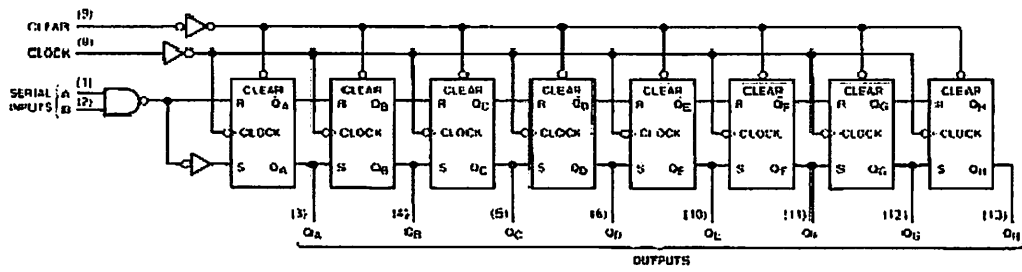
Gambar 2.12 Memory Map R8C/13 <sup>[19]</sup>

*Special function register* (SFR) ditempatkan pada *address* mulai dari  $00000_{16}$  sampai  $002FF_{16}$ . Fungsi *control register* peripheral juga dialokasikan pada *address* ini.

### 2.11 *Shif Register*

*Shif register* disini menggunakan IC 74LS164 yang merupakan register geser 8 bit yang memiliki jalan masuk deret tergerbang. IC74164 digunakan untuk menampilkan karakter yang dikehendaki oleh mikrokontroler. Ketika terdapat data pada jalur data, data tersebut akan ditahan dengan memberikan *clock* pin E pada LCD. Pin RS menentukan apakah data yang ditahan akan digunakan sebagai instruksi untuk mengatur *setting* tampilan pada LCD atau sebagai kode karakter yang diperlukan LCD untuk menampilkan suatu karakter. Sedangkan untuk pin R/W pada LCD dihubungkan ke *ground* karena dalam hal ini LCD hanya melakukan operasi write atau operasi menampilkan karakter. Kelengkapan IC 74LS164 adalah :

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



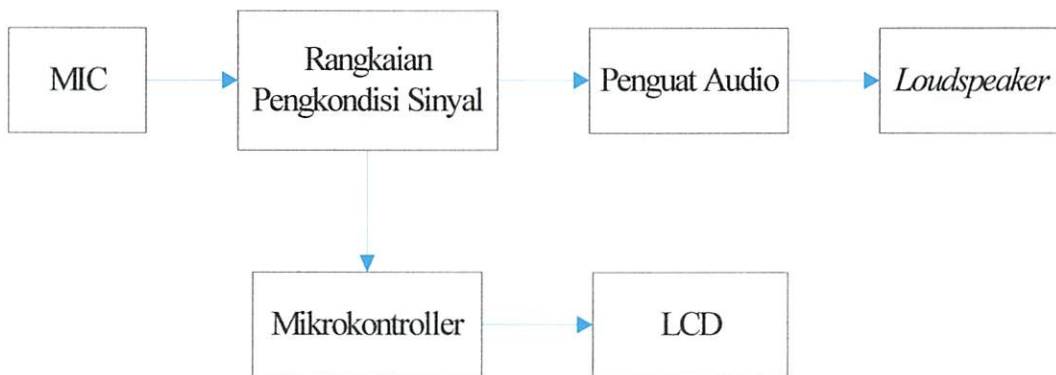
Gambar 2.13 Blok Diagram IC 74LS164



### BAB III

#### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan alat yang meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Pembahasan dalam bab ini akan dilakukan perblok, dari diagram keseluruhan seperti ditunjukkan pada gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Blok Keseluruhan Sistem

Fungsi dari masing-masing blok diagram sebagai berikut :

1. Blok *mic* berfungsi sebagai penerima sinyal masukan dari stetoskop.
2. Blok rangkaian pengkondisi sinyal berfungsi untuk mengolah sinyal masukan dengan cara memfilter frekuensinya dan hasilnya diolah menjadi gelombang persegi.

3. Blok penguat audio berfungsi untuk menguatkan sinyal masukan agar dapat diterima oleh *loudspeaker*.
4. Blok *loudspeaker* berfungsi untuk menghasilkan suara yang diinginkan.
5. Blok mikrokontroller berfungsi sebagai pengolah data.
6. Blok LCD berfungsi untuk menampilkan data / *ouput* data.

### 3.1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

#### 3.1.1. Rangkaian *Microphone* Kondensor

Rangkaian *microphone* kondensor berfungsi sebagai penerima sinyal masukan dari stetoskop. Di mana stetoskop yang berfungsi sebagai sensor detak jantung akan menangkap sinyal-sinyal jantung. Dalam hal ini *mic* kondensor akan menerima semua sinyal jantung, baik ibu maupun anak.

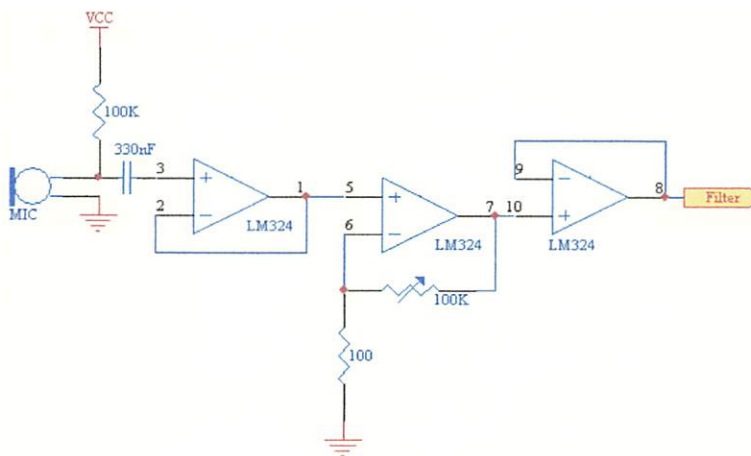
Dalam perencanaan rangkaian *microphone* kondensor ini, terdapat rangkaian penguat menggunakan LM 324. Dimana pada *Op-Amp* pertama dan ketiga berupa *buffer* dengan penguatan sebesar 1 volt (  $A_v = 1$  volt ), *Op-Amp* kedua berupa *non-inverting amplifier* dimana penguatan maksimalnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_v &= 1 + \left( \frac{R_f}{R_i} \right) \\
 &= 1 + \left( \frac{24,9 \text{ k}\Omega}{100 \Omega} \right) \\
 &= 1 + 249
 \end{aligned}$$

= 250 kali

Dibutuhkan penguatan sebesar 250 kali, hal itu dikarenakan inputan dari microphone kecil yaitu sebesar 20 mV.

Gambar rangkaiannya sebagai berikut :



Gambar 3.2 Perancangan Rangkaian *Microphone* Kondensor

### 3.1.2 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal berfungsi untuk mengolah sinyal masukan dari sebuah *mic* sehingga keluaran dari rangkaian tersebut berupa sinyal gelombang persegi.

Sinyal yang keluar dari sebuah *mic* masih bercampur antara sinyal jantung ibu dan sinyal jantung bayi sendiri, sehingga untuk memisahkannya digunakanlah

rangkaian filter, yaitu *band-pass* filter yang akan hanya meloloskan frekuensi 12 Hz – 20 Hz saja.

Setelah melalui rangkaian filter, diteruskan pada rangkaian *schmitt trigger* yang berfungsi untuk membuat sinyal keluaran dari filter itu menjadi sinyal gelombang persegi.

Untuk rangkaian *band-pass* filter, sesuai dasar teori dari Bab II maka dapat dicari untuk nilai-nilai komponennya, yaitu sebagai berikut :

Pertama kali ditentukan terlebih dahulu nilai Q yaitu :

$$Q = 3$$

Sedangkan frekuensi tengahnya dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_o &= f_L + \left( \frac{f_H - f_L}{2} \right) \\ &= 12 + \left( \frac{20 - 12}{2} \right) \\ &= 12 + 4 \\ &= 16 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Dengan membuat nilai  $C_1$  sama dengan nilai  $C_2$  maka kita dapat mempermudah perhitungan dengan rumus-rumus yang sesuai pada bab sebelumnya. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

$$R_1 = \frac{Q}{2\pi f_0 GC}$$

$$R_1 = \frac{3}{3.330.10^{-9}.2.3,14.16}$$

$$= \frac{3}{9,947.10^{-5}}$$

$$= 30,1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{2Q}{2\pi f_0 C}$$

$$R_2 = \frac{2.3}{330.10^{-9}.2.3,14.16}$$

$$= \frac{6}{3,3315.10^{-5}}$$

$$= 180,9 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = \frac{Q}{2\pi f_0 C(2Q^2 - G)}$$

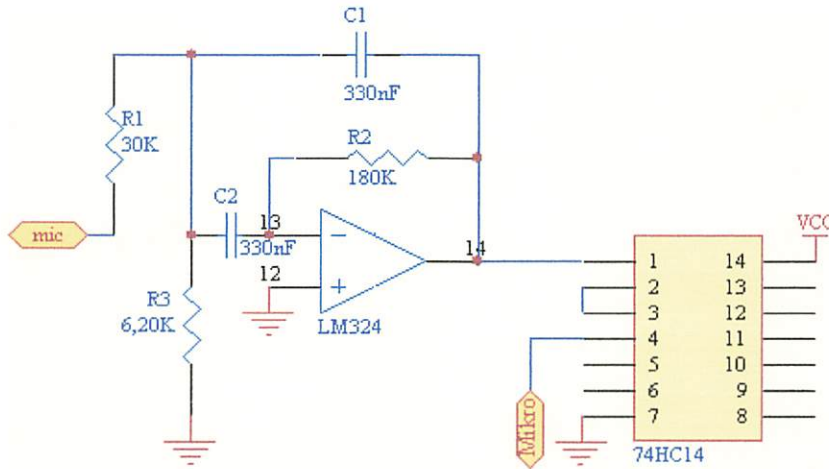
$$R_3 = \frac{3}{(2.3^2 - 3).330.10^{-9}.2.3,14.16}$$

$$= \frac{3}{15,3,315.10^{-5}}$$

$$= \frac{3}{4,9737.10^{-4}}$$

$$= 6,03 \text{ k}\Omega$$

Gambar rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan pada gambar 3.3 sebagai berikut :

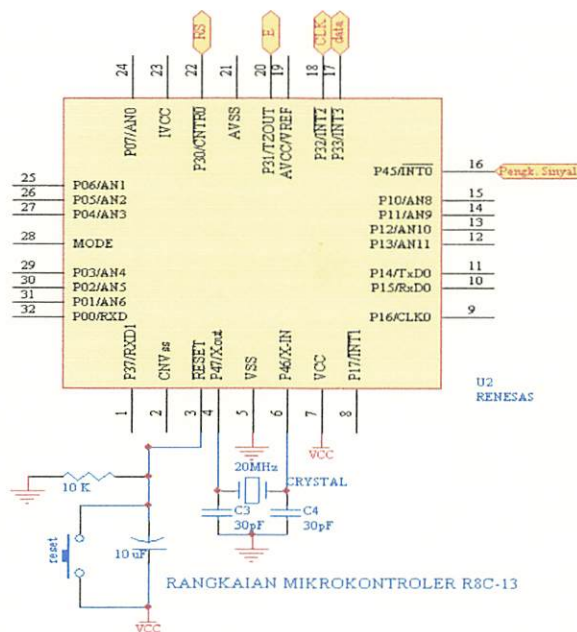


Gambar 3.3 Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal

### 3.1.3 Rangkaian Mikrokontroler Renesas R8C/13

MCU bekerja jika sensor-sensor yang ada pada rangkaian aktif. Alasan penggunaan MCU Renesas R8C/*Tiny* adalah rangkaiannya yang praktis (bentuk fisik IC-nya yang sangat kecil) karena tersusun dalam satu modul yang sangat mudah untuk kita gunakan, sederhana dan tidak memakan tempat. Jumlah Tx (*Transmitter*) dan Rx (*Receiver*) ada 2, yaitu untuk Tx pada kaki ke-11 (*port 1.4*) dan kaki ke-32 (*port 0.0*). Sedangkan untuk Rx pada kaki ke-1 (*port 3.7*) dan kaki ke-10 (*port 1.5*). Pada MCU Renesas R8C/*Tiny* rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*) sudah ada sehingga kita tidak perlu membuat rangkaian ADC baru. Mikrokontroler RENESAS dibangun menggunakan proses gerbang *silicon CMOS* dengan kemampuan tinggi menggunakan CPU seri R8C/*Tiny* dan dikemas

dalam modul plastik dengan jumlah pin sebanyak 32. Mikrokontroler ini beroperasi menggunakan perintah canggih khususnya efisiensi perintah dengan level tinggi. Mikrokontroler ini mempunyai 1 *Mbytes* kapasitas alamat, yang bisa digunakan untuk mengeksekusi perintah dengan kecepatan tinggi. Data flash ROM sebesar 2 KB x 2 blocks.



Gambar 3.4 Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler Renesas R8C/13

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

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

❖ Port 4 memiliki fungsi sebagai berikut :

➤ Port 4.5 digunakan sebagai *input* dari sensor.

### 3.1.3.1. Rangkaian Reset

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

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

Rangkaian ini terbentuk oleh komponen resistor dan kapasitor yang sudah ditetapkan oleh Renesas. Nilai resistor yang dipakai adalah 10 k $\Omega$  dan untuk nilai kapasitornya sebesar 10  $\mu$ F.

$$\begin{aligned} f_o &= \frac{1}{1,1RC} \\ &= \frac{1}{1,1 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} \\ &= 90,9 \text{ Hz} \end{aligned}$$

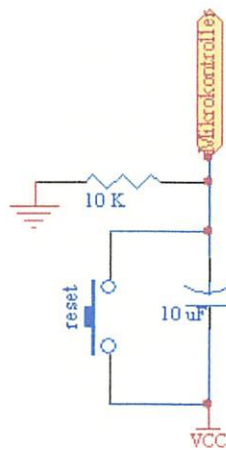


Maka periode clock =  $\frac{1}{f}$

$$T = \frac{1}{90,9}$$

$$T = 0,011 \text{ detik}$$

Rangkaian reset ditunjukkan dalam gambar di bawah ini :



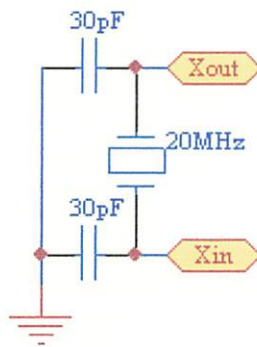
Gambar 3.5 Perencanaan Rangkaian Reset

### 3.1.3.2. Rangkaian Clock

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

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

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



Gambar 3.6 Perencanaan Rangkaian *Clock*

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

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

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

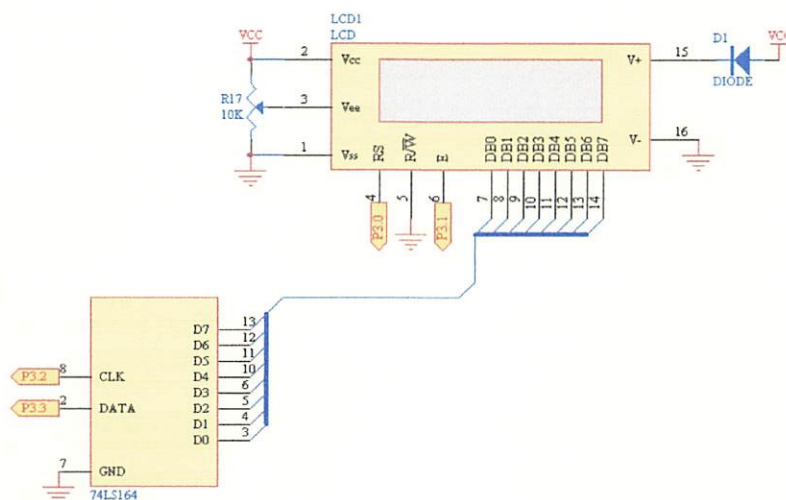
$$\text{Maka } T = \frac{1}{20 \text{ Mhz}} = \frac{1}{20} \mu\text{s}$$

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

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

### 3.1.4 Perencanaan Rangkaian *Liquid Crystal Display* (LCD)

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



Gambar 3.7 Perencanaan Rangkaian LCD

LCD dot matrik ini membutuhkan sepuluh buah *pin* masukan/keluaran dari mikrokontroler dan IC 74164 Adapun dua buah *pin* yakni *port* 3.0 pada penyemat RS yang digunakan sebagai sinyal pemilih register dan *port* 3.1 pada penyemat *Enable* digunakan sebagai sinyal operasi awal, sinyal *enable* ini mengaktifkan data tulis atau baca oleh mikrokontroler, penyemat DB0-DB7 yang dihubungkan ke pin data IC74164 digunakan untuk menampilkan karakter yang dikehendaki oleh mikrokontroler. Ketika terdapat data pada jalur data, data tersebut akan ditahan dengan memberikan *clock pin* E pada LCD. *Pin* RS menentukan apakah data yang ditahan akan digunakan sebagai instruksi untuk mengatur *setting* tampilan pada LCD atau sebagai kode karakter yang diperlukan LCD untuk menampilkan suatu karakter. Sedangkan untuk *pin* R/W pada LCD dihubungkan ke *ground* karena dalam hal ini LCD hanya melakukan operasi *write* atau operasi menampilkan karakter.

Untuk *pin* Vcc pada LCD dihubungkan ke *supply* +Vcc dan Vss dihubungkan ke *ground*. *Pin* V<sub>EE</sub> beserta *pin* Vcc dan Vss dihubungkan ke *trimer potensio* atau kadang disebut dengan *trimpot*. *Trimpot* ini digunakan untuk mengatur kontras dari tampilan LCD dengan cara mengubah tegangan pada *pin* V<sub>EE</sub>. Daftar tabel fungsi penyemat pada LCD dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

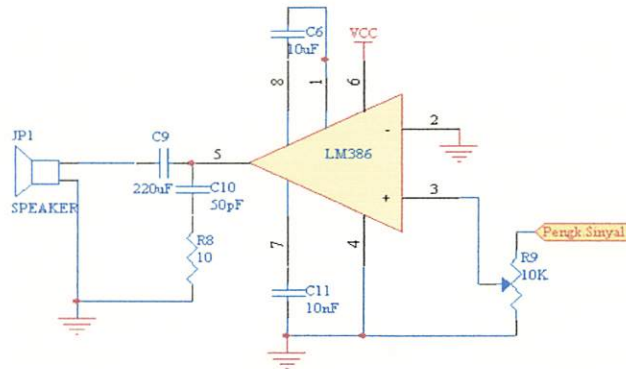
Tabel 3.1. Fungsi penyemat LCD<sup>[20]</sup>

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

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa data yang terdapat pada jalur data selain dianggap sebagai kode karakter dapat digunakan sebagai suatu perintah instruksi untuk mengatur *setting* dari tampilan LCD. Cara pemakaian data antara sebagai instruksi dengan kode karakter berbeda. Perbedaan hanyalah keadaan *pin* RS ketika data yang ada di jalur data ditahan oleh LCD dengan memberikan *clock* pada *pin* E.

### 3.1.5 Perencanaan Penguat Suara

*Loudspeaker* berfungsi sebagai *output* berupa suara. Dimana dalam perencanaan rangkaian penguat suara digunakan IC LM 386 yang merupakan komponen untuk *audio amplifier* dengan penguatan yang dapat diatur dari 20-200 dengan sedikit penambahan dari luar. Berikut ini gambar dari perencanaan rangkaian penguat suara :



Gambar 3.8 Perencanaan Rangkaian Penguat Suara

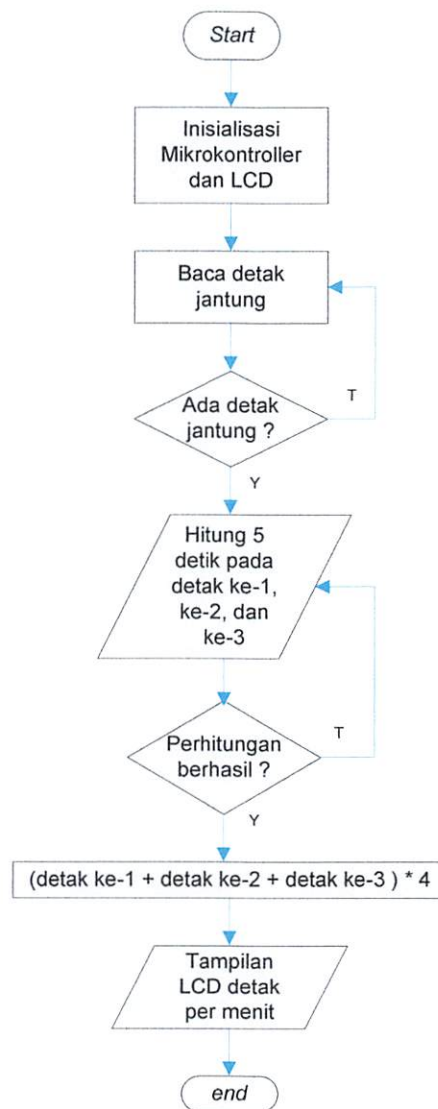
### 3.2 Perancangan Perangkat Lunak (*software*)

Perancangan Perangkat Lunak (*software*) sangat diperlukan oleh *programmer* dalam mempermudah menentukan langkah-langkah atau alur dari program. Selain mempermudah menentukan langkah-langkah atau pemrograman, diagram alir juga difungsikan supaya program sesuai dan sinkron dengan kerja perangkat keras (*hardware*), sehingga sesuai dengan apa yang direncanakan. Pada pemrograman alat dengan menggunakan mikrokontroler Renesas R8C/13, lebih mudah dan efektif bila digunakan Bahasa C.

