



PERANCANGAN ALAT PEMANTAU KONDISI KESEHATAN MANUSIA

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

Anita Dwi Septiani
5301411077

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2015

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Anita Dwi Septiani

NIM : 5301411077

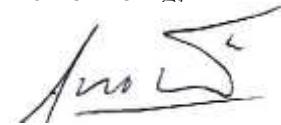
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Elektro

Judul Skripsi : Perancangan Alat Pemantau Kondisi Kesehatan Manusia

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 24 April 2015

Pembimbing,



Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd., M.T.

NIP. 195812181985031004

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Perancangan Alat Pemantau Kondisi Kesehatan Manusia” telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 23 Juni 2015.

Oleh

Nama : Anita Dwi Septiani

NIM : 5301411077

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Panitia Ujian

Ketua,

Drs. Suryono, M.T

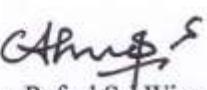
NIP. 195503161985031001

Sekretaris,

Drs. Agus Suryanto, M.T.

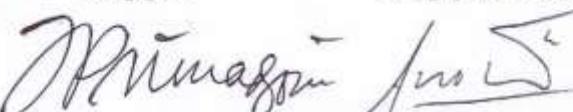
NIP. 196803161999031001

Pengaji I


Drs. Rafael Sri Wiyardi, M.T.

NIP. 195011101979031001

Pengaji II


Drs. Y. Primadiyono, M.T.

NIP. 196209021987031002

Pengaji III/Pembimbing

Drs. Slamet Seno A., M.Pd., M.T.

NIP. 195812181985031004

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik

Drs. M. Harlanu, M.Pd.

NIP. 196692151991021001



PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang maupun diperguruan tinggi lain.
2. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 21 April 2015

yang membuat pernyataan



Anita Dwi Septiani

NIM. 5301411077

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- ❖ Masa depan adalah rahasia, tapi yang kita perjuangkan hari ini adalah untuk memperjuangkan masa depan (Deddy Corbuzier).
- ❖ Semua kembali kepada kata syukur (*gratitude*), sebab syukur tidak sekedar mengucapkan terima kasih terhadap sebuah pemberian, tetapi cara kita bertanggung jawab terhadap pemberian tersebut (dr. Andhyka P. Setiawan).

Persembahan :

1. Ayahku Harsono dan Ibuku Munirah sebagai Dharma Baktiku.
2. Almamaterku Unnes

ABSTRAK

Septiani, Anita Dwi. 2015. **Perancangan Alat Pemantau Kondisi Kesehatan Manusia.**

Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Dosen Pembimbing: Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd., M.T.

Kata kunci : **Alat, Pemantau, Kondisi, Kesehatan, Manusia**

Kemajuan di bidang kesehatan saat ini berkembang pesat. Berbagai alat diciptakan untuk membantu pekerjaan seorang dokter untuk memantau kondisi kesehatan pasiennya. Salah satunya adalah dalam menangani pasien koma. Alat-alat seperti termometer dan stetoskop memang sudah lazim digunakan oleh tenaga medis untuk memantau pasien koma. Namun beberapa alat tersebut bekerja secara terpisah. Identifikasi masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang dan menggabungkan alat pendekripsi suhu tubuh, detak jantung dan napas pasien koma dengan mikrokontroler berbasis Arduino nano. Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui bagaimana merancang dan menggabungkan alat pendekripsi suhu tubuh, detak jantung dan napas pasien koma dengan mikrokontroler berbasis Arduino nano.

