

PERANCANGAN ALAT PENGUKUR VOLUME UDARA PARU PARU MANUSIA

SKRIPSI

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



Disusun Oleh:

IKHSAN ADITYA

NIM. 0210630062

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2009

PENGANTAR

Alhamdu lillaah, segala puji dan syukur Penyusun panjatkan kepada Allah Yang Maha Suci dan Maha Tinggi atas segala kemudahan, rahmat, dan hidayahNya yang tiada pernah berhenti, sehingga Penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Alat Pengukur Volume Udara Paru Paru Manusia” ini dengan baik.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu dan mendukung penyelesaian skripsi ini, yaitu:

1. Ibu dan Ayah, serta Adik-adikku dan juga Witriku tercinta yang selalu mendo'akan dan mendukung Penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Heru Nurwasito, Ir., M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Rudy Yuwono, ST., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak M. Julius St, Ir., MS. selaku KKDK Teknik Elektronika.
5. Bapak M. Julius St, Ir., MS. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan terhadap penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Nurussa'adah, Ir., MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan terhadap penyusunan skripsi ini.
7. Staf Pengajar, Administrasi, dan Ruang Baca Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

8. Mas Hendro, Mas Hadi, Pakde dan teman-teman di ANSA Electronic atas dukungan dan bantuan dalam penelitian.
9. Nino dan keluarga, atas dukungan dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian.
10. Rekan-rekan di Batu Jahe 11A, atas dukungan dan semangatnya.
11. Rekan-rekan di distro EAT 347 Malang dan yang tergabung dalam klub mobil illuzion's, atas dukungan dan semangatnya.
12. Rekan-rekan seperjuangan: Alit Mahendra B., Andri Pujiyanto, Arief Darmawan, Barry Yonathan, Bayu Rizaldhan R., Dimas Bagus S.W., Fanny Adriansyah, Hamzah M. Iqbal, Fariz Andri Bachtiar, M. Andi Zakaria, M. Julnansyah Nugroho, Muhlis Adi S., Muhlis Aviv, Sani Rahmahdi, dan Yunan Naufal, atas dorongan dan bantuan moral dan materi hingga terselesaikannya skripsi ini.
13. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, khususnya angkatan 2002, atas dorongan dan bantuan demi kelancaran penyusunan skripsi ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat Penyusun sebutkan satu-persatu di sini, yang telah banyak memberikan bantuan hingga dapat terselesaikannya skripsi ini.

Semoga Alloh membalas dengan limpahan hidayah, berkah, dan kebaikan-kebaikan yang jauh lebih baik daripada yang telah diberikan kepada Penyusun. Hanya balasan dariNya-lah sebaik-baik balasan.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, saran dan kritik yang membangun sangat Penyusun harapkan. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi Penyusun maupun pihak lain yang menggunakannya.

Malang, Juli 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pernafasan Manusia	4
2.2 Spirometri	5
2.3 Sensor Ultrasonik	6
2.4 Rangkaian Komparator	7
2.5 Komunikasi Data Serial (RS 232 dan IC max 232)	8
2.6 LCD	10
2.7 Mikrokontroler ATmega 16 sebagai Kontrol Utama Sistem	12
2.8 Bahasa Pemrograman	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur	21
3.2 Penentuan Spesifikasi Alat	21

3.3 Perancangan Alat	22
3.4 Perancangan Perangkat Lunak	22
3.5 Pengujian dan Analisis Alat	22
3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	23

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1 Perancangan Alat	24
4.2 Spesifikasi Alat	24
4.3 Blok Diagram Alat	25
4.3.1 Cara Kerja Alat	26
4.1.2 Pengujian Sensor Ultrasonik	38
4.1.3 Pengujian Keseluruhan Sistem	40
4.4 Perancangan Perangkat Keras	26
4.4.1 Rangkaian Sensor Ultrasonik	26
4.4.2 Perhitungan Jarak	28
4.4.3 Menghitung Volume	29
4.4.4 Rangkaian Kontrol ATmega16	29
4.4.5 Rangkaian LCD	31
4.5 Perancangan Perangkat Lunak	32

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Pengujian Rangkaian Sensor Ultrasonik	34
5.1.1 Tujuan	34
5.1.2 Peralatan Pengujian	34
5.1.3 Prosedur Pengujian	34
5.1.4 Hasil dan Analisis Pengujian Sensor Ultrasonik	35

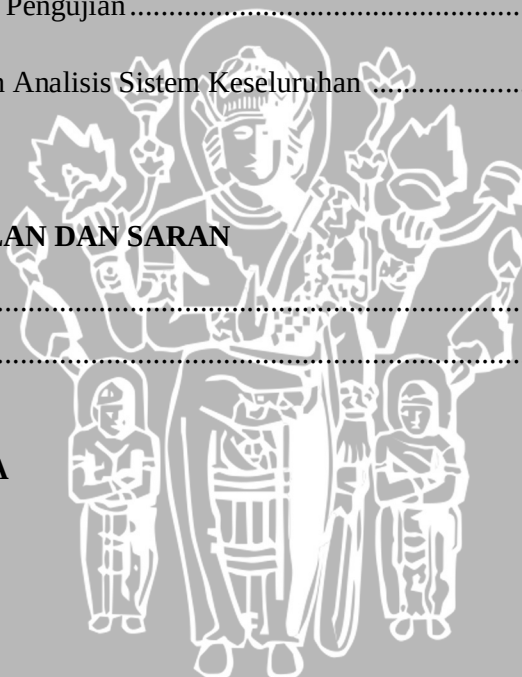
5.2 Pengujian Mikrokontroler dan LCD	37
5.2.1 Tujuan	37
5.2.2 Peralatan Pengujian	37
5.2.3 Prosedur Pengujian	37
5.2.4 Hasil dan Analisis Pengujian LCD	37
5.3 Pengujian Keseluruhan Sistem	38
5.3.1 Tujuan	38
5.3.2 Peralatan Pengujian	38
5.3.3 Prosedur Pengujian	38
5.3.4 Hasil dan Analisis Sistem Keseluruhan	39

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan	42
6.2 Saran	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Spirometer	5
2.2 Kerja Sensor Ultrasonik	6
2.3 Pelat Piezoelektrik	7
2.4 Simbol Komparator dan Grafik Respon Komparator	8
2.5 Pin MAX 232.....	9
2.6 DB 9 Male	9
2.7 Rangkaian Interface ke LCD Karakter 2x16	11
2.8 Konfigurasi Pin ATmega16	14
4.1 Blok Diagram Alat Ukur Kapasitas Paru-Paru.....	25
4.2 Sensor Ultrasonik PING.....	27
4.3 Rangkaian Sensor Ultrasonik dengan Pengkondisi Sinyal.....	27
4.4 Ilustrasi Cara Kerja Modul PING	28
4.5 Rangkaian Minimum Sistem ATmega16.....	30
4.6 Rangkaian LCD	32
4.7 Diagram Alir Program Utama	33
5.1 Blok Diagram Pengujian Sensor Ultrasonik.....	34
5.2 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik	35
5.3 Blok Diagram Pengujian LCD.....	37
5.4 Hasil Pengujian LCD	38
5.5 Blok Diagram Alat Ukur Kapasitas Paru-Paru.....	39
5.6 Tampilan Awal LCD	39
5.7 Volume Paru-Paru 2493cc.....	39
5.8 Volume Paru-Paru 2486cc.....	40
5.9 Volume Paru-Paru 2550cc.....	40
5.10 Volume Paru-Paru 1887cc.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Pin dan Fungsi LCD	11
2.2 Fungsi Alternatif dari Pin Port A	15
2.3 Fungsi Khusus dari Pin Port B	15
2.4 Fungsi Khusus dari Pin Port D	16
2.5 Konfigurasi Pin Port	18
2.6 Tabel Tipe Data	20
2.7 Tabel Tipe Data	24
5.1 Pengujian Sensor Ultrasonik	35
5.2 Tabel Data Pengukuran Kapasitاس Paru-Paru	40



ABSTRAK

Aditya, Ikhsan. 2009. *Perancangan Alat Pengukur Volume Udara Paru Paru Manusia*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Pembimbing: (I) Ir.M.Julius St., MS (II) Ir.Nurussa'adah, M.T.

Kata kunci: Ultrasonik, kapasitas, ATmega16.

Alat ukur kapasitas paru-paru yang ada masih jarang dipakai secara luas pada instansi medis. Keterbatasan rumah sakit dalam hal biaya untuk membeli alat ukur kapasitas paru-paru menyebabkan rumah sakit atau klinik akan mengalami kesulitan dalam mendiagnosa penyakit pernapasan. Hanya rumah sakit kelas satu yang berada di kota-kota besar saja yang mungkin dapat membeli alat ukur ini. Hasil keluaran spirometer (alat ukur kapasitas paru-paru) yang sudah ada hanya berupa grafik.

Sensor yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sensor ultrasonik jenis ping. Sensor Ping adalah sensor yang berupa modul siap pakai lengkap dengan pengirim dan penerima sinyal. Prinsip kerja dari sensor mengukur jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 kHz) selama t (200 μ s) kemudian menunggu pantulannya. Sensor ping memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan input kontrol dari pin SIG. Gelombang ultrasonik ini melalui udara dengan kecepatan kurang lebih 344 meter per detik., mengenai objek dan memantul kembali ke modul ping. Kontrol utama yang digunakan pada alat ini adalah mikrokontroler ATmega 16. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Bahasa C. Data yang dihasilkan dari sensor ultrasonik diolah oleh mikrokontroler ATmega16, kemudian hasil pengolahan ditampilkan pada LCD dalam bentuk angka.

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa pengukuran volume udara paru menunjukkan hasil minimum 1560 ml dan hasil maksimum 2836 ml dan pembacaan dari sensor ultrasonik memiliki penyimpangan (*error*) rata-rata 1,08%. Untuk tampilan pada LCD terukur hasil dari kapasitas paru-paru sesuai dengan yang direncanakan, yaitu sesuai dengan kondisi normal kapasitas paru-paru pada orang dewasa.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesehatan adalah salah satu bagian terpenting dalam hidup. Banyak orang menginginkan agar tubuhnya sehat. Untuk mengetahui tingkat kesehatan dalam tubuh kita dapat ditinjau dari beberapa aspek, salah satunya dapat ditinjau dari kinerja alat pernafasan. Bernafas adalah proses pengambilan udara masuk ke dalam paru-paru dan pengeluarannya. Semua sel akan mati bila tidak mendapat oksigen tiga sampai empat menit saja.

Di bidang kedokteran, teknologi sangat berguna bagi para medis, misalnya ditemukannya alat untuk mendiagnosa penyakit yang diderita oleh pasien. Alat medis yang digunakan dalam ilmu kedokteran salah satunya adalah alat ukur kapasitas paru-paru atau lebih dikenal dengan spirometer. Alat ukur kapasitas paru-paru ini masih jarang dipakai secara luas pada instansi medis. Keterbatasan rumah sakit dalam hal biaya untuk membeli alat ukur kapasitas paru-paru ini menyebabkan rumah sakit atau klinik akan mengalami kesulitan dalam membantu mengecek tingkat kesesahatan pernafasan. Hanya rumah sakit kelas satu yang berada di kota-kota besar saja yang mungkin dapat membeli alat ukur ini. Hasil keluaran spirometer yang sudah ada hanya berupa grafik.

Kapasitas inspirasi sama dengan volume alun nafas ditambah volume cadangan inspirasi. Kapasitas inspirasi adalah jumlah udara yang dapat dihirup oleh seseorang, dimulai pada tingkat ekspirasi normal dan pengembangan paru sampai jumlah maksimum. Volume paru-paru adalah volume udara yang secara normal tetap berada dalam paru diantara pernafasan. Nilainya akan berubah nyata pada beberapa jenis penyakit paru, sebab itulah maka seringkali perlu mengukur kapasitas ini. Angka kapasitas normal paru-paru pada orang dewasa adalah antara range 1500–3500 ml. (Guyton & Hall, 1997:604-605)

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis berinisiatif membuat alat yang mempunyai fungsi sama dengan alat yang ada (spirometer). Perbedaan alat ini dengan yang sudah ada adalah harga alat ini terjangkau oleh instansi medis. Selain itu, alat ini bekerja mengukur volume paru-paru manusia dan menampilkannya dalam bentuk angka ke LCD. Dengan demikian, tidak hanya rumah sakit kelas satu, yang berada di kota-kota besar saja yang dapat memiliki alat ukur ini. Rumah sakit kelas dua, klinik, puskesmas bahkan dokter pun tidak akan mengalami kesulitan untuk dapat memiliki alat ukur volume udara paru-paru.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang, dapat dirumuskan masalah-masalah sebagai berikut :

- 1) Perancangan dan pembuatan alat pengukur volume udara dalam paru paru manusia dengan menggunakan sensor.
- 2) Pengukuran volume udara dalam paru paru.
- 3) Prinsip kerja alat pengukur volume udara dalam paru paru manusia.
- 4) Menghitung jarak permukaan air dengan sensor dan menghitung volume tabung.
- 5) Perancangan *hardware* dan *software* alat.
- 6) Berapa *error* rata-rata sensor dalam alat ukur kapasitas paru-paru.

1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang disebutkan, maka batasan masalah untuk alat yang akan dirancang sebagai berikut :

- 1) Alat ini hanya menampilkan volume paru-paru pada orang dewasa.
- 2) Alat ini tidak untuk mendeteksi atau mendiagnosa adanya penyakit pernapasan.
- 3) Tidak membahas organ atau bagian dari paru paru manusia.
- 4) Tidak membahas catu daya pada alat ini.

1.4 Tujuan

Tujuan skripsi ini adalah untuk merancang dan membuat alat pengukur volume udara dalam paru paru manusia dalam bentuk tampilan LCD dengan harga yang lebih terjangkau.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

Bab II Dasar Teori

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

Bab III Metodologi Penelitian

Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta pengujian.

Bab IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan pembuatan alat.