### 3.3 Mendesain Diagram Alir (*flowchart*)

Mendesain *flowchart* sebelum membuat suatu program sangatlah penting, sehingga program yang dirancang sedemikian rupa, dapat memaksimalkan bahasa C yang disediakan oleh mikrokontroler. Selain itu, juga memudahkan dalam penganalisaan bila terjadi kesalahan pada saat membuat program, dengan

demikian akan menghasilkan suatu program yang waktu mengeksekusi bahasa atau menjalankan program sangat cepat. Agar perancangan perangkat lunak ini dalam pemahamannya lebih mudah, maka digunakan diagram alir seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3.9 di bawah ini :



Gambar 3.9 Flowchart Alat

## **BAB IV**

### **PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT**

Dalam bab ini, akan dibahas mengenai pengujian dan analisa alat yang telah dibuat. Secara umum, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui piranti yang direlaskan dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi perancangan yang telah ditetapkan. 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 sebagai berikut:

1. Pengujian perangkat keras (*hardware*).
2. Pengujian perangkat lunak (*software*).

#### **4.1 Pengujian Rangkaian Penguat**

##### **4.1.1 Tujuan**

Pengujian rangkaian penguat (*op amp*) bertujuan untuk mengetahui besar sinyal *output* setelah mengalami penguatan sinyal *input*.

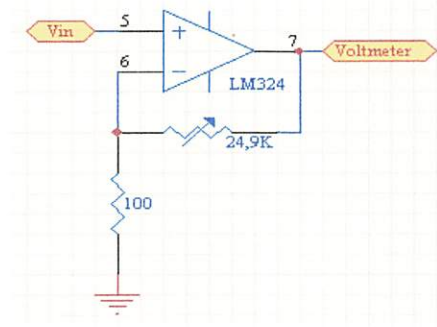
##### **4.1.2 Peralatan yang Digunakan**

1. Rangkaian penguat.
2. Voltmeter digital.
3. *Power Supply*.



### 4.1.3 Langkah Pengujian

1. Merangkai rangkaian seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4.1 Rangkaian Penguat

2. Menghubungkan kutub positif multimeter digital (multimeter diset pada skala 20 Volt DC) pada *pin* 7 dari IC LM 324, sedangkan kutub negatif ke *ground*.
3. Mengamati perubahan nilai tegangan pada multimeter dan mencatat hasilnya pada tabel 4.1

### 4.1.4 Pengukuran

Untuk perhitungan tegangan *output op amp* dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$V_o = \left( \frac{R_f}{R_i} + 1 \right) V_{in}$$

Penguat ( $A_{CL}$ ) mempunyai persamaan seperti di bawah ini :

$$\begin{aligned} A_{CL} &= \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{\left(\frac{R_f}{R_i} + 1\right) V_{in}}{V_{in}} \\ &= \frac{R_f}{R_i} + 1 \end{aligned}$$

Persentase kesalahan dapat dicari dengan persamaan di bawah ini :

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(\text{perhitungan} - \text{pengukuran})}{\text{perhitungan}} \right| \times 100 \%$$

Sebagai contoh apabila diberikan nilai  $V_{in} = 15 \text{ mv}$  maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_o &= \left(\frac{R_f}{R_i} + 1\right) V_{in} \\ &= \left(\frac{24,9k}{100} + 1\right) 15mV \\ &= 3,75 V \end{aligned}$$

Untuk penguatannya ( $A_{CL}$ ) seperti persamaan di bawah ini :

$$\begin{aligned} A_{CL} &= \frac{R_f}{R_i} + 1 \\ &= \frac{24,9k}{100} + 1 \\ &= 250 \text{ kali} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan kesalahan dalam persen dapat dicari dengan persamaan di bawah ini :

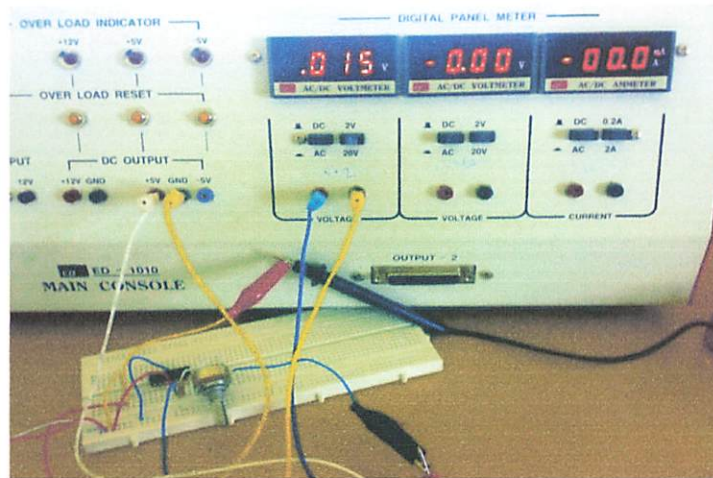
$$\begin{aligned} \% \text{ kesalahan} &= \left| \frac{(\text{perhitungan} - \text{pengukuran})}{\text{perhitungan}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{(3,75 - 3,78)}{3,75} \right| \times 100 \% \\ &= 0,80 \% \end{aligned}$$

Data hasil perhitungan dan pengukuran dari rangkaian penguat pembalik terdapat pada table 4.1 di bawah ini. :

Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan dan Pengukuran Rangkaian *Op Amp*

No	Tegangan input (mV)	Tegangan Output (V)		Gain (A)	% Kesalahan
		Perhitungan	Pengukuran		
1	10	2,50	2,53	250	1,20
2	15	3,75	3,78	250	0,80
3	17	4,25	4,22	250	0,71
4	19	4,75	4,73	250	0,42
5	20	5,00	4,96	250	0,80
$\Sigma$ %kesalahan					<b>0,79</b>

Gambar hasil pengujian penguat dengan tegangan input 15 mV adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Sumber Tegangan



Gambar 4.3 Hasil Tegangan *Output*

## 4.2 Pengujian Filter

### 4.2.1 Tujuan

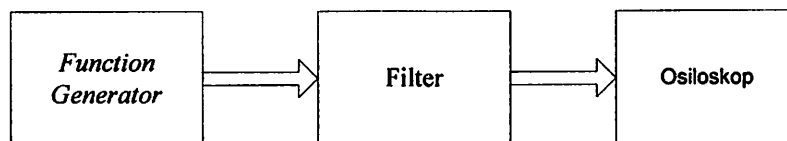
Untuk mengetahui hasil *ouput* sinyal yang difilter.

#### 4.2.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Function generator*.
2. Rangkaian filter.
3. Osiloskop.

#### 4.2.3 Langkah Pengujian

1. Merangkai blok pengujian sesuai dengan blok diagram di bawah ini :

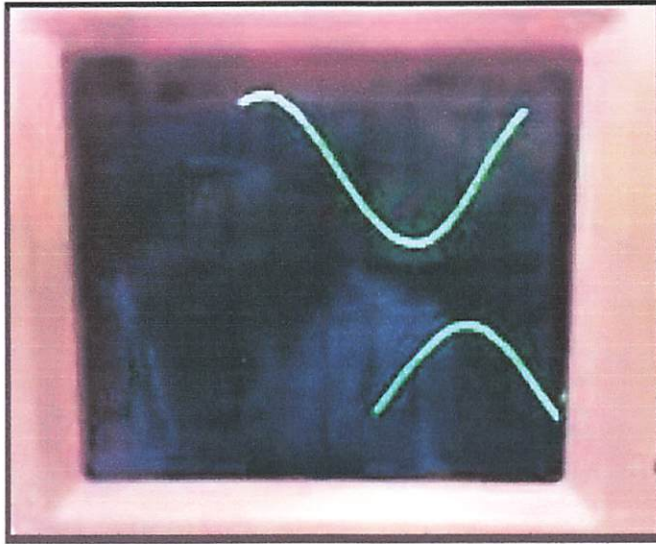


Gambar 4.4 Blok Diagram Pengujian Filter

2. Diberikan sinyal frekuensi masukan.
3. Melihat hasil tampilan di osiloskop.

#### 4.2.4 Hasil Pengujian

Hasil setelah dirangkai sesuai dengan blok diagram di atas adalah sebagai berikut :



Gambar 4.5 Hasil Gelombang *Output Filter*

Pengujian filter dilakukan dengan cara mencari tegangan keluaran pada masing-masing frekuensi, dan didapatkan hasilnya dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Filter

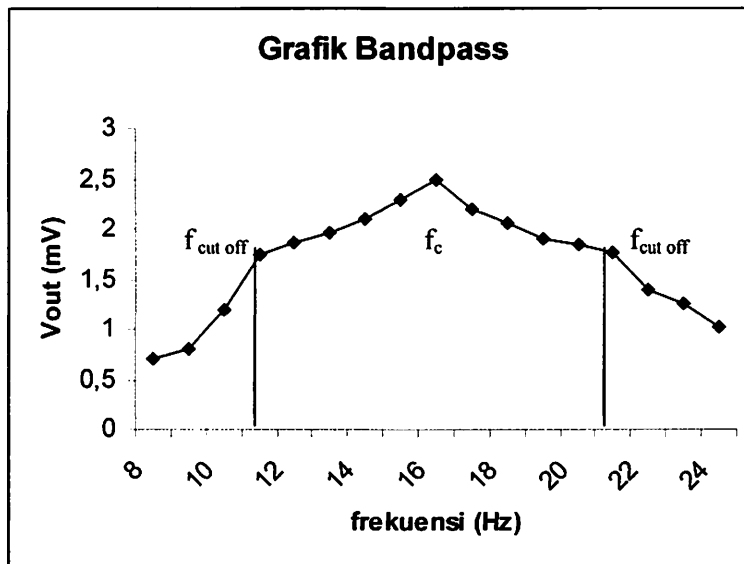
No	Vin	Frekuensi (Hz)	Vout (mV)	Vout / Vin
1	1 mV	8	0,7	0,7
2		9	0,8	0,8
3		10	1,2	1,2
4		11	1,75	1,75
5		12	1,86	1,86
6		13	1,97	1,97
7		14	2,1	2,1
8		15	2,3	2,3
9		16	2,5	2,5
10		17	2,2	2,2
11		18	2,05	2,05
12		19	1,9	1,9
13		20	1,85	1,85
14		21	1,76	1,76
15		22	1,4	1,4
16		23	1,25	1,25
17		24	1,01	1,01

Untuk nilai frekuensi cut off dapat diketahui dengan cara sebagai berikut :

$$f_{\text{cut off}} = 0,707 \times V_{\text{out maksimum}}$$

$$= 0,707 \times 2,5$$

$$= 1,7$$



Grafik 4.1 Grafik Bandpass Filter

### 4.3 Pengujian *Schmitt Trigger*

#### 4.3.1 Tujuan

Untuk mengetahui keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian *schmitt trigger*.

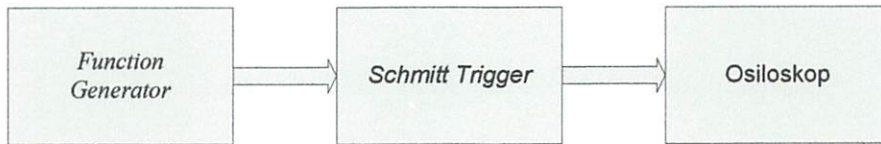
#### 4.3.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Function generator*
2. Rangkaian *Schmitt trigger*
3. Osiloskop

#### 4.3.3 Langkah Pengujian



1. Merangkai blok pengujian sesuai blok diagram di bawah ini :



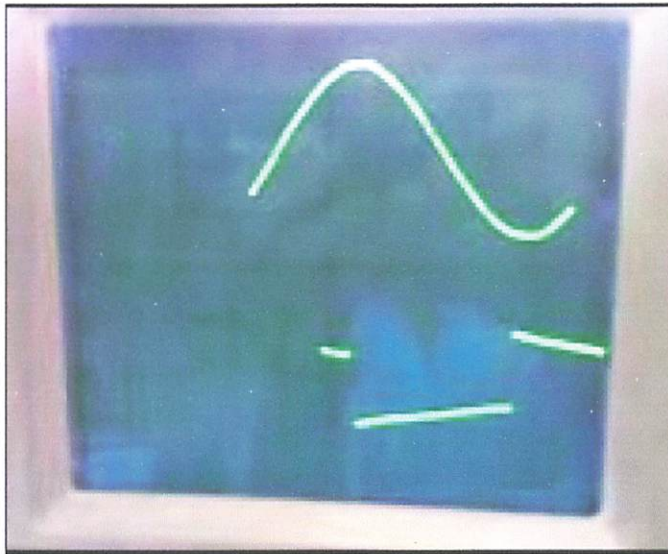
Gambar 4.6 Blok Diagram Pengujian *Schmitt trigger*

2. Diberikan sinyal frekuensi masukan.

3. Melihat hasil tampilan di osiloskop.

#### 4.3.4 Hasil Pengujian

Hasil setelah dirangkai sesuai dengan blok diagram di atas adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Hasil Gelombang *Output Schmitt Trigger*

## **4.4 Pengujian Alat Keseluruhan**

### **4.4.1 Tujuan**

Untuk mengetahui alat yang dibuat sesuai dengan yang telah dirancang

### **4.4.2 Langkah Pengujian**

1. Merangkai alat sesuai dengan gambar skematik pada bagian lampiran.
2. Menghidupkan saklar ke posisi *ON*.
3. Menempelkan stetoskop pada atas tabung yang bertindak sebagai simulator.
4. Menekan tombol *START* untuk memulai proses penghitungan detak jantung.
5. Setelah beberapa saat muncul hasil perhitungan berupa jumlah detak jantung per menitnya.

### **4.4.3 Cara Kerja Alat**

Suara jantung yang diterima melalui stetoskop kemudian diterima oleh sebuah mikrofon, dimana mikrofon ini berfungsi untuk mengkonversi sinyal suara yang ada menjadi sinyal besaran listrik. Sinyal ini diteruskan ke *Op Amp* LM 324 yang digunakan sebagai *buffer* yang merupakan penguatan satu kali supaya sinyal yang ada pada keluaran mikrofone tidak terganggu oleh penguat-penguat yang ada.

Kemudian sinyal tersebut, masuk ke penguat selanjutnya dengan menggunakan penguat *non-inverting* dengan perhitungan yang telah ada pada bab sebelumnya.

Setelah dikuatkan, masuk ke *buffer* yang kemudian masuk ke filter. Filter yang dipakai adalah filter *band-pass* yang hanya meloloskan sinyal frekuensi 12 Hz -20 Hz saja.

Keluaran dari filter dimasukkan ke rangkaian *schmitt trigger* yang berfungsi untuk mengkotakan sinyal inputan. Kemudian dari *schmitt trigger*, sinyal masuk ke mikrokontroler renesas R8C/13 pada *pin* nomor 16 yang bertindak sebagai pengolah data dimana bila ada perubahan logika dari *low* ke *high* maka mikrokontroler tersebut akan mulai menghitung. Hitungan tersebut berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$( \text{data I} + \text{data III} + \text{data V} ) \times 4$$

Setelah mikrokontroler melakukan proses pengolahan data maka mikrokontroler mengirimkan data tersebut ke sebuah LCD yang bertindak sebagai penampil hasil hitungan dari mikrokontroler.

#### **4.4.4 Hasil Pengujian Alat**

Untuk pengujian alat secara keseluruhan, dilakukan pengujian pada ibu-ibu yang sedang mengandung sebanyak 10 orang. Pengujian dilakukan dengan 2 buah alat, yang pertama dengan alat yang biasa digunakan oleh para dokter dalam memeriksa kondisi jantung janin sedangkan yang kedua oleh alat yang dibuat.

Kemudian hasil dari kedua alat tersebut dibandingkan untuk mengetahui nilai error yang ada.

Nilai *error* dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(\text{pengukuran dengan doppler} - \text{pengukuran dengan alat})}{\text{pengukuran dengan doppler}} \right| \times 100 \%$$

Contoh salah satu perhitungan nilai *error* adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(138 - 136)}{138} \right| \times 100 \%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{2}{138} \right| \times 100 \%$$

$$\% \text{ kesalahan} = 1,45 \%$$

Berikut ini adalah tabel perbandingan dari kedua alat tersebut :

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Alat yang Dirancang Terhadap Alat Medis

No	Jumlah Detak Jantung Per Menit		Kesalahan (%)
	Doppler	Alat Sesuai Rancangan	
1	138	136	1,45
2	128	129	0,78
3	124	126	1,61
4	138	137	0,72
5	125	127	1,6
6	142	144	1,41
7	136	135	0,74
8	140	139	0,71
9	138	139	0,72
10	130	131	0,77
<b><math>\Sigma</math> % kesalahan</b>			<b>1,05</b>

Dari tabel di atas dilakukan pengujian alat dengan cara dua kali pengujian yaitu, dengan alat kedokteran (*Doppler*) dan dengan alat sesuai rancangan. Pengujian dilakukan pada 10 orang ibu hamil dimana masing-masing pengujian memiliki perbedaan nilai *error* yang berbeda-beda dan nilai total *error* dari 10 pengujian di atas sebesar 1,05 %. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai *error* tersebut masih dapat ditoleransi, sehingga dapat dikatakan juga bahwa alat yang dirancang dan dibuat dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang ada.



Gambar 4.8 Foto Alat Keseluruhan

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari perancangan dan pembuatan alat pendeteksi detak jantung bayi dalam kandungan menggunakan mikrokontroler Renesas R8C/13 ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian, waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan jumlah detak jantung bayi dalam kandungan  $\pm 25$  detik.
2. Sensor berupa *stetoskop* dapat digunakan untuk mendeteksi detak jantung janin dalam kandungan.
3. Penggunaan stetoskop sebagai sensor, dapat menghilangkan efek samping yang mungkin dapat berbahaya bagi ibu dan bayi.
4. Nilai *error*, didapatkan dengan cara dibandingkan dengan peralatan dokter (*Doppler*) sehingga dihasilkan nilai sebesar 1,05 %.

#### 5.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat pendeteksi detak jantung bayi dalam kandungan menggunakan mikrokontroler Renesas R8C/13 ini, terdapat beberapa saran yang dapat berguna, yaitu :

1. Diperlukan para tenaga ahli dalam hal ini adalah dokter dalam mengetahui posisi jantung bayi dan hal medis lainnya.
2. Dapat dikembangkan atau dicoba menggunakan komponen-komponen elka medika.
3. Diperlukan informasi mengenai jantung, kandungan dan seputar ilmu kedokteran yang cukup luas baik dari para medis maupun media lainnya.
4. Dapat dicoba menggunakan sensor (*stetoskop*) yang memiliki nilai sensitifitas tinggi.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Caughlin, Robert F. and Driscell, Frederick .1986. *Penguat Operational dan Rangkaian Terpadu Linier*. Terj Sumutro dan Herman W. Jakarta: Erlangga
- [2] Copper, William D. 1991. *Instrumentasi Elektronika dan Teknik Pengukuran*. Edisi kedua. Terj Sahat Pakpahan. Jakarta: Erlangga
- [3] Ibrahim S., Christina. 1971. *Perawatan Kebidanan*. jilid 1: Bhratara Karya Aksara Jakarta
- [4] Mac Donald Gant, Pritchard. 1991. *Obstetri Williams*. Edisi ke tujuh belas. Airlangga University Press
- [5] Malvino, Albert Paul. 1990. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Subject Electronic: Erlangga
- [6] Putra, Agfianto Eko. 1990. *Penapis Aktif Elektronika Teori dan Praktek*. Yogyakarta: CV. Gaya Media
- [7] Ravih, abc M.D. 1967. *Auscultation of The Heart*. 2<sup>nd</sup>. Asian ed. Tokyob: Year Book Medical Publisher, Inc. Igaku Shbih Ltd
- [8] <http://cache.national.com>
- [9] <http://elka.brawijaya.ac.id/praktikum/analog>
- [10] <http://parts.digikey.com>
- [11] [http://wikipedia.org/wiki/bandpass\\_filter](http://wikipedia.org/wiki/bandpass_filter)
- [12] [http://en.wikipedia.org/wiki/operational\\_amplifier\\_applications](http://en.wikipedia.org/wiki/operational_amplifier_applications)
- [13] <http://www.e-dsp.com/how-to-use-a-lcd-with-your-electronic-devices/>
- [14] <http://www.electronicinfo.com>
- [15] <http://yesaya.indocell.net/id571.htm>
- [16] [www.acroname.com](http://www.acroname.com)
- [17] [www.medicastore.com](http://www.medicastore.com)
- [18] [www.q8ds.org](http://www.q8ds.org)

[19] [www.renesas.com](http://www.renesas.com)

[20] [www.DatasheetCatalog.com](http://www.DatasheetCatalog.com)

[21] [www.prasetya.brawijaya.ac.id/nov04.html](http://www.prasetya.brawijaya.ac.id/nov04.html)

[22] [www.emshol.multiply.com/journal/item/31](http://www.emshol.multiply.com/journal/item/31)

# LAMPIRAN

# ***DATASHEET***

## 1. Overview

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

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

### 1.1 Applications

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

## 1.2 Performance Overview

Table 1.1. lists the performance outline of this MCU.

