



UNIVERSITAS INDONESIA



**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI DAN
PENGHITUNG DETAK JANTUNG DENGAN ASAS DOPPLER**

SKRIPSI

VENTI NURYATI
0806366573

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRO
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI DAN
PENGHITUNG DETAK JANTUNG DENGAN ASAS DOPPLER**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**VENTI NURYATI
0806366573**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRO
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Venti Nuryati
NPM : 0806366573
Tanda Tangan :
Tanggal : 7 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Venti Nuryati
NPM : 0806366573
Program Studi : Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Pendeteksi dan Penghitung
Detak Jantung dengan Asas Doppler

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo, D.E.A ()

Penguji 1 : Dr. Ir. Arman D. Diponegoro ()

Penguji 2 : Prof. Drs. Benyamin Kusumoputro M.Eng., Dr.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juli 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, ridho, dan kasih sayang-Nya, penulisan skripsi ini bisa selesai tepat pada waktunya. Salawat dan salam selalu penulis haturkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, karena berkat jasa beliau kita dapat hidup di zaman yang terang benderang ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Harry Sudiby, D.E.A selaku dosen pembimbing resmi yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro selaku dosen pembimbing harian yang telah banyak memberi saya tema skripsi ini dan ilmu yang sangat berguna untuk menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Tanpa beliau, saya mungkin tidak akan pernah menyusun skripsi dengan tema ini.
3. Keluarga tercinta yang telah memberikan motivasi saya untuk menjadi seorang yang berguna bagi keluarga, nusa, bangsa dan agama serta motivasi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman-teman yang telah banyak memberikan dorongan, semangat, bantuan dan doanya dalam penyusunan skripsi ini.

Depok, 7 Juli 2010

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Venti Nuryati
NPM : 0806366573
Program Studi : Elektro
Departemen : Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI DAN PENGHITUNG DETAK JANTUNG DENGAN ASAS DOPPLER

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 7 Juli 2010
Yang menyatakan

(Venti Nuryati)

ABSTRAK

Nama : Venti Nuryati
Program Studi : Elektro
Judul : Rancang Bangun Alat Pendeteksi dan Penghitung Detak Jantung dengan Asas Doppler

Jantung adalah organ penting dalam tubuh manusia yang berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Salah satu cara untuk mengetahui bagaimana kondisi jantung adalah dengan mengetahui frekuensi detak jantung per menit. Pada tulisan ini akan dirancang alat pendeteksi dan penghitung frekuensi detak jantung dengan menggunakan asas *doppler*. Sistem ini menggunakan *fetal doppler* yang berfungsi untuk mendeteksi bunyi yang dihasilkan oleh jantung. Bunyi detak jantung orang dewasa mempunyai frekuensi antara 20-40 Hz. Untuk memisahkan antara frekuensi yang dihasilkan detak jantung dengan frekuensi *noise* maka perlu dibuat rangkaian *band pass filter*. Rangkaian ini akan melewatkan frekuensi yang diinginkan dan meredam frekuensi yang tidak diinginkan. Sistem ini juga menggunakan mikrokontroler AVR Atmega 8535 yang akan mengolah sinyal yang masuk dan menampilkan data detak jantung per menit pada layar LCD. Dengan dirancangnya alat ini, diharapkan perhitungan detak jantung dapat dilakukan dengan cepat dan mudah.

Kata kunci :
jantung, *doppler*, *fetal doppler*, atmega 8535, *band pass filter*

ABSTRACT

*Name : Venti Nuryati
Study Program : Electrical Engineering
Topic : Design Detector and Counter Heart Beat with Doppler's Principles*

The heart is an important organ in the human body which have functioned to pump blood to all over body. One way of knowing how to condition the heart is to know the frequency of heartbeats per minute. In this paper, we design a detector and counter heartbeat using doppler principle. This system uses a fetal Doppler, its uses to detect sound generated by the heart. The sound of an adult heart rate has a frequency between 20-40 Hz. To separate between the frequency of the heartbeat with the frequency noise, it needs band pass filters circuit. This circuit will pass the desired frequency and reduce unwanted frequencies. This system also uses ATmega 8535 AVR microcontroller which will process the incoming signal and displays heart beat per minute on the LCD screen.

*Key words:
Heart, Doppler, Fetal Doppler, Atmega 8535, band pass filter*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	iviii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penulisan	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Anatomi Jantung.....	5
2.1.1 Struktur Internal Jantung	5
2.1.2 Cara Kerja Jantung	6
2.1.3 Detak Jantung	7
2.2 Efek <i>Doppler</i>	9
2.3 Rangkaian <i>Fetal Doppler</i> sebagai Pendeteksi Jantung.....	10
2.4 Rangkaian <i>Band Pass Filter</i>	11
2.5 Rangkaian <i>Non Inverting Amplifier</i>	14
2.6 Rangkaian Komparator.....	14
2.7 Mikrokontroler	16
2.7.1 Arsitektur Mikrokontroler ATmega 8535	17
2.7.2 Konfigurasi Pin Atmega 8535	19
2.8 <i>Lyquid Crystal Display (LCD)</i>	21
2.8.1 Prinsip Kerja LCD	23
2.8.2 Register LCD	24

BAB III RANCANG BANGUN DAN REALISASI SISTEM.....	25
3.1 Perancangan <i>Hardware</i>	26
3.1.1 <i>Fetal Doppler</i>	26
3.1.2 Rangkaian <i>Band Pass Filter</i>	27
3.1.3 Rangkaian <i>Non Inverting Amplifier</i>	29
3.1.4 Rangkaian Komparator.....	30
3.1.5 Rangkaian sistem minimum mikrokontroler	30
3.1.6 Rangkaian LCD	31
3.1.4 Rangkaian Catu daya	32
3.2 Perancangan <i>Software</i>	33
3.2.1 <i>Flowchart</i> Program Utama	33
3.2.2 Algoritma Program	37
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA.....	39
4.1 Pengujian <i>Hardware</i>	40
4.1.1 Pengujian dan Analisa Rangkaian Catu Daya.....	40
4.1.2 Pengujian dan Analisa Rangkaian <i>Fetal Doppler</i>	41
4.1.2.1 Pengujian Menggunakan <i>Adobe Audition 3.0</i>	41
4.1.2.2 Pengujian Menggunakan Osiloskop	42
4.1.3 Pengujian dan Analisa Rangkaian <i>Band Pass Filter</i>	45
4.1.4 Pengujian dan Analisa Rangkaian <i>Non Inverting</i>	47
4.1.5 Pengujian dan Analisa Rangkaian Komparator.....	48
4.1.6 Pengujian dan Analisa Rangkaian Minimum Mikrokontroler	49
4.1.7 Pengujian dan Analisa Rangkaian <i>Interface LCD</i>	49
4.2 Pengujian dan Analisa menggunakan persamaan <i>Doppler</i>	53
4.3 Pengujian dan Analisa Sistem Secara Keseluruhan.....	53
4.3.1 Pengujian Sistem.....	53
4.3.2 Analisa Sistem.....	55
BAB V KESIMPULAN	56
DAFTAR ACUAN	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Denyut Jantung per Menit Berdasarkan Umur.....	8
Tabel 2.2 Pin - pin LCD	22
Tabel 4.1 Pengukuran Rangkaian Catu Daya..... Error! Bookmark not defined.	42
Tabel 4.2 Pengukuran Frekuensi Sinyal dengan menggunakan Osiloskop.....	44
Tabel 4.3 Pengukuran Tegangan Sinyal dengan menggunakan Osiloskop.....	44
Tabel 4.4 Pengukuran Tegangan pada Rangkaian <i>Band Pass Filter</i>	46
Tabel 4.5 Pengukuran Frekuensi pada Rangkaian <i>Band Pass Filter</i>	46
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran pada Rangkaian <i>Non Inverting</i>	47
Tabel 4.7 Pengukuran pada Rangkaian Komparator	48
Tabel 4.8 Pengujian Pin Sistem Minimum Atmega 8535	49
Tabel 4.9 Nilai variabel a menggunakan frekuensi 20-40 Hz	51
Tabel 4.10 Nilai variabel a menggunakan frekuensi keluaran <i>fetal doppler</i>	52
Tabel 4.11 Nilai variabel a menggunakan frekuensi keluaran <i>band pass filter</i>	52
Tabel 4.12 Data hasil percobaan dengan <i>sampling time</i> 15 detik	53
Tabel 4.13 Data hasil percobaan dengan <i>sampling time</i> 30 detik	53
Tabel 4.14 Data hasil percobaan dengan <i>sampling time</i> 60 detik	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Anatomi Jantung Manusia.....	5
Gambar 2.2	Efek Doppler karena sumber bergerak.....	9
Gambar 2.3	Prinsip Kerja <i>Fetal Doppler</i>	11
Gambar 2.4	Grafik frekuensi respon dari BPF.....	12
Gambar 2.5	Rangkaian <i>Band Pass Filter</i>	13
Gambar 2.6	Rangkaian <i>Non Inverting Amplifier</i>	14
Gambar 2.7	Rangkaian Komparator	15
Gambar 2.8	Grafik tegangan terhadap waktu	15
Gambar 2.9	Grafik tegangan saat kaki input dibalik.....	16
Gambar 2.10	Diagram blok Atmega 8535	18
Gambar 2.11	Konfigurasi kaki IC Atmega 8535	19
Gambar 2.9	Konfigurasi Pin LCD	21
Gambar 2.10	Modul LCD Karakter 16x2	22
Gambar 3.1	Diagram blok deteksi detak jantung.....	25
Gambar 3.2	<i>Fetal Doppler</i>	27
Gambar 3.3	Rangkaian <i>Band Pass Filter</i>	27
Gambar 3.4	Rangkaian <i>Non Inverting</i>	29
Gambar 3.5	Rangkaian Komparator	30
Gambar 3.6	Rangkaian Sistem Minimum Atmega 8535	31
Gambar 3.7	Rangkaian <i>Inteface</i> LCD.....	32
Gambar 3.8	Rangkaian Catu Daya.....	32
Gambar 3.9	Flowchart dengan program <i>timer</i> 15 detik	34
Gambar 3.10	Flowchart dengan program <i>timer</i> 30 detik	35
Gambar 3.11	Flowchart dengan program <i>timer</i> 60 detik	36
Gambar 4.1	<i>Test Point</i> Pengujian.....	40
Gambar 4.2	Pengujian Tegangan <i>Output</i> pada Rangkaian Catu Daya.....	41
Gambar 4.3	Pengujian <i>fetal doppler</i>	42
Gambar 4.4	Bentuk sinyal <i>output fetal doppler</i> dalam keadaan normal	42
Gambar 4.5	Bentuk sinyal <i>output fetal doppler</i> dengan detak jantung	42
Gambar 4.6	Pengujian bentuk sinyal <i>output</i> menggunakan osiloskop.....	43
Gambar 4.7	Bentuk sinyal <i>output fetal doppler</i> dalam keadaan normal	43
Gambar 4.8	Bentuk sinyal <i>output fetal doppler</i> dengan detak jantung	43
Gambar 4.9	Pengukuran pada rangkaian <i>Band Pass Filter</i>	45

Gambar 4.10	Sinyal Output rangkaian <i>Band Pass Filter</i>	46
Gambar 4.11	Pengukuran pada rangkaian <i>Non Inverting</i>	47
Gambar 4.12	Pengukuran pada Rangkaian Komparator	48
Gambar 4.13	Pengujian Pin dengan Multimeter	49
Gambar 4.14	Pengujian <i>Interface LCD</i>	49
Gambar 4.15	Program Pengujian <i>Interface LCD</i>	50
Gambar 4.16	Tampilan Simulasi LCD pada Program BASCOM AVR.....	50
Gambar 4.17	Grafik perbandingan percobaan sistem	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Datasheet Atmega 8535	55
Lampiran 2	Datasheet LCD	60
Lampiran 3	Spesifikasi Fetal Doppler	62
Lampiran 4	Datasheet IC LM358	63

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jantung adalah organ penting dalam tubuh manusia yang difungsikan untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Oleh karena itu, monitoring jantung sangat penting dilakukan mengingat tubuh kita secara *continue* melakukan sirkulasi darah ke seluruh organ tubuh lainnya. Dengan mengetahui denyut jantung, kita dapat mengetahui kondisi kesehatan seseorang. Frekuensi ini memberikan informasi mengenai bagaimana keadaan jantung, cepat lambatnya impuls jantung, ada tidaknya gangguan pembentukan impuls dan gangguan fungsi jantung.

Salah satu aplikasi dari efek doppler dapat digunakan pada dunia kedokteran. Efek doppler digunakan untuk mendeteksi jaringan atau organ yang bergerak seperti jantung atau aliran darah. Salah satu peralatan kedokteran yang memanfaatkan teori tersebut adalah *Fetal Doppler*.

Fetal doppler menggunakan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang dengan besar frekuensi diatas frekuensi gelombang suara yaitu lebih dari 20 KHz. *Fetal doppler* mendeteksi perubahan pada frekuensi sinyal yang kembali sebagai akibat gerakan organ. Bila untuk memeriksa gerakan jantung maka akan dihasilkan bunyi detak jantung

Rangkaian yang dibutuhkan untuk merealisasikan alat ini adalah *fetal doppler*, *band pass filter*, *non-inverting amplifier*, komparator, sistem minimum mikrokontroler dan *display* berupa LCD. Sinyal yang diterima oleh mikrokontroler akan diproses sebagai masukan dalam program untuk menghitung banyaknya detak jantung per menit. Jika mikrokontroler menerima sinyal *high* yang berasal dari detak jantung maka penghitung akan bertambah satu. Keluaran dari mikrokontroler tersebut merupakan banyaknya detak jantung per menit yang ditampilkan pada layar LCD.

Dengan dirancangnya alat ini diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi kalangan medik yang masih menggunakan bantuan pewaktu (*stopwatch*) dalam perhitungan detak jantung.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pembuatan alat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan merealisasikan perangkat keras (*Hardware*) pada pendeteksian dan penghitungan detak jantung manusia.
2. Merancang dan merealisasikan perangkat lunak (*Software*) pada pendeteksian dan penghitungan detak jantung manusia.

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, permasalahan mengenai alat pendeteksi dan penghitung detak jantung permenit akan dibatasi pada:

1. Fetal Doppler yang digunakan adalah fetal doppler versi suara dengan tipe Hi-Bebe BT-200.
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ATmega 8535.
3. Bahasa pemrograman pada mikrokontroler ATmega 8535 yang digunakan adalah Bascom AVR.
4. Rangkaian catu daya hanya rangkaian bantu dan tidak dianalisis secara mendalam.
5. Fetal doppler hanya dapat di deteksi apabila diletakkan di bagian jantung manusia.
6. Rangkaian fetal doppler tidak dibahas secara mendalam dalam skripsi ini.
7. Data yang ditampilkan di LCD berupa data jumlah detak jantung per menit.
8. Waktu sampling yang digunakan untuk pengambilan data detak jantung adalah 15 detik, 30 detik dan 60 detik.

1.4 Metode Penulisan

Metode-metode yang digunakan dalam penulisan skripsi ini antara lain:

1. Studi kepustakaan

Metode ini dilakukan dengan melakukan studi literatur di Perpustakaan kampus atau di perpustakaan lain yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas, serta menelaah buku referensi yang dapat mendukung realisasi tugas akhir ini.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal untuk mencoba memahami, menerapkan dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah di pelajari dan selanjutnya dapat merealisasikan sistem sesuai dengan tujuan.

3. Metode Pengujian dan Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap sistem yang telah dibuat. Selain itu, dilakukan uji coba terhadap sistem apakah telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Setelah itu dilakukan penganalisan sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran-saran untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan yang akan diuraikan dalam laporan Tugas Akhir ini terbagi dalam beberapa bab yang akan dibahas sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini membahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori

Bab ini berisikan tentang teori dasar mengenai jantung, efek doppler, *band pass filter*, *non inverting amplifier*, komparator, mikrokontroler dan LCD.

Bab III Rancang Bangun dan Realisasi Sistem

Bab ini membahas mengenai rancang bangun yang berisi diagram blok, proses perancangan alat, spesifikasi alat dan diagram alir yang digunakan untuk perancangan *software*.

Bab IV Pengujian dan Analisa

Bab ini membahas mengenai hasil uji coba dan analisa yang berisi hasil pengujian rancangan yang telah dibuat terhadap sistem secara keseluruhan, baik analisa dan evaluasi sistem.

Bab V Kesimpulan

Bab ini memuat tentang kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian rancangan alat yang telah di realisasikan.