Bab V Pengujian dan Analisis

Memuat hasil pengujian terhadap alat yang telah dibuat.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Memuat kesimpulan dan saran-saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pernafasan manusia

Paru-paru manusia berada di dalam rongga dada. Rongga dada dipisahkan dari rongga perut oleh sekat diafragma. Rongga dada dilindungi oleh tulang rusuk dan tulang dada. Pada dasarnya proses pernafasan terdiri atas dua kegiatan, yaitu menghirup udara dan menghembuskan udara. Menghirup udara disebut inspirasi dan menghembuskan udara disebut ekspirasi. Berdasarkan bagian tubuh yang mengatur kembang-kempisnya paru-paru, pernafasan dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Pernafasan Dada

Pernafasan dada terjadi karena gerakan otot-otot antar tulang rusuk. Bila otot tulang rusuk berkontraksi, tulang rusuk akan terangkat naik. Akibatnya volume rongga dada membesar sehingga tekanan rongga dada turun dan paru-paru mengembang. Pada saat paru-paru mengembang, tekanan udara di dalam paru-paru akan mengembang juga. Pada saat paru-paru mengembang, tekanan udara di dalam paru-paru lebih rendah daripada tekanan udara di atmosfer. Akibatnya udara mengalir dari luar ke dalam paru-paru (inspirasi). Sebaliknya ketika otot-otot antar tulang rusuk relaksasi, tulang rusuk turun. Akibatnya rongga dada menyempit dan tekanan udara di dalamnya naik. Keadaan ini membuat paru-paru mengempis. Karena paru-paru mengempis tekanan udara di dalam paru-paru lebih tinggi daripada tekanan atmosfer sehingga udara keluar (ekspirasi).

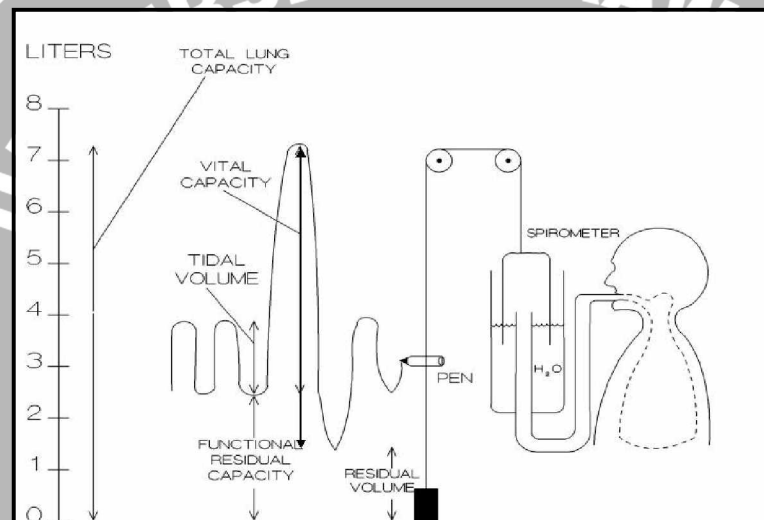
b. Pernafasan Perut

Pernafasan perut terjadi akibat gerakan diafragma. Jika otot diafragma berkontraksi, maka diafragma yang semula cembung ke atas bergerak turun menjadi agak rata. Akibatnya rongga dada membesar dan paru-paru mengembang sehingga perut mengembang, tekanan udara di dalam paru-paru turun dan udara dari luar masuk ke dalam paru-paru (inspirasi). Ketika otot diafragma kembali ke keadaan semula (cembung), akibatnya rongga dada menyempit. Pada saat demikian, paru-paru mengempis dan mendorong udara

keluar dari paru-paru (ekspirasi). Pernafasan perut terjadi terutama pada saat tidur.

2.2 Spirometry

Spirometry adalah metode yang digunakan dalam diagnosa fungsi paru-paru, yang mengukur kapasitas yang dihirup dan dihembuskan. Spirometry, bagaimanapun juga, tidak dapat mengetahui besarnya volume absolute dari paru-paru, karena tidak dapat mengukur besarnya volume udara dalam paru-paru tetapi hanya besarnya volume udara yang masuk dan keluar paru-paru (Johns Hopkins University; 1995). Proses pengukuran spirometer ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



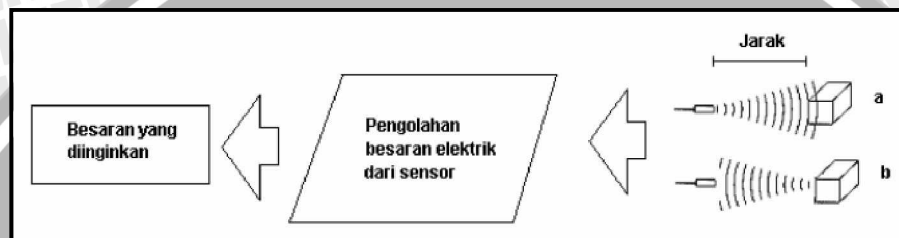
Gambar 2.1. Spirometer

(Sumber: <http://csm.jmu.edu>)

Pengukuran volume paru-paru menggunakan spirometer menggunakan prinsip mekanika sederhana, dimana udara yang dihembuskan dari paru-paru mengakibatkan pergeseran posisi dari bejana yang dimasukkan sebagian kedalam air. Spirometer terdiri atas 2 bagian utama: (1) Bejana besar yang terisi oleh air dan sebuah selang yang terhubung pada bejana tersebut, dan (2) bejana yang lebih kecil yang berada didalam bejana pertama dengan posisi terbalik dan dibenamkan kedalam air. Udara yang ditiupkan kedalam bejana kedua akan mendorong bejana tersebut dan akan menggerakkan indikator yang terhubung padanya (<http://csm.jmu.edu>).

2.3 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, dimana sensor ini menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar penginderaannya. Perbedaan waktu antara gelombang suara dipancarkan dengan ditangkapnya kembali gelombang suara tersebut adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Kerja sensor ultrasonik ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Kerja sensor ultrasonik

(www.electroniclab.com)

Pada gambar 2.a, sebuah transduser merubah besaran listrik menjadi suatu sinyal ultrasonik yang dipancarkan ke suatu benda pada jarak tertentu. Gambar 2.b gelombang ultrasonik yang dipancarkan tadi akan dipantulkan kembali menuju transduser yang akan merubah besaran gelombang menjadi besaran elektrik. Transduser ini biasanya terbuat dari bahan piezoelektrik. Sifat dari piezoelektrik adalah sebagai berikut :

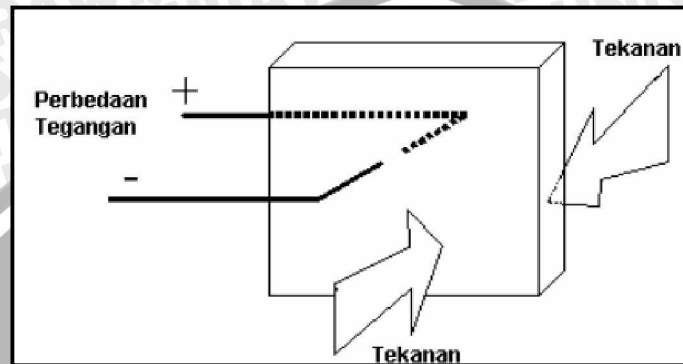
a. Sifat piezoelektrik langsung

- 1) Bila pelat piezoelektrik diberi tekanan, maka akan timbul muatan listrik pada kedua permukaannya.
- 2) Pelat juga merupakan kapasitor dengan konstanta dielektrik tertentu, timbul beda tegangan.

b. Sifat piezoelektrik balik

- 1) Bila pelat piezoelektrik diberi tegangan listrik, maka kedua permukaannya mendapat tekanan.

- 2) Pelat juga merupakan bahan elastik dengan konstanta elastik tertentu, tebalnya akan berubah. Pelat piezoelectric ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pelat piezoelektrik

(www.electroniclab.com)

Dengan sifat tersebut piezoelektrik dapat berperan sebagai transduser dan sensor. Waktu yang dihabiskan antara pengiriman sinyal ultrasonik dengan penerimaan sinyal ultrasonik pantulan disebut *Time of Flight* (TOF). TOF merupakan besaran yang kita gunakan untuk menghitung jarak dari transduser ke benda objek. Dengan mengetahui TOF, dan mengetahui kecepatan gelombang ultrasonik di udara maka kita dapat menghitung jarak yang telah ditempuh oleh gelombang ultrasonik, sehingga jarak antara transduser terhadap benda adalah setengahnya. Tentunya pengukuran ini akan dipengaruhi banyak hal seperti kemiringan permukaan benda, kerefleksian permukaan, perubahan suhu dan lain-lain.

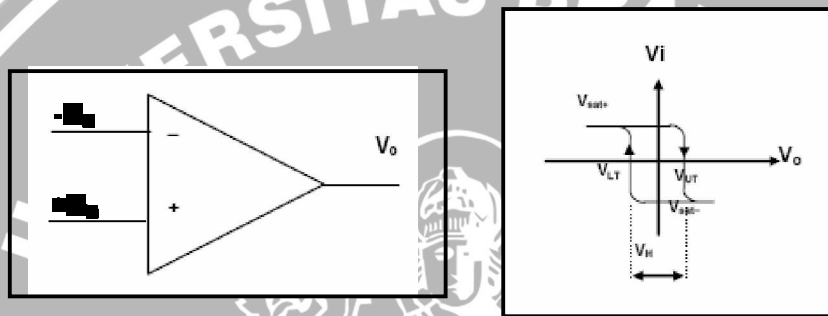
2.4 Rangkaian Komparator

Op-amp adalah salah satu rangkaian terintegrasi (*Integrated Circuit*) yang banyak digunakan dalam sistem instrumentasi, khususnya untuk pembuatan pengkondisi sinyal. Salah satu aplikasi dari Op-amp yang sangat luas penggunaannya dalam instrumentasi adalah komparator.

Komparator berfungsi untuk membandingkan amplitudo dua buah sinyal, jika $+V_{in}$ dan $-V_{in}$ masing-masing menyatakan amplitudo sinyal masukan tak membalik dan masukan membalik, V_O dan V_{sat} masing-masing menyatakan tegangan keluaran dan tegangan saturasi, maka prinsip dari komparator adalah :

- 1) Jika $+V_{in} \geq -V_{in}$ maka $V_O = V_{sat+}$
- 2) Jika $+V_{in} < -V_{in}$ maka $V_O = V_{sat-}$

Gambar 2.4 menunjukkan simbol komparator yang mempunyai dua masukan sebagai pembanding dan grafik respon dari komparator.



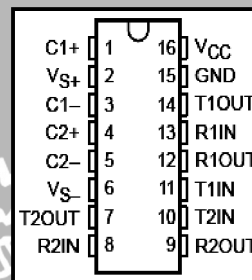
Gambar 2.4. Simbol Komparator dan Grafik Respon dari Komparator

Sumber: Wibawanto, 2007:9

2.5 Komunikasi Data Serial (RS 232 dan IC Max 232)

IC Serial RS 232 yang berada pada kabel data digunakan sebagai *interface* (antar muka) dari PC ke perangkat luar (level TTL) atau sebaliknya dari perangkat luar ke PC. Tegangan pada RS 232 berbeda dengan level tegangan digital. Tegangan yang digunakan oleh RS 232 atau TC 232 tersebut adalah +3V s/d +25V untuk logika “0” dan -3 s/d -25 untuk level logika “1”. Tegangan yang cukup tinggi ini mengakibatkan data dapat ditransmisikan cukup jauh. Ada dua macam sistem transmisi dalam komunikasi serial, yaitu asinkron dan sinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, *clock* dikirimkan bersama-sama dengan data serial, sedangkan komunikasi data asinkron *clock* tidak dikirimkan bersama data serial, melainkan dibangkitkan secara sendiri-sendiri baik pada sisi pengirim (*transmitter*) maupun pada sisi penerima (*receiver*).

Konsep dasar pengiriman seri adalah pada saat data paralel internal dimasukkan ke pengubah paralel ke seri. Pengubah paralel ke seri ini biasanya dengan IC yang juga melakukan sejumlah fungsi yang lain yang dikenal sebagai UART, VART, ACIA, PIA, dsb. Kanal seri mengirimkan setiap karakter per elemen sehingga hanya diperlukan 2 penghantar, yaitu kirim data (TXD), dan terima data (RXD). Untuk komunikasi dengan komputer server secara serial menggunakan RS 232, untuk itu mikrokontroler memerlukan sebuah piranti yang berfungsi sebagai pengubah level tegangan. Adapun piranti tambahan yang dibutuhkan adalah IC MAX 232. Gambar pin IC MAX 232 ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Pin MAX 232

Sumber : www.datasheetcatalog.com

Pada dasarnya IC ini hanya digunakan sebagai pengubah level tegangan ke level *Transistor Transistor Logic (TTL)*, tidak berfungsi sebagai pengkodean sinyal yang melewati RS 232, dan juga tidak mengonversikan data serial ke paralel. RS 232 yang bekerja pada level tegangan +3 s/d +25 volt untuk *space (logic 0)* dan -3 s/d -25 volt untuk *mark (logic 1)*. Sedangkan TTL bekerja pada level tegangan -5 s/d +5 volt.

RS 232 yang dihubungkan ke sensor akan melakukan komunikasi serial dengan mikrokontroler menggunakan salah satu konektor serial yaitu DB9, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6. DB 9 Male

Sumber: widodo, 2006 : 66

Keterangan pin-pin yang ada di DB9 adalah sebagai berikut :

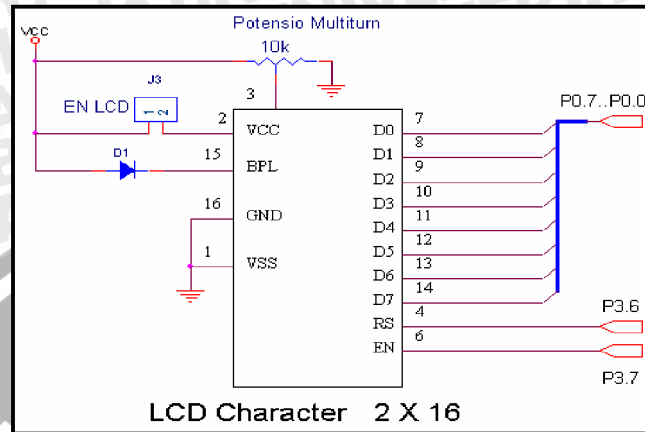
- a. pin 1 = *Data Carrier Detect* (DCD).
- b. pin 2 = *Received Data* (RxD).
- c. pin 3 = *Transmitted Data* (TxD).
- d. pin 4 = *Data Terminal Ready* (DTR).
- e. pin 5 = *Signal Ground* (*common*).
- f. pin 6 = *Data Set Ready* (DSR).
- g. pin 7 = *Request To Send* (RTS).
- h. pin 8 = *Clear To Send* (CTS).
- i. pin 9 = *Ring Indicator* (RI).

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Untuk menampilkan menu dari suatu peralatan elektronika seperti catu daya *switching* misalnya tentang berapa tegangan keluaran yang diinginkan, maka diperlukan suatu tampilan. Yang lebih sering digunakan adalah LCD.