**Table 1.1 Performance outline**

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

### 1.3 Block Diagram

Figure 1.1 shows this MCU block diagram.

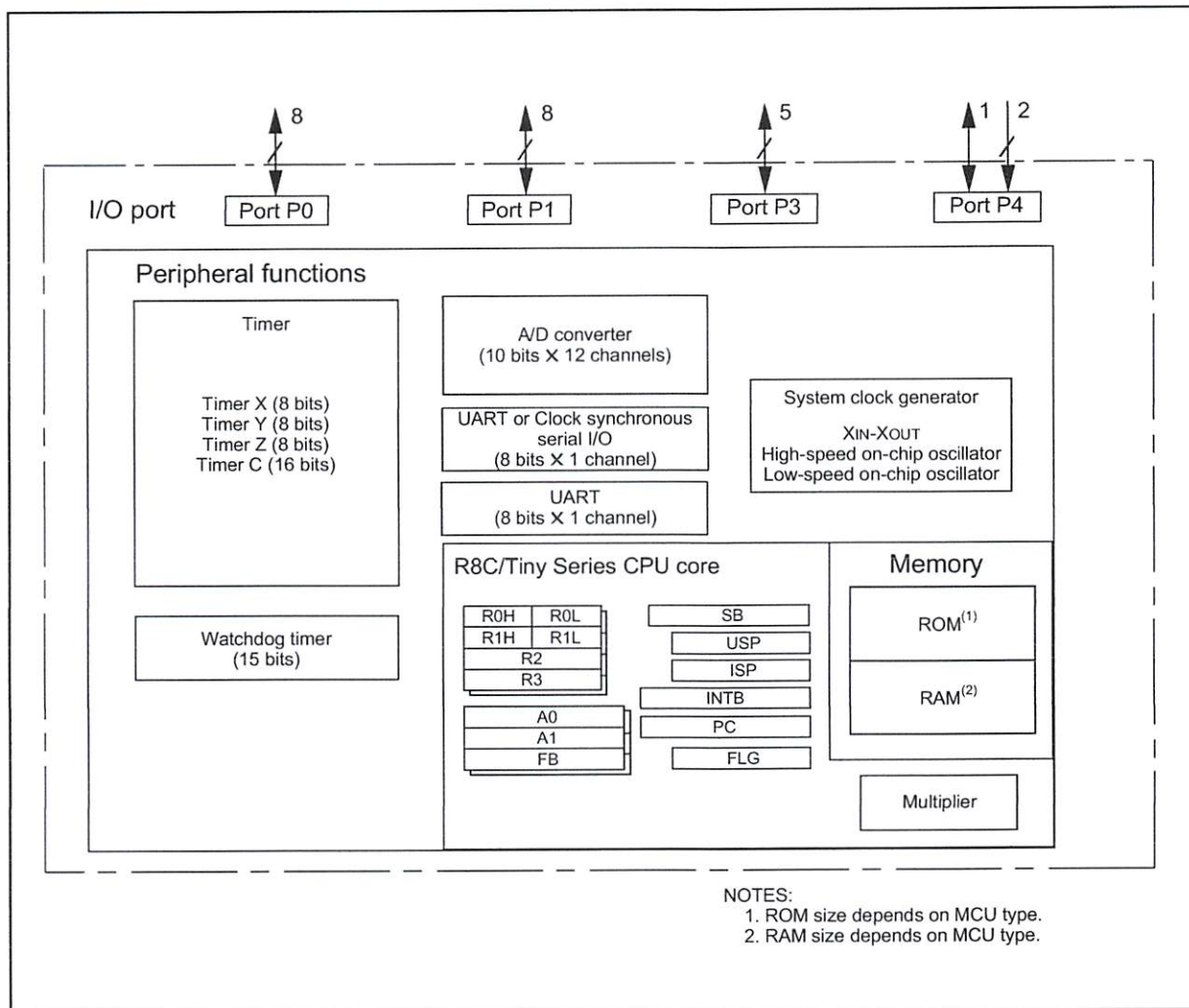


Figure 1.1 Block Diagram

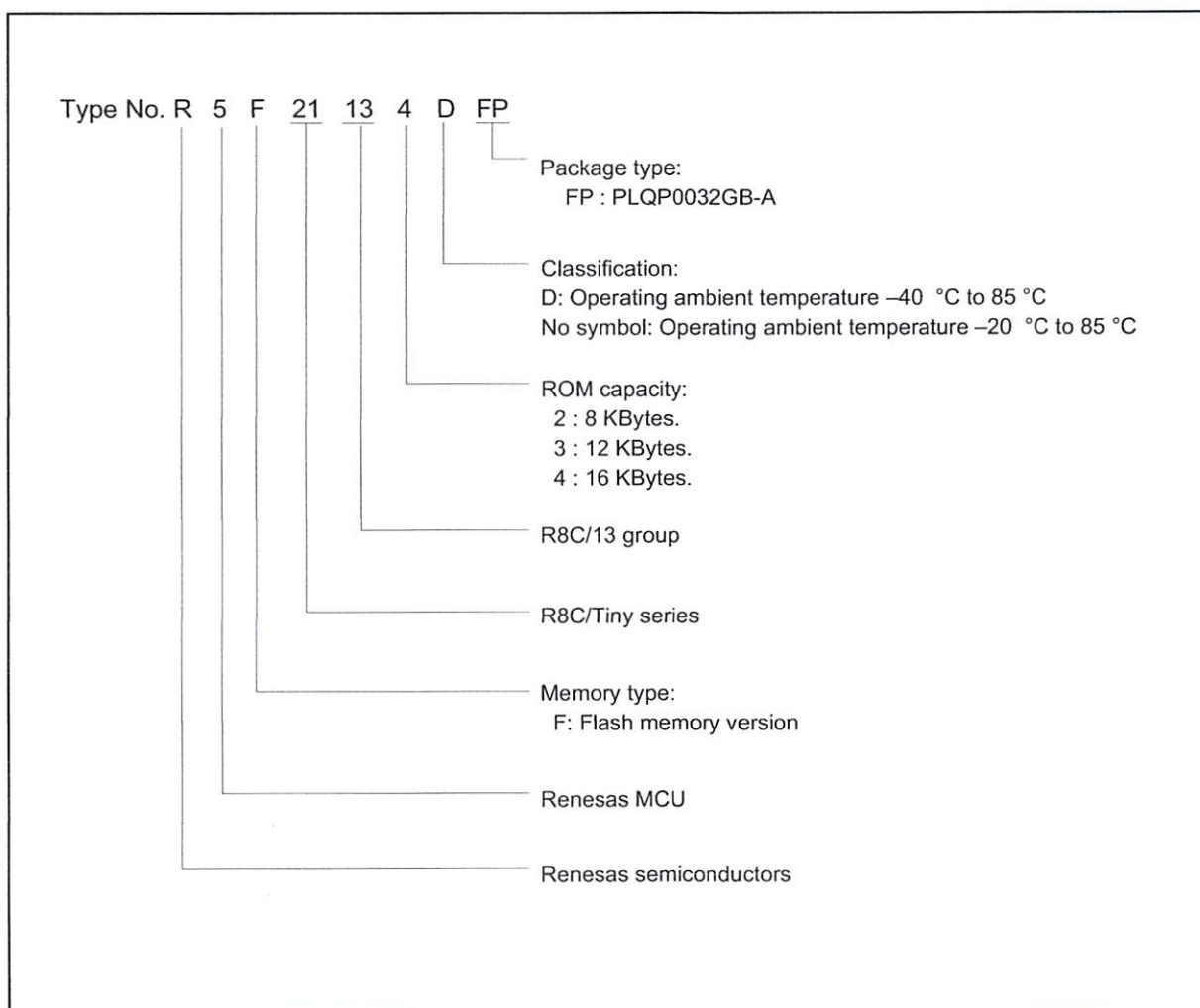
## 1.4 Product Information

Table 1.2 lists the product information.

**Table 1.2 Product Information**

As of January 2006

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



**Figure 1.2 Type No., Memory Size, and Package**



### 1.5 Pin Assignments

Figure 1.3 shows the pin configuration (top view).

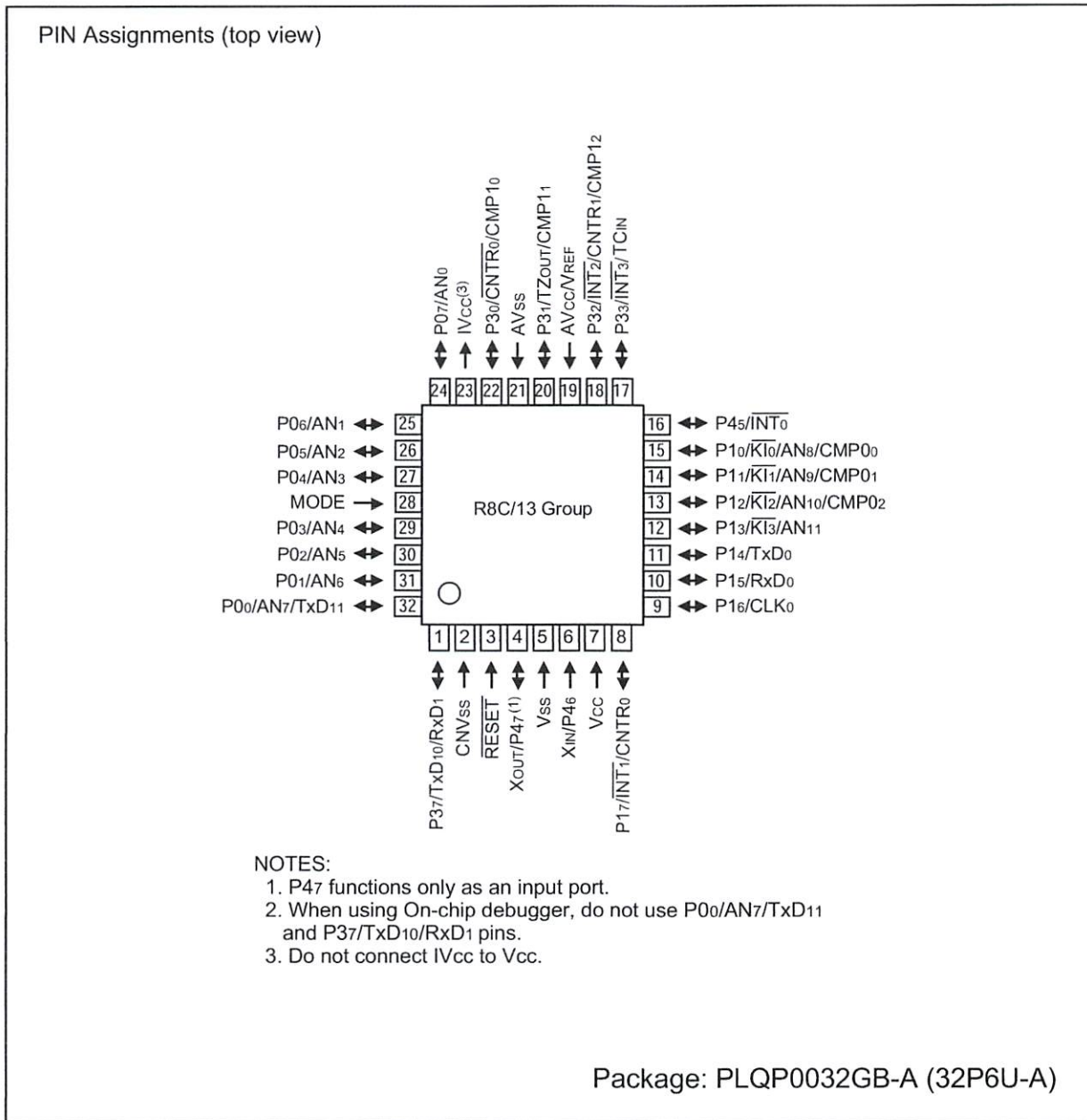


Figure 1.3 Pin Assignments (Top View)

## 1.6 Pin Description

Table 1.3 shows the pin description

**Table 1.3 Pin description**

Signal name	Pin name	I/O type	Function
Power supply input	Vcc, Vss	I	Apply 2.7 V to 5.5 V to the Vcc pin. Apply 0 V to the Vss pin.
IVcc	IVcc	O	This pin is to stabilize internal power supply. Connect this pin to Vss via a capacitor (0.1 $\mu$ F). Do not connect to Vcc.
Analog power supply input	AVcc, AVss	I	Power supply input pins for A/D converter. Connect the AVcc pin to Vcc. Connect the AVss pin to Vss. Connect a capacitor between pins AVcc and AVss.
Reset input	RESET	I	Input "L" on this pin resets the MCU.
CNVss	CNVss	I	Connect this pin to Vss via a resistor.
MODE	MODE	I	Connect this pin to Vcc via a resistor.
Main clock input	XIN	I	These pins are provided for the main clock generating circuit I/O. Connect a ceramic resonator or a crystal oscillator between the XIN and XOUT pins. To use an externally derived clock, input it to the XIN pin and leave the XOUT pin open.
Main clock output	XOUT	O	
INT interrupt input	INT0 to INT3	I	INT interrupt input pins.
Key input interrupt input	KI0 to KI3	I	Key input interrupt pins.
Timer X	CNTR0	I/O	Timer X I/O pin
	CNTR0	O	Timer X output pin
Timer Y	CNTR1	I/O	Timer Y I/O pin
Timer Z	TZOUT	O	Timer Z output pin
Timer C	TCIN	I	Timer C input pin
	CMP00 to CMP02, CMP10 to CMP12	O	The timer C output pins
Serial interface	CLK0	I/O	Transfer clock I/O pin.
	RxD0, RxD1	I	Serial data input pins.
	TxD0, TxD10, TxD11	O	Serial data output pins.
Reference voltage input	VREF	I	Reference voltage input pin for A/D converter. Connect the VREF pin to Vcc.
A/D converter	AN0 to AN11	I	Analog input pins for A/D converter
I/O port	P00 to P07, P10 to P17, P30 to P33, P37, P45	I/O	These are 8-bit CMOS I/O ports. Each port has an I/O select direction register, allowing each pin in that port to be directed for input or output individually. Any port set to input can select whether to use a pull-up resistor or not by program. P10 to P17 also function as LED drive ports.
Input port	P46, P47	I	Port for input-only

## 2. Central Processing Unit (CPU)

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

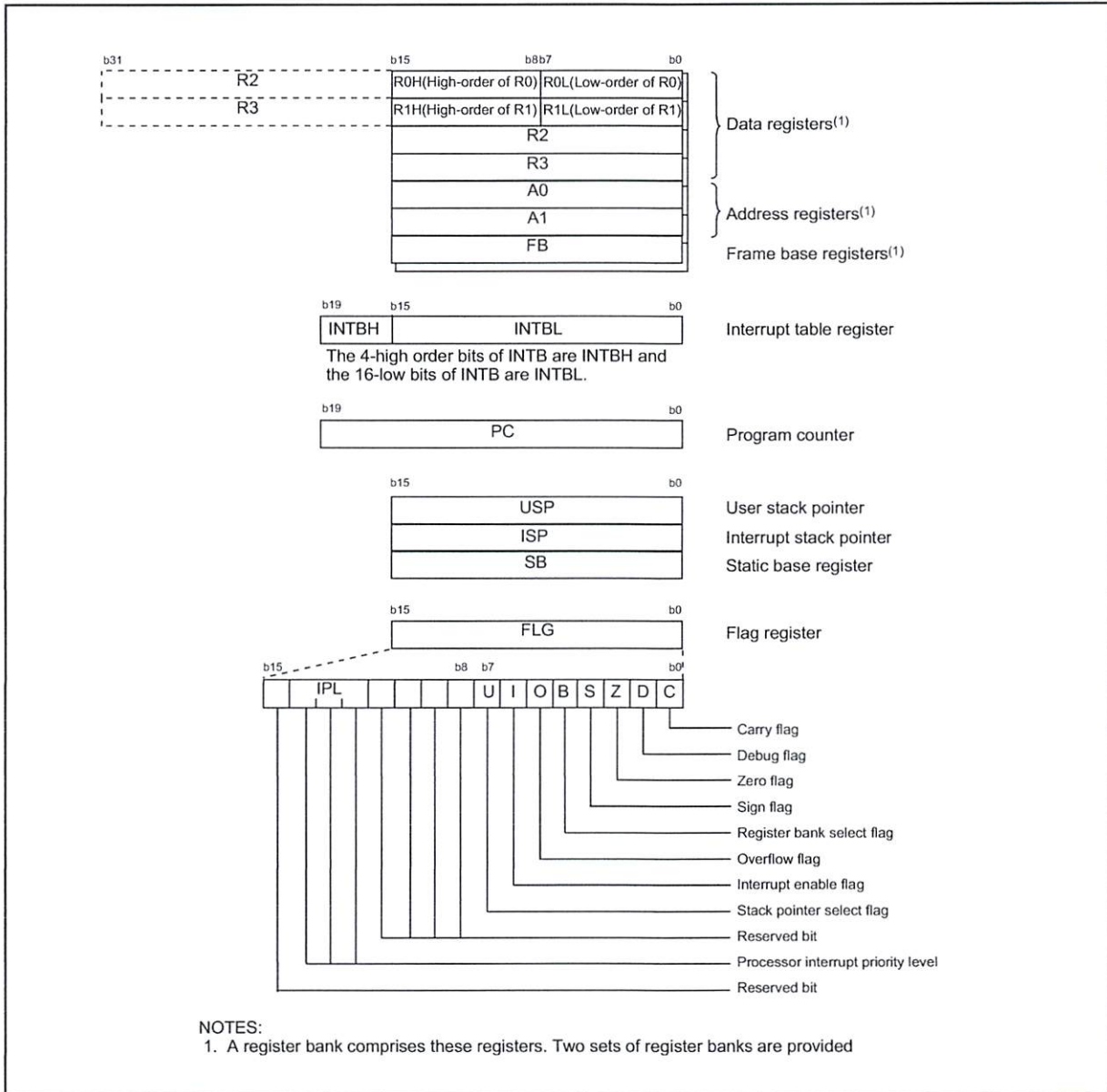


Figure 2.1 CPU Register

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

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

## 2.2 Address Registers (A0 and A1)

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

## 2.3 Frame Base Register (FB)

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

## 2.4 Interrupt Table Register (INTB)

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

## 2.5 Program Counter (PC)

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

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

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

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

## 2.7 Static Base Register (SB)

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

## 2.8 Flag Register (FLG)

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

### 2.8.1 Carry Flag (C)

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

### 2.8.2 Debug Flag (D)

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

### 2.8.3 Zero Flag (Z)

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

### 2.8.4 Sign Flag (S)

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

### 2.8.5 Register Bank Select Flag (B)

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

### 2.8.6 Overflow Flag (O)

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

### 2.8.7 Interrupt Enable Flag (I)

The I flag enables a maskable interrupt.

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

### 2.8.8 Stack Pointer Select Flag (U)

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

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

### 2.8.9 Processor Interrupt Priority Level (IPL)

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

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

### 2.8.10 Reserved Bit

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

### 3. Memory

Figure 3.1 is a memory map of this MCU. This MCU provides 1-Mbyte address space from addresses  $00000_{16}$  to  $FFFFFF_{16}$ .

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

The fixed interrupt vector table is allocated addresses  $0FFDC_{16}$  to  $0FFFF_{16}$ . They store the starting address of each interrupt routine.