Objek penelitian dengan mengukur ketiga indikator yaitu detak jantung, suhu, dan nafas dengan dua cara, yaitu mengukur menggunakan alat berbasis arduino dan alat standar yang digunakan tenaga medis (stetoskop dan termometer). Metode pengumpulan data yang digunakan adalah pengukuran dan dokumentasi. Hasil penelitian melalui pengukuran didapat hasil pengukuran berupa nilai angka dari detak jantung, suhu dan nafas dengan membandingkan hasil penelitian menggunakan alat berbasis arduino dan alat standar yang digunakan tenaga medis.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pengukuran yang kecil antara pengukuran menggunakan arduino dan alat standar yang digunakan tenaga medis. Sehingga alat ini bisa digunakan sebagai pengganti alat ukur standar yang digunakan tenaga medis (stetoskop dan termometer). Dari 30 responden yang kondisi kesehatannya terukur disimpulkan bahwa 29 responden kondisi kesehatannya baik dan 1 responden yaitu responden no 9 yang sedang mengalami kondisi kesehatan kurang baik karena temperatur tubuhnya 38°C . Terdapat perbedaan hasil pengukuran detak jantung, temperatur tubuh dan frekuensi nafas pada pengukuran manusia sehat dan manusia yang sedang mengalami koma. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan alat pemantau kondisi kesehatan manusia ini sebaiknya jangan digunakan sebagai bahan diagnosis penyakit pasien, tetapi hanya digunakan sebagai alat untuk memonitor kondisi pasien. Alat yang dibuat diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut oleh mahasiswa Universitas Negeri Semarang untuk penelitian lebih lanjut.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul "**Perancangan Alat Pemantau Kondisi Kesehatan Manusia**" dengan baik dan tepat pada waktunya.

Sehubungan dengan penyelesaian skripsi ini, dengan rasa rendah hati disampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Pembimbing, Bapak Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd., M.T., atas bimbingan, arahan dan motivasinya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Drs. M. Harlanu, M.Pd, atas ijin penelitian.
3. Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Bapak Drs. Suryono, M.T., atas persetujuan penelitian.
4. Ayahku Harsono. dan Ibuku Munirah atas perhatian, cinta, dan kasih sayang, motivasi serta doa, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Saudaraku (Anisa dan Apri) atas perhatian, cinta, dan kasih sayang, motivasi serta doa sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Teman-teman Pendidikan Teknik Elektro angkatan tahun 2011.
7. Semua pihak yang terlibat, atas bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga amal baik dari semua pihak mendapat imbalan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Diharapkan adanya kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini.

Semarang, April 2015

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Penegasan Istilah.....	2
1.3. Identifikasi Masalah.....	2
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Tujuan	4
1.7. Manfaat	4
1.8. Sistematika Penulisan Skripsi	5
BAB II. KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1. Kajian Teori	6
2.2. Kerangka Berfikir..	8
2.2.1. Sirkulasi darah dalam tubuh	8
2.2.2. Mekanisme temperatur tubuh manusia.....	9
2.2.3. Mekanisme pernafasan manusia	11
2.2.4. Pasien koma	12
2.2.5. Arduino nano	13

2.2.6. Sensor suhu DS18B20	15
2.2.7. <i>Pulse sensor</i>	16
2.2.8. <i>Sound sensor</i>	17
2.2.9. <i>Liquid crystal display (LCD)</i>	18
2.2.10. <i>Light Emitting Diode (LED)</i>	20
2.2.11. Resistor	21
2.2.12. <i>Integrated Circuit (IC)</i>	21
2.2.13.Kapasitor.....	22
2.2.14. <i>Op-amp</i>	24
2.2.15. <i>Condensor Microphone</i>	27
2.2.16.Transistor	29
2.2.17.Dioda.....	30
2.2.18.Penyearah gelombang (<i>Rectifier</i>)	31
2.2.19. <i>Crystal</i>	36
2.2.20.Transformator	37
2.2.21.IC Regulator 7805.....	38
2.2.22.Perencanaan alat	40
2.2.22.1. Rangkaian <i>pulse sensor</i> berbasis arduino.....	42
2.2.22.2. Rangkaian sensor suhu DS18B20 berbasis arduino	43
2.2.22.3. Rangkaian <i>sound sensor</i> berbasis arduino	44
2.2.22.4. Rangkaian pengendali berbasis arduino	45
2.2.22.5. Rangkaian <i>LCD</i>	47
2.2.22.6. Rangkaian catu daya.....	48
2.2.22.7. Spesifikasi Alat	49
2.2.22.8. Program arduino	49
BAB III. METODE PENELITIAN	51
3.1. Objek Penelitian	51
3.2. Tempat Pelaksanaan Penelitian	51
3.3. Desain Penelitian.....	51
3.3.1. Analisis Kebutuhan.....	52
3.3.2. Desain Sistem	52