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter baik berupa karakter angka, huruf atau karakter lainnya, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. LCD terdiri atas tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca dengan pinggiran tertutup rapat. Antara dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair (*liquid crystal*) yang tembus cahaya. Permukaan luar masing-masing keping kaca mempunyai lapisan tembus cahaya seperti oksida timah (*tin oxide*) atau oksida indium (*indium*

oxide). LCD yang digunakan dalam sistem ini adalah LCD karakter 2×16 . Rangkaian interface ke LCD ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Rangkaian interface ke LCD Karakter 2×16

Sumber: [http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroler bab 4 LCDKarakter.htm](http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroler%20bab%204%20LCDKarakter.htm)

Fungsi pin-pin LCD karakter 2×16 ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Pin dan Fungsi LCD

PIN	Name	Function
1	VSS	Ground voltage
2	VCC	+5V
3	VEE	Contrast voltage
4	RS	Register Select 0 = Instruction Register 1 = Data Register
5	R/W	Read/ Write, to choose write or read mode 0 = write mode 1 = read mode
6	E	Enable 0 = start to latch data to LCD character 1 = disable
7	DB0	LSB
8	DB1	-

9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB5	-
13	DB6	-
14	DB7	MSB
15	BPL	Back Plane Light
16	GND	Ground voltage

Sumber: [http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroler bab 4 LCDKarakter.htm](http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroler-bab-4-LCDKarakter.htm)

Pada perancangan sistem ini memakai LCD modul M1632 yang merupakan sebuah modul LCD dot matrik yang membutuhkan daya kecil. LCD modul M1632 dilengkapi panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang telah terpasang dalam modul tersebut. LCD modul M1632 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Memiliki 16 karakter dan 2 baris tampilan yang terdiri dari 5 X 7 dot matrik ditambah dengan kursor.
- Memerlukan catu daya +5 volt.
- Otomatis reset saat catu daya dinyalakan.
- 80 × 8 display data RAM (max 80 karakter).

LCD ini menggunakan komunikasi 4 bit yaitu DB4-DB7. Hal ini dilakukan untuk menghemat pin mikrokontroler yang digunakan untuk komunikasi data ke LCD.

2.7 Mikrokontroler ATmega16 Sebagai Kontrol Utama Sistem

Mikrokontroler disebut juga sebagai pengontrol mikro yang berfungsi mengolah data yang diterima dan membandingkannya dengan *database* yang telah diprogram kedalam sistem memorinya. Sebuah mikrokontroler tidak akan bekerja

apabila tidak diberikan program yang berisi instruksi-instruksi untuk memberitahu apa yang harus dilakukannya.

Setelah dilakukan penelitian pada perancangan alat ini menggunakan ATmega16 karena memiliki beberapa kelebihan antara lain dibandingkan dengan mikrokontroler AT89C51:

- 1) 32 *Port* yang dapat digunakan.
- 2) 10 *Port* diantaranya adalah ADC yang berada di dalamnya.
- 3) Memiliki bahasa pemrograman yang lebih singkat yaitu Bahasa C.

ATmega16 merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM *internal* (Arif, 2007:7).

ATmega16 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya-rendah berbasis arsitektur RISC yang sudah dikembangkan. Kebanyakan instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, ATmega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS (*Mega Instruction Per Second*) per MHz membuat sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya *versus* kecepatan proses (Atmel, 2002:2).

Beberapa keistimewaan dari mikrokontroler ATmega16 antara lain:

- 1) Memiliki 512 K Bytes EEPROM
- 2) Memiliki 1K Bytes *Internal* SRAM
- 3) Memiliki 8-channel, 10-bit ADC
- 4) Master/Slave SPI Serial Interface
- 5) On-chip Analog Comparator
- 6) Operating Voltages 4.5 - 5.5V for ATmega16
- 7) Speed Grades 0 - 16 MHz for ATmega16

PDIP			
(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 2.8. Konfigurasi Pin ATmega16

(Sumber : <http://www.atmel.com>.)

Gambar 2.8 menjelaskan tentang fungsi masing-masing pin ATmega16 adalah sebagai berikut:

VCC : *Digital supply voltage.*

GND : *Ground.*

Port A (PA7..PA0) : Port A merupakan input analog untuk ADC, jika ADC tidak digunakan maka port A dapat juga berfungsi sebagai port I/O dua arah. Port A merupakan port I/O 8 bit yang menyediakan *internal pull up resistors* dan *buffer* pada outputnya mempunyai *symmetrical drive characteristics*. Jika PA.0 – PA.7 digunakan sebagai input dan *internal pull up resistors* dalam keadaan aktif maka *external pull low* port ini akan mengalirkan arus.

Selain fungsi di atas, port A juga mempunyai fungsi khusus yang lain seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Fungsi Alternatif dari Pin Port A

Pin	Fungsi Alternatif
PA7	ADC7 (ADC Input Channel 7)
PA6	ADC6 (ADC Input Channel 6)
PA5	ADC5 (ADC Input Channel 5)
PA4	ADC4 (ADC Input Channel 4)
PA3	ADC3 (ADC Input Channel 3)
PA2	ADC2 (ADC Input Channel 2)
PA1	ADC1 (ADC Input Channel 1)
PA0	ADC0 (ADC Input Channel 0)

(Sumber : <http://www.atmel.com>.)

Port B (PB7..PB0) : Port B merupakan *bi-directional* port I/O 8 bit dengan *internal pull up resistors*, *buffer* pada output port ini juga memiliki *symmetrical drive characteristics*. Jika digunakan sebagai input dan jika resistor *pull up* dalam keadaan aktif, maka *external pull low* akan mengalirkan arus.

Selain fungsi di atas, port B juga mempunyai fungsi khusus yang lain seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Fungsi khusus dari pin port B

Pin	Fungsi Alternatif
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input / Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output / Slave Input)
PB4	SS (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input)
PB2	OC0 (Time/Counter 0 Output Compare Match Output)
	AIN0 (Analog Comparator Positive Input)
PB1	INT1 (External Interrupt 2 Input)
PB0	T1 (Timer / Counter 1 External Counter Input)
	T0 (Timer / Counter 0 External Counter Input)
	XCK (USART External Clock Input / Output)

(Sumber : <http://www.atmel.com>.)

Port C (PC7..PC0) : Port C merupakan port I/O 8 bit dengan *internal pull up resistor*. *buffer* pada output port ini juga memiliki *symmetrical drive characteristics*. Jika digunakan sebagai input, maka *external pull low* akan mengalirkan arus jika resistor *pull up* dalam keadaan aktif.

Port D (PD7..PD0) : Port D merupakan port I/O 8 bit dengan *internal pull up resistor*. *buffer* pada output port ini juga memiliki *symmetrical drive characteristics*. Jika digunakan sebagai

input, maka *external pull low* akan mengalirkan arus jika resistor *pull up* dalam keadaan aktif.

Selain fungsi di atas, port D juga mempunyai fungsi khusus yang lain seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Fungsi khusus dari port D

Pin	Alternative Function
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture pin)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

(Sumber : <http://www.atmel.com>.)

RESET

: Pin ini mempunyai waktu yang lebih lama untuk perbandingan dengan *pulse* minimum yang panjangnya menghasilkan sebuah *reset*, jika *clocknya* mencukupi.

XTAL1

: Pin ini merupakan masukan ke penguat osilator yang berpenguat tinggi. Pin ini dihubungkan dengan kristal atau *software* osilator dari luar.

XTAL2

: Pin ini merupakan keluaran dari penguat osilator. Pin ini dihubungkan dengan kristal atau *ground* jika menggunakan sumber kristal *internal*.

AVCC : Merupakan *power supply* untuk Pin untuk *Port A* dan *A/D converter*. VCC harus dihubungkan secara *external* sekalipun ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan, maka VCC dihubungkan melalui *low-pass filter*.

AREF : AREF adalah referensi Pin analog untuk *A/D converter*.

ATMega16 mempunyai empat buah *port* yaitu *portA*, *portB*, *portC*, dan *portD*. Keempat *port* tersebut merupakan jalur *bidirectional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap *port* mempunyai tiga buah register bit, yaitu DDxn, PORTxn, dan PINxn. Huruf 'x' mewakili nama huruf dari *port* sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit DDxn terdapat pada I/O alamat DDRx, bit PORTxn terdapat pada I/O alamat PORTx, dan bit PINxn terdapat pada I/O alamat PINx. Bit DDxn dalam register DDRx (*Data Direction Register*) menentukan arah pin. Bila DDxn diset 1 maka Px berfungsi sebagai pin *output*. Bila DDxn diset 0 maka Px berfungsi sebagai pin *input*. Bila PORTxn diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin *input*, maka resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*, PORTxn harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin *output*. Bila PORTxn diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin *output* maka pin port akan berlogika 1. Dan bila PORTxn diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin *output* maka pin port akan berlogika 0. Tabel 2.5 menunjukkan konfigurasi pin port pada mikrokontroler ATMega16.

Tabel 2.5. Konfigurasi pin port

DDxn	PORTxn	PUD (in SFIO)	I/O <i>Input</i>	<i>Pull-up</i>	<i>Comment</i>
0	0	X	<i>input</i>	<i>no</i>	<i>tri-state</i>
0	1	0	<i>input</i>	<i>yes</i>	<i>pulled low</i>
0	1	1	<i>input</i>	<i>no</i>	<i>tri-state</i>
1	0	X	<i>output</i>	<i>no</i>	<i>output low</i>
1	1	X	<i>output</i>	<i>no</i>	<i>output high</i>

(Sumber : <http://www.atmel.com>.)

Mikrokontroler ATmega16 beroperasi menggunakan perintah pemrograman yang canggih dan efisien dengan level yang tinggi. Mikrokontroler ini mempunyai memori alamat yang besar yang bisa digunakan untuk mengeksekusi perintah dengan kecepatan tinggi.

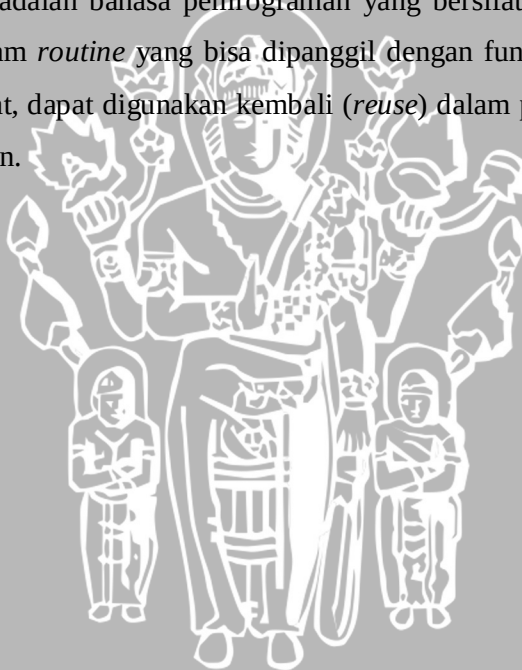
2.8 Bahasa Pemrograman

Bahasa C merupakan bahasa pemrograman yang digunakan dalam pengisian mikrokontroler ATmega16. Bahasa C digunakan untuk mengembangkan berbagai jenis permasalahan pemrograman, dari *level operating system* (Unix, Linux, MS DOS, dan sebagainya), aplikasi perkantoran (*Text Editor, Word Processor, Spreadsheet*, dan sebagainya), bahkan sampai pengembangan sistem pakar (*expert system*). Kompiler C tersedia di semua jenis *platform* komputer, mulai dari Macintosh, UNIX, PC, Micro PC, sampai super komputer. Bahasa C disebut bahasa pemrograman tingkat menengah (*middle level programming language*) yaitu bahasa pemrograman yang mempunyai kemampuan mengakses fungsi dan perintah dasar bahasa mesin/ *hardware* (*machine basic instruction set*). Semakin tinggi tingkat bahasa pemrograman semakin mudah bahasa pemrograman dipahami manusia. Demikian sebaliknya dengan bahasa pemrograman tingkat rendah, semakin sulit dipahami manusia dan hanya berisi perintah untuk mengakses bahasa mesin. Bahasa C digolongkan dalam bahasa tingkat tinggi, tetapi Bahasa C menyediakan kemampuan yang ada pada bahasa tingkat rendah, misalnya operasi bit, operasi byte, pengaksesan memori, dan sebagainya.

Beberapa alasan mengapa memakai bahasa C antara lain:

- 1) Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang paling populer saat ini sehingga mempermudah dalam menemukan pemecahan masalah ketika menulis program.
- 2) Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang memiliki portabilitas tinggi. Bahasa C yang ditulis untuk satu jenis *platform* dapat di kompiler dan jalankan di *platform* lain dengan sedikit perubahan karena ada standarisasi ANSI untuk C.

- 3) Bahasa C adalah bahasa pemrograman dengan sedikit kata kunci (*keyword*) sehingga memudahkan dalam penulisan pemrograman dan mempercepat eksekusi program. Bahasa C menyediakan 32 kata kunci yaitu: *auto, break, case, char, const, continue, default, do, double, else, enum, extern, float, for, goto, if, int, long, register, return, short, signed, sizeof, static, struct, switch, typedef, union, unsigned, void, volatile, while*.
- 4) Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang fleksibel. Karena dapat menulis dan mengembangkan berbagai jenis program mulai dari *operating system, word processor, graphic processor, spreadsheets*, atau kompiler untuk suatu bahasa pemrograman.
- 5) Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang bersifat modular karena ditulis dalam *routine* yang bisa dipanggil dengan fungsi. Fungsi yang telah dibuat, dapat digunakan kembali (*reuse*) dalam program maupun aplikasi lain.



Tabel 2.6. Tabel Tipe Data

No	Tipe Data	Ukuran	Range (jangkauan)	keterangan
1	<i>char</i>	1 byte	-128 s/ d127	Karakter/ <i>string</i>
2	<i>int</i>	2 byte	-32768 s/d 32767	<i>Integer</i> / bilangan bulat
3	<i>float</i>	4 byte	$-3,4 \cdot 10^{-38}$ s/d $3,4 \cdot 10^{+38}$	<i>float</i> /bilangan pecahan
4	<i>double</i>	8 byte	$-1,7 \cdot 10^{-308}$ s/d $1,7 \cdot 10^{+308}$	pecahan presisi ganda
5	<i>void</i>	0 byte	-	tidak bertipe

(sumber:<http://www.ilmukomputer.com>)

Tabel 2.6 menunjukkan tipe data dalam bahasa C. Tipe data dapat ditambahkan awalan *signed* untuk bilangan bertanda dan *unsigned* untuk bilangan tidak bertanda.