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

The internal RAM is allocated higher addresses beginning with address  $00400_{16}$ . For example, a 1-Kbyte internal RAM is allocated addresses  $00400_{16}$  to  $007FF_{16}$ . The internal RAM is used not only for storing data, but for calling subroutines and stacks when interrupt request is acknowledged.

Special function registers (SFR) are allocated addresses  $00000_{16}$  to  $002FF_{16}$ . The peripheral function control registers are located there. All addresses, which have nothing allocated within the SFR, are reserved area and cannot be accessed by users.

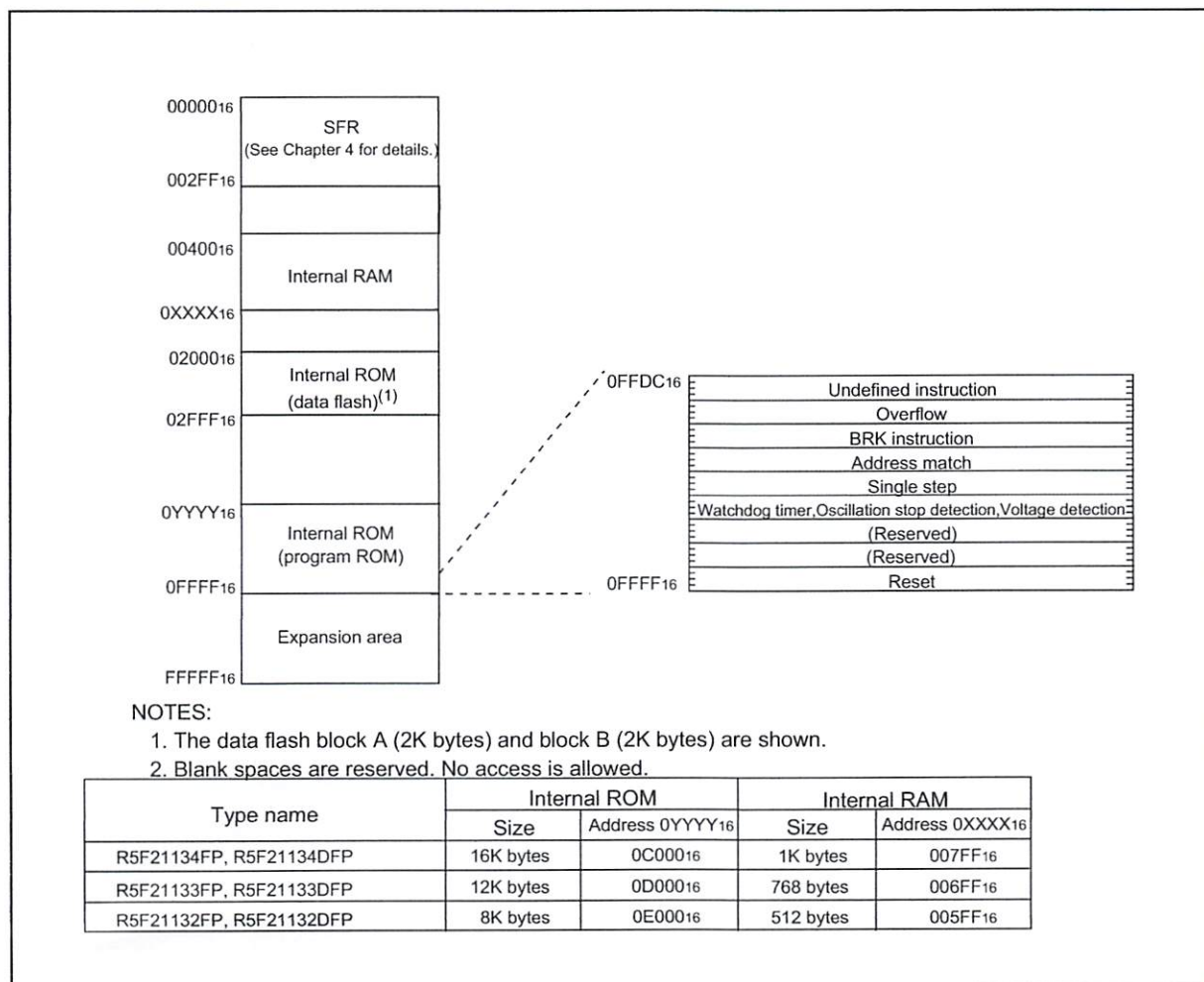


Figure 3.1 Memory Map

## 4. Special Function Register (SFR)

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

**Table 4.1 SFR Information(1)(1)**

Address	Register	Symbol	After reset
0000 <sub>16</sub>			
0001 <sub>16</sub>			
0002 <sub>16</sub>			
0003 <sub>16</sub>			
0004 <sub>16</sub>	Processor mode register 0 <sup>(1)</sup>	PM0	0016
0005 <sub>16</sub>	Processor mode register 1	PM1	0016
0006 <sub>16</sub>	System clock control register 0	CM0	011010002
0007 <sub>16</sub>	System clock control register 1	CM1	001000002
0008 <sub>16</sub>	High-speed on-chip oscillator control register 0	HR0	0016
0009 <sub>16</sub>	Address match interrupt enable register	AIER	XXXXXX002
000A <sub>16</sub>	Protect register	PRCR	00XXX0002
000B <sub>16</sub>	High-speed on-chip oscillator control register 1	HR1	4016
000C <sub>16</sub>	Oscillation stop detection register	OCD	000001002
000D <sub>16</sub>	Watchdog timer reset register	WDTR	XX16
000E <sub>16</sub>	Watchdog timer start register	WDTS	XX16
000F <sub>16</sub>	Watchdog timer control register	WDC	000111112
0010 <sub>16</sub>	Address match interrupt register 0	RMAD0	0016
0011 <sub>16</sub>			0016
0012 <sub>16</sub>			X016
0013 <sub>16</sub>			
0014 <sub>16</sub>	Address match interrupt register 1	RMAD1	0016
0015 <sub>16</sub>			0016
0016 <sub>16</sub>			X016
0017 <sub>16</sub>			
0018 <sub>16</sub>			
0019 <sub>16</sub>	Voltage detection register 1 <sup>(2)</sup>	VCR1	000010002
001A <sub>16</sub>	Voltage detection register 2 <sup>(2)</sup>	VCR2	0016 <sup>(3)</sup> 10000002 <sup>(4)</sup>
001B <sub>16</sub>			
001C <sub>16</sub>			
001D <sub>16</sub>			
001E <sub>16</sub>	INT0 input filter select register	INT0F	XXXXX0002
001F <sub>16</sub>	Voltage detection interrupt register <sup>(2)</sup>	D4INT	0016 <sup>(3)</sup> 010000012 <sup>(4)</sup>
0020 <sub>16</sub>			
0021 <sub>16</sub>			
0022 <sub>16</sub>			
0023 <sub>16</sub>			
0024 <sub>16</sub>			
0025 <sub>16</sub>			
0026 <sub>16</sub>			
0027 <sub>16</sub>			
0028 <sub>16</sub>			
0029 <sub>16</sub>			
002A <sub>16</sub>			
002B <sub>16</sub>			
002C <sub>16</sub>			
002D <sub>16</sub>			
002E <sub>16</sub>			
002F <sub>16</sub>			
0030 <sub>16</sub>			
0031 <sub>16</sub>			
0032 <sub>16</sub>			
0033 <sub>16</sub>			
0034 <sub>16</sub>			
0035 <sub>16</sub>			
0036 <sub>16</sub>			
0037 <sub>16</sub>			
0038 <sub>16</sub>			
0039 <sub>16</sub>			
003A <sub>16</sub>			
003B <sub>16</sub>			
003C <sub>16</sub>			
003D <sub>16</sub>			
003E <sub>16</sub>			
003F <sub>16</sub>			

X : Undefined

**NOTES:**

- Blank spaces are reserved. No access is allowed.
- Software reset or the watchdog timer reset does not affect this register.
- Owing to Reset input.
- In the case of RESET pin = H retaining.

Table 4.2 SFR Information(2)<sup>(1)</sup>

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

X : Undefined

NOTES:

1. Blank spaces are reserved. No access is allowed.

Table 4.3 SFR Information(3)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
0080 <sub>16</sub>	Timer Y, Z mode register	TYZMR	0016
0081 <sub>16</sub>	Prescaler Y register	PREY	FF16
0082 <sub>16</sub>	Timer Y secondary register	TYSC	FF16
0083 <sub>16</sub>	Timer Y primary register	TYPR	FF16
0084 <sub>16</sub>	Timer Y, Z waveform output control register	PUM	0016
0085 <sub>16</sub>	Prescaler Z register	PREZ	FF16
0086 <sub>16</sub>	Timer Z secondary register	TZSC	FF16
0087 <sub>16</sub>	Timer Z primary register	TZPR	FF16
0088 <sub>16</sub>			
0089 <sub>16</sub>			
008A <sub>16</sub>	Timer Y, Z output control register	TYZOC	0016
008B <sub>16</sub>	Timer X mode register	TXMR	0016
008C <sub>16</sub>	Prescaler X register	PREX	FF16
008D <sub>16</sub>	Timer X register	TX	FF16
008E <sub>16</sub>	Count source set register	TCSS	0016
008F <sub>16</sub>			
0090 <sub>16</sub>	Timer C register	TC	0016
0091 <sub>16</sub>			0016
0092 <sub>16</sub>			
0093 <sub>16</sub>			
0094 <sub>16</sub>			
0095 <sub>16</sub>			
0096 <sub>16</sub>	External input enable register	INTEN	0016
0097 <sub>16</sub>			
0098 <sub>16</sub>	Key input enable register	KIEN	0016
0099 <sub>16</sub>			
009A <sub>16</sub>	Timer C control register 0	TCC0	0016
009B <sub>16</sub>	Timer C control register 1	TCC1	0016
009C <sub>16</sub>	Capture, compare 0 register	TM0	0016
009D <sub>16</sub>			0016 <sup>(2)</sup>
009E <sub>16</sub>	Compare 1 register	TM1	FF16
009F <sub>16</sub>			FF16
00A0 <sub>16</sub>	UART0 transmit/receive mode register	U0MR	0016
00A1 <sub>16</sub>	UART0 bit rate register	U0BRG	XX16
00A2 <sub>16</sub>	UART0 transmit buffer register	U0TB	XX16
00A3 <sub>16</sub>			XX16
00A4 <sub>16</sub>	UART0 transmit/receive control register 0	U0C0	000010002
00A5 <sub>16</sub>	UART0 transmit/receive control register 1	U0C1	000000102
00A6 <sub>16</sub>	UART0 receive buffer register	U0RB	XX16
00A7 <sub>16</sub>			XX16
00A8 <sub>16</sub>	UART1 transmit/receive mode register	U1MR	0016
00A9 <sub>16</sub>	UART1 bit rate register	U1BRG	XX16
00AA <sub>16</sub>	UART1 transmit buffer register	U1TB	XX16
00AB <sub>16</sub>			XX16
00AC <sub>16</sub>	UART1 transmit/receive control register 0	U1C0	000010002
00AD <sub>16</sub>	UART1 transmit/receive control register 1	U1C1	000000102
00AE <sub>16</sub>	UART1 receive buffer register	U1RB	XX16
00AF <sub>16</sub>			XX16
00B0 <sub>16</sub>	UART transmit/receive control register 2	UCON	0016
00B1 <sub>16</sub>			
00B2 <sub>16</sub>			
00B3 <sub>16</sub>			
00B4 <sub>16</sub>			
00B5 <sub>16</sub>			
00B6 <sub>16</sub>			
00B7 <sub>16</sub>			
00B8 <sub>16</sub>			
00B9 <sub>16</sub>			
00BA <sub>16</sub>			
00BB <sub>16</sub>			
00BC <sub>16</sub>			
00BD <sub>16</sub>			
00BE <sub>16</sub>			
00BF <sub>16</sub>			

X : Undefined

NOTES:

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



Table 4.4 SFR Information(4)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
00C0 <sub>16</sub>	AD register	AD	XX16
00C1 <sub>16</sub>			XX16
00C2 <sub>16</sub>			
00C3 <sub>16</sub>			
00C4 <sub>16</sub>			
00C5 <sub>16</sub>			
00C6 <sub>16</sub>			
00C7 <sub>16</sub>			
00C8 <sub>16</sub>			
00C9 <sub>16</sub>			
00CA <sub>16</sub>			
00CB <sub>16</sub>			
00CC <sub>16</sub>			
00CD <sub>16</sub>			
00CE <sub>16</sub>			
00CF <sub>16</sub>			
00D0 <sub>16</sub>			
00D1 <sub>16</sub>			
00D2 <sub>16</sub>			
00D3 <sub>16</sub>			
00D4 <sub>16</sub>	AD control register 2	ADCON2	0016
00D5 <sub>16</sub>			
00D6 <sub>16</sub>	AD control register 0	ADCON0	00000XXX2
00D7 <sub>16</sub>	AD control register 1	ADCON1	0016
00D8 <sub>16</sub>			
00D9 <sub>16</sub>			
00DA <sub>16</sub>			
00DB <sub>16</sub>			
00DC <sub>16</sub>			
00DD <sub>16</sub>			
00DE <sub>16</sub>			
00DF <sub>16</sub>			
00E0 <sub>16</sub>	Port P0 register	P0	XX16
00E1 <sub>16</sub>	Port P1 register	P1	XX16
00E2 <sub>16</sub>	Port P0 direction register	PD0	0016
00E3 <sub>16</sub>	Port P1 direction register	PD1	0016
00E4 <sub>16</sub>			
00E5 <sub>16</sub>	Port P3 register	P3	XX16
00E6 <sub>16</sub>			
00E7 <sub>16</sub>	Port P3 direction register	PD3	0016
00E8 <sub>16</sub>	Port P4 register	P4	XX16
00E9 <sub>16</sub>			
00EA <sub>16</sub>	Port P4 direction register	PD4	0016
00EB <sub>16</sub>			
00EC <sub>16</sub>			
00ED <sub>16</sub>			
00EE <sub>16</sub>			
00EF <sub>16</sub>			
00F0 <sub>16</sub>			
00F1 <sub>16</sub>			
00F2 <sub>16</sub>			
00F3 <sub>16</sub>			
00F4 <sub>16</sub>			
00F5 <sub>16</sub>			
00F6 <sub>16</sub>			
00F7 <sub>16</sub>			
00F8 <sub>16</sub>			
00F9 <sub>16</sub>			
03FA <sub>16</sub>			
00FB <sub>16</sub>			
00FC <sub>16</sub>	Pull-up control register 0	PUR0	00XX00002
00FD <sub>16</sub>	Pull-up control register 1	PUR1	XXXXXX0X2
00FE <sub>16</sub>	Port P1 drive capacity control register	DRR	0016
00FF <sub>16</sub>	Timer C output control register	TCOUT	0016
01B3 <sub>16</sub>	Flash memory control register 4	FMR4	010000002
01B4 <sub>16</sub>			
01B5 <sub>16</sub>	Flash memory control register 1	FMR1	1000000X2
01B6 <sub>16</sub>			
01B7 <sub>16</sub>	Flash memory control register 0	FMR0	000000012
0FFF <sub>16</sub>	Option function select register <sup>(2)</sup>	OFS	(Note 2)

X : Undefined

NOTES:

1. Blank columns, 0100<sub>16</sub> to 01B2<sub>16</sub> and 01B8<sub>16</sub> to 02FF<sub>16</sub> are all reserved. No access is allowed.

2. The watchdog timer control bit is assigned. Refer to "Figure 11.2 OFS, WDC, WDTR and WDTS registers" of Hardware Manual for details

## 5. Electrical Characteristics

**Table 5.1 Absolute Maximum Ratings**

Symbol	Parameter	Condition	Rated value	Unit
V <sub>cc</sub>	Supply voltage	V <sub>cc</sub> =AV <sub>cc</sub>	-0.3 to 6.5	V
AV <sub>cc</sub>	Analog supply voltage	V <sub>cc</sub> =AV <sub>cc</sub>	-0.3 to 6.5	V
V <sub>i</sub>	Input voltage		-0.3 to V <sub>cc</sub> +0.3	V
V <sub>o</sub>	Output voltage		-0.3 to V <sub>cc</sub> +0.3	V
P <sub>d</sub>	Power dissipation	T <sub>opr</sub> =25 °C	300	mW
T <sub>opr</sub>	Operating ambient temperature		-20 to 85 / -40 to 85 (D version)	°C
T <sub>stg</sub>	Storage temperature		-65 to 150	°C

**Table 5.2 Recommended Operating Conditions**

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

**NOTES:**

- V<sub>cc</sub> = AV<sub>cc</sub> = 2.7 to 5.5V at T<sub>opr</sub> = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, unless otherwise specified.
- The typical values when average output current is 100ms.
- Hold V<sub>cc</sub>=AV<sub>cc</sub>.

Table 5.3 A/D Conversion Characteristics

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

## NOTES:

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

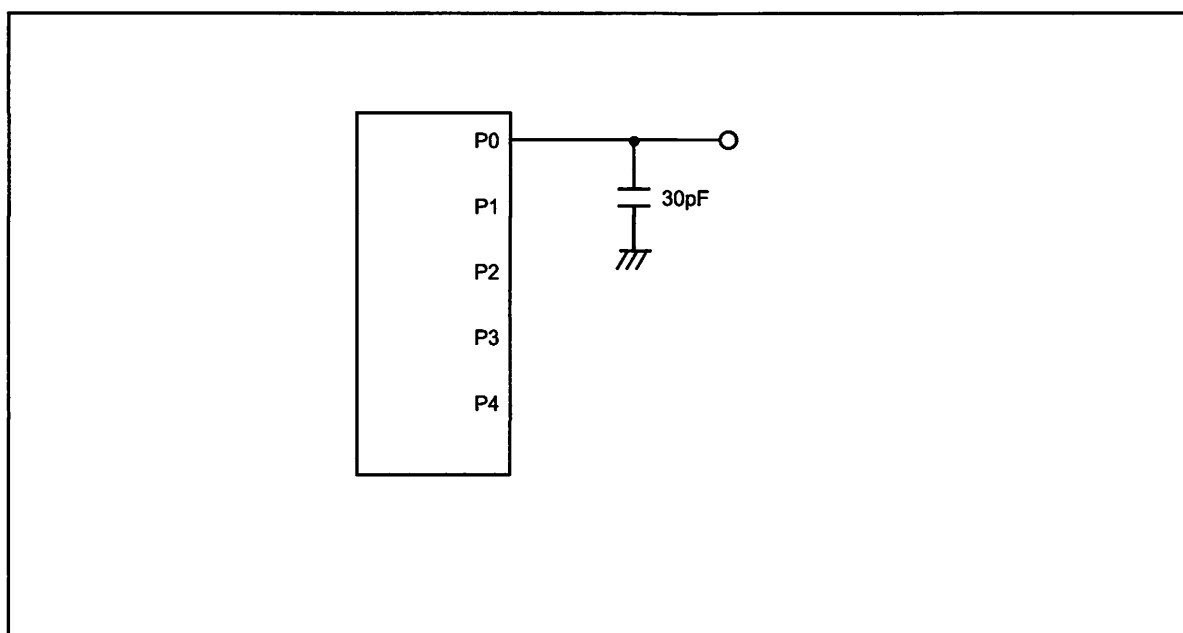


Figure 5.1 Port P0 to P4 measurement circuit

**Table 5.4 Flash Memory (Program ROM) Electrical Characteristics**

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

**NOTES:**

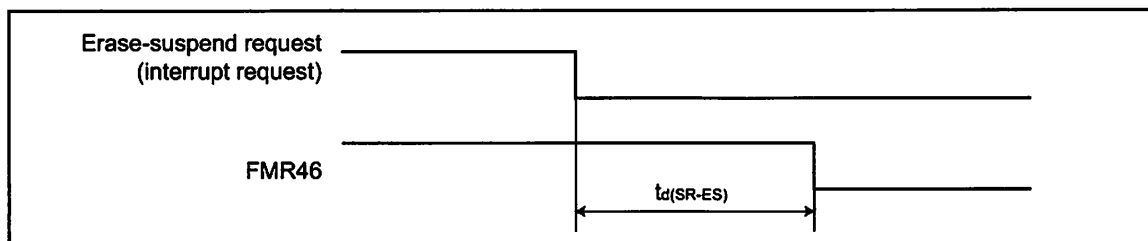
1. Referenced to V<sub>CC</sub>=AV<sub>CC</sub>=2.7 to 5.5V at T<sub>opr</sub> = 0°C to 60°C unless otherwise specified.
2. Definition of Program/Erase  
The endurance of Program/Erase shows a time for each block.  
If the program/erase number is "n" (n = 1000, 10000), "n" times erase can be performed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

**Table 5.5 Flash Memory (Data flash Block A, Block B) Electrical Characteristics<sup>(4)</sup>**

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max	
—	Program/Erase endurance <sup>(2)</sup>		10000 <sup>(3)</sup>	—	—	times
—	Byte program time(program/erase endurance ≤1000 times)		—	50	400	µs
—	Byte program time(program/erase endurance >1000 times)		—	65	—	µs
—	Block erase time(program/erase endurance ≤1000 times)		—	0.2	9	s
—	Block erase time(program/erase endurance >1000 times)		—	0.3	—	s
t <sub>d</sub> (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) <sup>(8)</sup>	—	85	°C
—	Data hold time <sup>(9)</sup>	Ambient temperature = 55 °C	20	—	—	year

**NOTES:**

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



**Figure 5.2 Time delay from Suspend Request until Erase Suspend**

**Table 5.6 Voltage Detection Circuit Electrical Characteristics**

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

## NOTES:

1. The measuring condition is  $V_{cc}=AV_{cc}=2.7V$  to  $5.5V$  and  $T_{opr}=-40^{\circ}C$  to  $85^{\circ}C$ .
2. This shows the time until the voltage detection interrupt request is generated since the voltage passes Vdet.
3. 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<sup>(1, 3)</sup>)**

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vpor2	Power-on reset valid voltage	$-20^{\circ}C \leq T_{opr} < 85^{\circ}C$	—	—	Vdet	V
tw(Vpor2-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled <sup>(2)</sup>	$-20^{\circ}C \leq T_{opr} < 85^{\circ}C$ , $tw(por2) \geq 0s^{(4)}$	—	—	100	ms

## NOTES:

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

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

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vpor1	Power-on reset valid voltage	$-20^{\circ}C \leq T_{opr} < 85^{\circ}C$	—	—	0.1	V
tw(Vpor1-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	$0^{\circ}C \leq T_{opr} \leq 85^{\circ}C$ , $tw(por1) \geq 10s^{(2)}$	—	—	100	ms
tw(Vpor1-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	$-20^{\circ}C \leq T_{opr} < 0^{\circ}C$ , $tw(por1) \geq 30s^{(2)}$	—	—	100	ms
tw(Vpor1-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	$-20^{\circ}C \leq T_{opr} < 0^{\circ}C$ , $tw(por1) \geq 10s^{(2)}$	—	—	1	ms
tw(Vpor1-Vdet)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	$0^{\circ}C \leq T_{opr} \leq 85^{\circ}C$ , $tw(por1) \geq 1s^{(2)}$	—	—	0.5	ms

## NOTES:

1. When not using hardware reset 2, use with  $V_{CC} \geq 2.7V$ .
2. tw(por1) is time to hold the external power below effective voltage (Vpor1).