3.3.2.1. Diagram Blok	52
3.3.2.2. Prinsip kerja Alat.....	53
3.3.3. Pengujian Alat	54
3.3.4. Operasi dan Pemeliharaan	54
3.4. Alat dan Bahan Penelitian	54
3.5. Variabel Penelitian	55
3.6. Teknik Pengumpulan Data	56
3.7. Kalibrasi Instrumen	56
3.8. Teknik Analisis Data.....	57
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	59
4.1. Deskripsi Data	59
4.1.1. Pengukuran Detak Jantung Manusia	60
4.1.2. Pengukuran Suhu Tubuh Manusia.....	61
4.1.3. Nafas manusia.....	62
4.2. Analisis Data	63
4.2.1. Analisis Pengukuran Detak Jantung Manusia	63
4.2.2. Analisis Pengukuran Suhu Tubuh Manusia.....	65
4.2.3. Analisis Pengukuran Nafas.....	67
4.3. Pembahasan	69
BAB V. PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	76

DAFTAR TABEL

Tabel :	halaman :
2.1 Perbedaan denyut jantung manusia	9
2.2 Hasil pemeriksaan dari pasien koma	13
2.3 Karakteristik Regulator Tegangan Positif 78xx	39
2.4 Rincian komponen yang digunakan pada rangkaian <i>pulse sensor</i>	42
2.5 Rincian komponen yang digunakan pada rangkaian sensor DS18B20 .	43
2.6 Rincian komponen yang digunakan pada rangkaian <i>sound sensor</i>	45
2.7 Pin pada mikrokontroler Atmega 328	46
2.8 Rincian komponen yang digunakan pada rangkaian LCD	47
2.9 Pin pada IC 7805	48
2.10 Rincian komponen yang digunakan pada rangkaian catu daya	48
3.1 Komponen Utama Alat Pemantau kondisi kesehatan manusia	54
4.1 Hasil pengukuran detak jantung dengan alat pembanding (stetoskop) dan alat ukur menggunakan arduino.....	60
4.2 Hasil perbandingan pengukuran suhu dengan alat pembanding (termometer) dan alat ukur menggunakan arduino.....	61
4.3 Hasil perbandingan pengukuran frekuensi nafas manusia antara alat pembanding dengan alat ukur menggunakan arduino	62
4.4 Hasil perbandingan selisih kesalahan pengukuran detak jantung.....	63
4.5 Hasil perbandingan selisih kesalahan pengukuran suhu tubuh.....	65
4.6 Hasil perbandingan selisih kesalahan pengukuran nafas.....	67
4.7. Hasil pengelompokan status kesehatan responden	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	halaman :
2.1 Arduino Nano	14
2.2 Sensor suhu <i>DS18B20</i>	16
2.3 Koneksi DS18B20 ke mikrokontroler	16
2.4 <i>Pulse sensor</i> atau sensor detak jantung	17
2.5 <i>Sound sensor</i>	18
2.6 Modul LCD 16x4.....	18
2.7 Skema LCD 16x4	19
2.8 Simbol dan bentuk fisik LED	21
2.9a Lambang resistor	21
2.9b Lambang resistor <i>variable</i>	21
2.10 Contoh bentuk IC.....	22
2.11 Bentuk fisik kapasitor.....	23
2.12 Simbol <i>Op-amp</i>	24
2.12a Rangkaian penguat <i>inverting</i>	25
2.12b Rangkaian penguat <i>non-inverting</i>	26
2.13 Konstruksi <i>microphone condenser</i>	28
2.14 Tipe transistor berdasarkan lapisan semikonduktor	30
2.15 Simbol dari dioda.....	30
2.16 Bagian utama penyearah gelombang <i>power supply</i>	32
2.17 Penyearah setengah gelombang (<i>Half wave rectifier</i>)	32