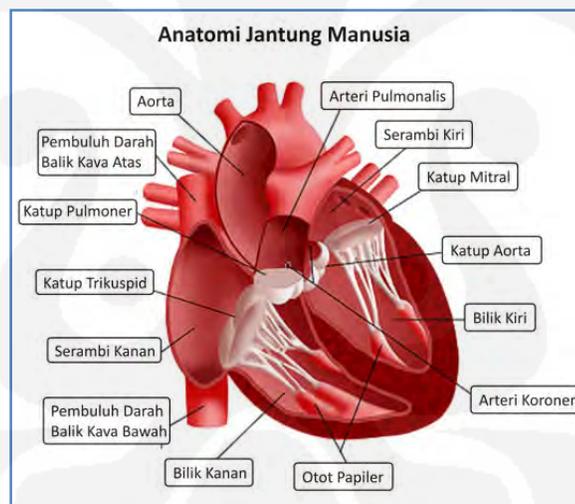
BAB II

DASAR TEORI

2.1 Anatomi Jantung

Jantung dalam terminologi sederhana, merupakan sebuah pompa yang terbuat dari otot. Istilah *kardiak* berarti berhubungan dengan jantung, dari bahasa Yunani *cardia* untuk jantung. Jantung merupakan salah satu organ terpenting dalam tubuh manusia yang berperan dalam sistem peredaran darah yang berfungsi untuk memompa darah ke paru-paru dan ke seluruh bagian tubuh dan terletak di rongga dada di antara kedua paru-paru.

2.1.1 Struktur Internal Jantung [1]



Gambar 2.1 Anatomi Jantung Manusia

Jantung terbagi atas empat ruang utama, yaitu Atrium atau Serambi kiri-kanan dan Ventrikel atau Bilik kiri-kanan. Secara fungsional, jantung dibagi menjadi alat pompa kanan, yang memompa darah kotor menuju paru-paru melalui sirkulasi pulmonari, dan alat pompa kiri, yang memompa darah bersih ke seluruh tubuh manusia melalui sirkulasi sistemik. Dinding serambi jauh lebih tipis dibandingkan dinding bilik karena bilik harus melawan gaya gravitasi bumi untuk memompa dari bawah ke atas, khususnya di aorta, untuk memompa ke seluruh

bagian tubuh yang memiliki pembuluh darah. Dua pasang rongga (bilik dan serambi bersamaan) di masing-masing belahan jantung disambungkan oleh sebuah katup.

Secara umum jantung memiliki dua katup jenis utama, yaitu katup *atrioventrikularis* (katup AV) yang memisahkan atrium dengan ventrikel, dan katup *semilunaris* yang memisahkan ventrikel dengan pembuluh darah yang bersangkutan.

Pada bagian jantung kiri, katup AV dikenal dengan nama katup *mitral*, yang memisahkan atrium dan ventrikel kiri. Sedangkan untuk katup semilunarisnya, dikenal dengan nama katup *aorta*. Katup aorta ini memisahkan antara ventrikel kiri dengan aorta. Aorta merupakan pembuluh arteri terbesar pada sirkulasi sistemik, yang menghubungkan pembuluh arteri lain dengan jantung melalui ventrikel kiri.

Pada bagian jantung kanan, katup AV dikenal dengan nama katup *trikuspid*, yang memisahkan atrium dan ventrikel kanan. Sedangkan untuk katup semilunarisnya, dikenal dengan nama katup pulmonalis. Katup pulmonalis ini memisahkan antara ventrikel kanan dengan arteri pulmonalis. Dengan adanya katup AV, darah tidak akan mengalir kembali atrium ketika ventrikel berkontraksi, dan begitu juga dengan adanya katup semilunaris, darah dari aorta maupun arteri pulmonalis tidak akan kembali ke ventrikel sewaktu ventrikel dalam keadaan istirahat (relaksasi).

2.1.2 Cara Kerja Jantung [2]

Pada saat berdenyut, setiap ruang jantung mengendur dan terisi darah (disebut diastol). Selanjutnya jantung berkontraksi dan memompa darah keluar dari ruang jantung yang disebut sistol. Kedua serambi mengendur dan berkontraksi secara bersamaan, begitu pula kedua bilik juga mengendur dan berkontraksi secara bersamaan.

Darah yang kehabisan oksigen (darah kotor) dan mengandung banyak karbondioksida dari seluruh tubuh mengalir melalui dua vena terbesar (vena kava) menuju ke dalam serambi kanan. Setelah serambi kanan terisi darah, dia akan mendorong darah ke dalam bilik kanan. Dari bilik kanan, darah akan dipompa melalui katup pulmoner ke dalam arteri pulmonalis menuju ke paru-paru. Darah akan mengalir melalui pembuluh yang sangat kecil (kapiler) yang mengelilingi kantong udara di paru-paru, menyerap oksigen dan melepaskan karbondioksida yang selanjutnya dihembuskan.

Darah yang kaya akan oksigen (darah bersih) mengalir di dalam vena pulmonalis menuju ke serambi kiri. Peredaran darah di antara bagian kanan jantung, paru-paru dan serambi kiri disebut sirkulasi pulmoner. Di dalam serambi kiri darah akan didorong menuju bilik kiri, yang selanjutnya akan memompa darah bersih ini melewati katup aorta masuk ke dalam aorta (arteri terbesar dalam tubuh). Darah kaya oksigen ini disediakan untuk seluruh tubuh, kecuali paru-paru.

2.1.3 Detak Jantung

Detak jantung terjadi akibat adanya dua mekanisme pada jantung yaitu sistole dan diastole. Sistole merupakan suatu fase dimana serambi relaksasi, serta bilik dari jantung berkontraksi. Adanya kontraksi ini menyebabkan daerah dalam ruang bilik bertekanan tinggi, serta terjadi gerakan peristaltik sehingga darah akan mengalir ke ruang yang bertekanan lebih rendah, yakni menuju arteri, untuk selanjutnya darah tersebut akan beredar ke organ-organ melalui pembuluh darah.

Sedangkan diastole merupakan suatu fase saat serambi kontraksi serta bilik relaksasi. Pada saat terjadi kontraksi serambi terjadi tekanan yang lebih besar pada ruang serambi akibat kontraksinya tersebut, sehingga adanya tekanan yang lebih besar pada bagian serambi ini di bandingkan dengan daerah bilik, maka darah akan mengalir menuju bilik yang bertekanan rendah.

Normalnya terdapat dua bunyi yang terjadi setiap satu siklus jantung. Yang pertama “lub” rendah yang agak memanjang (bunyi pertama), yang disebabkan oleh mulainya vibrasi oleh penutupan mendadak katup mitral dan trikuspid pada awal sistole bilik. Yang kedua “dup” bernada tinggi yang lebih singkat (bunyi kedua), yang disebabkan oleh vibrasi yang disertai dengan

penutupan katup aorta dan pulmonalis tepat setelah akhir sistole bilik. Bunyi ketiga bernada rendah yang lunak terdengar sekitar sepertiga jalan melalui diastole dalam banyak individu muda normal. Ia bersamaan dengan masa pengisian bilik yang cepat dan mungkin karena vibrasi dimulai oleh aliran masuk darah. Bunyi keempat kadang-kadang dapat terdengar segera sebelum bunyi pertama sewaktu tekanan serambi tinggi atau bilik kaku dalam pengisian dan jarang terdengar dalam dewasa normal.[3]

Frekuensi jantung normal berkisar antara 60 sampai 100 denyut per menit, dengan rata-rata denyutan 75 kali per menit. Dengan kecepatan seperti itu, siklus jantung berlangsung selama 0,8 detik yaitu sistole 0,5 detik, dan diastole 0,3 detik. Suara jantung normal mempunyai rentang frekuensi antara 20 Hz hingga 40 Hz, sedangkan suara jantung abnormal mempunyai rentang frekuensi hingga 1000 Hz.

Suara detak jantung yang abnormal terdiri dari suara 1 dan suara 2 yaitu suara murmur dan getaran yang dikarenakan terganggunya kondisi sistem kardiovaskular pada tubuh.[4] Salah satu jenis *regurgitasi* menyebabkan *murmur* dalam rentang 100 hingga 600 Hz dan bahkan untuk jenis *murmur* tertentu hingga 1000 Hz.

Takikardia adalah peningkatan frekuensi jantung sampai melebihi 100 denyut per menit. Bradikardia ditujukan untuk frekuensi jantung yang kurang dari 60 denyut per menit. Takikardia abnormal adalah detak jantung antara 140–250 kali per menit. Flutter adalah detak jantung antara 250-350 kali per menit dan fibrilasi adalah detak jantung yang lebih besar dari 350 kali per menit. Frekuensi detak jantung akan melambat (bradikardia) selama tidur dan dipercepat (takikardia) oleh emosi, gerak badan, demam, dan banyak rangsangan lain. Dalam individu muda sehat yang bernafas pada frekuensi normal, maka frekuensi jantung bervariasi sesuai pernapasan: ia dipercepat selama inspirasi dan melambat selama ekspirasi, terutama jika kedalaman pernapasan meningkat.

Tabel 2.1 Detak Jantung per menit berdasarkan umur

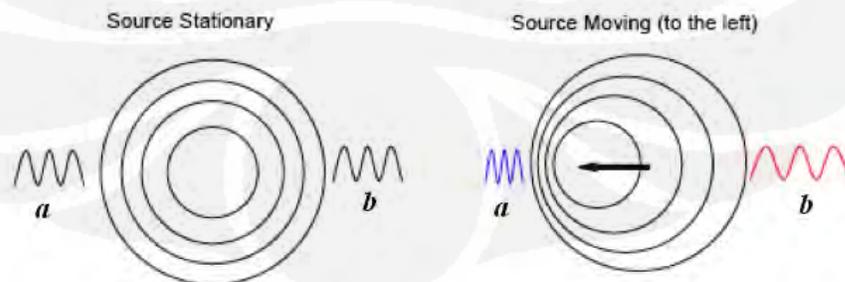
Umur	Detak per menit
Bayi baru lahir	130-150
Anak-anak	100-130
Anak kecil yang lebih tua	90-110
Dewasa	60-100

Ketika istirahat, rata-rata detak jantung manusia dewasa sekitar 70 kali permenit (laki-laki) dan 75 kali permenit (wanita); tetapi, ini bervariasi antara orang yang satu dengan yang lain. Detak jantung bayi itu sekitar 130-150 kali permenit, detak jantung anak-anak adalah 100-130 kali permenit, detak jantung anak-anak yang lebih tua sekitar 90-110 kali permenit, dan dewasa sekitar 60-100 kali permenit.

2.2 Efek Doppler [5]

Efek *doppler* pertama kali diperkenalkan oleh seorang ilmuwan yang berasal dari Austria bernama Christian Johann Doppler (1803-1855). Secara prinsip efek *doppler* merupakan perubahan frekuensi gelombang jika sumber bunyi bergerak terhadap pengamat. Frekuensi akan bertambah besar apabila sumber mendekati pengamat dan semakin kecil apabila sumber menjauhi pengamat. Tinggi nada suatu bunyi berhubungan dengan frekuensi gelombang bunyi yaitu berapa kali puncak gelombang bunyi masuk telinga dalam satu detik.

Gambar 2.2 merupakan pola lingkaran-lingkaran konsentris yang tampak pada saat sumber diam dan sumber bergerak ke kiri. Pada sumber yang diam, memancarkan gelombang bunyi dengan frekuensi yang sama ke semua arah. Pengamat yang diam yaitu a dan b akan merasakan frekuensi gelombang yang sama dengan yang dipancarkan sumber bunyi. Pada saat sumber bergerak ke kiri, gelombang suara di sebelah kiri akan lebih rapat daripada gelombang di sebelah kanan. Alhasil, pengamat a akan merasakan frekuensi gelombang yang lebih besar bila dibandingkan frekuensi asli dari sumber bunyi. Saat berada di belakang mobil (mobil menjauh), pengamat b akan merasakan frekuensi gelombang yang lebih kecil dari frekuensi asli sumber bunyi.



Gambar 2.2 Efek *doppler* karena sumber bergerak

Efek *doppler* menjelaskan peristiwa terjadinya perubahan frekuensi yang terdengar (f_p) karena adanya gerak relatif sumber dan pendengar. Maka frekuensi yang terdengar dapat diketahui dengan persamaan berikut [6]:

$$f_p = \frac{v \mp v_p}{v \mp v_s} f_s$$

Dimana

f_p = frekuensi yang di dengar oleh pengamat (Hz)

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz)

v = kecepatan bunyi di udara, (pada umumnya v sebesar 340 ms^{-1})

v_p = kecepatan pendengar (ms^{-1})

v_s = kecepatan sumber bunyi (ms^{-1})

2.3 *Fetal Doppler sebagai Pendeteksi Jantung* [5]

Salah satu aplikasi dari efek *doppler* yang ditemukan oleh Christian Johann Doppler digunakan pada dunia kedokteran. Pada dunia kedokteran tersebut *doppler* digunakan untuk mendeteksi jaringan atau organ yang bergerak seperti jantung atau aliran darah. Salah satu peralatan kedokteran yang memanfaatkan teori tersebut adalah *Fetal Doppler*.

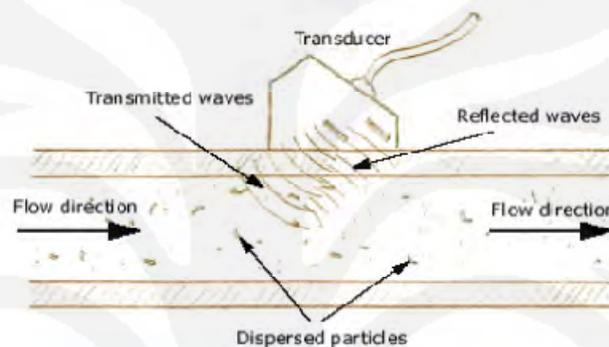
Fetal Doppler menggunakan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik yaitu gelombang yang mempunyai frekuensi diatas 20 KHz . *Fetal doppler* akan ditempelkan ke jantung melalui *transducer probe*. Di dalam *transduser* terdapat kristal yang digunakan untuk menangkap pantulan gelombang yang disalurkan oleh *transduser*. Gelombang yang diterima masih dalam bentuk gelombang pantulan sehingga fungsi kristal adalah untuk mengubah gelombang tersebut menjadi gelombang elektronik. Gelombang suara ini menembus tubuh dan mengenai batas-batas antar jaringan, misal antara cairan, darah dan otot dan tulang.

Sebagian gelombang suara ini dipantulkan kembali ke *probe*, sebagian lain terus menembus bagian tubuh lainnya sampai kemudian juga dipantulkan. Gelombang-gelombang suara pantulan ini ditangkap kembali oleh *probe* dan akan menghitung berapa jarak jaringan pemantul dengan *probe* berdasarkan kecepatan

suara di dalam jaringan. Cepat rambat ultrasonik dalam jaringan tubuh rata rata 1600 ms^{-1} .

Fetal doppler digunakan untuk mengukur perubahan frekuensi pantulan suara yang diciptakan oleh obyek bergerak yang diteliti *probe*, dan menghitung seberapa cepat obyek itu bergerak. Dan juga digunakan untuk mengukur kecepatan aliran darah melalui jantung dan pembuluh-pembuluh darah utama lainnya.

Prinsip kerja *fetal doppler* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

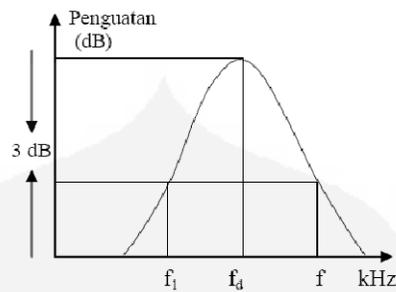


Gambar 2.3 Prinsip kerja *fetal doppler*

Keuntungan menggunakan *fetal doppler* adalah mempunyai daya tembus terhadap organ dalam tubuh yang baik sehingga *fetal doppler* memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi. Selain itu, *fetal doppler* sangat mudah digunakan oleh orang awam dan tidak memerlukan bantuan *timer* dalam melakukan perhitungan detak jantung.

2.4 Rangkaian *Band Pass Filter* [7]

Band Pass Filter adalah filter yang hanya melewatkan sinyal-sinyal yang frekuensinya tercantum dalam pita frekuensi atau *pass band* tertentu. Frekuensi dari sinyal yang berada dibawah pita frekuensi maupun diatas, tidak dapat dilewatkan atau diredam oleh rangkaian *band pass filter*. Gambar 2.4 dibawah ini memperlihatkan respon dari *band pass filter*.



Gambar 2.4 Grafik frekuensi respon dari BPF

Dilihat dari respon *band pass filter* mulai naik mencapai puncaknya kemudian turun. Frekuensi tengah dinyatakan dengan f_c yang mempunyai penguatan maksimum. Ketika penguatan tegangan berkurang 3 dB dari penguatan tegangan pada f_c maka terdapat frekuensi pancung bawah f_1 dan frekuensi diatas f_2 disebut pita frekuensi atau pass band yang akan melewatkan frekuensi yang tercakup diantaranya. Sedangkan frekuensi berada dibawah frekuensi pancung bawah f_1 dan diatas frekuensi pancung atas f_2 akan diredam, daerah tersebut disebut *stopband*.