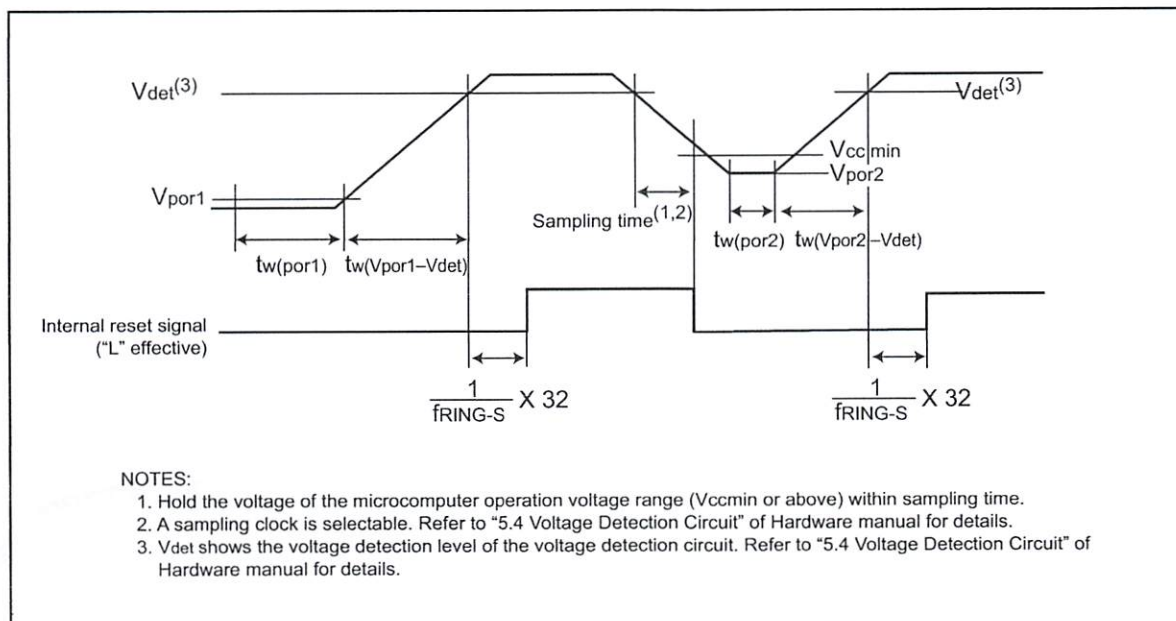
**Figure 5.3 Reset Circuit Electrical Characteristics**

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

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
—	High-speed on-chip oscillator frequency 1 / {td(HRoffset)+td(HR)} when the reset is released	VCC=5.0V, Topr=25 °C Set "4016" in the HR1 register	—	8	—	MHz
td(HRoffset)	Settable high-speed on-chip oscillator minimum period	VCC=5.0V, Topr=25 °C Set "0016" in the HR1 register	—	61	—	ns
td(HR)	High-speed on-chip oscillator period adjusted unit	Differences when setting "0116" and "0016" in the HR register	—	1	—	ns
—	High-speed on-chip oscillator frequency temperature dependence(1)	Frequency fluctuation in temperature range of -10 °C to 50 °C	—	±5	—	%
—	High-speed on-chip oscillator frequency temperature dependence(2)	Frequency fluctuation in temperature range of -40 °C to 85 °C	—	±10	—	%

NOTES:

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

Table 5.10 Power Circuit Timing Characteristics

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

NOTES:

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

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

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

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

Symbol	Parameter		Measuring condition		Standard			Unit	
					Min.	Typ.	Max.		
VoH	"H" output voltage	Except XOUT	IOH=-5mA		Vcc-2.0	—	Vcc	V	
			IOH=-200μA		Vcc-0.3	—	Vcc	V	
	XOUT	Drive capacity HIGH	IOH=-1 mA	Vcc-2.0	—	Vcc	V		
		Drive capacity LOW	IOH=-500μA	Vcc-2.0	—	Vcc	V		
VoL	"L" output voltage	Except P10 to P17, XOUT	IoL= 5 mA		—	—	2.0	V	
			IoL= 200 μA		—	—	0.45	V	
		P10 to P17	Drive capacity HIGH	IoL= 15 mA	—	—	2.0	V	
			Drive capacity LOW	IoL= 5 mA	—	—	2.0	V	
	XOUT	Drive capacity LOW	IoL= 200 μA	—	—	0.45	V		
		Drive capacity HIGH	IoL= 1 mA	—	—	2.0	V		
	Vt+~Vt-	Hysteresis	INT0, INT1, INT2, INT3, KI0, KI1, KI2, KI3, CNTR0, CNTR1, TCIN, RxD0, RxD1, P45			0.2	—	1.0	V
				RESET			0.2	—	2.2
IiH	"H" input current		Vi=5V		—	—	5.0	μA	
IiL	"L" input current		Vi=0V		—	—	-5.0	μA	
Rpullup	Pull-up resistance		Vi=0V		30	50	167	kΩ	
RxiN	Feedback resistance	XiN			—	1.0	—	MΩ	
fRING-S	Low-speed on-chip oscillator frequency				40	125	250	kHz	
VRAM	RAM retention voltage		At stop mode		2.0	—	—	V	

NOTES:

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

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

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

## NOTES:

1. Timer Y is operated with timer mode.
2. Referenced to V<sub>CC</sub> = AV<sub>CC</sub> = 4.2 to 5.5V at Topr = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(X<sub>IN</sub>)=20MHz unless otherwise specified.



**Timing requirements [V<sub>CC</sub>=5V] (Unless otherwise noted: V<sub>CC</sub> = 5V, V<sub>SS</sub> = 0V at T<sub>opr</sub> = 25 °C)****Table 5.13 XIN input**

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t <sub>C</sub> (XIN)	XIN input cycle time	50	–	ns
t <sub>WH</sub> (XIN)	XIN input HIGH pulse width	25	–	ns
t <sub>WL</sub> (XIN)	XIN input LOW pulse width	25	–	ns

**Table 5.14 CNTR0 input, CNTR1 input,  $\overline{\text{INT2}}$  input**

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t <sub>C</sub> (CNTR0)	CNTR0 input cycle time	100	–	ns
t <sub>WH</sub> (CNTR0)	CNTR0 input HIGH pulse width	40	–	ns
t <sub>WL</sub> (CNTR0)	CNTR0 input LOW pulse width	40	–	ns

**Table 5.15 TCIN input,  $\overline{\text{INT3}}$  input**

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t <sub>C</sub> (TCIN)	TCIN input cycle time	400 <sup>(1)</sup>	–	ns
t <sub>WH</sub> (TCIN)	TCIN input HIGH pulse width	200 <sup>(2)</sup>	–	ns
t <sub>WL</sub> (TCIN)	TCIN input LOW pulse width	200 <sup>(2)</sup>	–	ns

**NOTES:**

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

**Table 5.5 Serial Interface**

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t <sub>C</sub> (CK)	CLKi input cycle time	200	–	ns
t <sub>W</sub> (CKH)	CLKi input HIGH pulse width	100	–	ns
t <sub>W</sub> (CKL)	CLKi input LOW pulse width	100	–	ns
t <sub>d</sub> (C-Q)	TxDi output delay time	–	80	ns
t <sub>h</sub> (C-Q)	TxDi hold time	0	–	ns
t <sub>su</sub> (D-C)	RxDi input setup time	35	–	ns
t <sub>h</sub> (C-D)	RxDi input hold time	90	–	ns

**Table 5.17 External interrupt  $\overline{\text{INT0}}$  input**

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t <sub>W</sub> (INH)	$\overline{\text{INT0}}$ input HIGH pulse width	250 <sup>(1)</sup>	–	ns
t <sub>W</sub> (INL)	$\overline{\text{INT0}}$ input LOW pulse width	250 <sup>(2)</sup>	–	ns

**NOTES:**

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

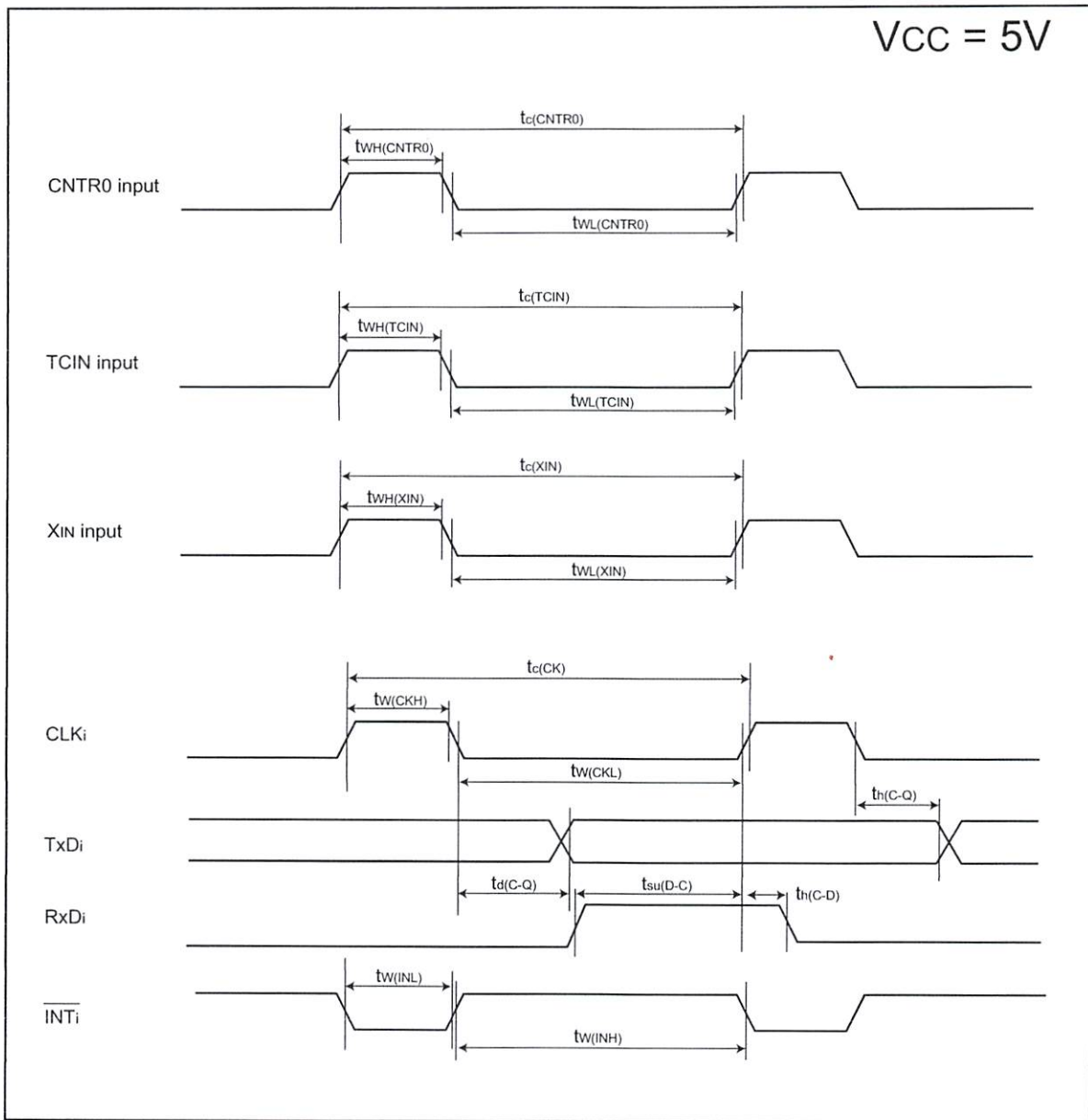


Figure 5.4 Vcc=5V timing diagram

Table 5.18 Electrical Characteristics (3) [V<sub>CC</sub>=3V]

Symbol	Parameter		Measuring condition		Standard			Unit
					Min.	Typ.	Max.	
V <sub>OH</sub>	"H" output voltage	Except X <sub>OUT</sub>	I <sub>OH</sub> =-1mA		V <sub>CC</sub> -0.5	—	V <sub>CC</sub>	V
		X <sub>OUT</sub>	Drive capacity HIGH	I <sub>OH</sub> =-0.1 mA	V <sub>CC</sub> -0.5	—	V <sub>CC</sub>	V
			Drive capacity LOW	I <sub>OH</sub> =-50 μA	V <sub>CC</sub> -0.5	—	V <sub>CC</sub>	V
V <sub>OL</sub>	"L" output voltage	Except P10 to P17, X <sub>OUT</sub>	I <sub>OL</sub> = 1 mA		—	—	0.5	V
		P10 to P17	Drive capacity HIGH	I <sub>OL</sub> = 2 mA	—	—	0.5	V
			Drive capacity LOW	I <sub>OL</sub> = 1 mA	—	—	0.5	V
		X <sub>OUT</sub>	Drive capacity HIGH	I <sub>OL</sub> = 0.1 mA	—	—	0.5	V
Drive capacity LOW	I <sub>OL</sub> =50 μA		—	—	0.5	V		
V <sub>T+</sub> -V <sub>T-</sub>	Hysteresis	INT0, INT1, INT2, INT3, K10, K11, K12, K13, CNTR0, CNTR1, TCIN, RxD0, RxD1, P45			0.2	—	0.8	V
		RESET			0.2	—	1.8	V
I <sub>IH</sub>	"H" input current			V <sub>I</sub> =3V	—	—	4.0	μA
I <sub>IL</sub>	"L" input current			V <sub>I</sub> =0V	—	—	-4.0	μA
R <sub>PULLUP</sub>	Pull-up resistance			V <sub>I</sub> =0V	66	160	500	kΩ
R <sub>XIN</sub>	Feedback resistance	X <sub>IN</sub>			—	3.0	—	MΩ
f <sub>RING-S</sub>	Low-speed on-chip oscillator frequency				40	125	250	kHz
V <sub>RAM</sub>	RAM retention voltage			At stop mode	2.0	—	—	V

## NOTES:

1. Referenced to V<sub>CC</sub> = AV<sub>CC</sub> = 2.7 to 3.3V at T<sub>opr</sub> = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(X<sub>IN</sub>)=10MHz unless otherwise specified.

Table 5.19 Electrical Characteristics (4) [V<sub>CC</sub>=3V]

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

## NOTES:

1. Timer Y is operated with timer mode.
2. Referenced to V<sub>CC</sub> = AV<sub>CC</sub> = 2.7 to 3.3V at T<sub>OPR</sub> = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(X<sub>N</sub>)=10MHz unless otherwise specified.

### Timing requirements [V<sub>CC</sub>=3V] (Unless otherwise noted: V<sub>CC</sub> = 3V, V<sub>SS</sub> = 0V at Topr = 25 °C)

**Table 5.20 XIN input**

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t <sub>c</sub> (XIN)	XIN input cycle time	100	–	ns
t <sub>WH</sub> (XIN)	XIN input HIGH pulse width	40	–	ns
t <sub>WL</sub> (XIN)	XIN input LOW pulse width	40	–	ns

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

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t <sub>c</sub> (CNTR0)	CNTR0 input cycle time	300	–	ns
t <sub>WH</sub> (CNTR0)	CNTR0 input HIGH pulse width	120	–	ns
t <sub>WL</sub> (CNTR0)	CNTR0 input LOW pulse width	120	–	ns

**Table 5.22 TCIN input,  $\overline{\text{INT3}}$  input**

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t <sub>c</sub> (TCIN)	TCIN input cycle time	1200 <sup>(1)</sup>	–	ns
t <sub>WH</sub> (TCIN)	TCIN input HIGH pulse width	600 <sup>(2)</sup>	–	ns
t <sub>WL</sub> (TCIN)	TCIN input LOW pulse width	600 <sup>(2)</sup>	–	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 <sub>c</sub> (CK)	CLKi input cycle time	300	–	ns
t <sub>W</sub> (CKH)	CLKi input HIGH pulse width	150	–	ns
t <sub>W</sub> (CKL)	CLKi input LOW pulse width	150	–	ns
t <sub>d</sub> (C-Q)	TxDi output delay time	–	160	ns
t <sub>h</sub> (C-Q)	TxDi hold time	0	–	ns
t <sub>su</sub> (D-C)	RxDi input setup time	55	–	ns
t <sub>h</sub> (C-D)	RxDi input hold time	90	–	ns

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

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
t <sub>W</sub> (INH)	$\overline{\text{INT0}}$ input HIGH pulse width	380 <sup>(1)</sup>	–	ns
t <sub>W</sub> (INL)	$\overline{\text{INT0}}$ input LOW pulse width	380 <sup>(2)</sup>	–	ns