2.18	Sinyal <i>output</i> penyearah setengah gelombang.....	33
2.19	Gelombang penuh dengan 4 dioda menggunakan transformator	33
2.20	Sinyal <i>output</i> penyearah gelombang penuh.....	34
2.21	Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda.....	34
2.22	<i>Output</i> penyearah gelombang penuh	35
2.23	<i>Filter</i> kapasitor pada bagian <i>output</i> rangkaian penyearah	36
2.24	Bentuk fisik <i>crystal</i>	37
2.25	Bentuk dan simbol transformator	38
2.26	Rangkaian dasar regulator tegangan positif 78xx.....	39
2.27	Blok diagram alat pemantau kondisi kesehatan manusia	41
2.28	Rangkaian dasar <i>pulse sensor</i>	43
2.29	Rangkaian sensor suhu DS18B20.....	44
2.30	Rangkaian <i>sound sensor</i>	45
2.31	Rangkaian pengendali berbasis Atmega 328	46
2.32	Rangkaian I2C LCD	47
2.33	Rangkaian catu daya 5 V	49
3.1	Tahap-tahap dari model penelitian <i>Waterfall</i>	52
3.2	Desain sistem alat pemantau kondisi kesehatan manusia.....	53
4.1	Grafik Perbandingan hasil ukur detak jantung	64
4.2	Grafik Perbandingan hasil ukur suhu	66
4.3	Grafik Perbandingan hasil ukur nafas.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran :	halaman :
1 Diagram alir kerja alat pemantau kondisi kesehatan manusia	77
2 Listing program alat pemantau kondisi kesehatan manusia.....	78
3 Layout alat pemantau kondisi kesehatan manusia	84
4 Skema alat pemantau kondisi kesehatan manusia.....	85
5 Desain alat pemantau kondisi kesehatan manusia	86
6 Datasheet Arduino nano.....	88
7 Datasheet Atmega328	92
8 Datasheet LCD 16x4.....	98
9 Datasheet sensor suhu DS18B20	100
10 Tabel T	102

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Selaras dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, dan seiring dengan perkembangan serta kemajuan di bidang elektronika terutama dalam bidang mikrokontroler, berbagai alat diciptakan untuk mempermudah dan menambah kenyamanan manusia dalam mencukupi kebutuhannya. Salah satunya adalah di bidang kesehatan yang saat ini sudah maju sangat pesat.

Kemajuan tersebut diharapkan dapat membantu pekerjaan seorang dokter untuk memantau kondisi pasiennya. Salah satunya adalah dalam menangani pasien koma. Bagi orang awam, koma itu sendiri adalah suatu kondisi hilang sadar dari seorang pasien. Pasien koma tidak dapat dibangunkan, tidak memberikan respons normal terhadap rasa sakit atau rangsangan cahaya. Seorang pasien yang sedang mengalami koma tidak dapat diprediksi kapan pasien tersebut akan sadar. Oleh karena itu keadaan pasien koma harus selalu dipantau secara tepat dan tepat oleh tenaga medis untuk menghindari hal yang tidak diinginkan. Biasanya, dokter akan melakukan beberapa jenis pemantauan diantaranya suhu tubuh pasien, detak jantung pasien, napas pasien dan sebagainya. Termometer air raksa dan stetoskop merupakan alat yang biasa digunakan oleh dokter. Alat-alat tersebut diatas memang sudah lazim digunakan oleh tenaga medis. Akan tetapi alat-alat tersebut digunakan secara terpisah dalam penggunaannya.

Dari masalah inilah kemudian didapatkan gagasan untuk merancang dan menggabungkan alat pendekripsi suhu tubuh, detak jantung dan napas manusia dengan mikrokontroler berbasis Arduino nano.

1.2. Penegasan Istilah

Untuk memudahkan pemahaman dan menghindari kesalahan penafsiran terhadap penelitian ini, maka perlu dijabarkan beberapa istilah pokok dalam penelitian ini yaitu :

1. Alat : benda yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan kita sehari-hari (Daryanto, 2003)
2. Pemantau : proses rutin pengumpulan data untuk memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang diselesaikan berulang dari waktu ke waktu (Jevon, 2008)
3. Kondisi : Situasi atau keadaan pada diri individu baik diluar maupun didalam dirinya (Oktintia dalam oktintia.wordpress.com)
4. Kesehatan : Keadaan sejahtera dari badan, jiwa dan sosial yang memungkinkan setiap orang hidup produktif secara sosial dan ekonomi (Wikipedia)
5. Manusia : Makhluk sosial yang diartikan berbeda-beda dari segi biologis, rohani dan istilah kebudayaan (wikipedia)

Pada penelitian ini dirancang sebuah alat yang berfungsi memantau kondisi kesehatan manusia, menggunakan mikrokontroler arduino nano dan tiga buah sensor yang masing-masing sensor detak jantung, sensor suhu dan sensor nafas.