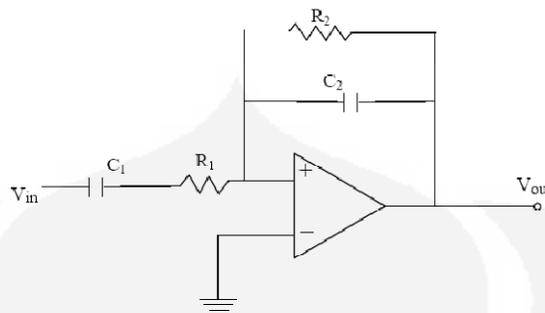
Parameter penting dalam suatu rangkaian *band pass filter* adalah lebar pita atau *bandwidth* (Δf atau B), dan selektivitas (Q). Selektivitas didefinisikan sebagai perbandingan antara frekuensi tengah f_c terhadap lebar pita Δf yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = \frac{f_c}{\Delta f}$$

Dan lebar pita atau *bandwidth* adalah lebar dari daerah *pass band* yaitu selisih besar frekuensi pancung atas dengan frekuensi pancung bawah, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

Berdasarkan rumus diatas memberikan suatu ukuran lebar pita yang relatif pada rangkaian *band pass filter*. Makin tinggi harga Q maka makin sempit lebar pitanya karena itu filter ini menjadi semakin selektif. *Band pass filter* secara sederhana dapat dibuat dengan menggunakan penguat operasional dan dua pasang komponen RC seperti pada gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2.5 Rangkaian *Band Pass Filter*

Kapasitor C_1 dan resistor R_1 akan membentuk sebuah *high pass filter*, sedangkan kapasitor C_2 dan R_2 akan membentuk sebuah *low pass filter*. *Band pass filter* pada umumnya terdiri dari sebuah *low pass filter* dan *high pass filter* jika frekuensi sinyal input berada pada daerah *pass band* yaitu diantara kedua frekuensi pancung f_1 dan f_2 maka sinyal akan diperkuat oleh penguat dan dapat dilewatkan. Jika sinyal masukan mempunyai frekuensi dibawah frekuensi pancung bawah, reaktansi kapasitor C_1 akan membesar sehingga kapasitor menjadi *open* (terbuka) dan tegangan keluaran menjadi nol. Jika sinyal masukan mempunyai frekuensi diatas frekuensi pancung atas f_1 maka reaktansi kapasitor C_1 mengecil sehingga kapasitor menjadi *short* (terhubung singkat) dan terjadi penguatan tegangan. Jika frekuensi masukan dibawah frekuensi pancung f_2 maka reaktansi kapasitor C_2 membesar sehingga kapasitor menjadi terbuka dan terjadi penguatan tegangan. Jika frekuensi masukan diatas frekuensi pancung atas f_2 maka reaktansi kapasitor C_2 mengecil sehingga kapasitor terhubung singkat dan arus langsung masukan R_2 tanpa melalui penguatan sehingga tidak terjadi penguatan tegangan pada keluaran. Frekuensi pancung bawah yang terjadi berdasarkan gambar diatas adalah :

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_2 C_1}$$

Frekuensi pancung atas yang terjadi adalah :

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

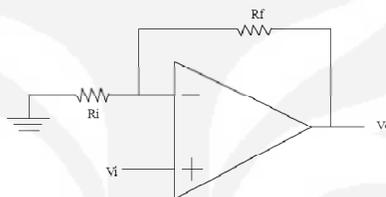
Sedangkan frekuensi tengahnya (f_c) adalah :

$$f_c = \frac{f_2 - f_1}{2}$$

2.5 Rangkaian Non Inverting Amplifier

Rangkaian *non inverting amplifier* mempunyai tegangan input dari masukan *non-inverting*. Perbedaan dengan rangkaian *inverting* adalah di masukan tegangan inputnya. *Inverting* mempunyai tegangan input dari masukan *inverting*.

Hasil tegangan output *non inverting* ini akan lebih dari satu dan selalu positif. Rangkaian non inverting dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rangkaian Non Inverting Amplifier

Perhitungan tegangan output dari rangkaian *non-inverting* adalah sebagai berikut:

$$V_o = \frac{R_f + R_i}{R_i} V_i$$

sehingga persamaan menjadi:

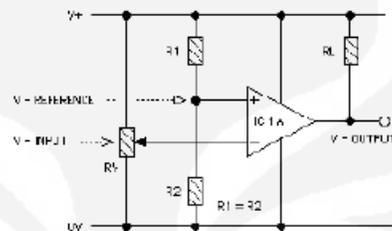
$$V_o = \left(\frac{R_f}{R_i} + 1 \right) V_i$$

2.6 Rangkaian Komparator

Komparator merupakan rangkaian elektronik yang akan membandingkan suatu input dengan referensi tertentu untuk menghasilkan output berupa dua nilai (*high* dan *low*). Suatu komparator mempunyai dua masukan yang terdiri dari tegangan acuan ($V_{reference}$) dan tegangan masukan (V_{input}) serta satu tegangan output (V_{output}).

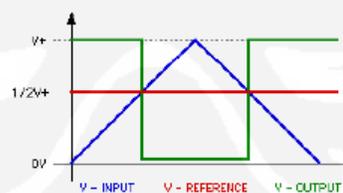
Komparator analog pada dasarnya adalah suatu Op-Amp (*Operational Amplifier*). Seperti halnya Op-Amp, komparator analog memiliki pin masukan tak membalik (*non-inverting input*), masukan membalik (*inverting input*), output, sumber positif (V_+) dan sumber negatif (V_-). Masukan tak membalik (+) berfungsi sebagai tegangan referensi (V_{ref}), sedangkan tegangan input (V_{in}) dihubungkan dengan pin masukan membalik (-).

Dalam operasinya Op-Amp akan mempunyai sebuah keluaran konstan yang bernilai “*low*” saat V_{in} lebih besar dari $V_{referensi}$ dan “*high*” saat V_{in} lebih kecil dari $V_{referensi}$ atau sebaliknya. Nilai *low* dan *high* tersebut akan ditentukan oleh desain dari komparator itu sendiri. Keadaan *output* ini disebut sebagai karakteristik *output* komparator.



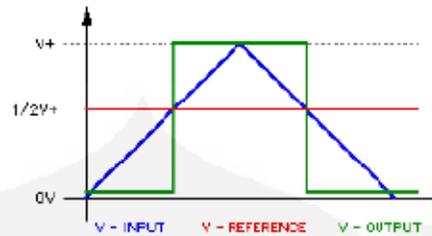
Gambar 2.7 Rangkaian komparator

Gambar di atas menunjukkan sebuah komparator sederhana, terdapat $V_{referensi}$ yang merupakan hasil bagi tegangan dari tegangan sumber, sehingga $V_{referensi}$ akan bernilai separuh tegangan sumber. Sedangkan tegangan input divariasikan dari 0 V hingga V_{sumber} . Gambar 2.8 menunjukkan diagram input-output terhadap waktu dari komparator. Saat V_{input} lebih kecil daripada $V_{referensi}$, output akan sama dengan V_{sumber} (+) dan saat V_{input} lebih besar daripada $V_{referensi}$ output akan sama dengan 0V.



Gambar 2.8 Grafik tegangan terhadap waktu

Saat kedua kaki input dibalik maka output karakteristik dari komparator pun akan ikut membalik, seperti ditunjukkan oleh gambar 2.9.



Gambar 2.9 Grafik tegangan saat kaki input dibalik

Jelas bahwa masukan dari komparator dibandingkan dengan suatu nilai acuan tertentu $V_{\text{referensi}}$ dan keluaran di-digital-kan menurun dua nilai kemungkinan yaitu: nilai “0” saat $V_{\text{output low}}$ dan “1” saat $V_{\text{output high}}$. Dengan kata lain komparator bertindak sebagai **pengubah analog ke digital 1 bit**.

2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah *single chip computer* yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kontrol. Mikrokontroler datang dengan dua alasan utama, yang pertama adalah kebutuhan pasar (*market needed*) dan yang kedua adalah perkembangan teknologi baru. Yang dimaksud dengan kebutuhan pasar adalah kebutuhan yang luas dari produk-produk elektronik akan perangkat pintar sebagai pengontrol dan pemroses data. Sedangkan yang dimaksud dengan perkembangan teknologi baru adalah perkembangan teknologi semikonduktor yang memungkinkan pembuatan chip dengan kemampuan komputansi yang sangat cepat, bentuk yang semakin mungil, dan harga yang semakin murah.

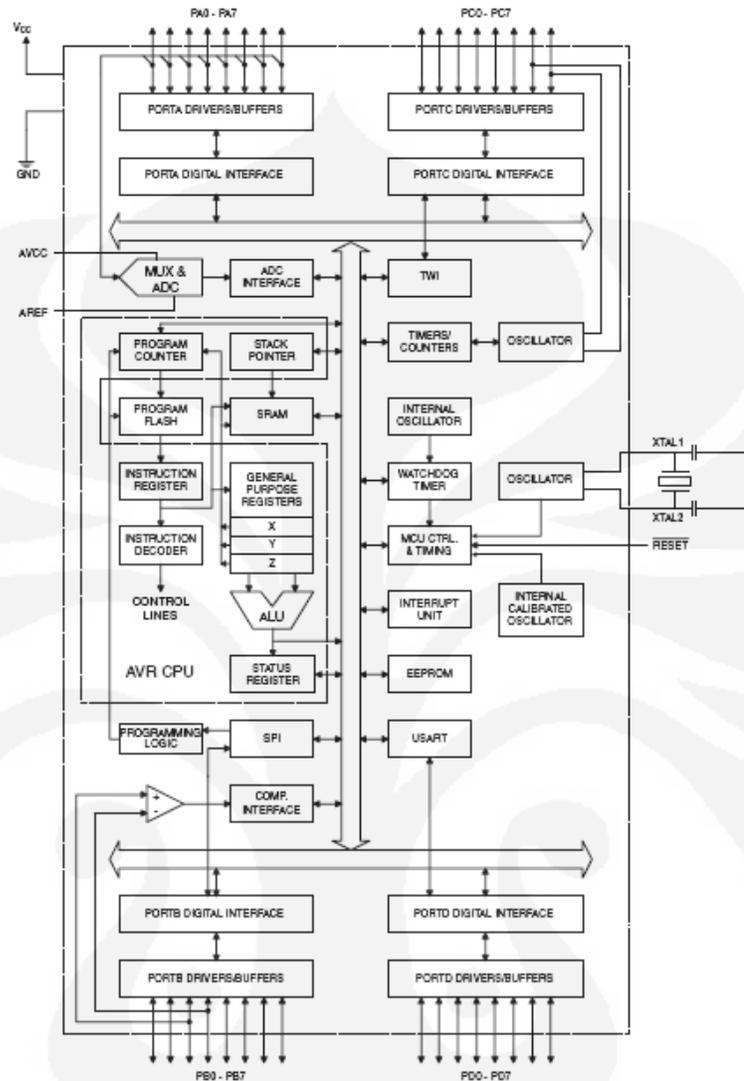
Mikrokontroler merupakan kombinasi CPU dengan memori (RAM/ROM), serta I/O yang terintegrasi dalam satu chip atau biasa disebut dengan SCM (*Single Chip Microcomputer*). Mikrokontroler merupakan satu unit pengontrol yang sudah memenuhi sistem minimum komputer.

Mikrokontroler AVR merupakan mikrokontroler berbasis arsitektur *RISC* (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. Berbeda dengan mikrokontroler keluarga 8051 yang mempunyai arsitektur *CISC* (*Complex Instruction Set Computing*), AVR menjalankan sebuah instruksi tunggal dalam satu siklus dan memiliki struktur I/O yang cukup lengkap sehingga penggunaan komponen

eksternal dapat dikurangi. Mikrokontroler AVR didesain menggunakan arsitektur *Harvard*, di mana ruang dan jalur bus bagi memori program dipisahkan dengan memori data. Memori program diakses dengan *single-level pipelining*, di mana ketika sebuah instruksi dijalankan, instruksi lain berikutnya akan di-*prefetch* dari memori program.

2.7.1 Arsitektur Mikrokontroler Atmega 8535 [8]

Mikrokontroler merupakan mikroprosesor (CPU) yang dilengkapi dengan komponen-komponen pendukung seperti: SRAM, EPROM, port I/O (*Input/Output*), USART untuk komunikasi serial dan lain-lain. Inti dari mikrokontroler ini adalah dengan menyatukan beberapa instruksi dengan 32 register kerja serbaguna. Register kerja serbaguna tersebut terhubung langsung dengan ALU, hal tersebut memungkinkan dua buah register mandiri diakses dengan instruksi dalam satu siklus clock. Hal tersebut dapat dilihat dalam arsitektur Atmega 8535 pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Diagram blok Atmega 8535

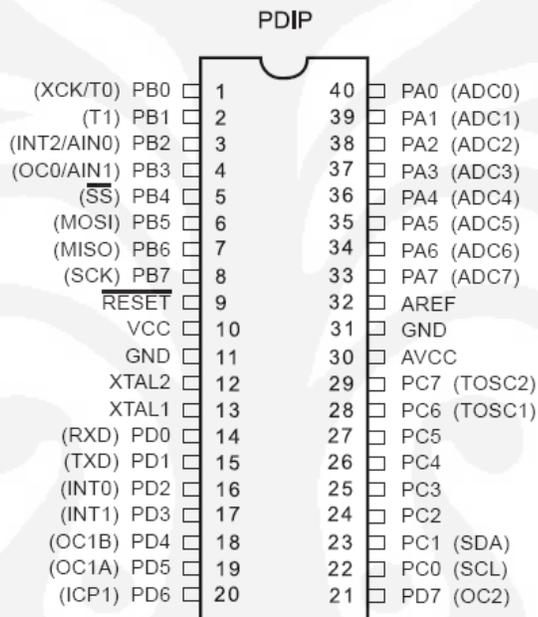
Secara garis besar, arsitektur mikrokontroler Atmega 8535 terdiri dari :

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah yaitu *Port A, Port B, Port C, dan Port D*
2. CPU yang memiliki 32 buah register
3. SRAM sebesar 512 Byte
4. *Flash memory* sebesar 8 Kbyte
5. EPROM sebesar 512 Byte
6. Tiga buah *timer/counter* dengan kemampuan pembandingan
7. *Two wire serial interface*
8. *Port* antarmuka SPI
9. Unit interupsi internal dan eksternal

10. Port USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 2,5Mbps
11. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran
12. *Watchdog timer* dengan osilator internal

2.7.2 Konfigurasi Pin ATmega 8535 [8]

Konfigurasi untuk IC mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2.11 konfigurasi kaki IC mikrokontroler Atmega 8535.



Gambar 2.11 Konfigurasi kaki IC Atmega 8535

Adapun konfigurasi pin IC Atmega8535 adalah sebagai berikut:

1. VCC (Pin 10)

Merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya. Tegangan *supply* sebesar 4.5-5.5 Vdc.

2. GND (Pin 31)

Merupakan pin yang berfungsi sebagai pin *ground*.

3. Port A (PA0..PA7)

Port A berlaku sebagai *input* analog untuk ADC. Port A juga berlaku

sebagai *port input-output* (I/O) 8 bit *bi-directional*, jika AC tidak digunakan. Pin *port* menyediakan resistor *pull-up internal* . *Output buffer port* A memiliki karakteristik kendali simetris di kedua kemampuan *sink* dan *source*. Ketika pin PA0 s/d PA7 digunakan sebagai *input* dan ditarik rendah dari luar, maka akan menjadi sumber arus jika resistor *pull-up internal* diaktifkan. Pin port A adalah *tri-state* ketika kondisi *reset* aktif, bahkan ketika *clock* tidak bekerja.

4. Port B (PB0..PB7)

Port B juga berlaku sebagai *port input-output* (I/O) 8 bit *bi-directional* dengan resistor *pull-up internal*. *Output buffer port* B memiliki karakteristik kendali simetris di kedua kemampuan *sink* dan *source*. PB0 s/d PB7 merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer* atau *Counter*, komparator analog, dan SPI.

5. Port C (PC0..PC7)

Port C juga berlaku sebagai *port input-output* (I/O) 8 bit *bi-directional* dengan resistor *pull-up internal*. *Output buffer port* C memiliki karakteristik kendali simetris di kedua kemampuan *sink* dan *source*. PC0 s/d PC7 merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Oscillator*.

6. Port D (PD0..PD7)

Port D juga berlaku sebagai *port input-output* (I/O) 8 bit *bi-directional* dengan resistor *pull-up internal*. *Output buffer port* D memiliki karakteristik kendali simetris di kedua kemampuan *sink* dan *source*. PD0 s/d PD7 merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi internal dan komunikasi serial.

7. RESET

Merupakan pin yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler. Level rendah pada pin ini dengan panjang lebih dari panjang pulsa minimum akan membangkitkan *reset*, bahkan ketika *clock* sedang bekerja.

8. XTAL1 dan XTAL2

XTAL1 adalah *input* ke penguat osilator *inverting* dan *input* ke rangkaian operasi *clock internal* . Sedangkan XTAL2 adalah *output* dari penguat osilator *inverting*.

9. AVCC

Merupakan pin yang digunakan untuk masukan tegangan untuk ADC.