**NOTES:**

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

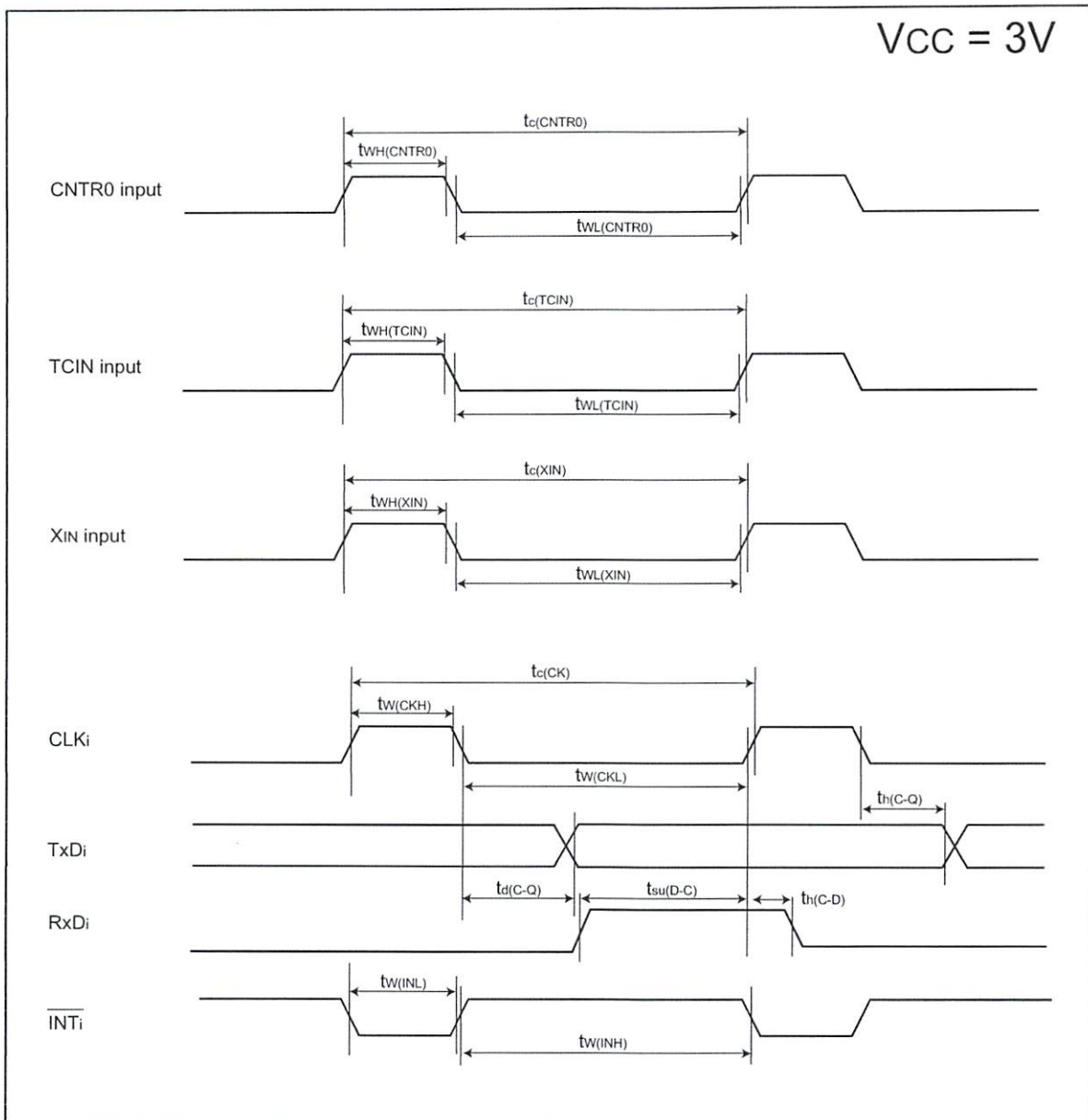


Figure 5.5 Vcc=3V timing diagram

# LM386

## Low Voltage Audio Power Amplifier

### General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value from 20 to 200.

The inputs are ground referenced while the output automatically biases to one-half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

### Features

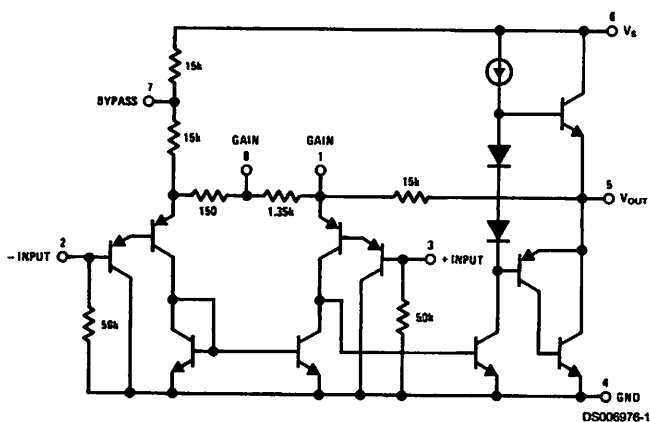
- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range: 4V–12V or 5V–18V
- Low quiescent current drain: 4mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion: 0.2% ( $A_V = 20$ ,  $V_S = 6V$ ,  $R_L = 8\Omega$ ,  $P_O = 125mW$ ,  $f = 1kHz$ )
- Available in 8 pin MSOP package

### Applications

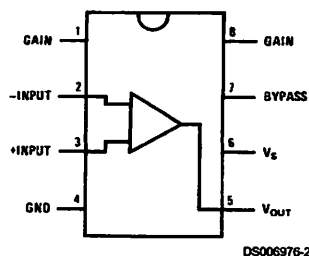
- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier

### Equivalent Schematic and Connection Diagrams



Small Outline,  
Molded Mini Small Outline,  
and Dual-In-Line Packages



Top View  
Order Number LM386M-1,  
LM386MM-1, LM386N-1,  
LM386N-3 or LM386N-4  
See NS Package Number  
M08A, MUA08A or N08E

**Absolute Maximum Ratings** (Note 2)

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

Supply Voltage (LM386N-1, -3, LM386M-1)	15V
Supply Voltage (LM386N-4)	22V
Package Dissipation (Note 3) (LM386N)	1.25W
(LM386M)	0.73W
(LM386MM-1)	0.595W
Input Voltage	±0.4V
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Operating Temperature	0°C to +70°C
Junction Temperature	+150°C
Soldering Information	

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec)	+260°C
Small Outline Package (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 sec)	+215°C
Infrared (15 sec)	+220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	
Thermal Resistance	
$\theta_{JC}$ (DIP)	37°C/W
$\theta_{JA}$ (DIP)	107°C/W
$\theta_{JC}$ (SO Package)	35°C/W
$\theta_{JA}$ (SO Package)	172°C/W
$\theta_{JA}$ (MSOP)	210°C/W
$\theta_{JC}$ (MSOP)	56°C/W

**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2)

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

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage ( $V_S$ ) LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1 LM386N-4		4 5		12 18	V V
Quiescent Current ( $I_Q$ )	$V_S = 6V, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power ( $P_{OUT}$ ) LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1 LM386N-3 LM386N-4	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$ $V_S = 9V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$ $V_S = 16V, R_L = 32\Omega, THD = 10\%$	250 500 700	325 700 1000		mW mW mW
Voltage Gain ( $A_v$ )	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz}$ 10 $\mu\text{F}$ from Pin 1 to 8		26 46		dB dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6V$ , Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, P_{OUT} = 125\text{ mW}$ $f = 1\text{ kHz}$ , Pins 1 and 8 Open		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz}, C_{BYPASS} = 10\ \mu\text{F}$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance ( $R_{IN}$ )			50		k $\Omega$
Input Bias Current ( $I_{BIAS}$ )	$V_S = 6V$ , Pins 2 and 3 Open		250		nA

**Note 1:** All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

**Note 2:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

**Note 3:** For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of 107°C/W junction to ambient for the dual-in-line package and 2) a thermal resistance of 170°C/W for the small outline package.



## Application Hints

### GAIN CONTROL

To make the LM386 a more versatile amplifier, two pins (1 and 8) are provided for gain control. With pins 1 and 8 open the 1.35 k $\Omega$  resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 1 to 8, bypassing the 1.35 k $\Omega$  resistor, the gain will go up to 200 (46 dB). If a resistor is placed in series with the capacitor, the gain can be set to any value from 20 to 200. Gain control can also be done by capacitively coupling a resistor (or FET) from pin 1 to ground.

Additional external components can be placed in parallel with the internal feedback resistors to tailor the gain and frequency response for individual applications. For example, we can compensate poor speaker bass response by frequency shaping the feedback path. This is done with a series RC from pin 1 to 5 (paralleling the internal 15 k $\Omega$  resistor). For 6 dB effective bass boost:  $R \approx 15$  k $\Omega$ , the lowest value for good stable operation is  $R = 10$  k $\Omega$  if pin 8 is open. If pins 1 and 8 are bypassed then R as low as 2 k $\Omega$  can be used. This restriction is because the amplifier is only compensated for closed-loop gains greater than 9.

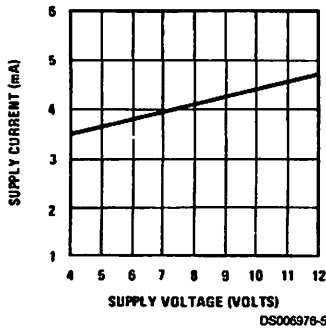
### INPUT BIASING

The schematic shows that both inputs are biased to ground with a 50 k $\Omega$  resistor. The base current of the input transistors is about 250 nA, so the inputs are at about 12.5 mV when left open. If the dc source resistance driving the LM386 is higher than 250 k $\Omega$  it will contribute very little additional offset (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). If the dc source resistance is less than 10 k $\Omega$ , then shorting the unused input to ground will keep the offset low (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). For dc source resistances between these values we can eliminate excess offset by putting a resistor from the unused input to ground, equal in value to the dc source resistance. Of course all offset problems are eliminated if the input is capacitively coupled.

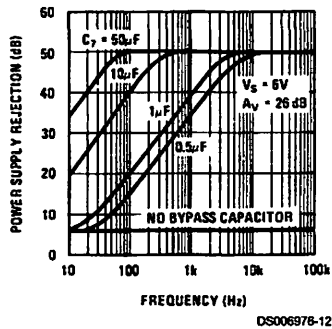
When using the LM386 with higher gains (bypassing the 1.35 k $\Omega$  resistor between pins 1 and 8) it is necessary to bypass the unused input, preventing degradation of gain and possible instabilities. This is done with a 0.1  $\mu$ F capacitor or a short to ground depending on the dc source resistance on the driven input.

# Typical Performance Characteristics

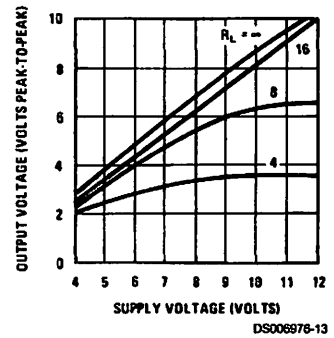
**Quiescent Supply Current vs Supply Voltage**



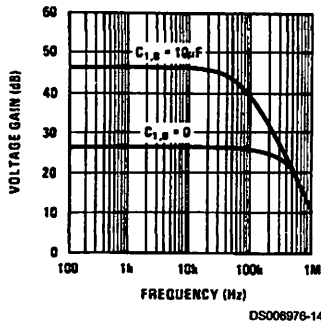
**Power Supply Rejection Ratio (Referred to the Output) vs Frequency**



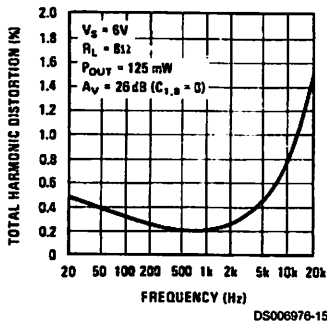
**Peak-to-Peak Output Voltage Swing vs Supply Voltage**



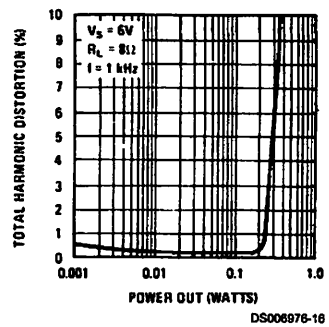
**Voltage Gain vs Frequency**



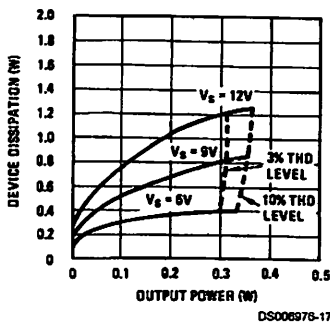
**Distortion vs Frequency**



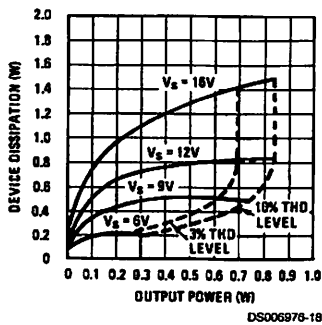
**Distortion vs Output Power**



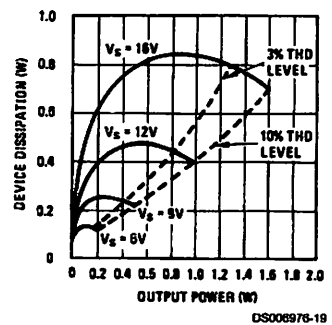
**Device Dissipation vs Output Power—4Ω Load**



**Device Dissipation vs Output Power—8Ω Load**

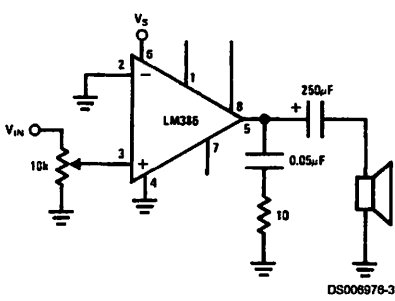


**Device Dissipation vs Output Power—16Ω Load**

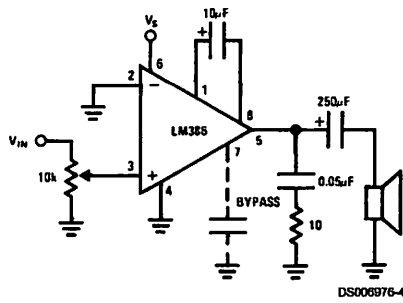


# Typical Applications

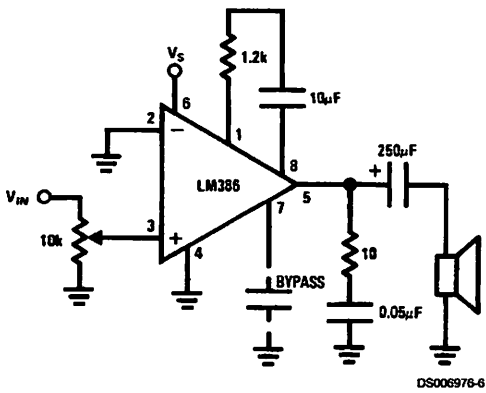
**Amplifier with Gain = 20  
Minimum Parts**



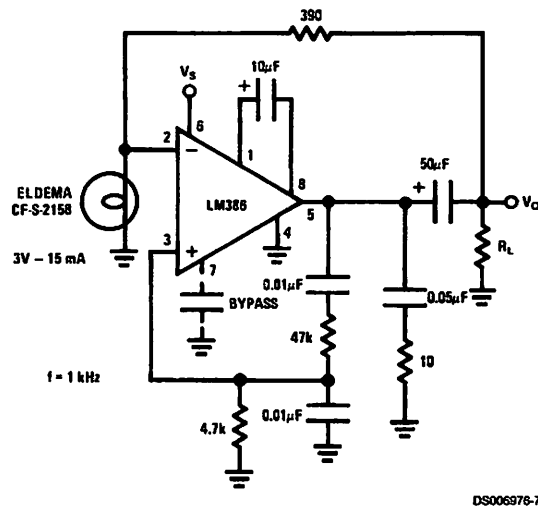
**Amplifier with Gain = 200**



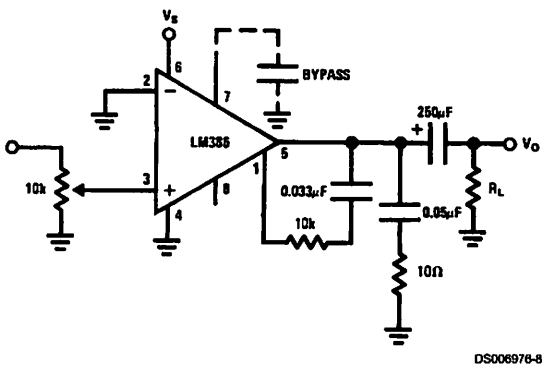
**Amplifier with Gain = 50**



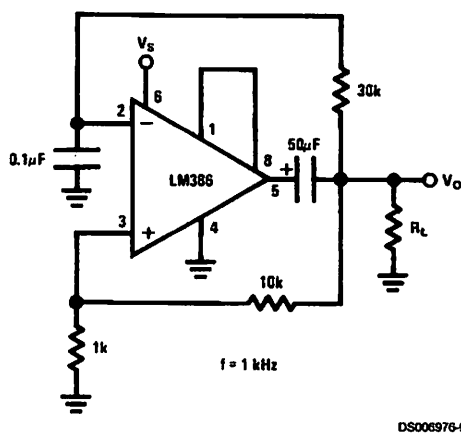
**Low Distortion Power Wienbridge Oscillator**



**Amplifier with Bass Boost**

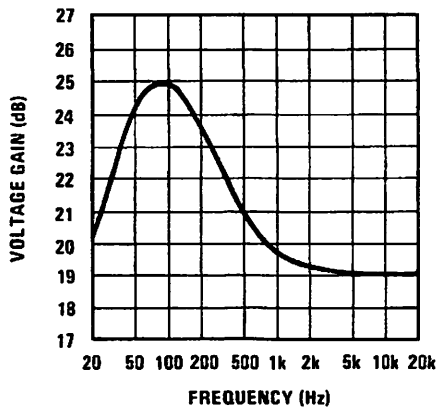


**Square Wave Oscillator**



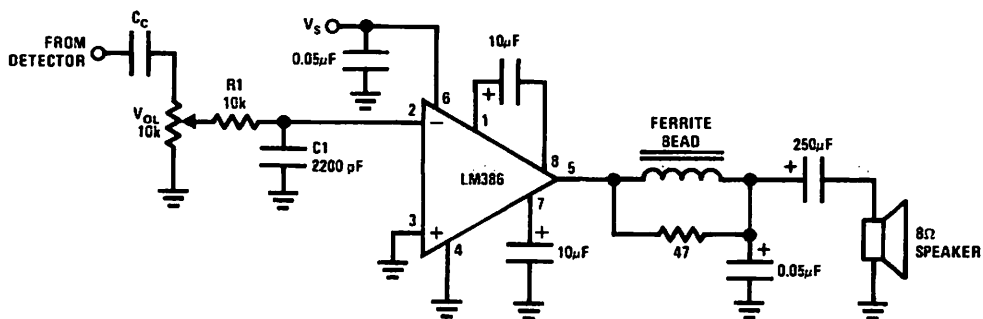
## Typical Applications (Continued)

### Frequency Response with Bass Boost



DS006976-10

### AM Radio Power Amplifier



DS006976-11

**Note 4:** Twist Supply lead and supply ground very tightly.

**Note 5:** Twist speaker lead and ground very tightly.

**Note 6:** Ferrite bead in Ferroxcube K5-001-001/3B with 3 turns of wire.

**Note 7:** R1C1 band limits input signals.

**Note 8:** All components must be spaced very closely to IC.



# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

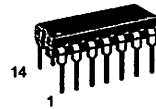
## Quad Low Power Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

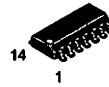
- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation

### QUAD DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

#### SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



**N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 646  
(LM224, LM324,  
LM2902 Only)**



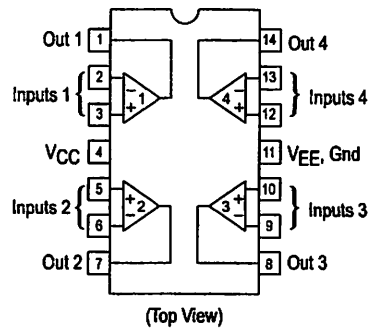
**D SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 751A  
(SO-14)**

#### MAXIMUM RATINGS ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	$V_{CC}$ $V_{CC}, V_{EE}$	32 $\pm 16$	26 $\pm 13$	Vdc
Input Differential Voltage Range (See Note 1)	$V_{IDR}$	$\pm 32$	$\pm 26$	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	$V_{ICR}$	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	$t_{SC}$	Continuous		
Junction Temperature	$T_J$	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-65 to +150		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	$T_A$	-25 to +85 0 to +70	-40 to +105 -40 to +125	$^\circ\text{C}$

NOTE: 1. Split Power Supplies.