Bahasa C adalah suatu program terdiri dari satu atau lebih fungsi. Fungsi utama dan harus ada pada program adalah fungsi main (). Fungsi main () adalah fungsi pertama yang akan diproses pada saat program di compile dan dijalankan (fungsi yang mengontrol fungsi-fungsi lain). Karena struktur bahasa C terdiri dari fungsi-fungsi lain sebagai program bagian (*subroutine*), maka bahasa C disebut sebagai bahasa pemrograman terstruktur.

Statement adalah pernyataan yang menyebabkan suatu tindakan akan dilakukan oleh komputer (Jogianto, 1993:14). Tindakan tersebut misalnya adalah tindakan untuk menghitung, menampilkan hasil, menerima *input* data, mengendalikan proses program dan lain sebagainya. Suatu *statement* di bahasa C ditulis dengan diakhiri oleh titik koma (;'). *Statement* dapat berupa *statement* kosong, *statement* ungkapan, *statement* kendali atau *statement* jamak.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam perancangan alat pengukur volume udara dalam paru-paru manusia memakai metode sebagai berikut :

- 1) Studi literatur
- 2) Penentuan spesifikasi alat
- 3) Perancangan alat
- 4) Perancangan perangkat lunak
- 5) Pengujian dan analisis alat
- 6) Pengambilan kesimpulan dan saran

3.1 Studi Literatur

Pertama kali adalah studi literatur/studi pustaka. Bahan pustaka yang dibutuhkan dikumpulkan selengkap-lengkapny. Dalam pembuatan alat ini diambil dari literatur-literatur maupun internet untuk mengetahui karakteristik komponen, prinsip kerja serta teori yang menunjang. Bahan pustaka yang dibutuhkan adalah tentang segala sesuatu yang mendukung perancangan serta pembuatan alat pengukur volume udara pada paru paru manusia, diantaranya sensor ultrasonik, Op-Amp, LCD, mikrokontroler dan perancangannya baik perangkat keras maupun perangkat lunak khususnya untuk ATmega16 dan bahan pustaka penunjang lainnya.

3.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Setelah mempelajari berbagai literatur yang menunjang pada perancangan alat ini, kemudian dari permasalahan yang ada dibuat spesifikasi alat yang akan digunakan. Pada perancangan alat pengukur volume udara dalam paru-paru manusia menggunakan sensor ultrasonik jenis ping, rangkaian pengkondisi sinyal komparator jenis IC LM358, LCD jenis M1632 dan mikrokontroler ATmega16.

3.3 Perancangan Alat

Perancangan alat ini disesuaikan dengan fungsi dari komponen-komponen yang akan digunakan sehingga terbentuk rangkaian elektronik yang siap direalisasikan.

Untuk perancangan alat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Penyusunan blok diagram sistem untuk mempermudah pemahaman tentang alur kerja dari alat yang akan dibuat.
- 2) Menentukan nilai dan jenis komponen yang sesuai dengan hasil perhitungan serta ditekankan ada di pasaran sehingga jika terjadi kerusakan mudah dalam mencari komponen.
- 3) Perencanaan dan pembuatan rangkaian dari masing-masing blok, yang meliputi:
 - a. Minimum sistem ATmega16
 - b. Rangkaian pembanding (komparator)
 - c. Rangkaian sensor ultrasonik
 - d. Rangkaian LCD
- 4) Menggabungkan beberapa blok menjadi keseluruhan sistem yang direncanakan.
- 5) Pembuatan perangkat lunak untuk pengendali peralatan.
- 6) Mengadakan pengujian-pengujian per blok rangkaian yang direncanakan.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

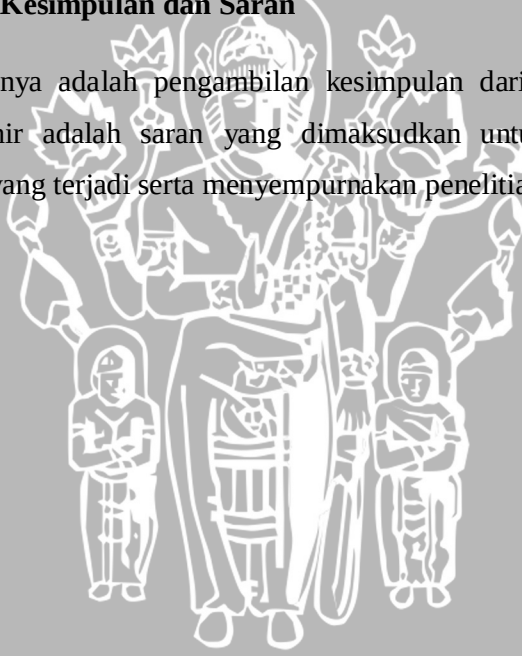
Setelah perangkat keras dirancang sesuai dengan perencanaan, maka langkah selanjutnya adalah perancangan perangkat lunak. Perangkat lunak ini difungsikan untuk mengatur keseluruhan sistem yang terdiri atas beberapa perangkat keras sehingga sistem ini dapat bekerja dengan baik. Pembuatan dimulai dari pembuatan Lay Out PCB, pemasangan komponen dan pembuatan perangkat lunak yang mendukung sistem.

3.5 Pengujian dan Analisis Alat

Setelah komponen dipasangkan ke PCB dan perangkat lunak untuk mendukung sistem selesai dibuat, maka diadakan pengujian. Tahap pengujian meliputi pengujian tiap blok rangkaian yang bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari masing-masing blok serta kesesuaian dengan spesifikasi perancangan kemudian pengujian dilakukan dengan menggabungkan blok-blok rangkaian yang telah dibuat dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari sistem yang telah dibuat. Pengujian yang dilakukan menghasilkan data-data yang nantinya akan dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan perancangan, data yang dihasilkan dianalisis dengan cara membandingkannya dengan hasil perhitungan. Hasil analisis tersebut selanjutnya akan disusun suatu kesimpulan. Analisis akhir dilakukan untuk mengetahui serta memastikan bekerjanya alat ini.

3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Tahap berikutnya adalah pengambilan kesimpulan dari peralatan yang dibuat. Tahap terakhir adalah saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi serta menyempurnakan penelitian.



BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1 Perancangan Alat

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan alat pengukur volume udara paru paru manusia. Perancangan dan pembuatan alat

meliputi metode perancangan sistem, perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan sistem meliputi blok diagram sistem dan cara kerja sistem. Perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian sensor ultrasonik, rangkaian LCD sebagai tampilan hasil pengukuran dan rangkaian mikrokontroler ATmega16 sebagai kontrol utama semua sistem. Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan *flowchart* program dari sistem.

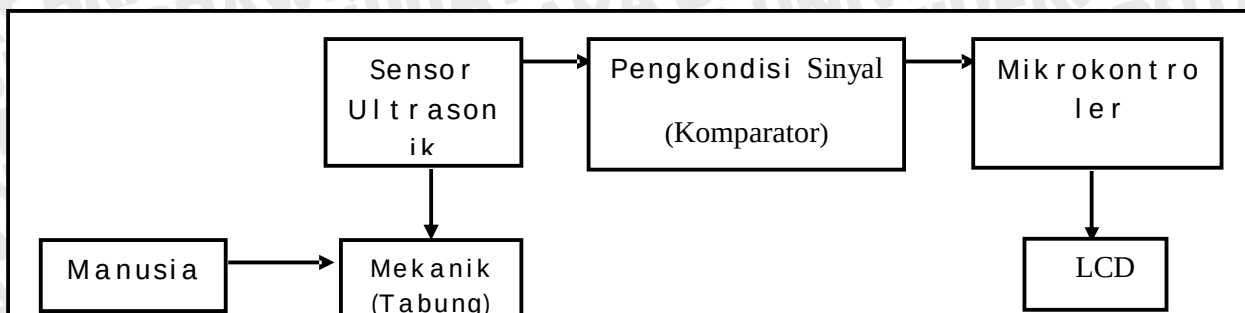
4.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat pengukur volume udara dalam paru paru manusia adalah sebagai berikut:

- Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik jenis ping.
- Menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai pengolah data dan pengontrol seluruh kinerja sistem.
- Menggunakan Op-Amp IC LM358 untuk rangkaian pembanding (komparator) sebagai rangkaian pengkondisi sinyal.
- Menggunakan komunikasi data serial RS 232 dan IC max 232 yang akan menghubungkan sensor dan box elektrik alat yang di dalamnya terdapat LCD serta rangkaian minimum sistem mikrokontroler.
- Tampilan pada display LCD berupa hasil pengukuran volume udara dalam paru paru manusia.

4.3 Blok Diagram Alat

Pembuatan blok diagram rangkaian alat ini merupakan dasar dari perancangan sistem. Diagram blok ini nantinya digunakan untuk pengecekan masing-masing blok dari rangkaian seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Blok Diagram Alat Ukur Kapasitas Paru-Paru

Perancangan sistem ini terdiri dari beberapa blok yang masing-masing memiliki fungsi dalam proses informasi. Gambar 4.1 merupakan blok diagram alat ukur kapasitas paru-paru dengan menggunakan sensor ultrasonik. Fungsi dari masing-masing blok dalam Gambar 4.1 dijelaskan sebagai berikut:

- a. Sensor ultrasonik yang akan memancarkan dan menerima gelombang ultrasonik. Sensor yang berupa modul siap pakai ini akan mengukur ketinggian permukaan air.
- b. Rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan untuk menstabilkan dan menguatkan sinyal/tegangan yang dihasilkan oleh sensor.
- c. Mikrokontroler, merupakan perangkat keras yaitu sebuah IC ATmega16. Sebagai sistem utama yang telah dirancang.
- d. LCD M1632. Berfungsi untuk menampilkan setiap intruksi, yaitu menampilkan ketinggian level air yang telah dikonversikan menjadi volume dari data yang dibaca oleh sensor.

4.3.1 Cara Kerja Alat

Rancangan mekanik dari alat ukur kapasitas paru-paru ini adalah dengan menggunakan dua buah tabung yang dihubungkan dengan pipa. Tabung pertama berdiameter 2 inci dengan tinggi 50 cm, sedangkan balok kaca dengan tinggi 50 cm diasumsikan sebagai tabung kedua.

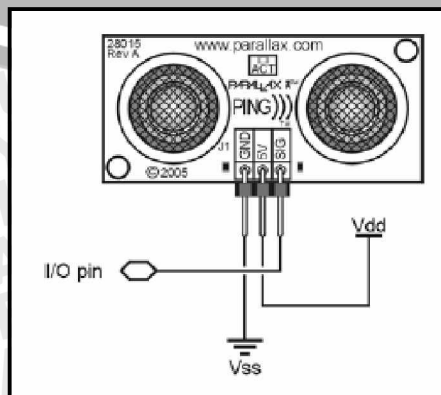
Pada saat tabung pertama diberi hembusan nafas (ekspirasi), maka sensor ultrasonik yang dipasang pada tabung kedua akan mendeteksi ketinggian permukaan air pada tabung kedua. Hasil yang diperoleh dari sensor ultrasonik akan diolah oleh mikrokontroler dan ditampilkan ke LCD. Dari ketinggian permukaan air tersebut akan dikonversikan ke volume, dan dapat diperoleh berapa nilai volume udara paru-paru.

4.4 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini adalah perangkat keras yang mendukung proses keseluruhan. Perangkat keras yang dibutuhkan adalah sensor ultrasonik dan pengondisi sinyal, Mikrokontroler dengan IC ATmega 16, dan LCD.

4.4.1 Rangkaian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah sensor ping yang berupa modul siap pakai lengkap dengan pengirim dan penerima. Sensor ultrasonik ini dipilih karena dapat mendeteksi jarak antara 3 cm sampai 3 m dengan frekuensi 40 kHz. Pada tugas akhir ini jarak yang akan diukur dari sensor menuju obyek adalah sekitar 30 cm. Sinyal data sensor ping ini akan masuk ke kaki mikrokontroler.

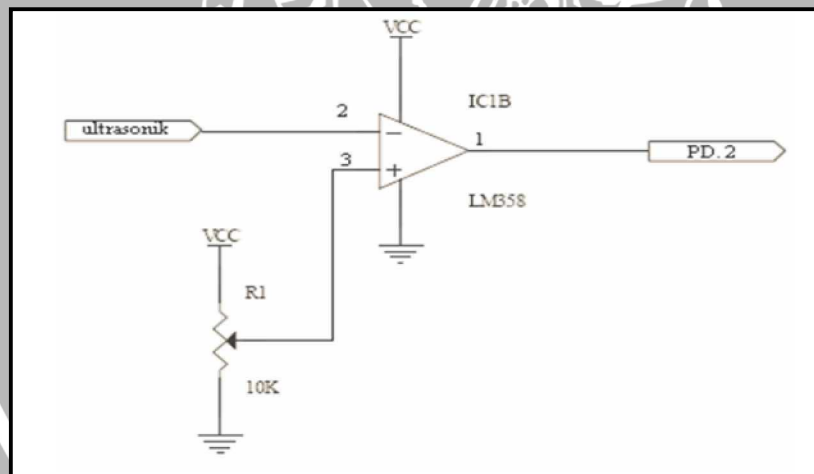


Gambar 4.2. Sensor ultrasonik PING

Sumber: www.parallax.com

Untuk mengaktifkan sensor ping diperlukan trigger sebesar $5 \mu s$, setelah itu dari keluaran sensor ultrasonik didapat level tegangan 0,7V. Pada saat level tegangan 0,7V maka keluarannya adalah aktif 1. Dalam perancangan ini diperlukan rangkaian komparator yang fungsinya untuk mendeteksi level tegangan yang keluar, yaitu 0,7V.

Dalam perancangan ini rangkaian pembanding tegangan (komparator) menggunakan op-amp LM358 dengan catu daya tunggal +5V DC. Tegangan acuan V_{ref} diterapkan ke masukan (+) op-amp, dan tegangan masukan dari sensor ping (-) op-amp. Bila tegangan masukan dari ping lebih besar atau sama dengan V_{ref} , maka tegangan keluaran op-amp, $V_o = 0$ volt. Bila tegangan masukan dari ping lebih kecil V_{ref} , maka tegangan keluaran op-amp, $V_o = 5$ volt.