AVCC harus dihubungkan ke VCC walaupun jika ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan harus dihubungkan ke VCC melalui sebuah *low-pass filter*.

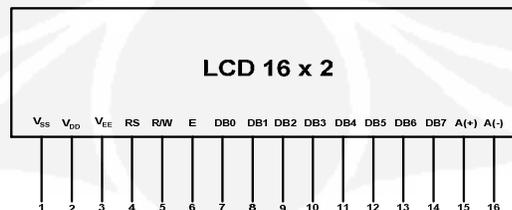
10. AREF

Merupakan pin referensi analog untuk ADC.

2.8 Lyquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah sebuah *device* untuk menampilkan sebuah karakter yang didapat dari pengontrolan refleksi cahaya. Sumber cahaya tersebut akan sangat redup dibandingkan dengan cahaya matahari atau cahaya kamar biasa. Pada prakteknya LCD mempunyai penguatan yang sangat lemah karena LCD sedikit memakai energi listrik. Oleh karena itu, LCD berbeda dengan LED yang dapat terlihat terang, sedangkan LCD akan sulit terlihat pada tempat yang gelap atau redup.

LCD memiliki bermacam ukuran mulai dari 1 sampai 4 baris, 16 sampai 40 karakter per baris. Meskipun LCD memiliki bermacam ukuran tetapi penggunaannya standar. Pada umumnya LCD memiliki 16 pin yang terbagi atas jalur data, kontrol, *power*, dan *backlight*.



Gambar 2.12 Konfigurasi pin LCD

Pada umumnya LCD banyak digunakan pada kalkulator. Oleh karena sifat dari LCD yang membutuhkan tegangan kecil dan desipasi yang kecil pula. Faktor lainnya adalah memudahkan untuk besar perubahan karakter dan bentuknya yang dapat membuat suatu produk relatif murah.



Gambar 2.13 Modul LCD Karakter 16x2

Adapun fungsi masing-masing konfigurasi pin-pin pada LCD 16x2 ditunjukkan pada tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Pin-pin LCD

No. Pin	Symbol	Level	Fungsi
1	V_{SS}	GND	<i>Ground</i>
2	V_{DD}	+5V	Tegangan <i>Supply</i> LCD
3	V_{EE}		Pengaturan kontras LCD
4	RS	H/L	Register <i>Select</i> , H = Baca, L = instruksi
5	R/W	H/L	<i>Read/Write</i> , H = baca, L = tulis
6	E	Pulsa L-H-L	<i>Enable Signal</i>
7	DB0	H/L	Data Bit 0
8	DB1	H/L	Data Bit 1
9	DB2	H/L	Data Bit 2
10	DB3	H/L	Data Bit 3
11	DB4	H/L	Data Bit 4
12	DB5	H/L	Data Bit 5
13	DB6	H/L	Data Bit 6
14	DB7	H/L	Data Bit 7
15	A(+)	+5V	<i>Led Backlight(+)</i>
16	A(-)	0V	<i>Led Backlight(-)</i>

Jalur kontrol LCD terdiri dari:

- *Register Select Control (RS)*. Jika RS berlogika 0 maka akan terjadi proses menulis instruksi/*command* register. Dan sebaliknya, jika RS berlogika 1 maka akan terjadi proses membaca status *busy flag* dan alamat *counter* LCD.
- *Enable Control (E)*. Merupakan sinyal awal untuk membaca atau menulis LCD. Proses transaksi data atau *command* terjadi saat transisi E dari logika 1 ke logika 0.
- *Read atau Write Control (R/W)*. Pada saat R/W berlogika 0 terjadi proses menulis dan saat berlogika 1 terjadi proses membaca.

2.8.1 Prinsip Kerja LCD

Proses *display* karakter pada LCD diatur oleh pin E, RS dan RW. Jalur E dinamakan *Enable*. Jalur ini digunakan untuk memberitahukan LCD bahwa sedang mengirimkan sebuah data. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program, E harus dibuat logika *low* “0” dan kemudian *setting* pada dua jalur kontrol yang lain yaitu RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, *set* kaki E dengan logika “1” dan tunggu untuk beberapa waktu tertentu (sesuai dengan *data sheet* dari LCD tersebut) dan berikutnya set kaki E ke logika *low* “0” lagi.

Jalur RS adalah jalur *Register Select*. Ketika RS berlogika *low* “0”, data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti *clear screen*, posisi kursor). Ketika RS berlogika *high* “1”, data yang dikirim adalah data *text* yang akan ditampilkan pada *display* LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan huruf “T” pada layar LCD maka RS harus diset logika *high* “1”. Jalur RW adalah jalur kontrol *Read/ Write*. Ketika RW berlogika *low* (0), maka informasi pada bus data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* “1”, maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika *low* “0” , hal ini untuk dilakukan untuk *men-set* agar informasi selalu dituliskan ke LCD. Kemudian, bus data terdiri dari 4 atau 8 jalur (bergantung pada *mode* operasi yang dipilih oleh *user*). Pada kasus bus data 8 bit, jalur diacukan sebagai DB0 s/d DB7.

2.8.2 Register LCD

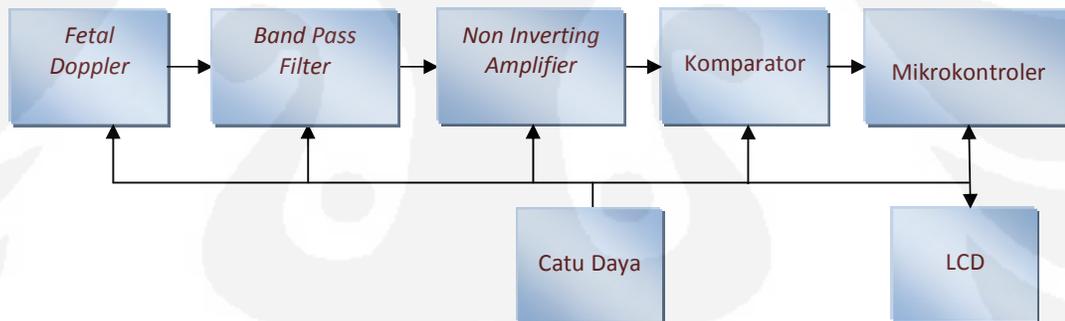
Pada LCD ini mempunyai dua buah Register yaitu register perintah dan register data, yang aksesnya diatur dengan menggunakan kaki RS. Pada saat RS berlogika 0, maka register yang diakses adalah Register Perintah dan pada saat RS berlogika 1, maka register yang diakses adalah Register Data.

BAB III

RANCANG BANGUN DAN REALISASI SISTEM

Dalam perancangan alat pendeteksi dan penghitung detak jantung ini terdapat dua proses utama yang harus ditempuh, yaitu perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Perancangan *hardware* meliputi beberapa rangkaian yaitu *fetal doppler*, *band pass filter*, *non inverting*, komparator, rangkaian minimum sistem mikrokontroler, rangkaian *interface* LCD dan rangkaian *power supply*. Perancangan *software* menggunakan bahasa pemrograman BASCOM sebagai media untuk melakukan perhitungan detak jantung per menit melalui sinyal yang terdeteksi oleh *fetal doppler*.

Proses kerja alat “Alat Pendeteksi dan Penghitung Detak Jantung dengan Asas *Doppler*” dapat dijelaskan pada gambar 3.1 Diagram Blok berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram blok deteksi detak jantung

Pada mulanya *fetal doppler* akan mendeteksi jaringan atau organ yang bergerak seperti detak jantung. Gelombang ultrasonik akan dipancarkan dari *transmitter transduser* ke dalam jaringan abdominal. Gelombang kemudian akan dipantulkan oleh organ dan diterima oleh *receiver*. Sinyal yang diterima oleh rangkaian *receiver* akan di-*filter* menggunakan rangkaian *band pass filter*, lalu sinyal tersebut akan diberikan penguat melalui rangkaian *non inverting amplifier*, dan tegangan yang masuk akan dibandingkan dengan tegangan acuan di rangkaian

komparator lalu data tersebut akan diolah oleh mikrokontroler dan hasilnya akan ditampilkan ke LCD yang menunjukkan banyaknya detak jantung per menit.

Prinsip kerja secara umum adalah :

- *Fetal doppler* berfungsi untuk mendeteksi detak di jantung
- Rangkaian *Band Pass Filter* berfungsi untuk melewatkan frekuensi yang diinginkan dan menghilangkan frekuensi yang tidak diinginkan.
- Rangkaian *non inverting amplifier* berfungsi sebagai penguat sinyal.
- Rangkaian komparator berfungsi untuk membandingkan tegangan yang masuk dengan tegangan acuan.
- Mikrokontroler, merupakan rangkaian sistem minimum Atmega 8535 yang berfungsi sebagai mengolah data dan menampilkan keluaran ke LCD.
- Catu daya berfungsi untuk memberikan tegangan ke masing-masing blok.
- LCD berfungsi sebagai tampilan yang berupa data detak per menit.

3.1 Perancangan *Hardware*

Dalam perancangan *hardware*, sistem dibagi menjadi beberapa bagian.

Secara garis besar alat ini terdiri dari beberapa rangkaian, yaitu :

1. *Fetal doppler*
2. Rangkaian *Band Pass Filter*
3. Rangkaian *Non inverting*
4. Rangkaian komparator
5. Rangkaian sistem minimum mikrokontroler
6. Rangkaian LCD
7. Rangkaian Catu Daya

3.1.1 *Fetal Doppler*

Fetal doppler yang digunakan untuk perancangan adalah *fetal doppler* dengan tipe Hi-Bebe BT-200. *Fetal doppler* ini bekerja pada frekuensi 2 MHz. *Fetal doppler* terdiri dari *transducer probe* yang terdiri dari *transmitter* dan *receiver*. *Transducer* inilah yang ditempelkan ke bagian jantung untuk melakukan

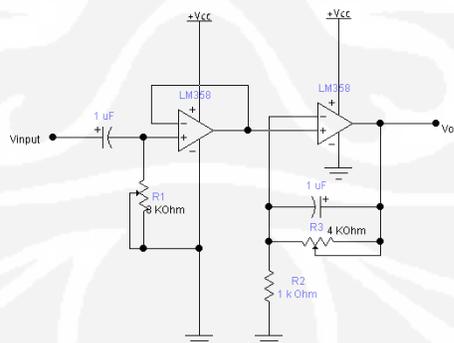
pemeriksaan. Di dalam *transduser* terdapat kristal yang digunakan untuk menangkap pantulan gelombang yang disalurkan oleh *transduser*. Gelombang yang diterima masih dalam bentuk gelombang pantulan sehingga fungsi kristal disini adalah untuk mengubah gelombang tersebut menjadi gelombang elektronik. Gelombang suara ini menembus tubuh dan mengenai batas-batas antar jaringan, misal antara cairan, darah dan otot dan tulang. Sebagian gelombang suara ini dipantulkan kembali ke *probe*, sebagian lain terus menembus bagian tubuh lainnya sampai kemudian juga dipantulkan. Gelombang-gelombang suara pantulan ini ditangkap kembali oleh *probe*.

Fetal doppler akan dihubungkan dengan rangkaian *band pass filter* menggunakan kabel *jack audio*. *Fetal doppler* dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini :



Gambar 3.2 Fetal Doppler

3.1.2 Rangkaian *Band Pass Filter*



Gambar 3.3 Rangkaian *Band Pass Filter*

Rangkaian *band pass filter* ini adalah rangkaian *band pass filter* aktif karena menggunakan penguat operasional dan komponen-komponen R dan C.

Sinyal-sinyal dengan frekuensi yang tercakup dalam pita frekuensi atau *pass band* dapat dilewatkan dalam rangkaian *band pass filter* ini dan diredam frekuensi-frekuensi dibawah daerah frekuensi pacung bawah (f_1) dan frekuensi-frekuensi diatas frekuensi pacung atas (f_2). Berdasarkan gambar 3.3. rangkaian band pass filter frekuensi pacung bawah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Dalam perancangan filter ini, frekuensi pacung atas yang diinginkan adalah 40 Hz. Dan kapasitor yang digunakan dalam perancangan adalah sebesar $1\mu F$. Jadi dari persamaan diatas dapat dicari nilai resistor yang akan digunakan dalam perancangan, yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$R_1 = \frac{1}{2\pi f_1 C_1}$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 40 \cdot 10^{-6}}$$

$$R_1 = 3,98 \text{ k}\Omega$$

Untuk perancangan Frekuensi pacung bawah pada rangkaian *band pass filter* diatas dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan diatas. Dan frekuensi pacung bawah yang diinginkan adalah 20 Hz. Dan kapasitor yang digunakan dalam perancangan adalah sebesar $1\mu F$. Jadi nilai resistor yang digunakan adalah:

$$R_2 = \frac{1}{2\pi \cdot 20 \cdot 10^{-6}}$$

$$R_2 = 7,9 \text{ k}\Omega$$

Band pass filter pada rangkaian ini melewati frekuensi diantara 20-40 Hz yang juga disebut daerah *pass band*. Sedangkan daerah yang mendapat penguatan maksimum mempunyai frekuensi tengah (f_c) yaitu antara frekuensi pacung atas dan dapat dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini :

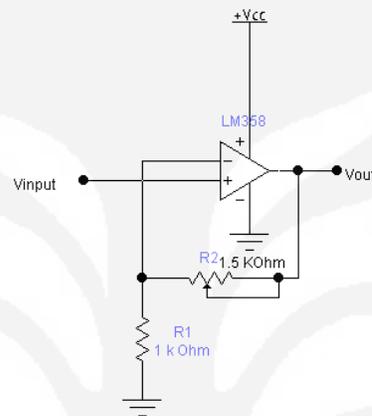
$$f_c = \frac{f_2 - f_1}{2}$$

Maka diperoleh frekuensi tengah sebesar :

$$f_c = \frac{40 \text{ Hz} - 20 \text{ Hz}}{2}$$

$$f_c = 10 \text{ Hz}$$

3.1.3 Rangkaian *Non Inverting*



Gambar 3.4 Rangkaian *Non inverting*

Rangkaian *non inverting* diatas dilakukan untuk melakukan penguatan sebanyak 2.5 kali. Dalam perancangan ini digunakan R_i sebesar $1 \text{ k}\Omega$. Sehingga nilai R_f dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

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

Maka,

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

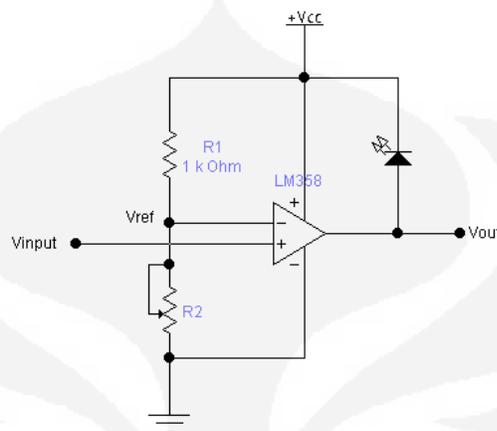
$$2.5 = \frac{R_f}{1 \text{ k}\Omega} + 1$$

$$1.5 = \frac{R_f}{1 \text{ k}\Omega}$$

$$R_f = 1.5 \text{ k}\Omega$$

Jadi untuk mendapatkan penguatan sebanyak 2.5 kali, maka dalam perancangan menggunakan R_i sebesar $1 \text{ k}\Omega$ dan R_f sebesar $1.5 \text{ k}\Omega$.