#### PIN CONNECTIONS



#### ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2902D	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	SO-14
LM2902N		Plastic DIP
LM2902VD	$T_A = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$	SO-14
LM2902VN		Plastic DIP
LM224D	$T_A = -25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-14
LM224N		Plastic DIP
LM324AD	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-14
LM324AN		Plastic DIP
LM324D		SO-14
LM324N		Plastic DIP

## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ ,  $V_{EE} = \text{Gnd}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V to } 30\text{ V}$ ( $26\text{ V}$ for LM2902, $V$ ), $V_{ICR} = 0\text{ V to } V_{CC} - 1.7\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}^{(1)}$ $T_A = T_{\text{low}}^{(1)}$	$V_{IO}$	-	2.0	5.0	-	2.0	3.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	30	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	$I_{IO}$	-	3.0	30	-	5.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	300	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	$I_B$	-	-90	-150	-	-45	-100	-	-90	-250	-	-90	-250	-	-90	-250	nA
Input Common Mode Voltage Range <sup>(2)</sup> $V_{CC} = 30\text{ V}$ ( $26\text{ V}$ for LM2902, $V$ ) $V_{CC} = 30\text{ V}$ ( $26\text{ V}$ for LM2902, $V$ ), $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}$	$V_{ICR}$	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
Differential Input Voltage Range	$V_{IDR}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ , for Large $V_O$ Swing, $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$	$A_{VOL}$	50 25	100	-	25 15	100	-	25 15	100	-	25 15	100	-	25 15	100	-	V/mV
Channel Separation $10\text{ kHz} \leq f \leq 20\text{ kHz}$ , Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection, $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB
Output Voltage—High Limit ( $T_A = T_{\text{high}} \text{ to } T_{\text{low}}^{(1)}$ ) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ ( $26\text{ V}$ for LM2902, $V$ ), $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ ( $26\text{ V}$ for LM2902, $V$ ), $R_L = 10\text{ k}\Omega$	$V_{OH}$	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	V
		26	-	-	26	-	-	26	-	-	22	-	-	22	-	-	
		27	28	-	27	28	-	27	28	-	23	24	-	23	24	-	

NOTES: 1.  $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$  for LM224  
 $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$  for LM224  
 $= 0^\circ\text{C}$  for LM324, A  
 $= +70^\circ\text{C}$  for LM324, A  
 $= -40^\circ\text{C}$  for LM2902  
 $= +105^\circ\text{C}$  for LM2902  
 $= -40^\circ\text{C}$  for LM2902V  
 $= +125^\circ\text{C}$  for LM2902V

2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than  $0.3\text{ V}$ . The upper end of the common mode voltage range is  $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ .

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

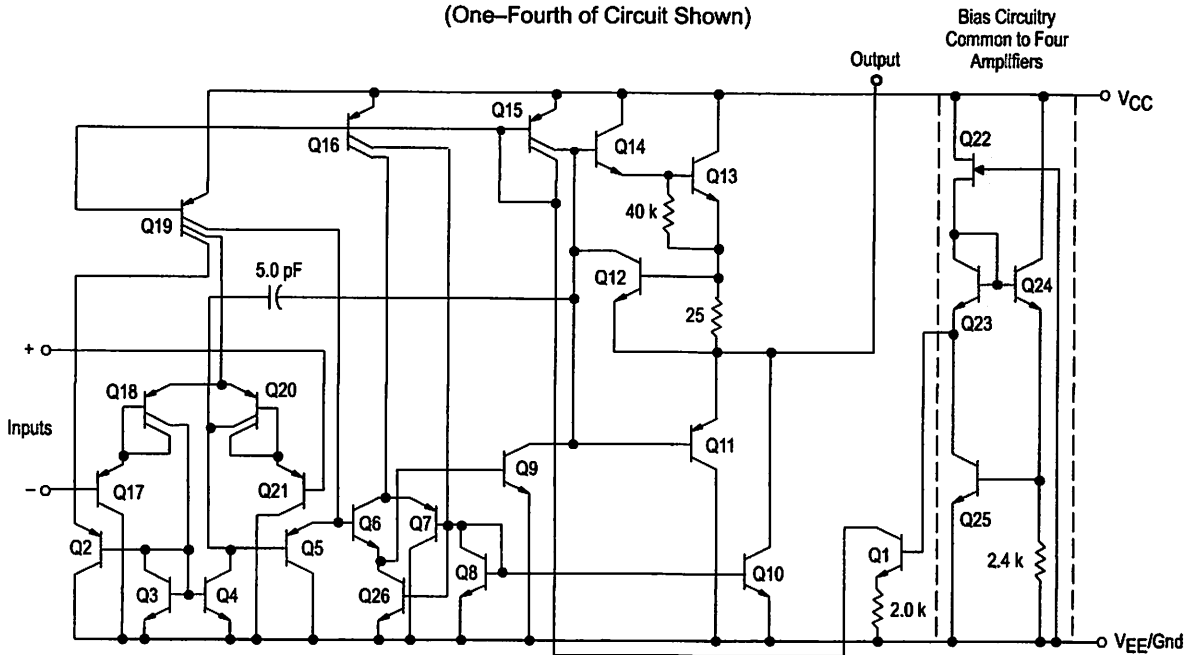
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ ,  $V_{EE} = \text{Gnd}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage – Low Limit, $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	$V_{OL}$	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	100	–	5.0	100	mV
Output Source Current ( $V_{ID} = +1.0\text{ V}$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ ) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	$I_{O+}$	20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current ( $V_{ID} = -1.0\text{ V}$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ ) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$ ( $V_{ID} = -1.0\text{ V}$ , $V_O = 200\text{ mV}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ )	$I_{O-}$	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	mA
Output Short Circuit to Ground <sup>(3)</sup>	$I_{SC}$	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current ( $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$ ) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $V_O = 0\text{ V}$ , $R_L = \infty$ $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_L = \infty$	$I_{CC}$	–	–	3.0	–	1.4	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	mA

NOTES: 1.  $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$  for LM224       $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$  for LM224  
            $= 0^\circ\text{C}$  for LM324, A             $= +70^\circ\text{C}$  for LM324, A  
            $= -40^\circ\text{C}$  for LM2902             $= +105^\circ\text{C}$  for LM2902  
            $= -40^\circ\text{C}$  for LM2902V         $= +125^\circ\text{C}$  for LM2902V

2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is  $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ .

**Representative Circuit Diagram**  
(One-Fourth of Circuit Shown)

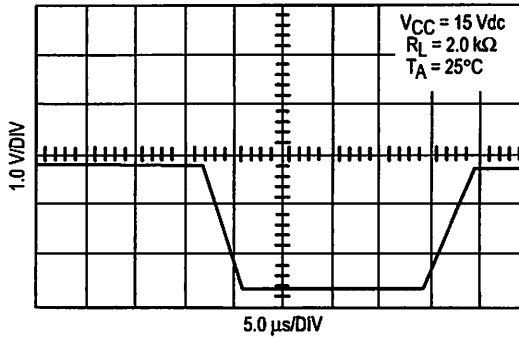


## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

### CIRCUIT DESCRIPTION

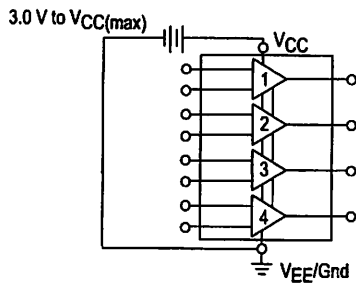
The LM324 series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

#### Large Signal Voltage Follower Response

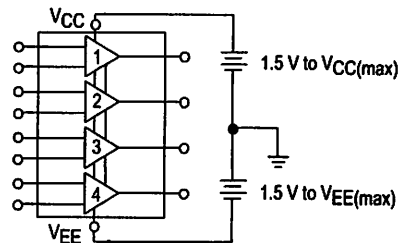


Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

#### Single Supply



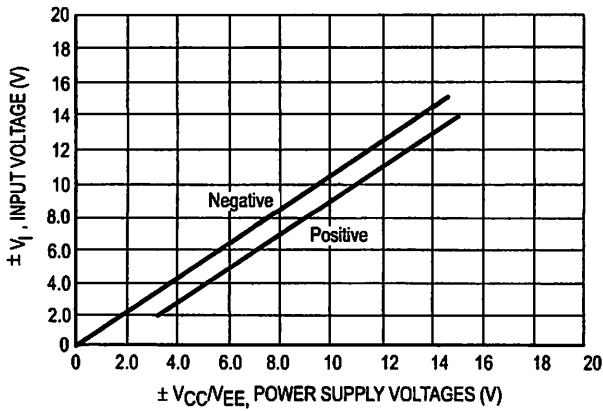
#### Split Supplies



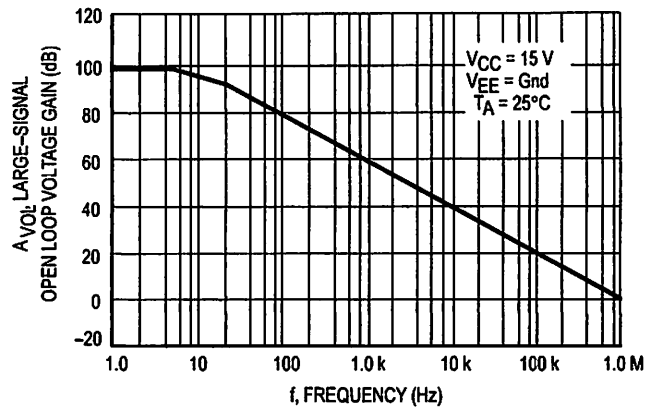


# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

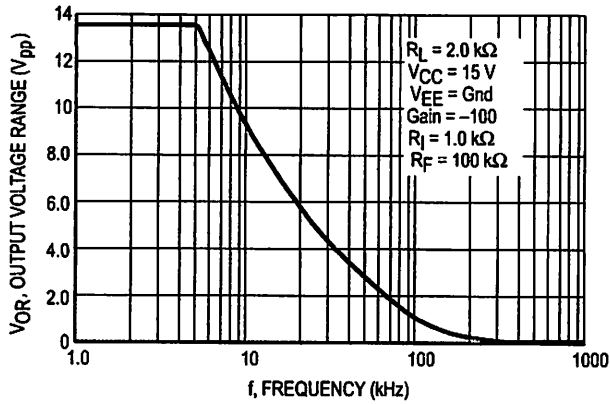
**Figure 1. Input Voltage Range**



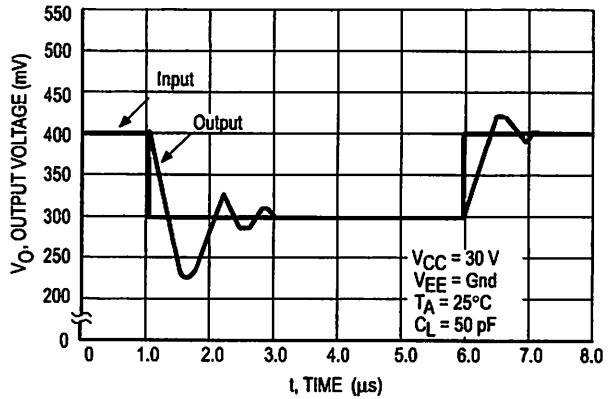
**Figure 2. Open Loop Frequency**



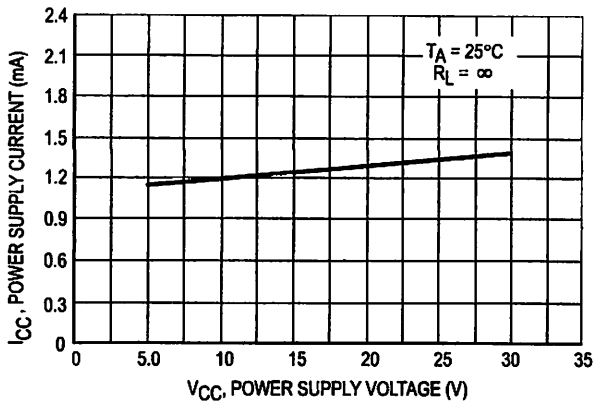
**Figure 3. Large-Signal Frequency Response**



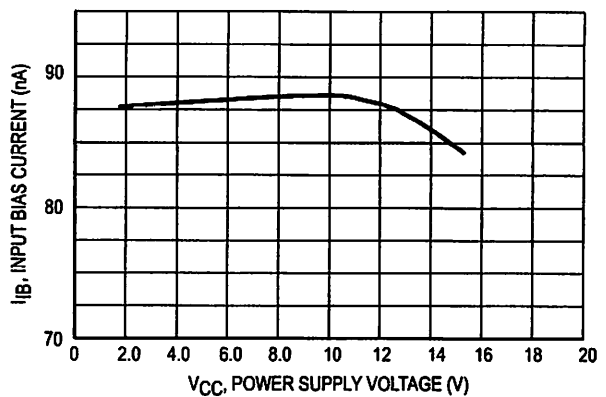
**Figure 4. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)**



**Figure 5. Power Supply Current versus Power Supply Voltage**



**Figure 6. Input Bias Current versus Power Supply Voltage**



# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

Figure 7. Voltage Reference

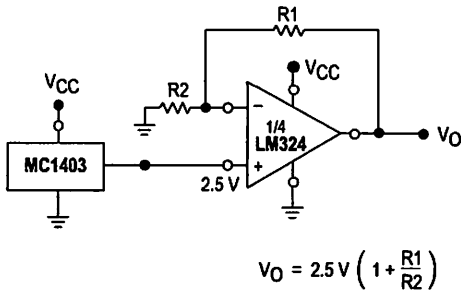


Figure 8. Wien Bridge Oscillator

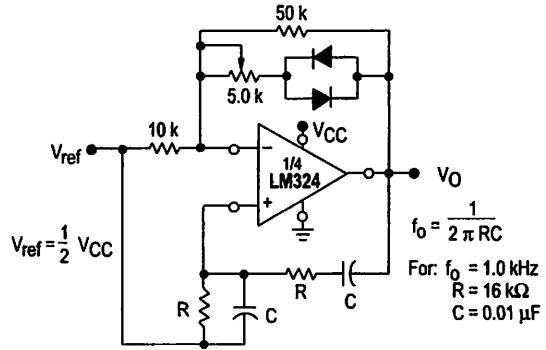


Figure 9. High Impedance Differential Amplifier

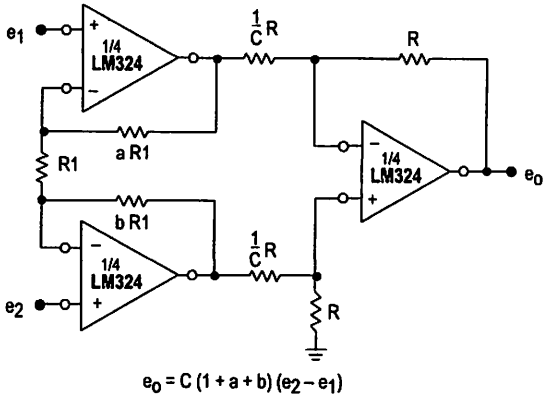


Figure 10. Comparator with Hysteresis

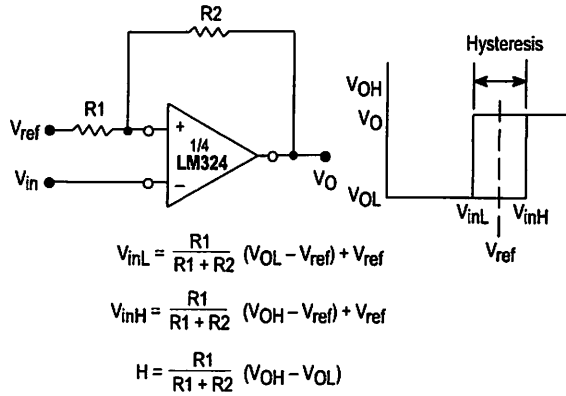
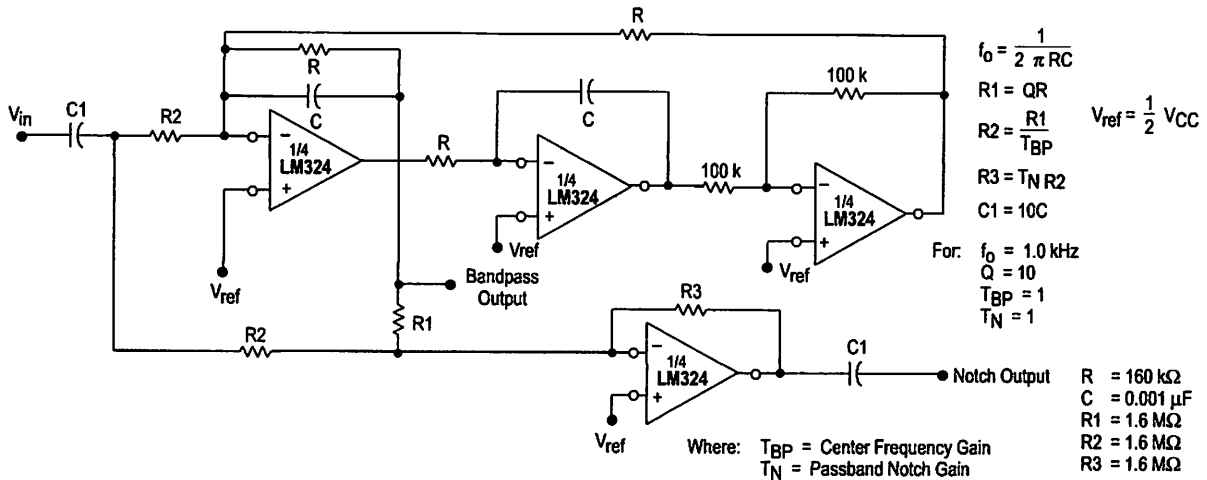


Figure 11. Bi-Quad Filter



## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

Figure 12. Function Generator

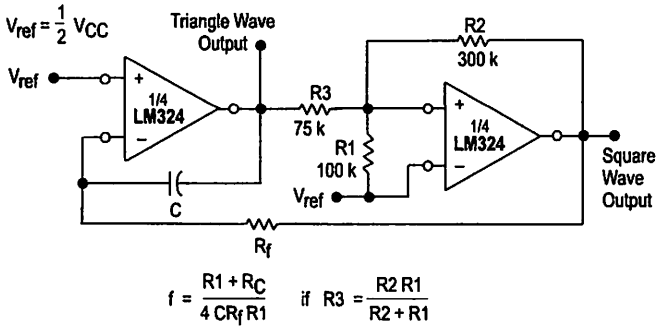
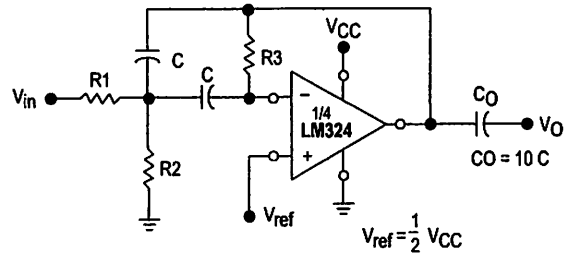


Figure 13. Multiple Feedback Bandpass Filter



Given:  $f_0$  = center frequency  
 $A(f_0)$  = gain at center frequency

Choose value  $f_0, C$

$$\text{Then: } R3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$$

$$R1 = \frac{R3}{2 A(f_0)}$$

$$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$$

For less than 10% error from operational amplifier,  $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$

where  $f_0$  and BW are expressed in Hz.

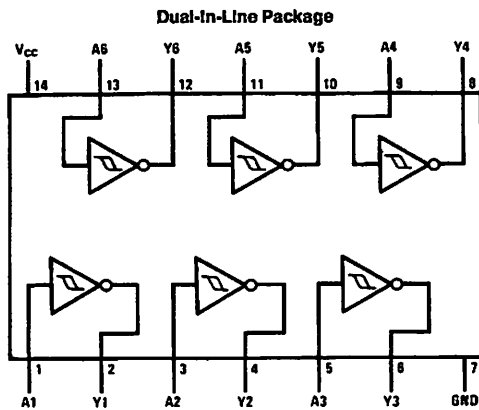
If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

## 54LS14/DM74LS14 Hex Inverters with Schmitt Trigger Inputs

### General Description

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

### Connection Diagram



TL/F/6353-1

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

### Function Table

$$Y = \bar{A}$$

Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = High Logic Level  
L = Low Logic Level

### Absolute Maximum Ratings (Note)

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

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

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

### Recommended Operating Conditions

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

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V <sub>I</sub>	Input Clamp Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>I</sub> = -18 mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OH</sub> = Max V <sub>IL</sub> = Max	54LS 2.5	3.4		V
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OL</sub> = Max V <sub>IH</sub> = Min	54LS	0.25	0.4	V
			DM74	0.35	0.5	
		V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OL</sub> = 4 mA	DM74	0.25	0.4	
I <sub>T+</sub>	Input Current at Positive-Going Threshold	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>I</sub> = V <sub>T+</sub>	DM74	-0.14		mA
I <sub>T-</sub>	Input Current at Negative-Going Threshold	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>I</sub> = V <sub>T-</sub>	DM74	-0.18		mA
I <sub>I</sub>	Input Current @ Max Input Voltage	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 7V	DM74		0.1	mA
		V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 10.0V	54LS			
I <sub>IH</sub>	High Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 2.7V			20	μA
I <sub>IL</sub>	Low Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 0.4V			-0.4	mA
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Output Current	V <sub>CC</sub> = Max (Note 3)	54LS	-20	-100	mA
			DM74	-20	-100	
I <sub>CCH</sub>	Supply Current with Outputs High	V <sub>CC</sub> = Max		8.6	16	mA
I <sub>CCL</sub>	Supply Current with Outputs Low	V <sub>CC</sub> = Max		12	21	mA

Note 1: V<sub>CC</sub> = 5V.