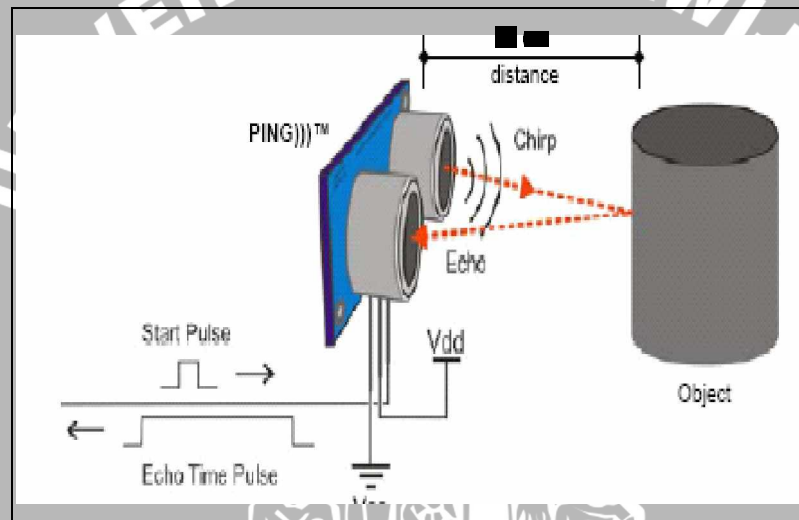


Gambar 4.3. Rangkaian Sensor Ultrasonik Dengan pengkondisi sinyal

4.4.2 Perhitungan Jarak

Modul Ping mengukur jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik sebesar 40 kHz kemudian menunggu pantulannya. Modul Ping memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan input kontrol dari pin I/O. Gelombang ultrasonik tersebut melalui udara dengan kecepatan 34399,22 cm/

detik, mengenai objek dan memantul kembali ke modul Ping. Modul Ping akan mengeluarkan pulsa high pada pin I/O setelah memancarkan gelombang ultrasonik. Setelah pantulan gelombang terdeteksi, modul PING akan membuat pin I/O low. Lebar pulsa high (t_{IN}) sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2 kali jarak objek, sehingga jarak objek yang terukur adalah $[(t_{IN} \text{ s} \times 34399,22 \text{ cm/s}) / 2]$ cm. Pin I/O adalah pin yang digunakan untuk mengirim data ke mikrokontroler. Ilustrasi cara kerja modul Ping ditunjukkan dalam Gambar 4.4



Gambar 4.4. Ilustrasi Cara Kerja Modul PING

Sumber: www.parallax.com

4.4.3 Menghitung Volume

Dalam alat ini digunakan balok yang diasumsikan sebagai tabung kedua. Balok ini mempunyai tinggi 50 cm dan luas penampang 100 cm^2 .

$$\text{Volume} = \text{luas penampang} \times t \text{ (1 cm)}$$

$$=100 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ cm}$$

$$=100 \text{ cm}^3$$

$$=100 \text{ ml}$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ liter}$$

$$100 \text{ cm}^3 = 0,1 \text{ dm}^3$$

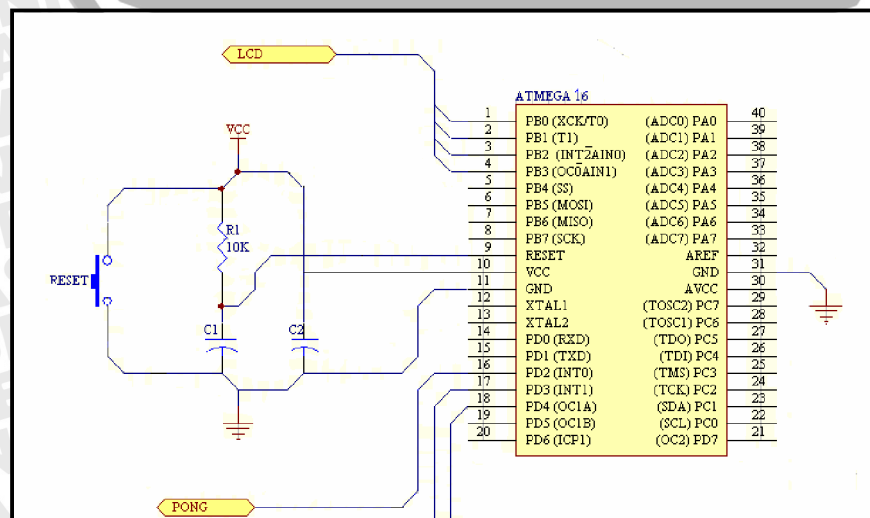
$$=0,1 \text{ liter}$$

Jadi setiap 1 cm dari tinggi tabung kedua, mewakili 0,1 liter dari volume atau kapasitas paru-paru kita.

Besarnya perubahan volume atau udara pada tabung pertama berbanding lurus dengan perubahan ketinggian permukaan air pada tabung kedua. Waktu tempuh gelombang ultrasonik berbanding terbalik dengan besarnya volume udara pada tabung pertama. Semakin besar volume udara pada tabung pertama maka semakin cepat waktu tempuh gelombang ultrasonik yang terdapat pada tabung kedua.

4.4.4 Rangkaian Kontrol ATmega16

Dalam perancangan tugas akhir ini menggunakan mikrokontroler ATmega16 yang merupakan keluarga mikrokontroler AVR. Mikrokontroler pada alat ini digunakan sebagai pengendali utama dari seluruh sistem. Mikrokontroler ATmega16 ini dipilih karena pada mikrokontroler ini memiliki internal RAM sebesar 256×8 bit dan memiliki 8k byte PEROM. Selain itu mikrokontroler ATmega16 juga mempunyai internal ADC sehingga penggunaannya lebih efisien. Gambar 4.5 menunjukkan rancangan penggunaan pin pada rangkaian mikrokontroler ATmega16.



Gambar 4.5. Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA16

Mikrokontroler ATmega16 digunakan untuk membangkitkan sensor ultrasonik dan mengolah data yang merupakan masukan dari sensor ultrasonik tersebut. Mikrokontroler ini memiliki 4 *port*, yaitu *port* PA, *port* PB, *port* PC dan *port* PD. Masing-masing *port* difungsikan sebagai berikut:

a. *Port* PB

Port yang digunakan dalam *port* PB ini adalah: *Port* PB.0-PB.3 dihubungkan pada LCD (sebagai display) pada kaki nomor 1-4.

b. *Port* PD

Port yang digunakan dalam *port* ini adalah:

- a) *Port* PD2 dihubungkan pada ping yang berfungsi sebagai penerima gelombang ultrasonik, pada kaki nomor 16.
- b) *Port* PD3 dihubungkan pada ping yang berfungsi sebagai pengirim atau pemancar gelombang ultrasonik, pada kaki nomor 17.
- c) *Port* PD4 dihubungkan pada tombol start.

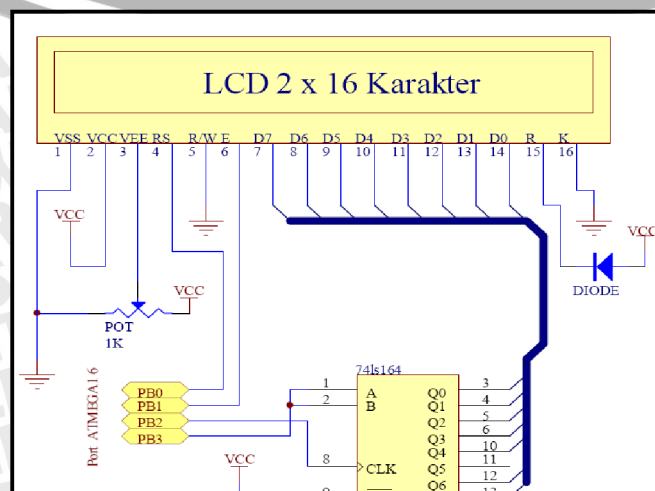
4.4.5 Rangkaian LCD

Pada tugas akhir ini *Display* yang digunakan adalah LCD TM16×2, karena mempunyai tampilan sebanyak 16 karakter 2 baris. Untuk mengirim data ke LCD program harus mengeset EN ke kondisi high (1). Dalam kondisi ini RS

dan R/W mengirimkan data ke jalur data bus. Dalam perancangan alat ini pada pin nomor 3 dari LCD dihubungkan dengan VR $1k\Omega$ yang berguna untuk mengatur tampilan *contrast*. *Backlight* memerlukan tegangan sebesar 4,3V sehingga untuk menurunkan tegangan yang sebesar 5V dari *supply* perlu ditambahkan dioda IN4002 sebelum tegangan dihubungkan ke pin.

LCD ini berfungsi untuk menampilkan data perubahan ketinggian air dalam gelas ukur, selain itu LCD ini berfungsi sebagai alat komunikasi antara alat dengan pemakai. Sedangkan keuntungannya adalah tingkat kesederhanaan dalam rangkaian dan perangkat lunak serta kemudahan dalam pengoperasian dan tersedianya register-register dalam modul. Rangkaian unit LCD ditunjukkan dalam Gambar 3.6 yang mempunyai 16 pin masukan untuk mengendalikan modul dalam bentuk bus data dan sinyal kontrol. Gambar 4.6 menunjukkan rangkaian LCD yang dihubungkan pada *port* mikrokontroler. Konfigurasi rangkaian LCD dengan komponen lain dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pin 1(Vss), Pin 5(R/W) dan Pin 3(Vee) dihubungkan dengan resistor variabel $1k\Omega$, fungsinya adalah untuk mengatur kontras pada LCD.
- Pin 2 dihubungkan dengan Vcc.
- Pin 4(RS) dihubungkan dengan *port* B(PB.0) pada mikrokontroler ATMEGA16 sebagai pemilih register.
- Pin 6(E) dihubungkan dengan PB.1 sebagai sinyal untuk seleksi baca atau tulis.
- Pin 7-14(D0-D7) dihubungkan dengan output IC register 74LS164 yang berfungsi sebagai register geser 8-bit memiliki 4 jalan masuk dan 8 jalan keluar.

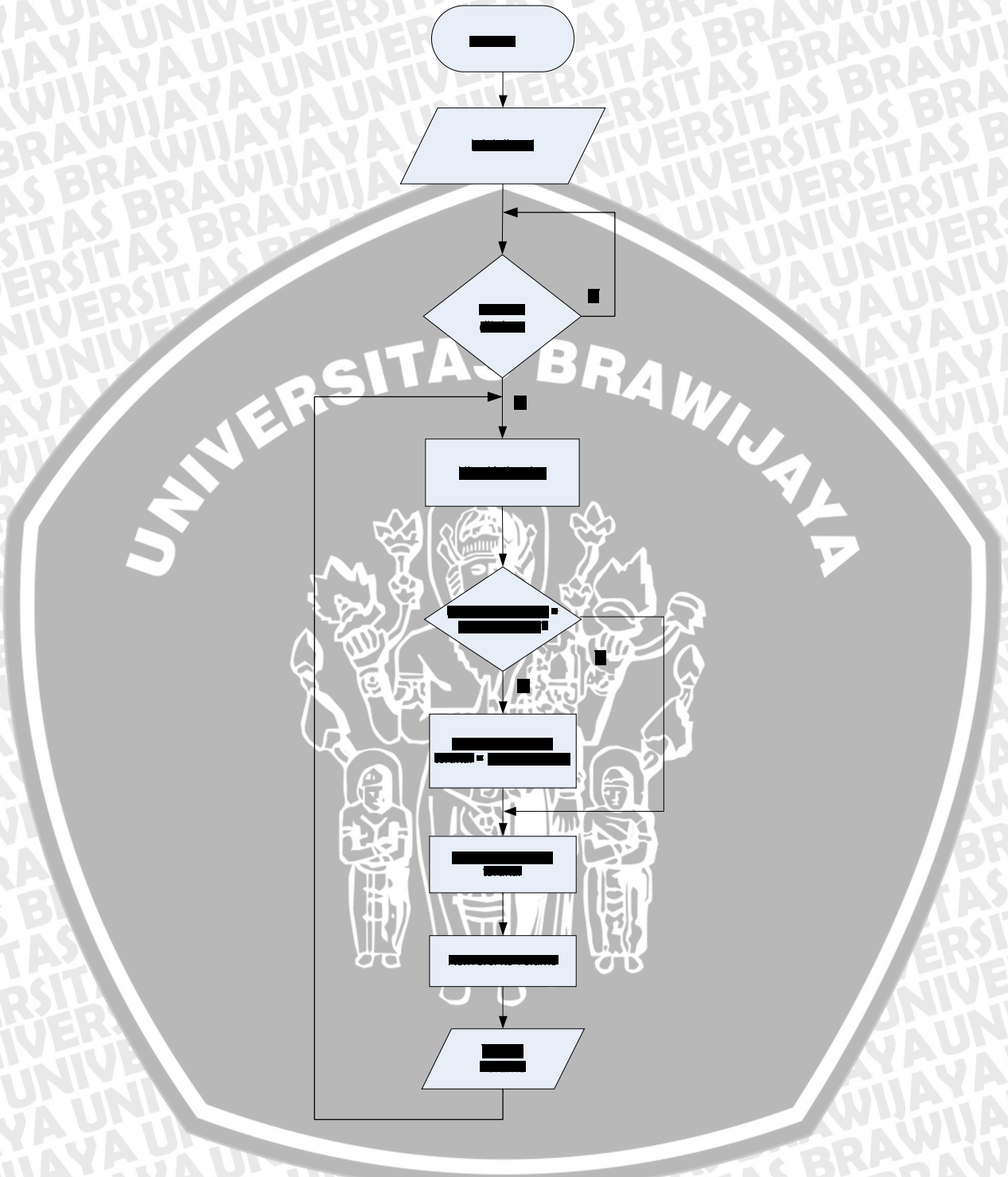


Gambar 4.6. Rangkaian LCD

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

Pemakaian mikrokontroler dalam suatu sistem perlu direncanakan perangkat lunak. Perangkat lunak merupakan susunan perintah-perintah program di dalam memori yang harus dilaksanakan mikrokontroler. Diagram alir program utama kerja alat ditunjukkan dalam Gambar 4.7

Penjelasan diagram alir Gambar 4.7 adalah sebagai berikut: untuk mengaktifkan sistem dengan menekan tombol start. Setelah diaktifkan maka sistem akan melakukan inisialisasi. Untuk memulai pengukuran tombol reset ditekan, setelah itu udara dihembuskan dan sistem akan mengukur ketinggian air. Jika ketinggian air yang diukur lebih dari ketinggian maksimal, maka data yang disimpan adalah data ketinggian maksimal. Jika tidak maka data langsung disimpan. Setelah data disimpan, sistem akan mengkonversi hasilnya ke volume dengan rumus: $V = \text{luas permukaan} \times t \text{ (1cm)}$. Selanjutnya hasil konversi volume ditampilkan ke LCD.



Gambar 4.7. Diagram Alir program utama

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi penjelasan prosedur pengujian dari alat yang telah dirancang guna mengetahui sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan pada masukan blok rangkaian dan mengamati keluaran dari blok rangkaian yang diuji tersebut. Data hasil pengujian yang diperoleh nantinya akan dianalisis untuk dijadikan acuan dalam mengambil kesimpulan.