1.3.Identifikasi Masalah

Perkembangan serta kemajuan di bidang elektronika terutama dalam bidang mikrokontroler berkembang sangat pesat, berbagai alat diciptakan untuk mempermudah dan menambah kenyamanan manusia dalam mencukupi kebutuhannya. Salah satunya adalah di bidang kesehatan yang saat ini sudah maju. Kemajuan tersebut diharapkan dapat membantu pekerjaan seorang dokter dalam memantau kondisi kesehatan pasiennya. Salah satunya adalah dalam menangani pasien koma. Alat-alat seperti termometer dan stetoskop memang sudah lazim digunakan oleh tenaga medis untuk memantau pasien koma. Akan tetapi alat-alat tersebut digunakan secara terpisah dalam penggunaannya Dari masalah inilah kemudian didapatkan gagasan untuk merancang dan menggabungkan alat pendekksi suhu tubuh, detak jantung dan napas manusia dengan mikrokontroler berbasis Arduino nano.

1.4.Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah bagaimana perancangan alat instrumentasi pemantau kondisi kesehatan manusia melalui suhu tubuh, detak jantung dan napas berbasis mikrokontroler Arduino nano.

1.5. Batasan Masalah

Agar permasalahan lebih terfokus, maka dilakukan pembatasan masalah. Pokok permasalahan yaitu alat pemantau kondisi kesehatan manusia dengan berbasis mikrokontroler Arduino nano. Indikator yang dipantau oleh seorang dokter untuk menentukan status keadaan pasien memang banyak, akan tetapi

indikator yang diambil yaitu hanya pemantauan detak jantung, suhu tubuh dan frekuensi nafas.

1.6. Tujuan

Tujuan dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini adalah untuk:

1. Merealisasikan alat instrumentasi pemantau kondisi kesehatan manusia dengan berbasis mikrokontroler Arduino nano.
2. Untuk menggabungkan sensor suhu, sensor denyut jantung dan sensor napas sebagai alat instrumentasi pemantau kondisi kesehatan manusia berbasis mikrokontroler Arduino nano.
3. Untuk mengetahui perbedaan pengukuran pada manusia sehat dibandingkan dengan manusia yang sedang mengalami koma.
4. Memberikan alternatif lain bagi pengadaan alat kesehatan yang lebih murah.

1.7. Manfaat

Adapun manfaat dari skripsi ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan alat kesehatan yang lebih praktis, lebih sederhana dan lebih murah dengan memanfaatkan sensor suhu, sensor denyut jantung dan sensor napas sebagai alat pemantau kondisi kesehatan manusia
2. Penelitian ini dapat dijadikan bahan ajar bagi mahasiswa Teknik Elektro dan dapat menjadikan inspirasi pembuatan alat kesehatan yang lain dengan menggunakan sensor suhu, sensor denyut jantung dan sensor napas.

1.8. Sistematika Penulisan Skripsi

Untuk mempermudah dalam penulisan skripsi ini, maka digunakan sistematika skripsi yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Bagian awal skripsi

Bagian awal skripsi berisi halaman judul, halaman pengesahan, halaman pernyataan, halaman motto dan persembahan, kata pengantar, abstraksi, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar dan daftar lampiran.

2. Bagian isi skripsi

Bagian isi skripsi terdiri dari lima bab yaitu :

BAB I Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, penegasan judul, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II Tinjauan Pustaka, berisi kajian pustaka dan teori-teori yang mendukung penelitian.

BAB III Metode Penelitian, berisi waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, desain penelitian, alat dan bahan penelitian, teknik pengumpulan data, kalibrasi instrumen dan teknik analisis data.

BAB IV Hasil penelitian dan pembahasan, berisi tentang deskripsi data, analisis data dan pembahasan.

BAB V Penutup, berisi tentang kesimpulan dan saran.