3.1.4 Rangkaian Komparator



Gambar 3.5 Rangkaian Komparator

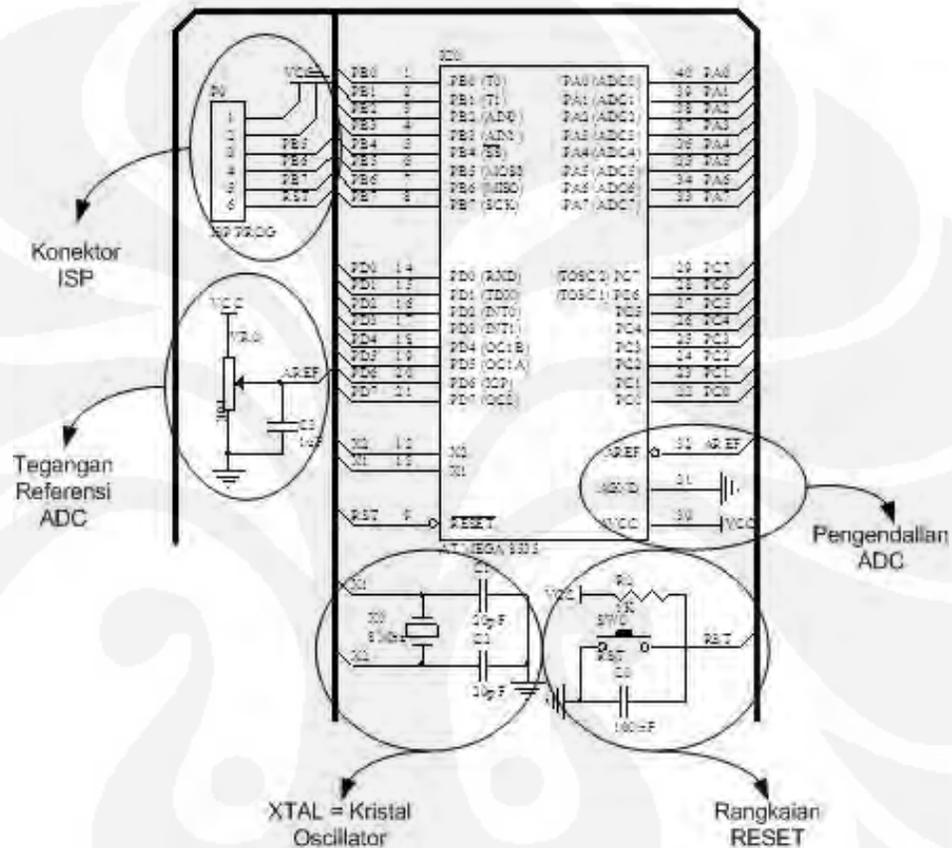
Rangkaian komparator menggunakan IC LM 358. Tegangan inputnya masuk dari kaki 5 yaitu input *non inverting* sedangkan tegangan acuan masuk dari kaki 6 yaitu input *inverting*. Pada input *inverting* diberikan potensiometer sehingga tegangan acuan bias diatur sesuai dengan yang diinginkan. Tegangan acuan yang digunakan pada rangkaian ini adalah sebesar 5 Volt.

3.1.5 Rangkaian sistem minimum mikrokontroler

Rangkaian minimum sistem mikrokontroler Atmega 8535 merupakan sebuah modul ISP (*In System Programming*) dan dihubungkan langsung dengan kabel paralel. Rangkaian minimum sistem mikrokontroler Atmega 8535 berfungsi sebagai penerima data masukan dari rangkaian komparator dan melakukan perhitungan jumlah pulsa atau detak dalam satu menit dan menampilkan data tersebut di LCD.

- Spesifikasi alat :
 - IC Mikrokontroler ATMega 8535
 - Tegangan suplai 9 Vdc
 - Kristal 8 MHz
 - Port input : PA.0
 - Port output : PB.0 s.d PB.7

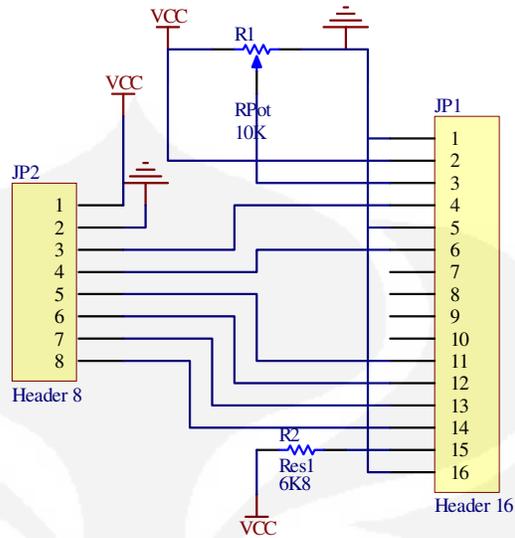
Mikrokontroler ATmega 8535 memiliki 4 buah *port* yang dapat diatur fungsinya. Pada alat ini *port* A difungsikan sebagai input. Sedangkan *port* B difungsikan sebagai output. Hal ini diperlihatkan pada gambar 3.6 rangkaian minimum sistem mikrokontroler.



Gambar 3.6 Rangkaian Sistem Minimum Atmega 8535

3.1.6 Rangkaian LCD

Tampilan yang digunakan adalah LCD 16x2, dimana LCD ini mempunyai 16 kolom dan 2 baris. LCD berfungsi untuk menampilkan data yang telah diolah yaitu berupa detak jantung per menit. Gambar 3.7 memperlihatkan gambar antarmuka LCD dengan mikrokontroler.

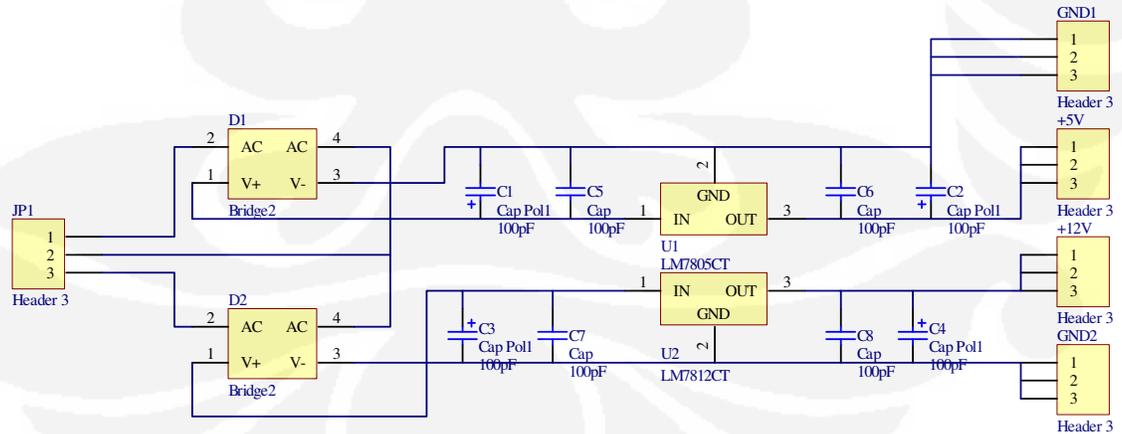


Gambar 3.7 Rangkaian Interface LCD

- Port Mikon : PB.0 - PB.5
- Port LCD : DB.4 – DB.7

3.1.7 Rangkaian Catu Daya

Sistem yang akan dirancang memerlukan sumber tegangan searah sebesar +5 Vdc dan +9 Vdc. Gambar rangkaian catu daya ini dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini :



Gambar 3.8 Rangkaian Catu Daya

Rangkaian Catu daya ini terdiri dari regulator 9V yang dibutuhkan oleh rangkaian sistem minimum mikrokontroler.

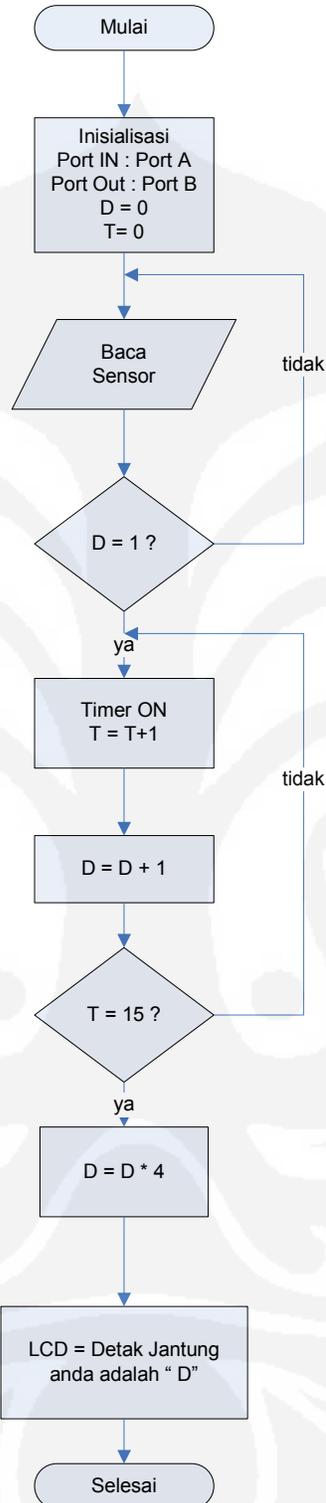
Prinsip kerja rangkaian catu daya ini adalah untuk tegangan +9 Vdc menggunakan input 12 Vac dan akan disearahkan oleh diode *bridge* serta akan di-*filter* oleh kapasitor. Kemudian akan dialirkan ke regulator LM7809 untuk menghasilkan tegangan +9 Vdc.

3.2 Perancangan Software

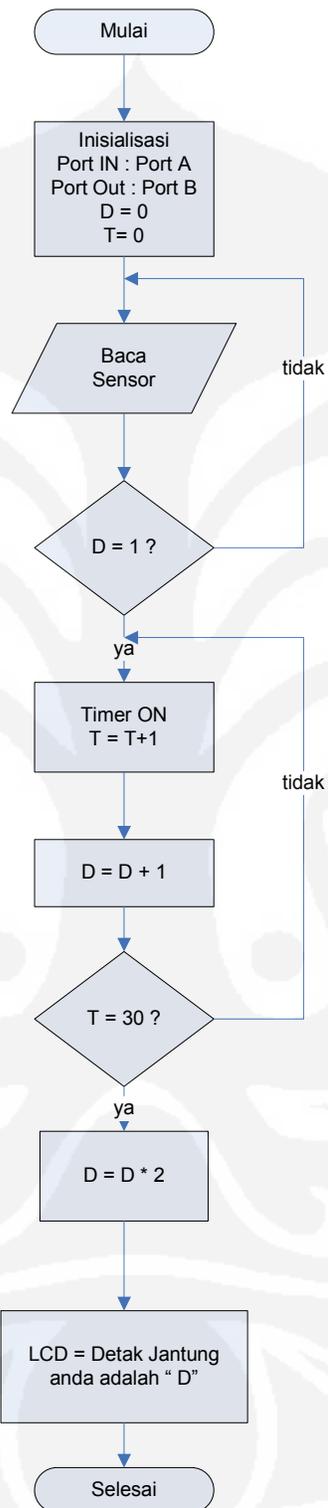
Perangkat lunak yang digunakan adalah BASCOM AVR. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat diagram alir terlebih dahulu dari perangkat lunak yang akan direalisasikan. Berikut adalah diagram alir (*flowchart*) dari program yang akan dibuat.

3.2.1 Flowchart Program

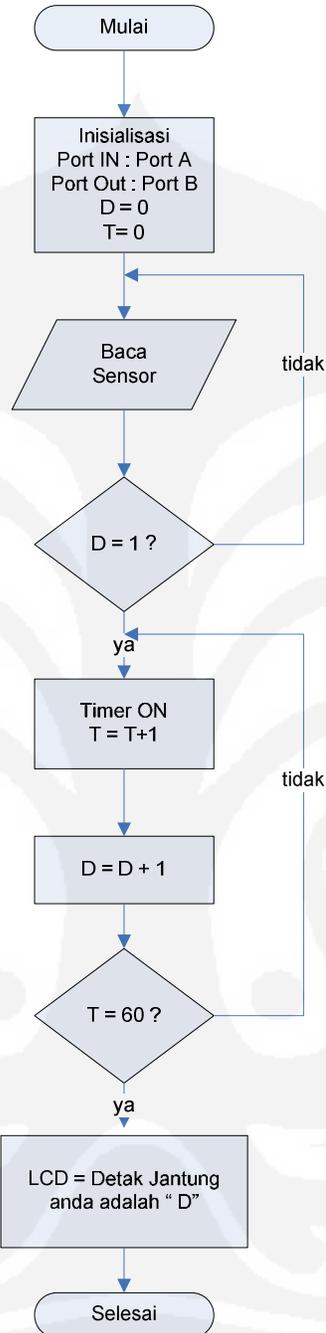
Pada saat program dimulai maka terjadi inisialisasi yaitu *Port A* sebagai *port input* dan *Port B* sebagai *port output*. Dan juga inisialisasi terhadap variabel yang digunakan. Variabel yang digunakan adalah variabel D sebagai variabel jumlah pulsa, dan variabel T sebagai variabel pengambilan data pulsa *sampling*. Pada kondisi normal, kedua variabel ini bernilai 0. Alur kerja dari sistem ini akan bekerja pada saat tombol start diaktifkan. Pada saat tombol start diaktifkan maka sensor mulai bekerja (menghitung jumlah pulsa) . Jika terdeteksi adanya pulsa maka sistem secara otomatis mengaktifkan *timer*. Pada program ini kita mengaktifkan program *timer* selama 15 detik, 30 detik dan 60 detik. *Timer* yang diaktifkan selama 15 detik. Pulsa yang dihasilkan selama 15 detik ini akan dikalikan 4 dan jumlah perhitungan pulsa yang dihasilkan akan ditampilkan di LCD. *Timer* yang diaktifkan selama 30 detik. Pulsa yang dihasilkan selama 30 detik ini akan dikalikan 2 dan jumlah perhitungan pulsa yang dihasilkan akan ditampilkan di LCD. Dan *timer* yang diaktifkan selama 60 detik. Pulsa yang dihasilkan selama 60 detik akan ditampilkan di LCD.



Gambar 3.9 Flowchart program dengan timer 15 detik



Gambar 3.10 Flowchart program dengan timer 30 detik



Gambar 3.11 Flowchart program dengan timer 60 detik

3.2.2 Algoritma Program

Algoritma untuk program bascom dibagi menjadi 3 yaitu algoritma untuk program *sampling time* 15 detik, 30 detik dan 60 detik.

a. Algoritma *Sampling Time* 15 detik

```

Inisialisasi
Port A = Input
Port B = Output
D = 0
T = 0

If D = 1 then
    T = 1
If T <= 15 then
    T = T + 1
    D = D + 1
Else
    Detak = D * 4
    Write = Detak jantung adalah "Detak"
End
End

```

b. Algoritma *Sampling Time* 30 detik

```

Inisialisasi
Port A = Input
Port B = Output
D = 0
T = 0

If D = 1 then
    T = 1
If T <= 30 then
    T = T + 1
    D = D + 1
Else
    Detak = D * 2
    Write = Detak jantung adalah "Detak"
End
End

```

c. Algoritma *Sampling Time* 60 detik

```

Inisialisasi
Port A = Input
Port B = Output
D = 0
T = 0

```

```
If D = 1 then
    T = 1
If T <= 60 then
    T = T + 1
    D = D + 1
Else
    Write = Detak jantung adalah "Detak"
End
End
```

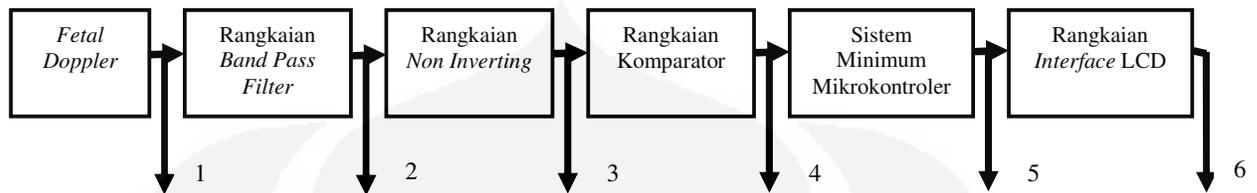
BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah perancangan yang telah dilakukan sesuai dengan yang diharapkan, sehingga dapat diterapkan pada sistem yang sesuai dengan spesifikasi. Setiap blok pada sistem diuji dan dianalisa, jika pengujian pada setiap blok benar kemudian dilakukan pengujian keseluruhan sistem. Parameter-parameter yang termasuk dalam proses yang diuji adalah sebagai berikut:

1. Pengujian keluaran pada rangkaian catu daya
2. Pengujian keluaran sinyal *fetal doppler*
3. Pengujian pada rangkaian *band pass filter*
4. Pengujian pada rangkaian *non inverting*
5. Pengujian pada rangkaian komparator
6. Pengujian port pada rangkaian Mikrokontroler
7. Pengujian pada tampilan LCD
8. Pengujian program secara keseluruhan, yaitu pengujian pendeteksi dan penghitung detak jantung per menit.

Berikut ini merupakan diagram blok sistem secara keseluruhan, pengujian dilakukan dengan mengukur ataupun membaca *output* dari masing-masing blok, dengan mengetahui *output* setiap blok sehingga mempermudah proses *maintenance* (perbaikan) karena posisi kerusakan sistem dapat diketahui secara pasti.



Gambar 4.1 Test Point Pengujian

Output 1 : Merupakan pengujian pembacaan sinyal output dari *fetal doppler*, pengujian ini menggunakan osiloskop dan *Adobe Audition* Versi 3.0.

Output 2 : Merupakan pengujian terhadap tegangan input dan output dari rangkaian *Band Pass Filter*

Output 3 : Merupakan pengujian terhadap penguatan tegangan yang masuk

Output 4 : Merupakan pengujian dengan membandingkan tegangan input dengan tegangan referensi.

Output 5 : Merupakan pengujian rangkaian mikrokontroler.

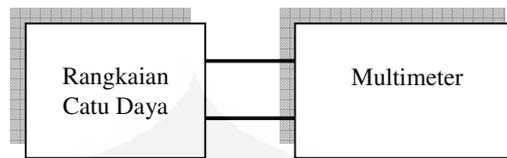
Output 6 : Merupakan pengujian rangkaian *interface LCD*, keluaran pada LCD berupa tampilan karakter.