5.1. Pengujian Rangkaian Sensor Ultrasonik

5.1.1. Tujuan

Tujuan pengujian rangkaian sensor ultrasonik adalah untuk mengetahui keakuratan rangkaian ini dalam menentukan jarak air dengan sensor.



Gambar 5.1. Blok diagram Pengujian sensor ultrasonik

5.1.2. Peralatan Pengujian

Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

- Rangkaian LCD.
- Modul ultrasonik dan pengondisi sinyal.
- Rangkaian minimum sistem mikrokontroler.
- Catu daya 12V.

5.1.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian rangkaian adalah sebagai berikut:

- Rangkaian disusun seperti dalam Gambar 5.1.
- Mikrokontroler diisi dengan program inisialisasi LCD dan sensor ultrasonik.
- Pasang mikrokontroler pada soket di minimum sistem.
- Menghubungkan catu daya DC.
- Amati tampilan volume paru-paru dan tampilan pada LCD.

5.1.4. Hasil dan Analisa Pengujian Sensor Ultrasonik

Dari pengujian sensor ultrasonik menggunakan Mikrokontroler ATmega 16 dan LCD diperoleh hasil yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2 dan Tabel 5.1.



Gambar 5.2 Hasil pengujian sensor ultrasonik

Tabel 5.1 Pengujian sensor ultrasonik

Tinggi air dalam tabung yang sebenarnya (cm)	Tampilan LCD	Selisih tinggi air (cm)	error (%)
4	4	0	0
5	4.8	0.2	4
6	5.9	0.1	1.6
7	6.8	0.2	2.8
8	7.9	0.1	1.2
9	8.9	0.1	1.1
10	10	0	0
11	10.8	0.2	1.8
12	11.8	0.2	1.6
13	12.7	0.3	2.3
14	13.7	0.3	2.1
15	14.8	0.2	1.3
16	15.6	0.4	2.5
17	16.7	0.3	1.8
18	17.7	0.3	1.7
19	18.7	0.3	1.5

20	20	0	0
21	21	0	0
22	22.2	0.2	2.7
23	22.8	0.2	0.8
24	24	0	0
25	25	0	0
26	25.7	0.3	1.1
27	26.7	0.3	1.1
28	28	0	0
29	29	0	0
30	29.9	0.1	0.3
31	30.7	0.3	0.9
32	31.8	0.2	0.6
33	32.7	0.3	0.9
34	33.9	0.1	0.3
35	34.9	0.1	0.2
36	35.8	0.2	0.5
37	36.8	0.2	0.5
38	37.7	0.3	0.7
Error rata-rata		0.17	1.08

Tabel 4.1 bisa dilihat bahwa *error* dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan dalam perancangan bisa dihitung :

$$\text{error} = \frac{|\text{tinggi sebenarnya} - \text{tampilan LCD}|}{\text{tinggi sebenarnya}} \times 100\%$$

$$\text{error rata-rata} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{pengukuran}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{37.9}{35} \\ &= 1.08 \% \end{aligned}$$

Kesimpulan hasil pengujian rangkaian ultrasonik sekaligus menggunakan *software* menunjukkan bahwa tinggi permukaan air yang ditampilkan pada LCD terdapat penyimpangan (*error*) rata-rata sebesar 1.08 % dikarenakan pembacaan sensor yang tidak tepat.

5.2. Pengujian Mikrokontroler dan LCD

5.2.1 Tujuan

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah sistem mikrokontroler dapat bekerja dan mampu menampilkan karakter pada LCD.



Gambar 5.3 Blok diagram Pengujian LCD

5.2.2. Peralatan Pengujian

Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

- Rangkaian LCD.
- Rangkaian minimum sistem mikrokontroler.
- Catu daya 12V.

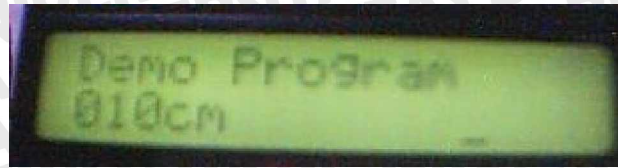
5.2.3. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian rangkaian ini adalah sebagai berikut:

- Rangkaian disusun seperti dalam Gambar 5.3.
- Mikrokontroler diisi dengan program inisialisasi LCD.
- Pasang mikrokontroler pada soket di minimum sistem.
- Menghubungkan catu daya.
- Amati tampilan pada LCD.

5.2.4. Hasil dan Analisa Pengujian LCD

Dari pengujian LCD menggunakan mikrokontroler ATmega16 didapatkan hasil yang ditunjukkan dalam Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Hasil pengujian LCD

Dari hasil pengujian LCD dalam Gambar 5.4 maka dapat diambil kesimpulan bahwa LCD dapat menampilkan karakter dengan baik, yaitu tampilan huruf yang dituliskan pada LCD.

5.3. Pengujian Keseluruhan Sistem

5.3.1. Tujuan

Pengujian dan pengamatan yang dilakukan untuk keseluruhan sistem dilakukan dengan menghubungkan keseluruhan perangkat keras dan perangkat lunak yang terdapat pada sistem mikrokontroler. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil kerja rangkaian lengkap apakah perancangan alat telah berfungsi dengan baik jika telah tergabung menjadi satu dalam satu sistem.

5.3.2. Peralatan Pengujian

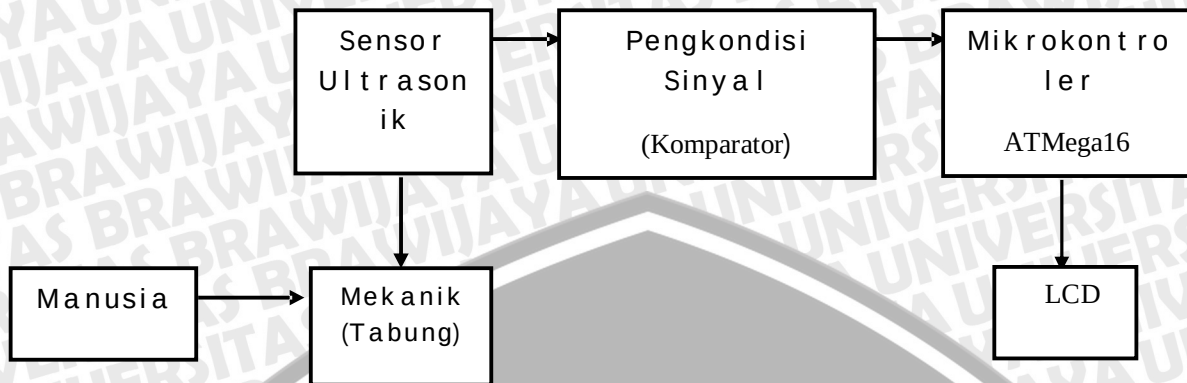
Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

- a. Catu daya 12V.
- b. Perangkat keras dengan semua masukan dan keluaran.
- c. *Software* yang telah dimasukkan ke dalam mikrokontroler.

5.3.3. Prosedur Pengujian

Pada pengujian rangkaian ini dilakukan antara lain:

- a. Susun rangkaian seperti dalam gambar 5.5.
- b. Aktifkan sistem
- c. Ukur ketinggian maksimal permukaan level air pada tabung kedua.
- d. Amati perubahan volume paru-paru yang diukur.



Gambar 5.5. Blok Diagram Alat Ukur Kapasitas Paru-Paru

5.3.4. Hasil dan Analisa Sistem Keseluruhan

Hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Pengujian pertama, dilakukan dengan cara mengaktifkan alat. Tampilan awal LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.6 menampilkan volume paru-paru maksimal.

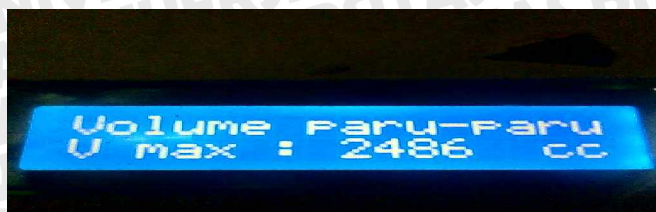


Gambar 5.6 Tampilan Awal LCD

Pengujian kedua, dengan memberi input pada tabung kedua yang berupa hembusan nafas (ekspirasi). Apabila hembusan nafas sudah maksimum maka LCD akan menampilkan berapa kapasitas paru-paru yang telah diukur. Tampilan proses pada saat kapasitas paru-paru telah terukur ditunjukkan dalam Gambar 5.7 sampai Gambar 5.10



Gambar 5.7 Volume Paru-paru 2493 cc



Gambar 5.8 Volume Paru-paru 2486 cc



Gambar 5.9 Volume Paru-paru 2550 cc



Gambar 5.10 Volume Paru-paru 1887 cc

Tabel 5.2 Tabel Data Pengukuran Kapasitas Paru-paru

No.	Nama	Kapasitas Paru-Paru (liter)	Kapasitas Paru-Paru (ml)
1.	Jujuk	2.493	2493
2.	Sukur	2.486	2486
3.	Leo	2.550	2550
4.	Yudi	2.493	2493
5.	Andi	2.462	2462
6.	Wisnu	2.323	2323
7.	Bobby	2.422	2422
8.	Ucil	1.873	1873
9.	Dani	1.900	1900

10.	Irul	2.206	2206
11.	Sarif	2.653	2653
12.	Winata	2.150	2150
13.	Endri	2.020	2020
14.	Rahmat	2.080	2080
15.	Ali	1.640	1640
16.	Faris	1.703	1703
17.	Budi	2.150	2150
18.	Afan	2.836	2836
19.	Aswin	2.010	2010
20.	Rafi	2.283	2283
21.	Marta	2.090	2090
22.	Indra	1.973	1973
23.	Adi	2.050	2050
24.	Kiki	1.560	1560
25.	Dwi	1.887	1887
26.	Edi	1.766	1766
27.	Titis	2.010	2010
28.	Doni	2.453	2453
29.	Imam	2.150	2150
30.	Teguh	2.287	2287
31.	Tyo	1.950	1950
32.	Yogi	2.319	2319
33.	Amy	1.862	1862
34.	Beni	2.053	2053
35.	Yuda	2.321	2321
	Rata-Rata	2.156	2156

Hasil pengujian sistem secara keseluruhan yang meliputi *hardware* dan *software* dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Sensor dapat mendeteksi ketinggian air sehingga dapat diketahui nilai kapasitas paru-paru yang telah diukur. Rangkaian mikrokontroler dapat bekerja dengan baik sehingga pengiriman dan penerimaan data dari sensor ke mikrokontroler dapat diterima dan diproses dengan baik pula.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari perancangan alat pengukur volume udara paru paru manusia.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada masing-masing blok, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat ukur kapasitas paru-paru mengukur kapasitas paru-paru dengan menggunakan prinsip kerja bejana berhubungan yang berisi fluida yaitu air. Volume udara yang ditiupkan ke tabung pertama akan menyebabkan perubahan tekanan udara di dalam tabung tersebut. Dengan bertambahnya tekanan udara maka air akan terdorong menuju ke tabung kedua dan sensor akan membaca berapa kenaikan permukaan air. Kenaikan permukaan air pada tabung kedua akan di konversi ke volume dan ditampilkan ke LCD.
2. Spesifikasi alat yang dirancang adalah sebagai berikut:
 - a. Tinggi kedua tabung adalah 50 cm, tabung pertama menggunakan pipa PVC dengan diameter 2 inch, tabung kedua menggunakan balok kaca dengan luas penampang 100 cm^2 .
 - b. Catu daya yang digunakan untuk menyuplai sistem pengontrol ini sebesar 12 volt DC.
3. Hasil pengukuran volume udara paru paru menunjukkan bahwa volume udara paru paru minimum 1560 ml dan maksimum 2836 ml. Hasil pengukuran tersebut dapat berubah tergantung pada kondisi fisik setiap orang.
4. Hasil pengujian rangkaian ultrasonik menggunakan *software* menunjukkan bahwa tinggi air yang ditampilkan pada LCD terdapat penyimpangan (*error*) rata-rata sebesar 1.08 % dikarenakan pembacaan sensor yang tidak tepat.

6.2 Saran

Dalam pengembangan selanjutnya dapat dilakukan beberapa hal untuk kesempurnaan alat yang berkaitan dengan sistem alat ukur kapasitas paru-paru, yaitu:

1. Sensor ultrasonik juga bisa diganti dengan sensor lain yang memiliki data *output* sama dengan sensor ultrasonik.
2. Untuk menghasilkan hasil bacaan sensor yang presisi sebaiknya digunakan tabung yang volumenya lebih kecil.
3. Hasil pembacaan sensor dapat disimpan ke PC (*Personal Computer*), sehingga tidak perlu diadakan pencatatan.



DAFTAR PUSTAKA

ATMEL Corp., 2005, 8-Bit Mikrocontroller with 4K bytes Flash ATmega 16. ATMEL,
<http://www.atmel.com.index.html>

Bejo, Agus. 2007. C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler
ATmega8535. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.

College of Science and Mathematics, Spirometry, <http://csm.jmu.edu>

Coughlin, Robert. 1994. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*. Jakarta:
Penerbit Erlangga.

Guyton & hall. 1997. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*: Edisi 9. Jakarta: Buku Kedokteran
egc.

Malvino, Albert Paul. 1981. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

MAXIM - Dallas Semiconductor, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers,
(<http://www.datasheetcatalog.com>)

Rizkiawan, Rizal. 1998. *Tutorial Perancangan Hardware II*. Jakarta: PT. Elex Media
Komputindo

Tjitrosoepomo, Gembong dkk. 1997. *Buku Ilmu Hayat*. Jakarta: Balai Pustaka

Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535
Simulasi, Hardware dan Aplikasi*. Yogyakarta : Penerbit Andi

Wibawanto, S. 2005. *Instrumentasi Industri*. Malang: Universitas Negeri Malang.

Wikipedia Indonesia, Sistem Pernafasan Manusia,
http://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_pernafasan.