3. Bagian akhir skripsi

Bagian akhir terdiri dari daftar pustaka dan lampiran – lampiran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Teori

Skripsi Iwan Adi Mulyono, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katholik Soegijapranata. Perencanaan dan pembuatan alat pendekksi detak jantung dan suhu tubuh berbasis komputer tahun 2002. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sistem ini mampu mengukur denyut jantung dan temperatur tubuh manusia. Pada penelitian ini digunakan komputer sebagai pengendali serta dua buah sensor yaitu pulse sensor dan sensor suhu LM35. Desain penelitian alat ini yaitu pulse sensor dan sensor suhu LM35 terhubung dengan komputer untuk kemudian data pengukuran yang dihasilkan diolah dan ditampilkan pada monitor komputer.

Skripsi Adi Dwi Kurniawan, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Alat Pendekksi Suhu berbasis Mikrokontroler. tahun 2010. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sistem ini mampu mendekksi suhu tubuh menggunakan sensor suhu LM35. Pada penelitian ini digunakan IC Atmega 8535 sebagai pengendali serta sebuah sensor suhu LM35. Data digital yang didapat dari sensor suhu LM35 kemudian diolah oleh mikrokontroler Atmega 8535 dan ditampilkan, sehingga didapatkan suatu informasi mengenai suhu tubuh manusia dengan satuan °C pada sebuah LCD.

Skripsi Mohamad Sofie, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pencacah Denyut Jantung dengan Sensor Jari tahun

2003. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sistem ini mampu mendeteksi denyut jantung manusia. Pada penelitian ini digunakan sensor jari berupa photodiode dan LED sebagai sensor detak jantung, kemudian dikuatkan oleh rangkaian Op-Amp. IC555 sebagai timer 60 detik untuk menghasilkan sinyal permenit (BPM).

Dari beberapa penelitian tersebut, penelitian tentang alat ukur dengan menggunakan teknologi arduino masih perlu dilakukan. Hal ini dikarenakan implementasi arduino lebih mudah digunakan dalam pembuatan instrumen ukur dibanding dengan menggunakan teknologi sejenis lainnya (Dian Artanto : 2012). Selain itu, saat ini masih belum banyak penelitian tentang pembuatan beberapa instrumen ukur yang dikendalikan dalam sebuah board arduino. Kebanyakan dari penelitian alat ukur terdahulu, masih menggunakan mikrokontroler yang berbasis pada IC Atmega 8535 dan lain-lain. Alat ukur suhu yang digunakan dari beberapa penelitian diatas masih menggunakan sensor suhu LM35, akan tetapi pada penelitian ini penulis menggunakan sensor suhu DS18B20. Keuntungan menggunakan sensor suhu DS18B20 yaitu lebih tahan air sehingga pada saat pengukuran temperatur tubuh manusia yang biasanya ditempelkan di ketiak, kinerja sensor tidak terganggu. Alat ukur detak jantung yang digunakan dari beberapa penelitian diatas masih menggunakan photodiode, rangkaian kontrolnya masih menggunakan rangkaian analog, akan tetapi pada penelitian ini penulis menggunakan modul *pulse sensor* yaitu sensor yang memang dikhususkan untuk mengukur detak jantung sehingga rangkaianya menjadi lebih sederhana.

2.2. Kerangka Berfikir

2.2.1. Sirkulasi Darah dalam Tubuh

Jantung adalah organ yang berupa otot, berbentuk kerucut, berongga, dengan pangkal diatas dan puncaknya di bawah miring kesebelah kiri. Jantung terletak di dalam rongga dada diantara kedua paru-paru, dibelakang tulang dada, dan lebih menghadap ke kiri daripada ke kanan. Jantung berfungsi untuk memompa darah keseluruh tubuh melalui pembuluh darah. (Pearce, 2000: 125)

Ketika darah dipompa keluar dari jantung pada *arteri* atau dikenal dengan pembuluh nadi teraba suatu gelombang denyut dan denyut ini dapat teraba pula pada tempat dimana pembuluh *arteri* melintas, misalnya *arteri radialis* yaitu disebelah depan pergelangan tangan dan ujung jari. Saat keadaan ini volume darah pada ujung jari bertambah atau menggumpal. Kemudian sebaliknya pada saat jantung tidak memompa darah volume darah pada ujung jari menjadi lebih kecil. (Pearce, 2000: 127)

Dengan meraba gelombang denyut pada *arteri*, dapat dihitung kecepatan jantung yang berbeda-beda karena dipengaruhi oleh aktifitas seseorang dan juga oleh makanan, umur, dan emosi. Perbedaan denyut jantung manusia (Pearce, 2000: 127-128) ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Denyut *arteri* dapat menjadi lebih cepat atau lebih lambat ketika seseorang sedang gelisah, hilang kesadaran atau koma, ada gangguan pada jantungnya atau menderita panas (David Werner, 2010: 47). Berdasarkan wawancara yang dilakukan penulis terhadap tenaga medis, untuk pasien koma mempunyai denyut

jantung yang cenderung lebih lambat dibandingkan manusia normal, dibawah 60 kali per menit.