4.1 Pengujian Hardware

Pengujian *hardware* yang dilakukan meliputi pengujian, pengukuran, dan analisa pada rangkaian catu daya, pengujian sinyal keluaran *fetal doppler*, rangkaian *band pass filter*, rangkaian *non inverting*, rangkaian komparator, rangkaian mikrokontroler dan rangkaian *interface LCD*.

4.1.1 Pengujian dan analisa rangkaian catu daya

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah tegangan *output* yang dihasilkan oleh rangkaian catu daya sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Rangkaian catu daya ini diberikan tegangan 220 Vac yang akan diubah menjadi beberapa buah tegangan DC, yaitu 5 Vdc dan 9 Vdc. Dalam pengujian ini, tegangan *input* trafo sebesar 220 Vac dihubungkan ke tegangan *output* pada trafo sebesar 6 Vac untuk regulator 7805 dan 12 Vac untuk regulator 7809. Pengujian rangkaian catu daya dilakukan seperti gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengujian Tegangan *Output* pada Rangkaian Catu Daya

Berikut hasil pengukuran *output* dari rangkaian catu daya ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengukuran Rangkaian Catu Daya

Data Hasil Pengukuran			
Tegangan input trafo (Vac)	Tegangan output trafo (Vac)	Tegangan output (Vdc)	
		7805	7809
220	6	5,00	-
	12	-	9,00

Dari data hasil pengujian dapat dilihat bahwa bila LM 7805 diberi tegangan *input* sebesar 6 Vac, maka *output* yang dihasilkan oleh LM 7805 adalah sebesar 5,0 V. Dari *data sheet* LM 7805, tegangan *input* yang dapat diberikan sebesar 5-15 Vac. Bila LM 7809 diberi tegangan *input* sebesar 12 Vac, maka *output* yang dihasilkan oleh LM 7809 adalah sebesar 9 V.

Tegangan *output* pada rangkaian catu daya sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini membuktikan bahwa rangkaian ini dapat berfungsi dengan baik.

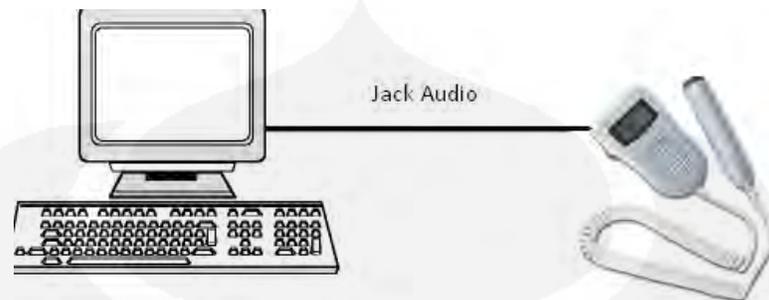
4.1.2 Pengujian dan analisa *Fetal Doppler*

Pengujian pada *fetal Doppler* ini dibagi menjadi dua yaitu pengujian menggunakan *software Adobe Audition* versi 3.0 dan pengujian menggunakan osiloskop.

4.1.2.1 Pengujian menggunakan *Adobe Audition* versi 3.0

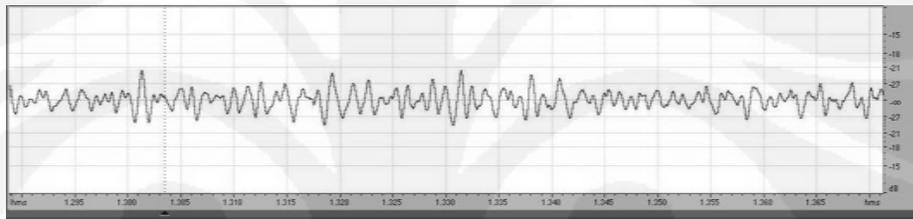
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk sinyal yang dikeluarkan oleh *fetal doppler*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *Adobe Audition* versi 3.0 dan menggunakan *jack audio* untuk menghubungkan antara *fetal*

Doppler dengan komputer. Pengujian rangkaian *Fetal Doppler* dilakukan seperti gambar 4.3.

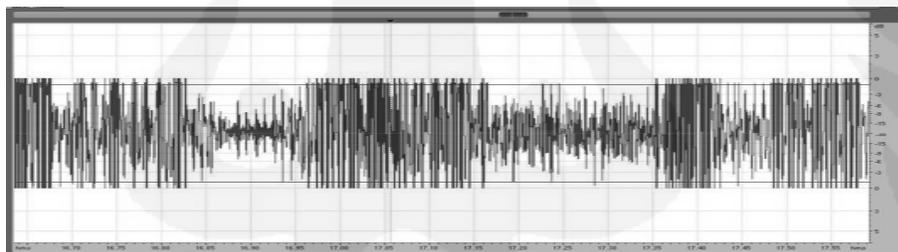


Gambar 4.3 Pengujian *fetal doppler*

Berikut merupakan bentuk sinyal *output* dari *fetal doppler* dalam keadaan normal atau belum diberikan detak jantung (Gambar 4.4) dan bentuk sinyal *output fetal doppler* dengan detak jantung (Gambar 4.5).



Gambar 4.4 Bentuk sinyal *output fetal doppler* dalam keadaan normal



Gambar 4.5 Bentuk sinyal *output fetal doppler* dengan detak jantung

Dari data hasil pengujian terdapat perbedaan antara sinyal dengan detak jantung dan sinyal tanpa detak jantung. Sinyal tanpa detak memiliki bentuk tak beraturan sedangkan sinyal dengan detak jantung memiliki bentuk yang berpola dan beraturan.

4.1.2.2 Pengujian menggunakan Osiloskop

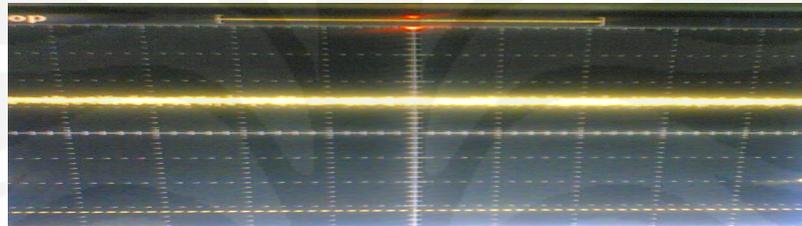
Pengujian *fetal doppler* dengan menggunakan osiloskop bertujuan untuk mengetahui bentuk sinyal *output*, frekuensi sinyal *output* dan tegangan

sinyal *output* dari *fetal doppler*. Pengujian *fetal doppler* dilakukan seperti gambar 4.6.

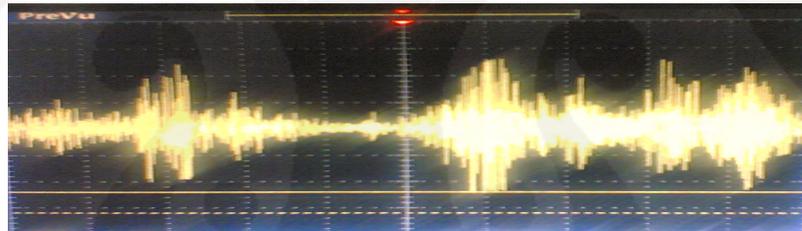


Gambar 4.6 Pengujian bentuk sinyal *output* menggunakan osiloskop

Berikut merupakan bentuk sinyal *output* dari rangkaian *fetal doppler* menggunakan osiloskop dalam keadaan normal atau belum diberikan detak jantung (Gambar 4.7) dan bentuk sinyal *output fetal doppler* dengan detak jantung (Gambar 4.8).



Gambar 4.7 Bentuk sinyal *output fetal doppler* dalam keadaan normal



Gambar 4.8 Bentuk sinyal *output fetal doppler* dengan detak jantung

Pengukuran sinyal berdasarkan osiloskop menggunakan dua *sample* yang berbeda. Dari pengujian diatas dapat diperoleh perbedaan amplitudo antara sinyal dengan detak jantung dan tanpa detak jantung. Dari data tersebut dapat diambil periode kedua sinyal tersebut sehingga frekuensi sinyal tersebut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$f = 1 / T$$

Dimana :

F adalah Frekuensi (Hertz)

T adalah periode gelombang (detik)

Tabel 4.2 Pengukuran Frekuensi Sinyal dengan menggunakan osiloskop

No	Amplitudo Tertinggi		Amplitudo Terendah	
	ΔT (ms)	Frekuensi (Hz)	ΔT (ms)	Frekuensi (Hz)
Sample 1	4.8	208.33	4.4	227.27
	3	333.33	4	250
	2.6	384.615	3.8	263.16
	2.6	384.62	5.6	178.57
Sample 2	2.8	357.14	6	166.67
	2.4	416.67	3.6	277.78
	4	250	4.4	227.27
	3.8	263.15	2.4	416.67
Rata-Rata	3.25	324.7	4.275	250.9

Berikut data pengukuran dari tegangan maksimal dan tegangan minimal dari beberapa *sampling* percobaan.

Tabel 4.3 Pengukuran Tegangan Sinyal dengan menggunakan osiloskop

No	Vmax	Vmin
1	1.4	-1.4
2	1.84	-1.08
3	1.92	-1.12
4	1.56	-1.22
5	1.74	-1.78
6	1.6	-1.24
7	1.24	-1.2
8	1.06	-0.68
9	1.32	-0.96
10	1.08	-1.24
11	1.96	-1.8
12	1.4	-1.72
13	0.98	-0.8
14	1.06	-0.86
15	0.86	-0.88
Rata - Rata	1.40	-1.20

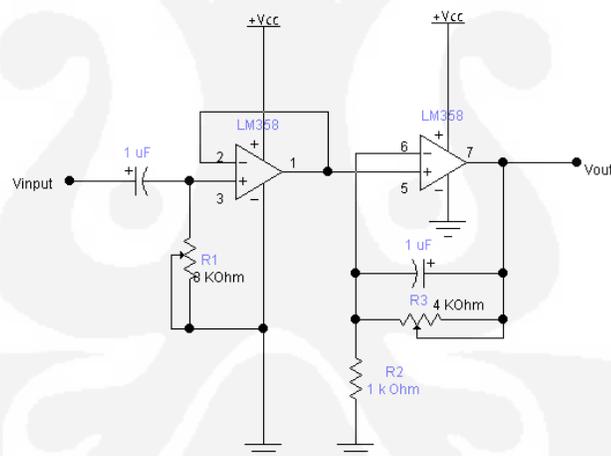
Dari data yang diambil dari osiloskop terdapat perbedaan antara sinyal dengan detak jantung dan sinyal tanpa detak jantung. Perbedaan antara sinyal dengan detak jantung dan tanpa detak jantung dapat dilihat dari besarnya amplitudo. Sinyal dengan detak jantung memiliki amplitudo yang tinggi dan

sinyal tanpa detak jantung memiliki amplitudo yang rendah. Dari amplitudo tertinggi dan amplitudo terendah diambil periode dari beberapa *sampling* data.

Jika periode diketahui maka frekuensi gelombang pun dapat dihitung. Frekuensi rata-rata pada amplitudo tertinggi adalah sebesar 324.7 Hz dan Frekuensi rata-rata pada amplitudo terendah adalah sebesar 250.9 Hz. Frekuensi pada saat terjadi detak berbeda dengan menurut teori yaitu sebesar 20-40 Hz. Hal ini dikarenakan adanya *regurgitasi* yang menyebabkan *murmur* dalam rentang 100 hingga 600 Hz.

Dari amplitudo tersebut pun dapat dihitung tegangan maksimal dan minimal dari gelombang yang didapat. Tegangan maksimal rata-rata pada amplitudo tertinggi adalah sebesar 1.4 Volt dan Tegangan minimal rata-rata pada amplitudo terendah adalah sebesar -1.2 Volt.

4.1.3 Pengujian dan analisa rangkaian *band pass filter*



Gambar 4.9 Pengukuran pada rangkaian *Band pass filter*

Rangkaian *Band Pass Filter* diatas terdiri dari rangkaian *high pass filter* dan *low pass filter*. Pengukuran dilakukan pada kaki 3 yang merupakan input ke rangkaian *high pass filter* dan kaki 1 yang merupakan *output* dari rangkaian *high pass filter* dan sekaligus merupakan *input* ke rangkaian *low pass filter*. Pengukuran juga dilakukan pada kaki 7 yang merupakan *output* dari rangkaian

low pass filter. Pengukuran ini juga dilakukan tanpa detak dan dengan detak jantung. Hal ini dilakukan untuk melihat adanya perubahan tegangan antara tanpa detak dan juga dengan detak jantung. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengukuran Tegangan pada rangkaian Band Pass Filter

Vcc	Tegangan pada kaki 3		Tegangan pada kaki 1		Tegangan pada kaki 7	
	Tanpa detak (mV)	Dengan Detak (mV)	Tanpa detak (mV)	Dengan Detak (mV)	Tanpa detak (mV)	Dengan Detak (mV)
4,5	-1,7	-0,7	3,3	20-40	38	100-150
9	-3,5	-2,8	2,4	70-120	42	600-900
13,5	-3,7	-3	3,4	40-100	42,3	700-2000

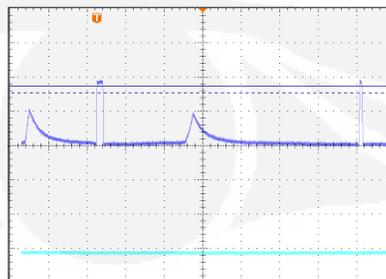
Dari tabel pengukuran dapat dilihat bahwa tegangan pada kaki 1,3 dan 7 akan naik apabila terdapat detak jantung. Dengan mengubah tegangan Vcc yang masuk, dapat dilihat bahwa semakin tinggi tegangan pada Vcc maka tegangan input yang dihasilkan dengan adanya detak akan meningkat.

Pengukuran terhadap rangkaian *band pass filter* juga dilakukan menggunakan osiloskop. Pengukuran ini dilakukan dengan menempelkan *fetal doppler* ke bagian jantung, dan *fetal doppler* tersebut akan menjadi masukan ke rangkaian *band pass filter*. Tabel 4.5 merupakan data yang diambil dari 4 buah sampel.

Tabel 4.5 Pengukuran Frekuensi rangkaian Band Pass Filter

Sampel	Frekuensi (Hz)
Orang 1	35
Orang 2	40
Orang 3	32
Orang 4	26

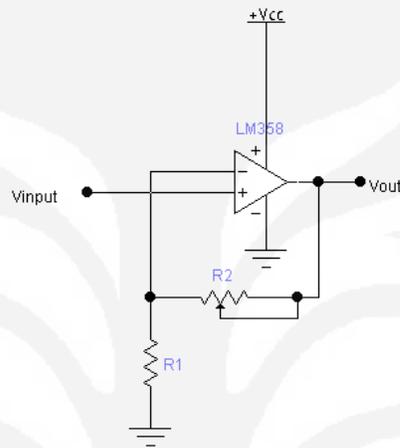
Berikut merupakan sinyal output dari rangkaian *band pass filter*.



Gambar 4.10 Sinyal Output Rangkaian *Band Pass Filter*

Dari data pengukuran, dapat diambil kesimpulan bahwa rangkaian ini dapat berfungsi dengan baik karena hanya melewatkan frekuensi yang diinginkan saja yaitu 20-40 Hz.

4.1.4 Pengujian dan analisa rangkaian *non inverting*



Gambar 4.11 Pengukuran pada rangkaian *non inverting*

Pengukuran pada rangkaian *non inverting* berfungsi untuk melihat apakah rangkaian ini dapat memberikan penguatan seperti apa yang diinginkan. Pengukuran ini dilakukan dengan mengubah tegangan input yang digunakan. Nilai R_1 yang digunakan sebesar 1 k Ω dan nilai R_2 yang digunakan sebesar 1 k Ω dan 2 k Ω . Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut:

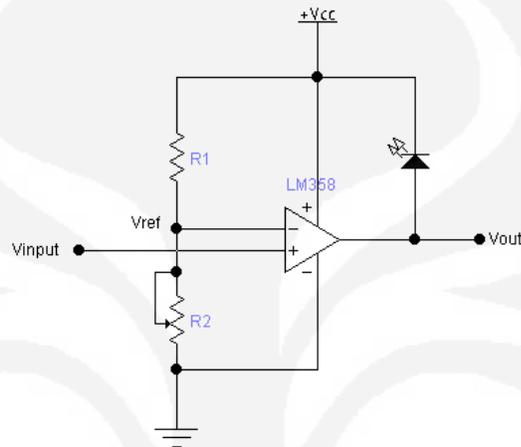
Tabel 4.6 Hasil pengukuran pada Rangkaian *non inverting*

Vin (Volt)	R1 (Ω)	R2 (Ω)	Voutput Pengukuran	Voutput Perhitungan	Error (%)
2	1000	1000	4.2	4	5.25
3			6.5	6	8.33
4			8.3	8	3.75
2		2000	6.7	6	11.67
3			9.8	9	8.89
4			11.34	12	5.5

Tegangan *output* yang dihasilkan untuk R_2 sebesar 1 k Ω adalah sebesar 2 kali dari tegangan *input*-nya. Dan tegangan *output* yang dihasilkan untuk R_2 sebesar 2 k Ω adalah sebesar 3 kali dari tegangan *input*-nya. Pada tabel diatas

dapat dihitung pula persentase *error* antara tegangan output pengukuran dan tegangan *output* berdasarkan perhitungan.