Zarkasi, Ahmad. 2009, Analisis Pengaturan Jarak Sensor Ultrasonic,
www.electroniclab.com

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 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
 - 16K 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
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- 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 in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - 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, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16



8-bit **AVR**®
Microcontroller
with 16K Bytes
In-System
Programmable
Flash

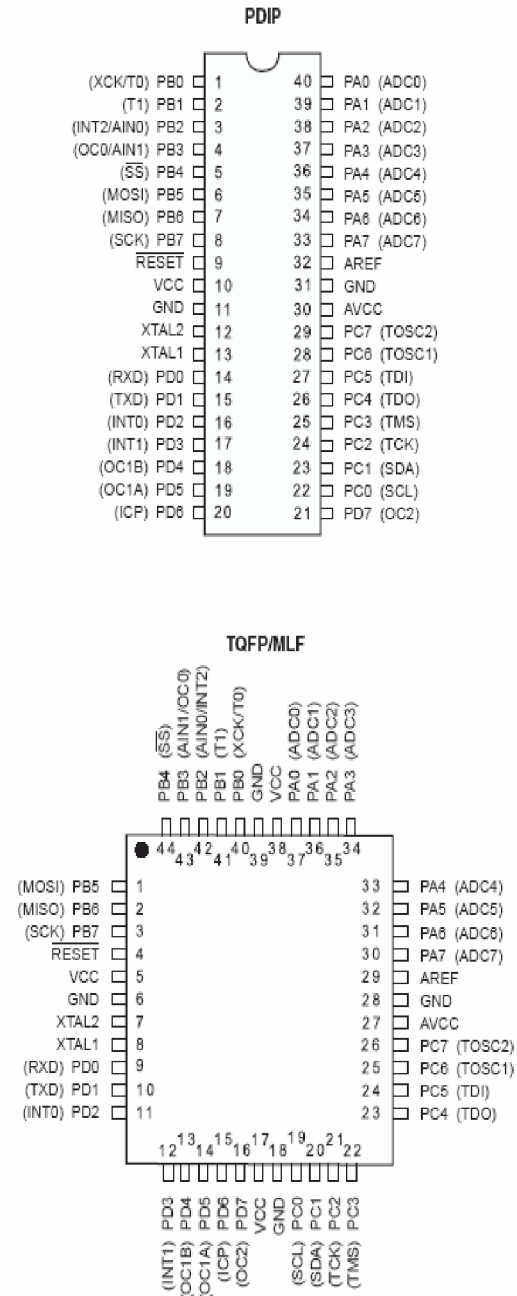
ATmega16
ATmega16L

Preliminary



Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega16



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.

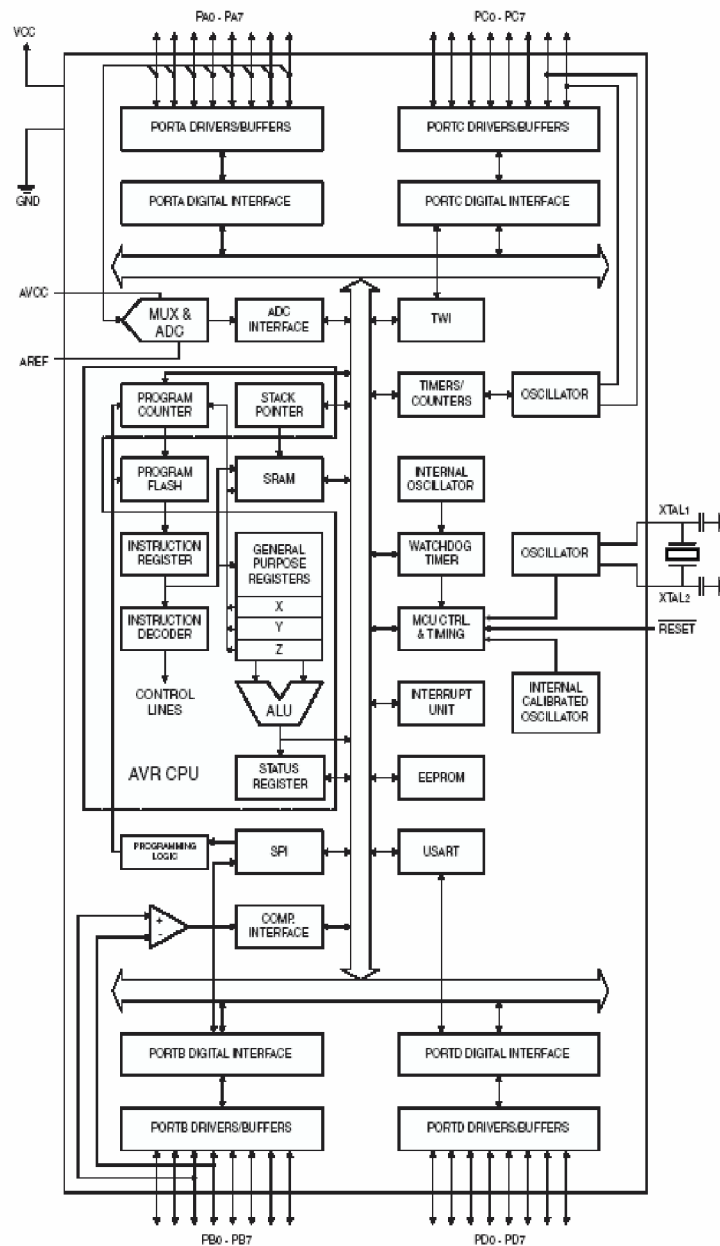
ATmega16(L)

Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 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 the 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 ATmega16 provides the following features: 16K bytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1K byte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, 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 (TQFP package only), 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 USART, Two-wire interface, A/D Converter, 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 External 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 RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 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.

Pin Descriptions

VCC

Digital supply voltage.

GND

Ground.

Port A (PA7..PA0)

Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

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.

ATmega16(L)

Port B (PB7..PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional 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.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 55.

Port C (PC7..PC0)

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. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.

Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on page 58.

Port D (PD7..PD0)

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.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 60.

RESET

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 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

AVCC

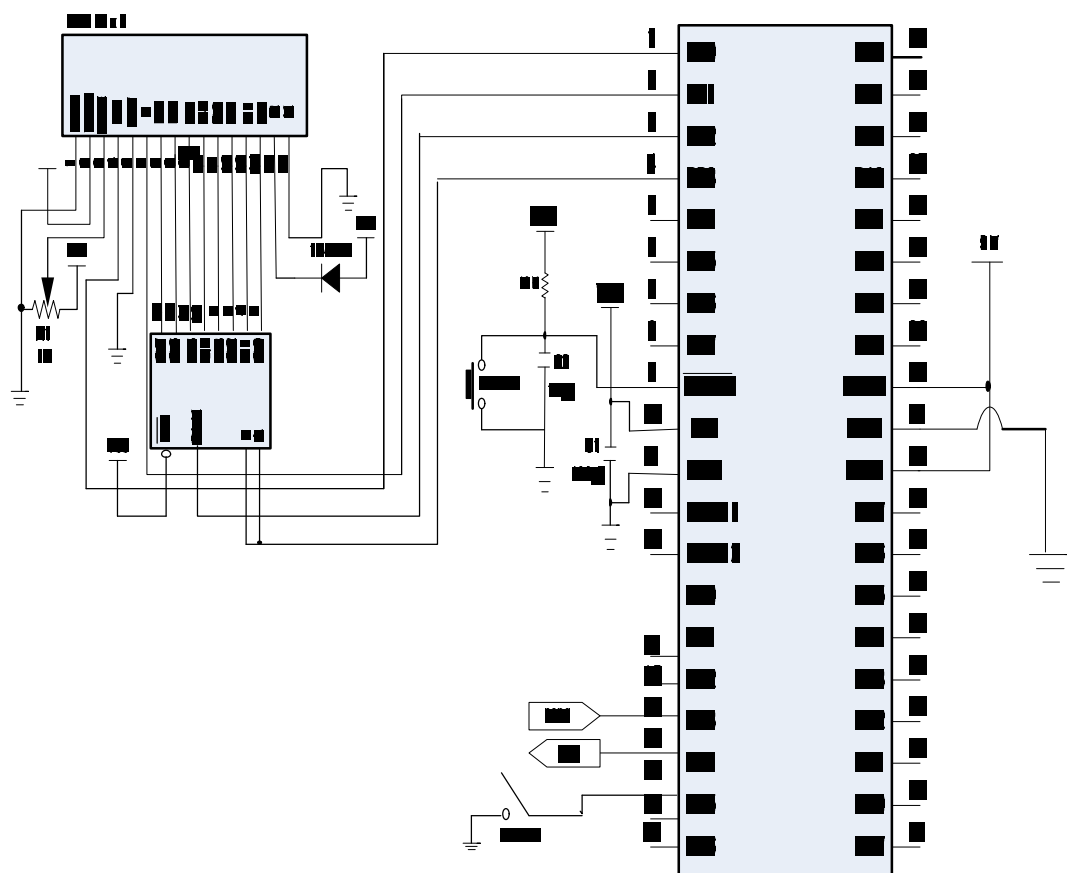
AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

AREF

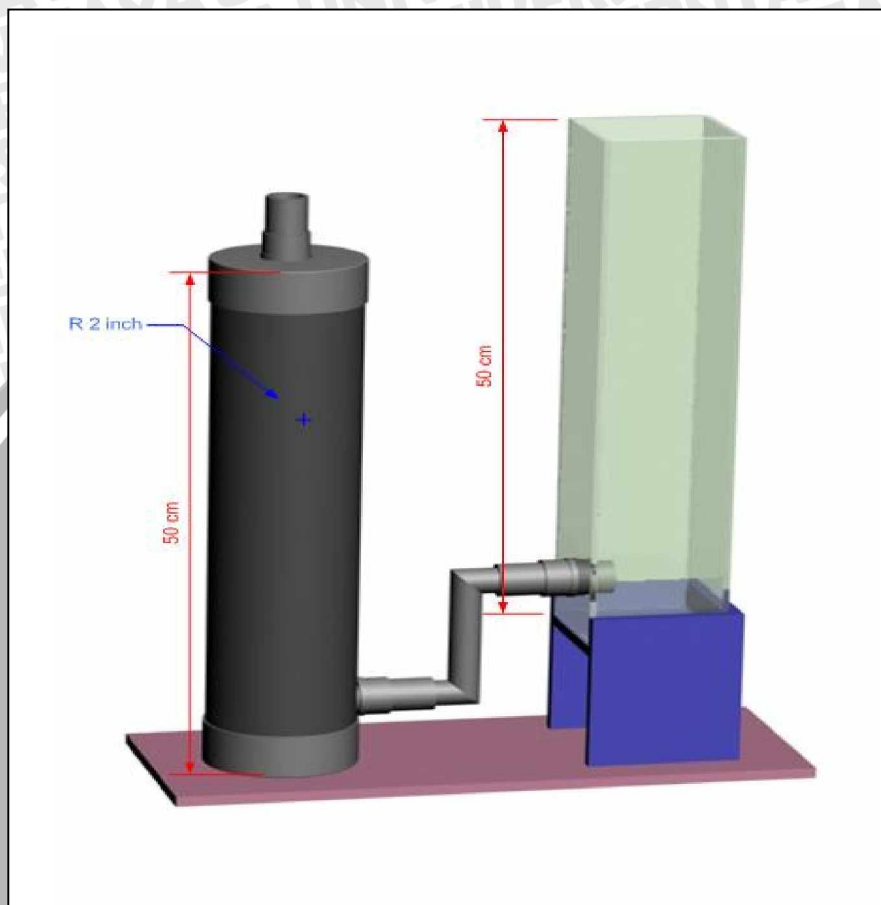
AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

About Code Examples

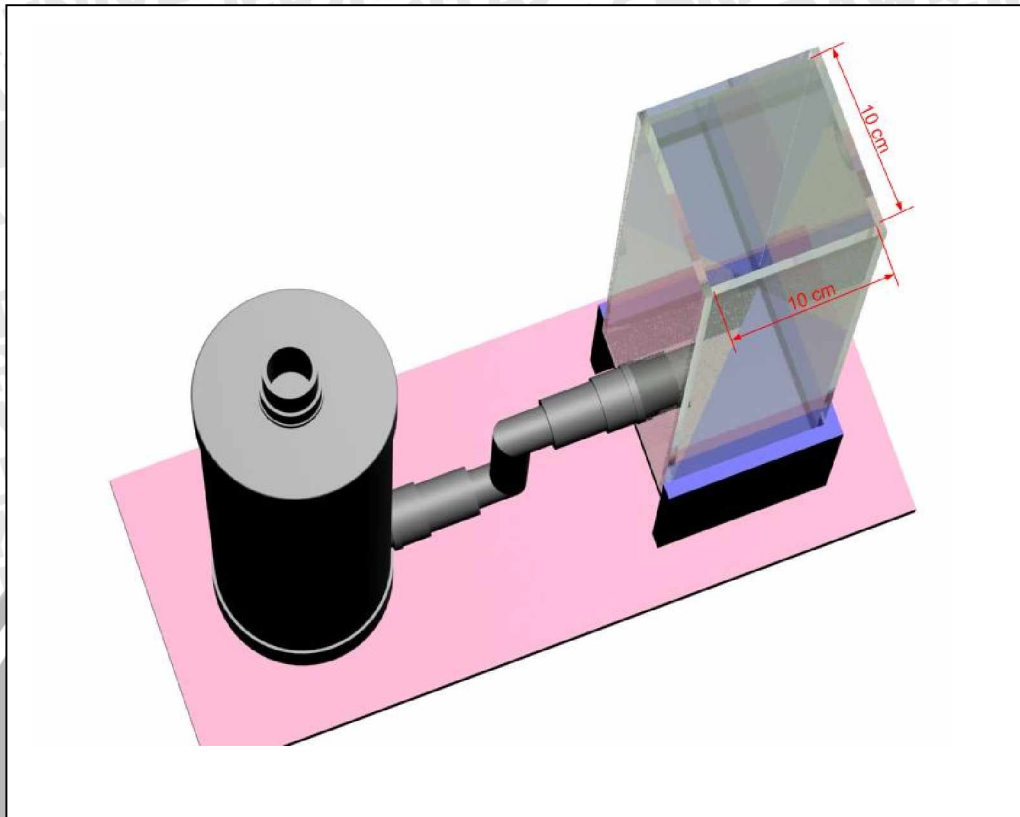
This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C Compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.