Tabel 2.1 Perbedaan denyut jantung manusia

No	Umur	Jumlah denyut / menit (BPM)
1	Bayi baru lahir	140
2	Selama tahun pertama	120
3	Selama tahun kedua	110
4	Pada umur 5 tahun	96 – 100
5	Pada umur 10 tahun	80 – 90
6	Dewasa	60 – 80

Sumber: Pearce, 2000: 127-128

Berdasarkan sumber dari kri.or.id bahwa kondisi kesehatan manusia menurut denyut jantungnya dikelompokkan dalam tiga kelompok , diantaranya:

1. Denyut jantung seseorang yang sedang sakit berada dibawah 60 denyutan per menit, tergantung dari sakit yang sedang dideritanya.
2. Denyut jantung manusia sehat sekitar 60-80 denyutan per menit.
3. Denyut jantung manusia yang sedang berolahraga (kondisi kesehatannya sangat bagus) sekitar 80-100 denyutan per menit.

Dalam alat pemantau kondisi kesehatan manusia ini, untuk pembacaan denyut nadi per menit dengan memanfaatkan *pulse sensor* yang ditempelkan di ujung jari manusia, seperti pada uraian di atas ujung jari manusia merupakan salah satu tempat melintasnya pembuluh *arteri* atau nadi, ujung jari dipilih karena pemasangan *pulse sensor* lebih mudah.

2.2.2. Mekanisme Temperatur Tubuh Manusia

Temperatur tubuh adalah perbedaan antara jumlah panas yang diproduksi oleh proses tubuh dan jumlah panas yang hilang ke lingkungan luar. Temperatur tubuh manusia dapat diukur dengan menggunakan termometer. Temperatur tubuh

manusia yang dapat dibagi beberapa standar penilaian temperatur, antara lain: normal, *hipertermi* ($38\text{-}39^{\circ}$) dan *hipotermi* ($33\text{-}36^{\circ}$). Biasanya *hipertermi* dialami oleh seseorang yang sedang sakit, misalnya demam dan sakit ringan lainnya. *Hipotermi* sering dialami seseorang yang tinggal di daerah kutub yang udaranya lebih dingin. Tubuh manusia mempunyai temperatur yang konstan yaitu antara $36,5^{\circ}$ sampai $37,5^{\circ}$ C.

Tubuh manusia mempunyai temperatur yang konstan yaitu antara $36,5^{\circ}$ sampai $37,5^{\circ}$ C. Ketika seseorang telah meninggal, cadangan panas lepas pada tingkatan temperatur yang dapat ditentukan hingga temperatur tubuh setara dengan suhu lingkungan (30°C). (Cameron, 2006: 34)

Berdasarkan wawancara yang dilakukan penulis terhadap tenaga medis, untuk pasien koma mempunyai temperatur tubuh yang cenderung lebih rendah atau lebih tinggi dibandingkan manusia normal, tergantung dari penyebab koma yang dialami pasien.

Tempat yang biasa digunakan untuk mengukur temperatur tubuh manusia biasanya adalah di mulut, ketiak dan anus. Temperatur normal pada ketiak sekitar 37° C ($98,6^{\circ}$ F). Sementara manusia normal mempunyai temperatur tubuh antara $36,5^{\circ}$ C sampai $37,2^{\circ}$ C. (David Werner, 2010: 43).

Dalam alat pemantau kondisi kesehatan manusia ini, untuk mengukur temperatur tubuh manusia dengan memanfaatkan *sensor* temperatur *DS18B20* yang ditempelkan di ketiak manusia, seperti pada uraian di atas, temperatur pada ketiak sekitar 37° C.