4.1.5 Pengujian dan analisa rangkaian komparator



Gambar 4.12 Pengukuran pada rangkaian komparator

Pengukuran pada rangkaian komparator dilakukan dengan mengubah tegangan acuan terhadap tegangan *input* yang tetap. Tegangan acuan diubah dari 1 volt sampai dengan 5 volt. Pengukuran dilakukan dengan mengukur tegangan *output* dan indikator yang berupa Led. Hasil pengukuran pada rangkaian komparator dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil pengukuran pada Rangkaian Komparator

Vin	Vref	Vout	Led
3	1	11,26	Mati
3	2	11,4	Mati
3	3	1,21	Nyala
3	4	1,20	Nyala
3	5	1,25	Nyala

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa apabila nilai Vin lebih besar dari Vref maka nilai Vout akan bernilai *high* dan apabila nilai Vin lebih kecil dari Vref maka nilai Vout akan bernilai *low*. Indikator yang berupa led akan menyala apabila Vout bernilai *low* dan akan mati apabila Vout bernilai *high*.

4.1.6 Pengujian dan analisa rangkaian minimum mikrokontroler

Pengujian pada rangkaian minimum mikrokontroler yang dilakukan adalah pengujian terhadap *port* yang digunakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *port* yang digunakan pada mikrokontroler berfungsi dengan baik atau tidak. Pengujian *port* pada mikrokontroler ini dilakukan seperti gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pengujian pin dengan multimeter

Berikut merupakan hasil pengukuran tegangan pada pin mikrokontroler.

Tabel 4.8 Pengukuran Pin Sistem Minimum Atmega 8538

Pin Mikrokontroler	Tegangan (Volt)
Pin 10 (Vcc)	5.00
Pin 11 (<i>Ground</i>)	0
Pin 30 (AVcc)	5.01
Pin 32 (Aref)	5.00

Pada pengukuran tegangan pin mikrokontroler didapatkan tegangan pada Vcc sebesar 5 Volt, *Ground* sebesar 0 Volt, Avcc sebesar 5.01 Volt dan Aref sebesar 5 Volt. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa, *port* yang diukur pada mikrokontroler ini dalam keadaan baik atau tidak rusak.

4.1.7 Pengujian dan analisa rangkaian *interface* LCD

Pengujian pada rangkaian *interface* LCD berfungsi untuk melihat tampilan dari LCD. Rangkaian pengujian *interface* LCD dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pengujian *interface* LCD

Untuk pengujian *interface* LCD digunakan *listing* program untuk mempermudah pengujian. Berikut *listing* program terdapat pada gambar 4.15

```

BASCOM AVR IDE [H:\SRBPST\Tulisan SRBPST\Tulisan SRBPST\Program BASCOM\Wengocakan LCD.txt]
File Edit Program Tools Options Window Help
-----
|*****Test LCD*****|
$regfile = "m8535.dat"
$crystal = 0000000

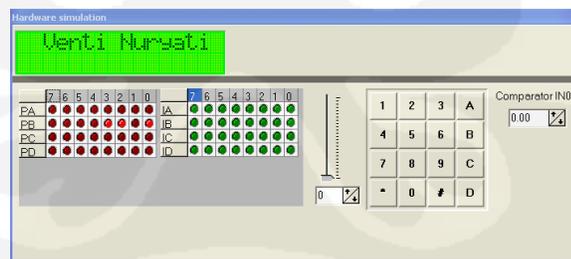
Config Portd = Output
Dis A An Byte

Config Lcdbus = 4
Config Lcdpin = Pin, Db4 = Portb 2, Db5 = Portb 3, Db6 = Portb 4, Db7 = Portb 5, E = Portb 1, Rs = Portb 0
Config Lcd = 16 * 2
Config lcd = Single, Prescaler = Auto, Reference = Internal
Cursor Off

Do
  Locate 1, 2
  Lcd "Venti Nuryati"
  Waitms 250
  Locate 2, 4
  Lcd "0806366573"
  Wait 1
  For A = 1 To 3
  Shiftlcd Right
  Next 1
  Next
  For A = 3 To 1 Step - 1
  Shiftlcd Left
  Wait 1
  Next
Loop
End
  
```

Gambar 4.15 Program Pengujian *interface* LCD

Pada LCD akan tampil pada bagian atas "Venti Nuryati" selama 1 detik kemudian tampilan pada bagian bawah "0806366573" selama 1 detik dan tampilan tersebut berlangsung terus. Gambar 4.16 menunjukkan tampilan simulasi LCD pada program BASCOM AVR.



Gambar 4.16 Tampilan simulasi LCD pada program BASCOM AVR

4.2 Pengujian dan Analisa dengan menggunakan persamaan doppler

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan persamaan yang terdapat dalam efek Doppler yaitu:

$$f_p = \frac{v \mp v_p}{v \mp v_s} f_s$$

Dimana

f_p = frekuensi yang dipantulkan oleh transducer (Hz)

f_s = frekuensi yang dipancarkan oleh transducer (Hz)

v = kecepatan bunyi merambat dalam jaringan tubuh, (pada umumnya v sebesar 1600 ms^{-1})

v_p = kecepatan transducer (ms^{-1})

v_s = kecepatan sumber bunyi yaitu jantung (ms^{-1})

Dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa kecepatan transducer adalah 0 ms^{-1} . Sehingga persamaan disederhanakan menjadi :

$$f_p = \frac{v \mp 0}{v \mp v_s} f_s$$

Dan dapat digunakan suatu variabel a sebagai variabel pembanding antara frekuensi yang dipantulkan dengan frekuensi yang dipancarkan oleh transducer. Sehingga persamaan akan menjadi seperti dibawah ini:

$$f_p = a f_s$$

$$\frac{f_p}{f_s} = a$$

Dari persamaan diatas, maka didapat variabel a . Dengan didapatnya variabel a maka dapat dibandingkan nilai variabel a dari frekuensi detak jantung menurut teori, nilai variabel a dari hasil pengukuran frekuensi dari keluaran *fetal doppler* dan nilai variabel a dari hasil pengukuran frekuensi dari keluaran *band pass filter*. Berikut nilai variabel a dari frekuensi detak jantung menurut teori yaitu 20 – 40 Hz.

Tabel 4.9 Nilai variabel a dengan menggunakan frekuensi 20-40 hz

f_p (Hz)	f_s (2 MHz)	a
20	2	1×10^{-5}
25	2	1.25×10^{-5}
30	2	1.5×10^{-5}
35	2	1.75×10^{-5}
40	2	2×10^{-5}

Dari tabel diatas dapat diketahui, untuk mendapatkan nilai frekuensi pantul yang sesuai dengan asas *doppler* maka didapatkan nilai variabel antara 1×10^{-5} - 2×10^{-5} .

Berikut nilai variabel a dengan membandingkan frekuensi pantul yang merupakan frekuensi keluaran fetal doppler.

Tabel 4.10 Nilai variabel a dengan menggunakan frekuensi keluaran dari *fetal doppler*

fp (Hz)	fs (2 MHz)	a
208.33	2	104×10^{-6}
333.33	2	166×10^{-6}
384.62	2	192×10^{-6}
384.62	2	192×10^{-6}
357.14	2	178×10^{-6}
416.67	2	208×10^{-6}
250	2	125×10^{-6}
263.15	2	131×10^{-6}
324.7	2	162×10^{-6}

Dari tabel diatas, didapat nilai variabel a yang tidak sesuai dengan nilai variabel a yang menjadi acuan. Ini dikarenakan frekuensi pada *fetal doppler* akan memantulkan apa saja yang menimbulkan getaran di dalam tubuh.

Berikut nilai variabel a dengan membandingkan frekuensi pantul yang merupakan frekuensi keluaran dari rangkaian *band pass filter*.

Tabel 4.11 Nilai variabel a dengan menggunakan frekuensi keluaran dari *Band Pass Filter*

fp (Hz)	fs (2 MHz)	a
35	2	1.75×10^{-5}
40	2	2×10^{-5}
32	2	1.6×10^{-5}
26	2	1.3×10^{-5}

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai variabel a dari frekuensi keluaran *band pass filter* sesuai dengan nilai variabel a yang menjadi acuan. Dalam hal ini, frekuensi yang di-*filter* dapat menghasilkan frekuensi pantul sesuai dengan persamaan efek *doppler*.

4.3 Pengujian dan Analisa Sistem Secara Keseluruhan

4.3.1 Pengujian Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk menjalankan sistem secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan program BASCOM AVR yang telah di *download* ke dalam mikrokontroler. Ada tiga buah program yang digunakan yaitu program pengambilan *sampling time* selama 15 detik, 30 detik dan 60 detik. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil 10 *sample* data dari 10 orang yang berbeda dan mempunyai *range* umur antara 20 - 26 tahun. Data yang didapat dari pengukuran menggunakan sistem secara keseluruhan dapat dibandingkan dengan perhitungan manual sehingga dapat dihitung persentase *error*. Perhitungan persentase *error* dapat dilihat dari rumus berikut:

$$\% \text{ Error} = \frac{\Delta \text{ Selisih Perhitungan}}{\text{Jumlah Perhitungan Manual}} \times 100\%$$

Data hasil dari sistem secara keseluruhan dapat dilihat dalam tabel 4.12.

Tabel 4.12 Data hasil percobaan dengan *sampling time* 15 detik

Data Percobaan <i>sampling</i> dalam 15 detik				
No	Umur / Jenis kelamin	Jumlah detak (1 menit)	Perhitungan Manual	Error (%)
1	22 / Laki - laki	72	76	5.26
2	23 / Laki - laki	84	80	5.00
3	25 / Laki - laki	88	82	7.32
4	24 / Laki - laki	76	72	5.56
5	23 / Laki - laki	88	85	3.53
6	21 / Laki - laki	92	90	2.22
7	12 / Laki - laki	96	93	3.23
8	25 / Laki - laki	104	100	4.00
9	23 / Laki - laki	92	88	4.55
10	22 / Laki - laki	92	87	5.75
Rata - Rata Persentase Error				4.64

Tabel 4.13 Data hasil percobaan dengan *sampling time* 30 detik

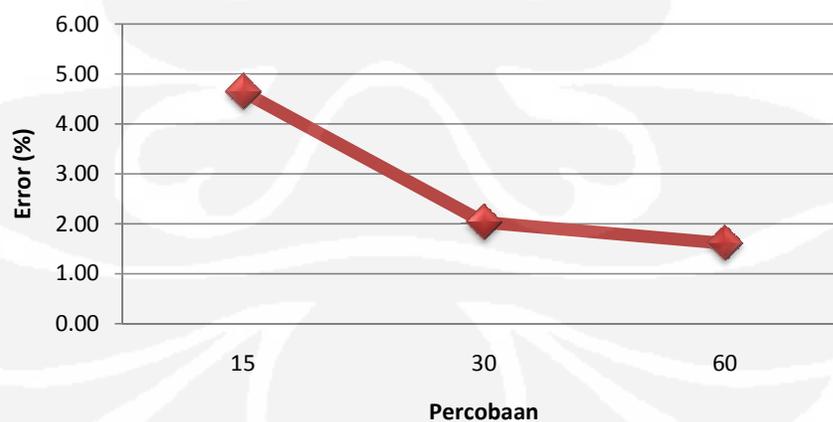
Data Percobaan <i>sampling</i> dalam 30 detik				
No	Umur / Jenis kelamin	Jumlah detak (1 menit)	Perhitungan Manual	Error (%)
1	22 / Laki - laki	86	85	1.18
2	23 / Laki - laki	90	86	4.65
3	23 / Laki - laki	94	91	3.30
4	21 / Laki - laki	78	77	1.30

5	23 / Laki - laki	80	80	0.00
6	24 / Laki - laki	92	93	1.08
7	23 / Laki - laki	94	90	4.44
8	22 / Laki - laki	88	87	1.15
9	12 / Laki - laki	94	95	1.05
10	24 / Laki - laki	92	94	2.13
Rata - Rata Persentase Error				2.03

Tabel 4.14 Data hasil percobaan dengan *sampling time* 60 detik

Data Percobaan <i>sampling</i> dalam 60 detik				
No	Umur / Jenis kelamin	Jumlah detak (1 menit)	Perhitungan Manual	Error (%)
1	21 / Laki - laki	85	84	1.19
2	24 / Laki - laki	81	79	2.53
3	23 / Laki - laki	79	81	2.47
4	22 / Laki - laki	89	88	1.14
5	21 / Laki - laki	94	93	1.08
6	25 / Laki - laki	95	95	0.00
7	12 / Laki - laki	96	98	2.04
8	22 / Laki - laki	94	92	2.17
9	24 / Laki - laki	89	88	1.14
10	23 / Laki - laki	88	86	2.33
Rata - Rata Persentase Error				1.61

Grafik Perbandingan Persentase Error



Gambar 4.17 Grafik persentase error

4.3.2 Analisa Sistem

Berdasarkan data hasil percobaan, dapat dilihat bahwa detak jantung normal pada orang dewasa sekitar 60 – 100 detak per menit. Akan tetapi, detak jantung seseorang pun akan sangat bervariasi tergantung dari kondisi selama pengukuran seperti dalam keadaan tenang atau dalam keadaan banyak gerak.

Dari data pengukuran dengan menggunakan *sampling time* yang diubah-ubah yaitu 15 detik, 30 detik dan 60 detik. Persentase *error* sistem ini sekitar 1.72% - 4.64%. Data percobaan dengan *sampling time* 15 detik memiliki persentase *error* paling tinggi yaitu sebesar 4.64%. Data percobaan dengan *sampling time* 30 detik memiliki persentase *error* yaitu sebesar 2.03 %. Data percobaan dengan *sampling time* 60 detik memiliki persentase *error* paling rendah yaitu sebesar 1.72%. Hal ini terjadi karena frekuensi jantung seseorang itu sangat bervariasi sesuai pernapasan, proses ini dipercepat selama inspirasi dan diperlambat selama ekspirasi. Jadi kemungkinan kesalahan terbesar itu ada pada 15 detik karena program secara otomatis menghitung detak jantung yang terjadi selama 15 detik dan dikalikan dengan 4. Jadi jika dalam perhitungan terdapat kelebihan satu detak jantung, maka akan menyebabkan penambahan sebanyak empat buah untuk perhitungan per menitnya.

BAB V

KESIMPULAN

1. Rancang bangun alat ini sudah bisa melakukan perhitungan detak jantung per menit walaupun terdapat *error* bila dibandingkan dengan perhitungan manual.
2. Rangkaian *fetal doppler* sangat peka terhadap getaran, sehingga pada waktu pengukuran diusahakan agar tubuh tidak bergerak-gerak karena akan mempengaruhi hasil yang terbaca.
3. Pengukuran detak jantung menggunakan *sampling time* terendah yaitu 15 detik menghasilkan *error* tertinggi dikarenakan penambahan satu detak jantung saja maka program secara otomatis akan menghitung penambahan tersebut menjadi empat.
4. Pengukuran detak jantung menggunakan *sampling time* tertinggi yaitu 60 detik menghasilkan *error* terendah dikarenakan tidak ada faktor pengali di dalam program.