Note 2: All typicals are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

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

**Switching Characteristics** at  $V_{CC} = 5V$  and  $T_A = 25^\circ C$  (See Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

Symbol	Parameter	$R_L = 2\text{ k}\Omega$				Units
		$C_L = 15\text{ pF}$		$C_L = 50\text{ pF}$		
		Min	Max	Min	Max	
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time Low to High Level Output	5	22	8	25	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time High to Low Level Output	5	22	10	33	ns

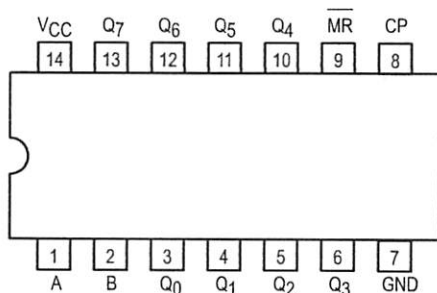


# SERIAL-IN PARALLEL-OUT SHIFT REGISTER

The SN54/74LS164 is a high speed 8-Bit Serial-In Parallel-Out Shift Register. Serial data is entered through a 2-Input AND gate synchronous with the LOW to HIGH transition of the clock. The device features an asynchronous Master Reset which clears the register setting all outputs LOW independent of the clock. It utilizes the Schottky diode clamped process to achieve high speeds and is fully compatible with all Motorola TTL products.

- Typical Shift Frequency of 35 MHz
- Asynchronous Master Reset
- Gated Serial Data Input
- Fully Synchronous Data Transfers
- Input Clamp Diodes Limit High Speed Termination Effects
- ESD > 3500 Volts

CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



NOTE:  
The Flatpak version has the same pinouts (Connection Diagram) as the Dual In-Line Package.

**PIN NAMES**

- A, B Data Inputs
- CP Clock (Active HIGH Going Edge) Input
- MR Master Reset (Active LOW) Input
- Q<sub>0</sub>-Q<sub>7</sub> Outputs (Note b)

**LOADING (Note a)**

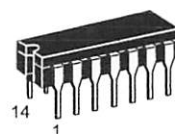
	HIGH	LOW
A, B	0.5 U.L.	0.25 U.L.
CP	0.5 U.L.	0.25 U.L.
MR	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q <sub>0</sub> -Q <sub>7</sub>	10 U.L.	5 (2.5) U.L.

NOTES:

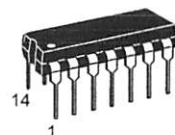
- a) 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 μA HIGH/1.6 mA LOW.
- b) The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 5 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.

## SN54/74LS164

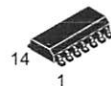
### SERIAL-IN PARALLEL-OUT SHIFT REGISTER LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX  
CERAMIC  
CASE 632-08



N SUFFIX  
PLASTIC  
CASE 646-06

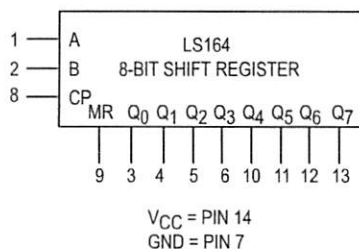


D SUFFIX  
SOIC  
CASE 751A-02

**ORDERING INFORMATION**

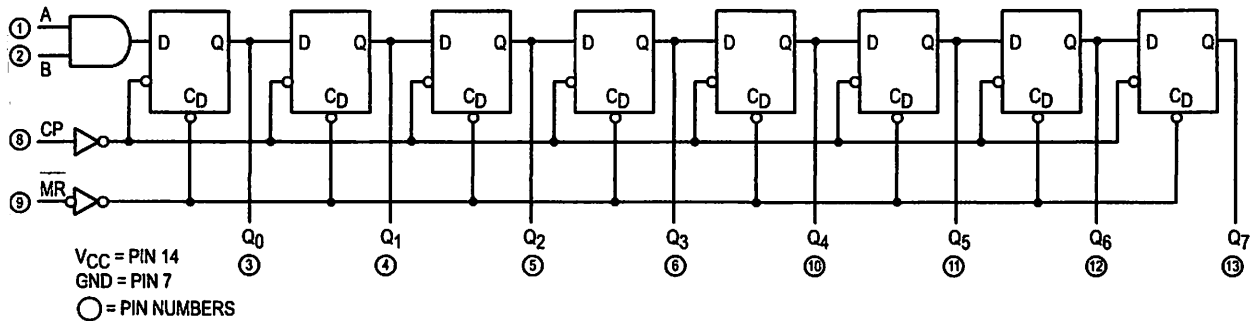
- SN54LSXXXJ Ceramic
- SN74LSXXXN Plastic
- SN74LSXXXD SOIC

**LOGIC SYMBOL**



# SN54/74LS164

## LOGIC DIAGRAM



## FUNCTIONAL DESCRIPTION

The LS164 is an edge-triggered 8-bit shift register with serial data entry and an output from each of the eight stages. Data is entered serially through one of two inputs (A or B); either of these inputs can be used as an active HIGH Enable for data entry through the other input. An unused input must be tied HIGH, or both inputs connected together.

Each LOW-to-HIGH transition on the Clock (CP) input shifts data one place to the right and enters into  $Q_0$  the logical AND of the two data inputs (A•B) that existed before the rising clock edge. A LOW level on the Master Reset (MR) input overrides all other inputs and clears the register asynchronously, forcing all Q outputs LOW.

## MODE SELECT — TRUTH TABLE

OPERATING MODE	INPUTS			OUTPUTS	
	MR	A	B	$Q_0$	$Q_1-Q_7$
Reset (Clear)	L	X	X	L	L - L
Shift	H	l	l	L	$q_0 - q_6$
	H	l	h	L	$q_0 - q_6$
	H	h	l	L	$q_0 - q_6$
	H	h	h	H	$q_0 - q_6$

L (l) = LOW Voltage Levels

H (h) = HIGH Voltage Levels

X = Don't Care

$q_n$  = Lower case letters indicate the state of the referenced input or output one set-up time prior to the LOW to HIGH clock transition.

## GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
$V_{CC}$	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
$T_A$	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
$I_{OH}$	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
$I_{OL}$	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	



# SN54/74LS164

## DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>IN</sub> = -18 mA
V <sub>OH</sub>	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub> per Truth Table
		74	2.7	3.5		
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 4.0 mA
		74	0.35	0.5	V	I <sub>OL</sub> = 8.0 mA
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current			20	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 2.7 V
				0.1	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 7.0 V
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current			-0.4	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 0.4 V
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V <sub>CC</sub> = MAX
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current			27	mA	V <sub>CC</sub> = MAX

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

## AC CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
f <sub>MAX</sub>	Maximum Clock Frequency	25	36		MHz	V <sub>CC</sub> = 5.0 V C <sub>L</sub> = 15 pF
t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay MR to Output Q		24	36	ns	
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Clock to Output Q		17 21	27 32	ns	

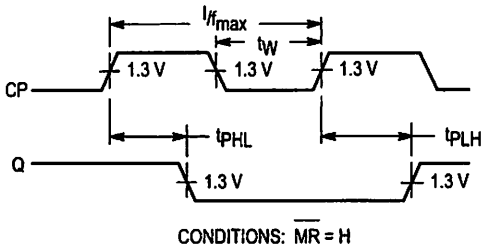
## AC SETUP REQUIREMENTS (T<sub>A</sub> = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t <sub>w</sub>	CP, MR Pulse Width	20			ns	V <sub>CC</sub> = 5.0 V
t <sub>s</sub>	Data Setup Time	15			ns	
t <sub>h</sub>	Data Hold Time	5.0			ns	
t <sub>rec</sub>	MR to Clock Recovery Time	20			ns	

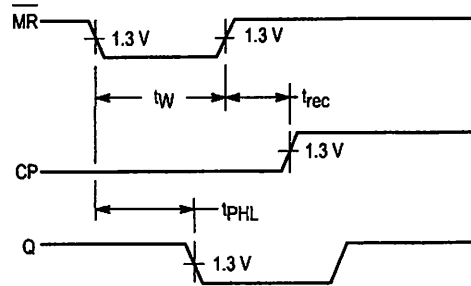
# SN54/74LS164

## AC WAVEFORMS

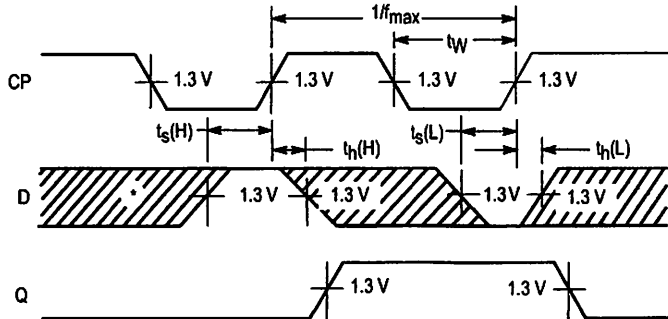
\*The shaded areas indicate when the input is permitted to change for predictable output performance.



**Figure 1. Clock to Output Delays and Clock Pulse Width**



**Figure 2. Master Reset Pulse Width, Master Reset to Output Delay and Master Reset to Clock Recovery Time**



**Figure 3. Data Setup and Hold Times**

***LISTING  
PROGRAM***

Ver\_5

```

/*****
/*
/* FILE      :Ver_5.c
/* DATE      :Tue, Sep 25, 2007
/* DESCRIPTION :Main Program
/* CPU TYPE  :Other
/*
/* This file is generated by Renesas Project Generator (Ver.4.0).
/*
*****/

#include "sfr_r813.h"

#define pin_X          p4_5
#define start          p1_2

/* Deklarasi variabel Global */
int waktu;
unsigned char jumlah_pulsa;

/* Fungsi Inisialisasi Awal MK */
void init_clock()
{
    asm("FCLR I");
    prcr = 1;
    cm13 = 1;
    External */
    cm15 = 1;
    drivecapacity select bit : HIGH */
    cm05 = 0;
    cm16 = 0;
    division mode */
    cm17 = 0;
    cm06 = 0;
    enable*/
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    ocd2 = 0;
    (x-tal)*/
    prcr = 0;
}

void init_io()
{
    pd3=0xff;
    pd4_5=0;
    pd1_3=0;
}

/* Fungsi Untuk Inisialisasi Timer Y */
void init_timer(void)
{
    /* Set mode timer X */
    txmr = 0x00;

    /* timer Y digunakan untuk mode timer */
    /* level interupt = 3 */
    /* timer dibuat per 1 ms*/
    tyzmr=0x00;
    pum=0x00;
    tcss = 0x00;
}

```

ver\_5

```
tyic = 0x03;

/* Setting nilai pewaktu */
/* waktu target = fi / f(Xin) * (prey + 1) * (typr + 1)*/
/* dimana: */
/* fi          = Prescaler utama -> untuk siklus instruksi */
/* f(Xin)      = Clock Utama */
/* prey = Prescaler Timer (Timer Low) */
/* typr = Nilai Timer (Timer High) */
/* waktu=(1/20)*100*200=1 ms */
prey = 99;
typr = 199;
}

void delay_us(int n)
{
    int i,j;
    for (i=1;i<=n;i++)
    {
        for (j=1;j<=20;j++) asm("nop");
    }
}

void delay_ms(int n)
{
    /* ===== */
    /* waktu = fi / f(Xin) * (prex + 1) * (tx + 1)
    */
    /* dimana:
    */
    /* fi          = Prescaler utama (yang diseting melalui cm16 dan
cm17) */
    /* f(Xin)      = Clock Utama
    */
    /* prex        = Prescaler Timer (Timer Low)
    */
    /* tx          = Nilai Timer (Timer High)
    */
    /* ===== */

    /* waktu=(1/20)*100*200=1 ms */
    prex = 99;
    tx = 199;

    /* Start Counting*/
    txs = 1;

    /* Menunggu */
    while(n>0)
    {
        while(txs!=1);
        txs=0;
        n--;
    }

    /* Stop Counting*/
    txs = 0;
}

/* Fungsi saat terjadi interrupt timer */
#pragma INTERRUPT timer_y
```

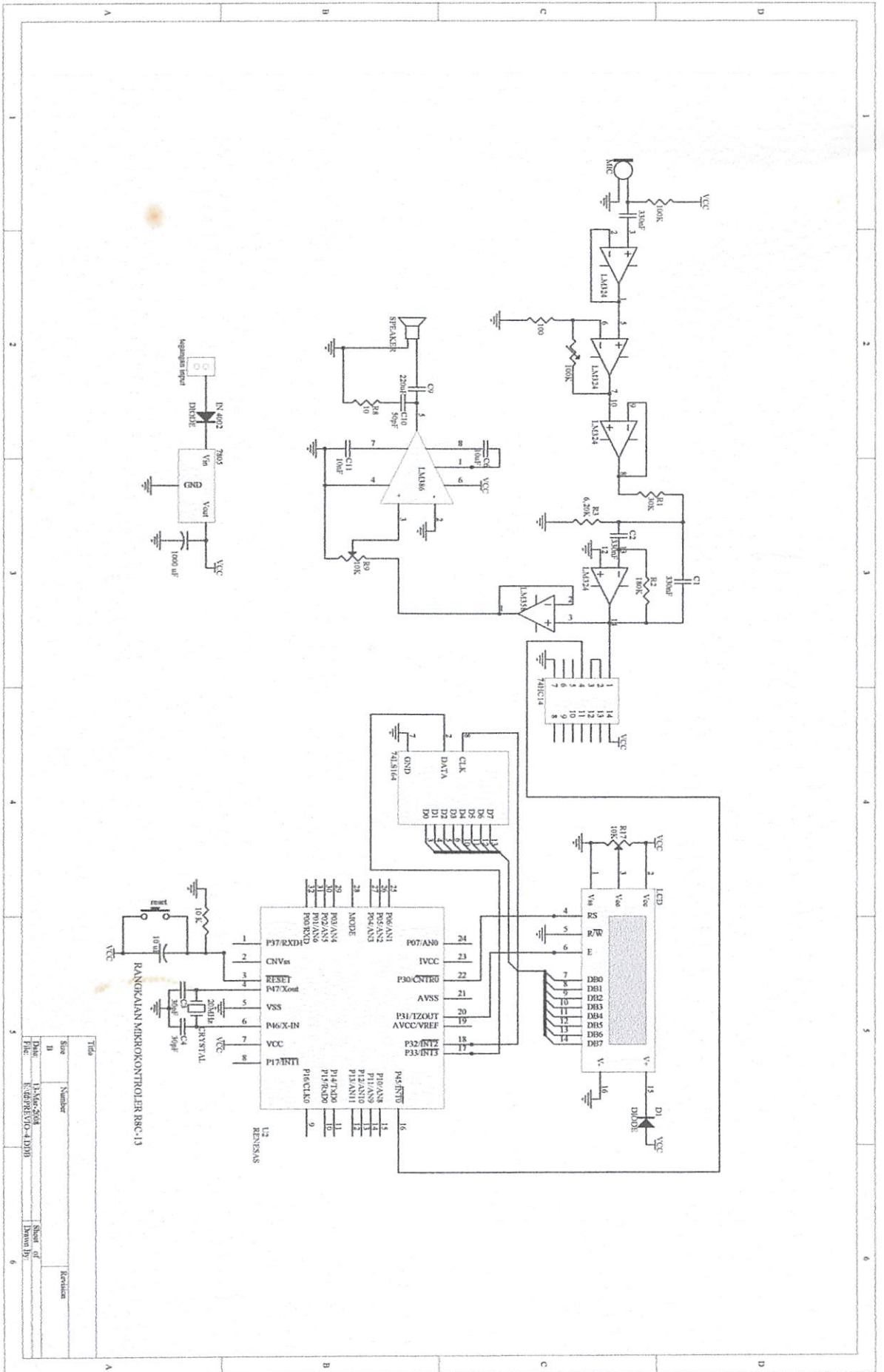
ver\_5

```
void timer_y(void)
{
    waktu--;
}

void main(void)
{
    int jumlah_denyut;
    /* Proses Inisialisasi MK */
    init_clock();
    init_io();
    init_timer();
    init_LCD();

    while (1)
    {
        clear_LCD();
        tampil_text(1,1,"Press Start ..!");
        waktu=25000;jumlah_pulsa=0;
        while(start==1);
        set_posisi_LCD(2,1);tampil_angka(0);
        tampil_text(1,1,"Please wait 1 ..");
        asm("FSET I");
        tys=1;
        while(waktu>20000)
        {
            while((pin_X==1)&&(waktu>20000));
            while((pin_X==0)&&(waktu>20000));
            if (waktu>20000) jumlah_pulsa++;
            set_posisi_LCD(2,1);tampil_angka(jumlah_pulsa);
        }
        while(waktu>15000);
        tampil_text(1,1,"Please wait 2..");
        while(waktu>10000)
        {
            while((pin_X==1)&&(waktu>10000));
            while((pin_X==0)&&(waktu>10000));
            if (waktu>10000) jumlah_pulsa++;
            set_posisi_LCD(2,1);tampil_angka(jumlah_pulsa);
        }
        while(waktu>5000);
        tampil_text(1,1,"Please wait 3..");
        while(waktu>0)
        {
            while((pin_X==1)&&(waktu>0));
            while((pin_X==0)&&(waktu>0));
            if (waktu>0) jumlah_pulsa++;
            set_posisi_LCD(2,1);tampil_angka(jumlah_pulsa);
        }
        asm("FCLR I");
        tys=0;
        tampil_text(1,1,"Jumlah Denyut :");
        jumlah_denyut=jumlah_pulsa*4;
        set_posisi_LCD(2,1);tampil_angka(jumlah_denyut);
        delay_ms(3000);
    }
}
```

# **GAMBAR SKEMATIK**



Tugas		Kerjakan	
No	Number	No	Kerjakan
Nama : NAMA SUDHA No. : 1309180120014101010 Kelas : Sistem Informasi			





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

**LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

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

Hari : Sabtu  
Tanggal : 15 Maret 2008

Telah dilakukan perbaikan oleh:

Nama : Erwin Hari Kristanto  
N.I.M : 03.17.046  
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1  
Konsentrasi : ELEKTRONIKA  
Judul Skripsi : **Perencanaan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Detak Jantung Bayi Dalam Kandungan Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C13/*Tiny Series***

Perbaikan meliputi:

No.	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Referensi perlunya filter untuk memisahkan frekuensi ibu	
2.	Stetoskop harus bisa membaca detak jantung manusia	

Disetujui  
Penguji I,

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

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

**Sotophadi, ST, MSc**  
NIP. Y 1039700309



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Erwin Hari Kristanto  
Nim : 0317046  
Masa Bimbingan : 12 Desember 2007 s/d 12 Juni 2008  
Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pendeteksi Detak Jantung Bayi Dalam Kandungan Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny Series

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	28 Desember 2007	Revisi Bab I : Perbaiki tulisan menggunakan bahasa asing.	
2	3 Januari 2008	Acc Bab I Revisi Bab II : Perbaiki tabel, gambar, dan rumus.	
3	8 Januari 2008	Acc Bab II. Revisi Bab III : Perbaiki tabel, beri judul tabel dan gambar.	
4	11 Januari 2008	Acc Bab III. Revisi Bab IV : Beri judul gambar, tambahkan keterangan	
5	19 Januari 2008	Acc Bab IV. Revisi Bab V : Perbaiki kesimpulan, tambahkan <i>error</i>	
6	6 Februari 2008	Acc Bab V.	
7	16 Februari 2008	Revisi Makalah Seminar Hasil : Perbaiki format penulisan, perbaiki tabel, dan beri judul, abstrak dibuat 3 bagian.	
8	23 Februari 2008	Acc Makalah Seminar Hasil.	
9	3 Maret 2008	Acc Ujian Skripsi	

Malang,  
Dosen Pembimbing

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



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Erwin Hari Kristanto  
Nim : 03.17.046  
Masa Bimbingan : 12-Desember-2007 s/d 12-Juni-2008  
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Detak Jantung Bayi Dalam Kandungan Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C / Tiny Series

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	26-10-2007	Revisi Bab II : tambahkan gambar mic, stetoskop, beri indeks, ganti gambar rangkaian penguat.	
2	1-11-2007	Revisi Bab II : Revisi tentang teori filter	
3	6-11-2007	Acc Bab II	
4	22-11-2007	Revisi Bab III : perbaiki tentang mic, penguat suara	
5	27-11-2007	Acc Bab III	
6	18-12-2007	Revisi Bab IV : Buat 2 chanel untuk pengujian dengan osiloskop	
7	29-12-2007	Acc Bab IV	
8	16-2-2008	Acc Makalah Seminar	
9	1-3-2008	Acc Kompre	
10			

Malang, 1 Maret 2008

Dosen pembimbing II

**Sotyo Hadi, ST, Msc**  
NIP.Y 1039700309