Gambar Alat Ukur Volume Udara Paru-Paru



Tampak depan



Tampak atas

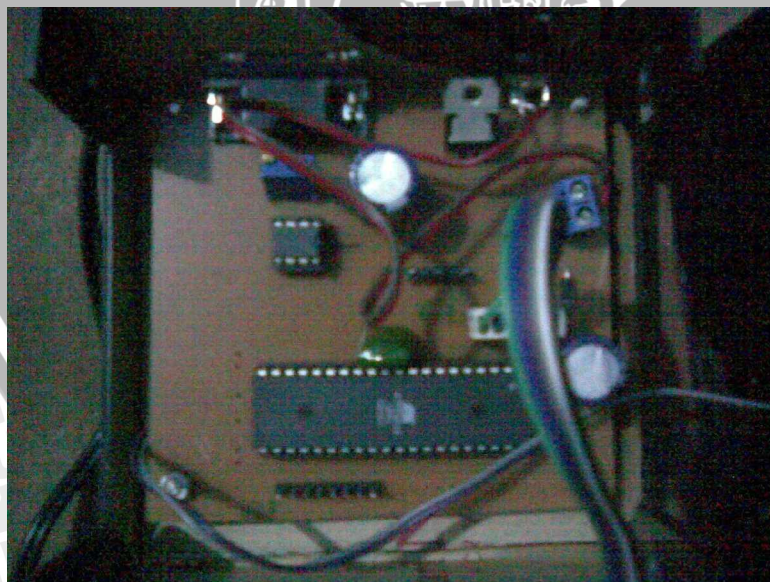
Ukuran Dimensi Alat

Tinggi Tabung : 50cm

Diameter Tabung: 2 inch

Tinggi Gelas Ukur :50cm

Luas Permukaan Gelas Ukur : 100cm





599 Menlo Drive, Suite 100
Rocklin, California 95765, USA
Office: (916) 624-8333
Fax: (916) 624-8003

General: info@parallax.com
Technical: support@parallax.com
Web Site: www.parallax.com
Educational: www.stampsinclass.com

Devantech SRF04 Ultrasonic Range Finder (#28015)

The Devantech SRF04 ultrasonic range finder provides precise, non-contact distance measurements from about 3 cm (1.2 inches) to 3 meters (3.3 yards). It is very easy to connect to BASIC Stamps or the Javelin, requiring only two I/O pins.¹ The SRF04 library makes this device very simple to use and is an ideal component for robotics applications.

The SRF04 works by transmitting an ultrasonic (well above human hearing range) pulse and measuring the time it takes to "hear" the pulse echo. Output from the SRF04 is in the form of a variable-width pulse that corresponds to the distance to the target.

The SRF04 is designed and manufactured by Devantech, who provides additional technical resources for the device. Their web site is <http://www.robot-electronics.co.uk>.

Features

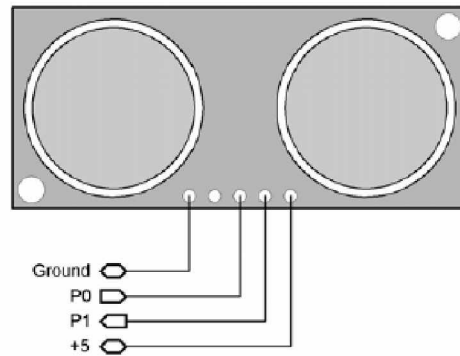
- Voltage – 5 v
- Current – 30 mA Typ. 50mA Max.
- Frequency – 40 kHz
- Max Range - 3 m
- Min Range - 3 cm
- Sensitivity - Detect 3 cm diameter broom handle at > 2 m
- Input Trigger – 10 uS Min. TTL level pulse
- Echo Pulse - Positive TTL level signal, width proportional to range.
- Small Size – (1.7 in x .8 in x .7 in height) 43 mm x 20 mm x 17 mm height

¹ For a Javelin Stamp application note see www.javelinstamp.com.



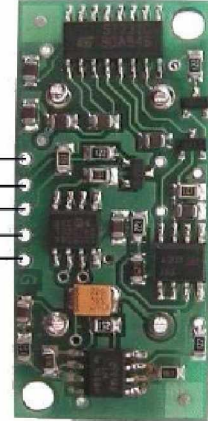
Connection to the BASIC Stamp 2

The SRF04 has four through-hole locations where you will need to solder wires to the hardware. These wires are not included with the kit.



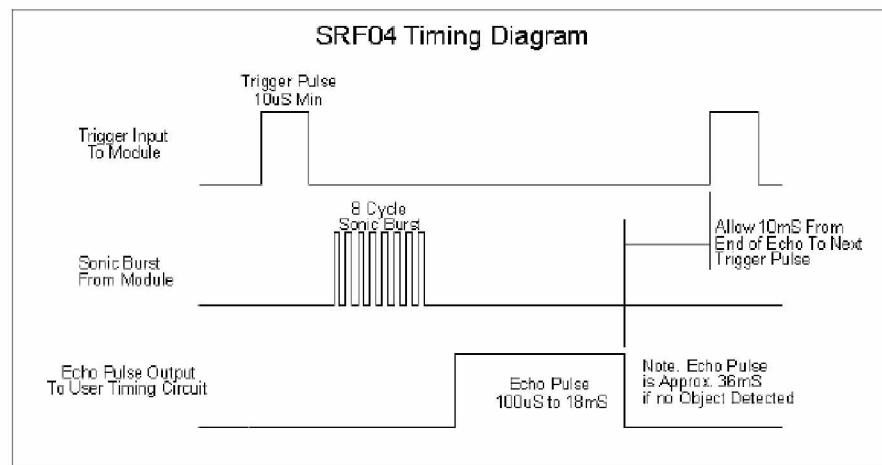
SRF04 Connections

5v Supply
Echo Pulse Output
Trigger Pulse Input
Do Not Connect
0v Ground



Source Code Example

The SRF04 detects objects by emitting a short burst of sound and "listening" for the echo. Under control of the BASIC Stamp, the SRF04 emits an ultrasonic (40 kHz) sound pulse. This pulse travels through the air at about 1.125 feet per millisecond (the speed of sound), hits an object and then bounces back. By measuring the time between the transmission of the pulse and the echo return, the distance to the object can be determined.



The SRF04 outputs a high-going pulse that corresponds to time required for the echo to return. **RCTIME** (for the BS2 and BS2e) and **PULSIN** (for the BS2sx, BS2p, and BS2pe) can be used to measure it and determine the distance to the target. Using **RCTIME** on the BS2 and BS2e allows us to measure the echo

pulse without "seeing" the low-to-high transition of the echo's leading edge – something we may miss due to the setup time for `PULSIN` on the BS2 and BS2e.

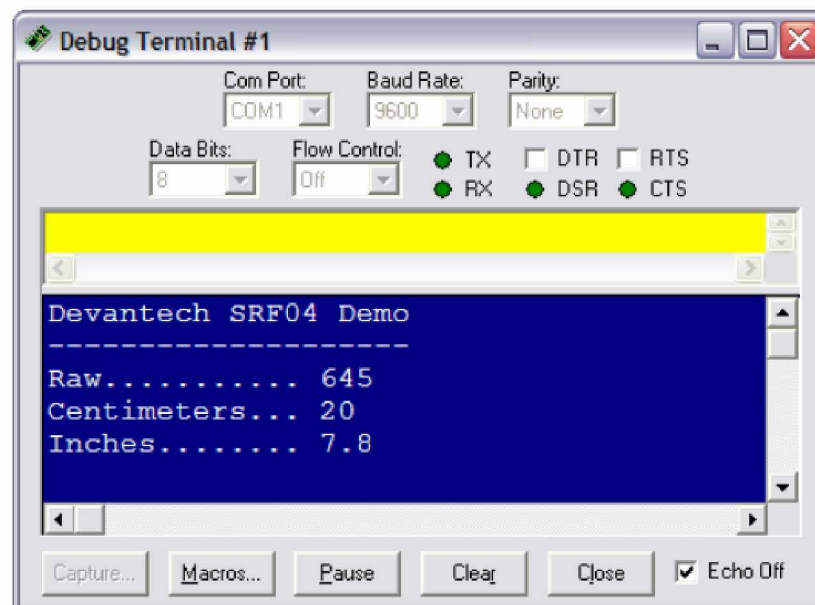
There are a couple of small technical details to be aware of, but otherwise, coding for the SRF04 is very straight forward. The trigger pulse must be at least 10 microseconds long. `PULSOUT` can do this for us. The other requirement is that we must wait at least 10 milliseconds between measurements.

The heart of this program is a subroutine called `Get_Sonar`. This routine started with the code sample that came with the sensor. While the Devantech example is perfectly suitable and easy to understand, the results seemed to bounce around a bit. Some software filtering (averaging several readings together) would smooth things out and make the output more useful.

The use of `RCTIME` versus `PULSIN` for the echo timing measurement is determined at compile time by the BASIC Stamp Editor/Compiler. The structure of the program is such that it may be used with any BASIC Stamp module. If the `$STAMP` directive does not match the module you're attempting to program, the editor will assist in correcting this declaration for you.

The value returned by the routine will be stored in `rawDist`, so the code starts by clearing it. Then, within a loop, the code takes five readings from the sensor and averages them together. This may look a bit odd because we usually think about adding numbers and then dividing to get an average. We do the dividing first and then add the result into the return value because we could have an overflow if we do all the addition first. Yes, the dividing first technique can lead to rounding errors, but only if the values were very small. We didn't observe this when using the SRF04. Since one inch (the minimum range of the sensor) is about 74 microseconds, dividing by five (loop value) each time through causes no problem.

Once returned to the main program the `rawDist` value is converted to centimeters by dividing the echo duration by the appropriate factor (`TOCM`) – this factor determined by the BASIC Stamp module installed. Conversion from centimeters to inches is straightforward math; in this case the centimeters value is multiplied by 3.937 to convert to tenths of inches.




```

=====
'
' File..... SRF04 Demo.BS2
' Purpose.... Devantech SRF04 Ultrasonic Range Finder
' Author..... Parallax, Inc. (Copyright 2003 - All Rights Reserved)
' E-mail..... support@parallax.com
' Started.... 06 MAR 2002
' Updated.... 01 OCT 2003
'
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
'
=====

' -----[ Program Description ]-----
'
' This program uses the Devantech SRF04 to measure the distance between the
' unit and a target. Display is raw value, centimeters, and inches.
'
' -----[ Revision History ]-----
'
' 01 OCT 2003 : Updated for PBASIC 2.5 and for any BASIC Stamp module
'
' -----[ I/O Definitions ]-----
'
Trigger          PIN      0
Echo             PIN      1
'
' -----[ Constants ]-----
'
#SELECT $STAMP
#CASE BS2, BS2E
    Trig10        CON      5           ' trigger pulse = 10 uS
    ToCm          CON      30         ' conversion factor to cm
#CASE BS2SX, BS2P
    Trig10        CON      13
    ToCm          CON      78
#CASE BS2PE
    Trig10        CON      5
    ToCm          CON      31
#ENDSELECT

' -----[ Variables ]-----
'
samples          VAR      Nib          ' loop counter
pWidth           VAR      Word         ' pulse width from sensor
rawDist          VAR      Word         ' filtered measurment
cm               VAR      Word         ' centimeters
inches           VAR      Word

```

```

' -----[ Initialization ]-----

Setup:
  LOW Trigger
  DEBUG CLS,
    "Devantech SRF04 Demo", CR,
    "-----", CR,
    "Raw.....", CR,
    "Centimeters...", CR,
    "Inches....."

' -----[ Program Code ]-----

Main:
  DO
    GOSUB Get_Sonar           ' take sonar reading
    DEBUG CRSRXY, 15, 2, DEC rawDist, CLREOL

    cm = rawDist / ToCm      ' convert to centimeters
    DEBUG CRSRXY, 15, 3, DEC cm, CLREOL

    inches = cm * / $03EF    ' x 3.937 (to 0.1 inches)
    DEBUG CRSRXY, 15, 4,
      DEC inches / 10, ".", DEC1 inches,
      CLREOL

    PAUSE 250                ' delay between readings
  LOOP

  END

' -----[ Subroutines ]-----

Get_Sonar:
  rawDist = 0                ' clear measurement
  FOR samples = 1 TO 5       ' take five samples
    PULSOUT Trigger, Trig10  ' 10 uS trigger pulse
    #SELECT $STamp
      #CASE BS2, BS2E
        RCTIME Echo, 1, pWidth      ' measure pulse
      #CASE #ELSE
        PULSIN Echo, 1, pWidth      ' measure pulse
    #ENDSELECT
    rawDist = rawDist + (pWidth / 5) ' simple digital filter
    PAUSE 10                      ' minimum period between
  NEXT
  RETURN

```



```
/* File include */  
#include <mega16.h>  
#include <delay.h>  
//#include <math.h>  
#include "lcdku.c"  
//#include "i2c.c"  
  
#define ping   PORTD.3  
#define pong   PIND.2  
#define tombol PIND.6  
  
/* Inisialisasi variabel global */  
unsigned int k1;  
long int k,kmax,kawal;  
bit tsms,tno;  
  
/*Inisialisasi input output */  
void init_port()  
{  
    DDRC=0b001111100;  
    DDRB=0b00001111;  
    DDRD=0b00001010;  
    PORTD.6=1;  
    //PORTD.3=1;  
    //DDRA=0b00001010;  
    //scl=1;sdad=1;
```



```
}  
void tampil(unsigned int n)  
{  
    unsigned int ascii;  
    //ascii=n/10000+0x30; dataout(ascii,1);  
    ascii=n/1000%10+0x30; dataout(ascii,1);  
    ascii=n/100%10+48; dataout(ascii,1);  
    ascii=n/10%10+48; dataout(ascii,1);  
    ascii=n%10+48; dataout(ascii,1);  
}  
void ukur()  
{  
    kmax=0;  
    cetak(1,1,"Pengukuran akan ");  
    cetak(2,1," dimulai ");  
    delay_ms(2000);  
    busek();  
    ping=1;  
    ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;  
    ping=0;delay_us(20);  
    k1=0;  
  
    while(pong==1);  
    while(pong==0) k1++;  
    kawal=k1*10/3;  
    cetak(1,1,"Volume paru-paru");
```



```
cetak(2,1,"V max : ");  
// cetak(1,15,"cc");  
cetak(2,15,"cc");  
delay_ms(200);  
}
```

```
/* Program Utama */
```

```
void main()
```

```
{
```

```
    //int a;
```

```
    /* Inisialisasi */
```

```
    init_port();
```

```
    initlcd();
```

```
    #asm("cli")
```

```
    tsms=0;tno=0;
```

```
    cetak(1,1," IKHSAN ADITYA ");
```

```
    cetak(2,1,"NIM: 0210630062 ");
```

```
    delay_ms(2000);
```

```
    busek();
```

```
    //cetak(1,1,"Volume: ");
```

```
    cetak(2,1,"V max : ");
```

```
    //cetak(1,15,"cc");
```

```
    cetak(2,15,"cc");
```



```
kmax=0;
//atl("at");delay_ms(1000);atl("at");delay_ms(1000);
ukur();
do
{
    pos(1,9);
    ping=1;//delay_us(10);
    ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;ping=1;
    ping=0;delay_us(20);
    k1=0;
    while(pong==1) ;
    while(pong==0) k1++;
    k=kawal-(k1*10/3);
    if(k>kmax) kmax=k;
    pos(2,9);tampil(kmax);
    delay_ms(200);
    if(tombol==0)
    {
        while(tombol==0);
        ukur();
    }
}while(1);
}
```