DAFTAR ACUAN

- [1] <http://jantung.klikdokter.com/subpage.php?id=1&sub=67>
- [2] <http://wapedia.mobi/id/Jantung?t=3>
- [3] Yul Antonisfia, Romi Wiryadinata. “Ekstraksi Ciri Pada Isyarat Suara Jantung Menggunakan *Power Spectral Density* Berbasis Metode Welch”. *Media Informatika*, Vol. 6, No. 1, 2008.
- [4] S.M. Amin, Debbal & Reguig Fethi, bereksi. 2007. *Features for Heartbeat Sound Signal Normal and Pathological. Department of Electronic, Faculty of Science Engineering, University Aboubekr - Algeria.*
- [5] Toton, Sutandi. 2002. Perancangan Rangkaian Penghitung Rata-rata Detak Jantung Janin permenit pada Fetal Doppler. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [6] JA Kisslo, DB Adams. 1987. *Principles of Doppler Echocardiography and the Doppler Examination. London : Ciba-geigy.*
- [7] Kusuma Wijaya, Sastra. Diktat Elektronika I. Fisika MIPA UI. Hal 84-107
- [8] Wardhana, Lingga. (2006). Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535. Yogyakarta. Penerbit : CV ANDI

DAFTAR PUSTAKA

- Antonisfia, Yul. Wiryadinata, Romi. 2008. Ekstraksi Ciri Pada Isyarat Suara Jantung Menggunakan Power Spectral Density Berbasis Metode Welch. Media Informatika.
- JA Kisslo, DB Adams. 1987. *Principles of Doppler Echocardiography and the Doppler Examination*. London : Ciba-geigy.
- Kusuma Wijaya, Sastra. Diktat Elektronika I. Fisika MIPA UI. Hal 84-107
- S.M. Amin, Debbal & Reguig Fethi, bereksi. 2007. *Features for Heartbeat Sound Signal Normal and Pathological*. Department of Electronic, Faculty of Science Engineering, University Aboubekr - Algeria.
- Toton, Sutandi. (2002). *Perancangan Rangkaian Penghitung Rata-rata Detak Jantung Janin permenit pada Fetal Doppler*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535*. Yogyakarta. Penerbit : CV ANDI



LAMPIRAN

1. Datasheet ATmega 8535

Features

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



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

ATmega8535
ATmega8535L

Summary

Rev. 2502GS-AVR-04/06



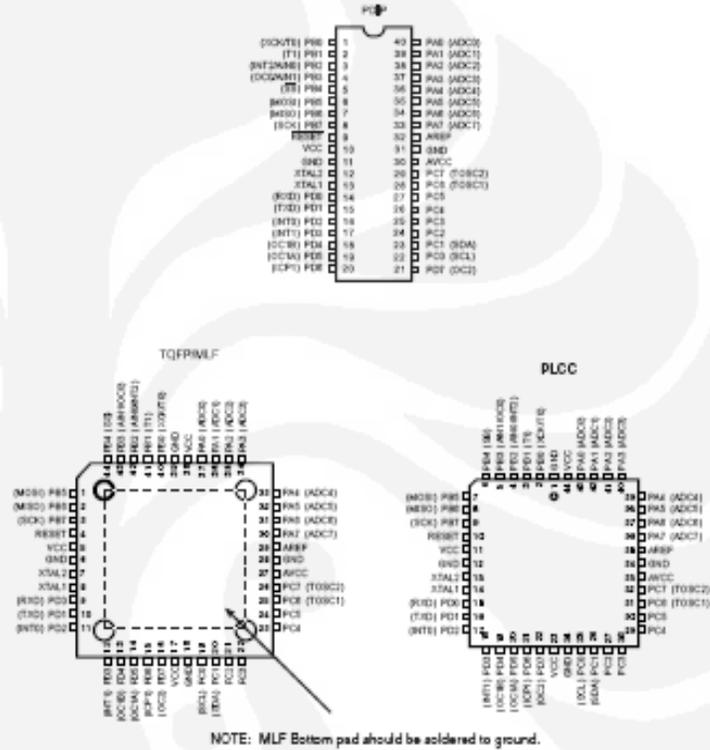
Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.

(Lanjutan)



Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



Disclaimer

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

(Lanjutan)

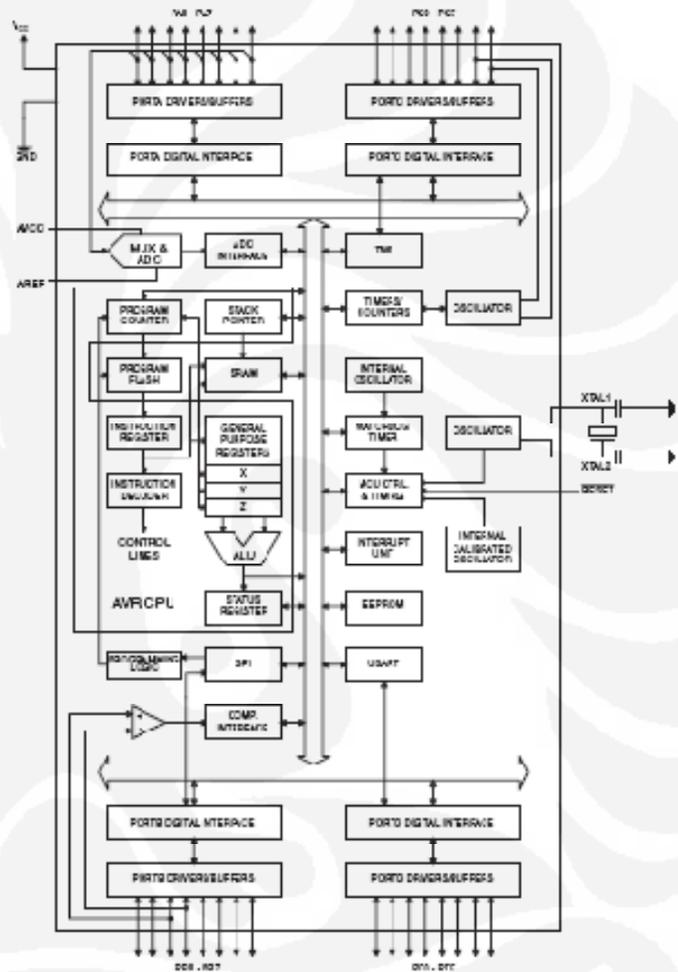
ATmega8535(L)

Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit HISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators and evaluation kits.

AT90S8535 Compatibility

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the S8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

AT90S8535 Compatibility Mode

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 44 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 144 for details.

ATmega8535(L)**Pin Descriptions**

V_{CC}	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 59.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 63.</p>
RESET	<p>Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 56. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
XTAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V _{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V _{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

2. Datasheet LCD Module 16 x 2

Xiamen Elane Electronics Company Ltd. 厦门依兰电子有限公司

Elane Electronics Group ...solutions through technology....
Xiamen, China
www.elane.net

2x16 LCD Module

DATA SHEET

RoHS
Leadfree Soldering



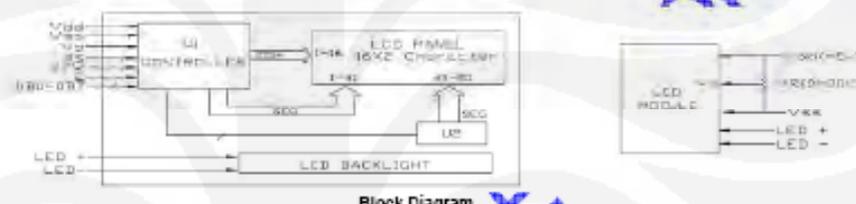
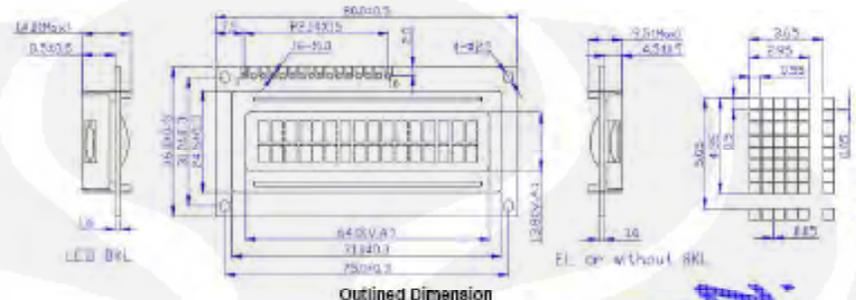
Specifications :

Display Format	: 16 characters (W) x 2 lines (H)
General Dimensions	: 80.0 mm (W) x 36.0 mm (H) x 9.5 mm (T)
Character Size	: 2.95 mm (W) x 4.35 mm (H)
Character Pitch	: 3.55 mm (W) x 5.05 mm (H)
Viewing Area	: 64.0 mm (W) x 13.8 mm (H)
Dot Size	: 0.55 mm (W) x 0.50 mm (H)
Dot Pitch	: 0.60 mm (W) x 0.55 mm (H)
Display Type	: Positive or Negative
LC Fluid	: STN Yellow-Green
Backlight LED	: Optional
Polarizer Mode	: Reflective
View Angle	: 6 o'clock or 12 o'clock
Controller	: S6A0069 or Equivalent
Temperature Range	: 0°C to 50°C (Operating); -20°C to 70°C (Storage)

Diagrams:

4th floor, #10 of Ai-De Air Industry Park,
Gao Qi South 12th Road, Xiamen, Fujian 361006, China
Tel: (86) 592-602-3165 Fax: (86) 592-566-5162
Email: sales@elane.net
Website: www.elane.net

(Lanjutan)



Pin Connections:

Pin Number	Symbol	Function
1	Vss	Ground for Logic
2	Vdd	Power Supply for Logic
3	V0	Power Supply for LCD
4	RS	Register Selection (H: Data, L: Instruction)
5	RW	Read/Write Selection (H: Read, L: Write)
6	E	Enable Signal
7-14	D0 - D7	Data Bus Lines
15	A	BKL +
16	K	BKL -

Electrical Characteristics:

Item	Symbol	Test Condition	Minimum	Typical	Maximum
Operating Voltage (V)	Vdd	Ta=25°C	-	5.0	-
Operating Voltage for LCD (V)	Vlcd	Ta=25°C	-	4.5	-
Current Supply (mA)	idd	Ta=25°C, Vds=5.0V	-	2.0	3.0
Voltage Supply for LED (V)	Vf	Ta=25°C, R=6.8Ω	-	4.2	-
Current Supply for LED (mA)	If	Ta=25°C, Vf=4.2V	-	110	-

3. Datasheet Fetal Doppler

Spesifikasi

Frekuensi ultrasonik tengah	: 2 MHz
Intensitas	: < 10 mW/cm ²
Sensitivitas	: 10 – 12 minggu ke atas
Range Perhitungan FHR	: 50 – 240 bpm
Akurasi FHR	: ± 2% dari range
Jenis Batere	: 1.5 V x 2 (AA Type)
Ketahanan Batere	: ± 360 menit (terus menerus)
Sambungan PC	: Sound Card

Fisik

Bagian Utama	: (L) 75 mm x (H) 128 mm x (D) 28 mm
Probe	: (L) 25 mm x (H) 131 mm x (D) 25 mm
Berat (Bagian utama dan Probe)	: 200 g

Lingkungan

Suhu Operasional	: 10°C (50°F) to 40°C (104°F)
Kelembaban Operasional	: 30% - 85% non-condensing
Tekanan Udara Operasional	: 70 KPa – 106 KPa
Suhu Penyimpanan	: -10°C (14°F) to 60° C (131°F)
Kelembaban penyimpanan	: 20% - 95% tidak terkondensasi
Tekanan udara penyimpanan	: 70 KPa – 106 KPa

4. Datasheet IC LM358


October 2005

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 sensor can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: 3V to 32V
 - or dual supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (500 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing

Voltage Controlled Oscillator (VCO)

007787-01

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

(Lanjutan)

LM158/LM258/LM358/LM2904

Absolute Maximum Ratings (Note 9)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358	LM2904
	LM158A/LM258A/LM358A	
Supply Voltage, V^+	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)		
$V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 3)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP		
(Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can		
(Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A		LM358A		LM158/LM258		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ C$	1	2	2	3	2	5	mV
Input Bias Current	$I_{B(+)} \text{ or } I_{B(-)}$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0V$, (Note 6)	20	50	45	100	45	150	nA
Input Offset Current	$I_{B(+)} - I_{B(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$	2	10	5	30	3	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$, (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2904 $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ C$ $V^+ = 5V$	1	2	1	2	1	2	mA
		0.5	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	mA

(Lanjutan)

LM158/LM258/LM358/LM2904

Electrical Characteristics								
V* = +5.0V, unless otherwise stated								
Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), T _A = 25°C		2	7		2	7	mV
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , T _A = 25°C, V _{CM} = 0V, (Note 6)		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range	V* = 30V, (Note 7) (LM2904, V* = 26V), T _A = 25°C	n		V* - 1.5	n		V* - 1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ on All Op Amps V* = 30V (LM2904 V* = 26V) V* = 5V		1 0.5	2 1.2		1 0.5	2 1.2	mA mA

Electrical Characteristics											
V* = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated											
Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	V* = 15V, T _A = 25°C, R _L ≥ 2 kΩ, (For V _O = 1V to 11V)	50	100		25	100		50	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	T _A = 25°C, V _{CM} = 0V to V* - 1.5V	70	85		65	85		70	85		dB
Power Supply Rejection Ratio	V* = 5V to 30V (LM2904, V* = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred), (Note 8)	-120			-120			-120			dB
Output Current	Source V _{IN+} = 1V, V _{IN-} = 0V, V* = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink V _{IN+} = 1V, V _{IN-} = 0V, V* = 15V, T _A = 25°C, V _O = 2V	10	20		10	20		10	20		mA
	V _{IN+} = 1V, V _{IN-} = 0V, T _A = 25°C, V _O = 200 mV, V* = 15V	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	T _A = 25°C, (Note 2), V* = 15V	40	60		40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	(Note 5)		4		5		7				mV
Input Offset Voltage Drift	R _θ = 0Ω	7	15		7	20		7			μV/°C
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)}		30		75		100				nA
Input Offset Current Drift	R _θ = 0Ω	10	200		10	300		10			pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}	40	100		40	200		40	300		nA
Input Common-Mode Voltage Range	V* = 30V, (Note 7) (LM2904, V* = 26V)	0		V* - 2	0		V* - 2	0		V* - 2	V

(Lanjutan)

LM158/LM258/LM358/LM2904

Electrical Characteristics (Continued)									
V* = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated									
Parameter	Conditions	LM158A		LM358A		LM158/LM258		Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Large Signal Voltage Gain	V* = +15V (V _O = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ	25			15		25	V/mV	
Output Voltage Swing	V _{OH} V* = +30V (LM2904, V* = 26V)	26			26		26	V	
	R _L = 2 kΩ R _L = 10 kΩ	27	28		27	28	27	28	V
Output Current	V _{OL} V* = 5V, R _L = 10 kΩ	5	20		5	20	5	20	mV
Output Current	Source V _{IN} ⁺ = +1V, V _{IN} ⁻ = 0V, V* = 15V, V _O = 2V	10	20		10	20	10	20	mA
	Sink V _{IN} ⁻ = +1V, V _{IN} ⁺ = 0V, V* = 15V, V _O = 2V	10	15		5	8	5	8	mA

Electrical Characteristics								
V* = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated								
Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	V* = 15V, T _A = 25°C, R _L ≥ 2 kΩ, (For V _O = 1V to 11V)	25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	T _A = 25°C, V _{CM} = 0V to V* - 1.5V	65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	V* = 5V to 30V (LM2904, V* = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred), (Note 8)			-120			-120	dB
Output Current	Source V _{IN} ⁺ = 1V, V _{IN} ⁻ = 0V, V* = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	20	40		20	40		mA
	Sink V _{IN} ⁻ = 1V, V _{IN} ⁺ = 0V V* = 15V, T _A = 25°C, V _O = 2V	10	20		10	20		mA
	V _{IN} ⁻ = 1V, V _{IN} ⁺ = 0V T _A = 25°C, V _O = 200 mV, V* = 15V	12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	T _A = 25°C, (Note 2), V* = 15V		40	60		40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 5)			9			10	mV
Input Offset Voltage Drift	R _Σ = 0Ω		7			7		μV/°C
Input Offset Current	I _{IN(-)} - I _{IN(+)}			150		45	200	nA
Input Offset Current Drift	R _Σ = 0Ω		10			10		pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(-)} or I _{IN(+)}		40	500		40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range	V* = 30 V, (Note 7) (LM2904, V* = 26V)	0		V* - 2	0		V* - 2	V

(Lanjutan)

LM158/LM258/LM358/LM2904

Electrical Characteristics (Continued)								
V ⁺ = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated								
Parameter	Conditions		LM358			LM258		Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = +15V (V _O = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ		15			15		V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH}	V ⁺ = +30V (LM2904, V ⁺ = ±6V) R _L = 2 kΩ	26			22		V
	V _{OL}	R _L = 10 kΩ	27			23		V
Output Current	Source	V _{N⁺} = +1V, V _{N⁻} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V	10			10		mA
	Sink	V _{N⁻} = +1V, V _{N⁺} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V	5			5		mA

Note 1: For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W for MOP, 132°C/W for Metal Can, 189°C/W for Small Outline package, and 200°C/W for micro SMD, which applies for the device address in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a +100°C maximum junction temperature. The derating is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to accurately reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 2: Short circuits from the output to V⁺ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V⁺. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power-dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 3: This input current will only occur when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junctions of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V⁺ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than -0.5V (at 25°C).

Note 4: These specifications are limited to -25°C ≤ T_A ≤ +125°C for the LM158/LM158A. With the .M58/LM258A, all temperature specifications are limited to -25°C ≤ T_A ≤ +85°C, the LM358/LM358A temperature specifications are limited to 0°C ≤ T_A ≤ +70°C, and the LM2904 specifications are limited to -40°C ≤ T_A ≤ +85°C.

Note 5: V_O = 1.4V, R_L = 0Ω with V⁺ from 5V to 20V, and over the full input common-mode range (0V to V⁺ - 1.5V) at 25°C. For LM2904, V⁺ from 1V to 26V.

Note 6: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output as no loading change exists on the input lines.

Note 7: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.5V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is V⁺ - 1.5V (at 25°C), but either or both inputs can go to +22V without damage (+26V for LM2904), independent of the magnitude of V⁺.

Note 8: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 9: Refer to RETS158AK for JM158A military specifications and to RETS158K for LM158 military specifications.

Note 10: Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

(Lanjutan)