2.2.3. Mekanisme Pernafasan Manusia

Sistem pernapasan atau respirasi adalah proses pengambilan oksigen (O_2) dari udara bebas saat menarik napas. O_2 tersebut kemudian melewati saluran napas dan sampai ke dinding *alveoli*. Sesampainya di kantong udara, O_2 akan ditransfer ke pembuluh darah yang didalamnya mengalir sel-sel darah merah untuk dibawa ke sel-sel diberbagai organ tubuh lain sebagai energi dalam proses metabolisme. Setelah metabolisme, sisa-sisa metabolisme terutama karbondioksida (CO_2) akan dibawa darah untuk dibuang kembali ke udara bebas melalui paru-paru pada saat membuang napas. (Joko Suryo, 2010: 5)

Pernapasan sangat penting bagi makhluk hidup karena tanpa oksigen aktifitas dalam tubuh tidak dapat berlangsung. Untuk dapat menghasilkan pernapasan yang sempurna, diperlukan organ-organ penunjang yang dikenal dengan alat pernapasan. Alat-alat pernapasan pada manusia meliputi tiga bagian penting, yaitu: hidung, saluran pernapasan dan paru-paru. Pada proses pernapasan terjadi dua hal pokok, yaitu: inspirasi (Kegiatan mengambil udara melalui alat pernapasan) dan ekspirasi (kegiatan mengeluarkan udara). (Joko Suryo, 2010: 5-6)

Berdasarkan wawancara yang dilakukan penulis terhadap tenaga medis, pada kondisi rileks frekuensi nafas manusia adalah 14-20 hembusan nafas per menit. Sedangkan untuk pasien koma mempunyai hembusan nafas yang cenderung lebih cepat atau lebih lambat dibandingkan manusia normal, tergantung dari penyebab koma yang dialami pasien.

Berdasarkan sumber dari chiara-sistempernafasanpadamanusia.blogspot.com pola pernafasan manusia dibedakan menjadi dua yaitu pola

pernafasan yang normal dialami oleh manusia sehat (16-20 hembusan per menit), sementara pola pernafasan tidak normal berada dikisaran kurang dari normal (10-15 hembusan per menit) atau lebih dari normal, tergantung dari penyakit yang dideritanya.

Berdasarkan uraian di atas, alat pernapasan terluar yang bersangkutan langsung dengan inspirasi dan ekspirasi yaitu hidung. Sehingga cara mudah untuk mengetahui seorang manusia dikatakan bernapas atau tidak, dapat diketahui dari hembusan napas di hidungnya. Pada alat pemantau kondisi kesehatan manusia yang dibuat, penempatan sensor nafas diletakkan di dekat lubang hidung, sehingga dapat membaca hembusan nafas dengan baik.

2.2.4. Pasien Koma

Koma adalah situasi darurat medis ketika penderitanya mengalami keadaan tidak sadar dalam jangka waktu tertentu. Ketidaksadaran ini disebabkan oleh menurunnya aktivitas di dalam otak yang dipicu oleh beberapa kondisi.

Tingkat kesadaran penderita koma tergantung dari seberapa besar bagian otak yang masih berfungsi dan keadaan ini biasanya berubah seiring waktu. Ketika berangsur sadar, akan mulai merasakan rasa sakit, kemudian mulai menyadari keadaan di sekitar dan akhirnya mampu berkomunikasi. Namun peluang sembuh dari koma akan sangat tergantung dari penyebab koma itu sendiri. Beberapa kondisi yang dapat menyebabkan koma, di antaranya: *stroke*, cedera berat di kepala, diabetes, infeksi pada otak, misalnya *meningitis* dan *encefalitis*. Pemeriksaan fisik akan dilakukan dokter sebagai langkah awal mendiagnosis koma, misalnya: memeriksa temperatur tubuh, memeriksa denyut

jantung, memeriksa pola napas penderita, memeriksa reaksi penderita terhadap rasa sakit. Tabel 2.2 menunjukkan salah satu data pemeriksaan dokter terhadap pasien koma yang bersumber dari www.alodokter.com.

Tabel 2.2 Hasil pemeriksaan dari pasien koma

Indikator yang diukur pada pasien koma	Hasil pemeriksaan
Denyut jantung pasien	40-60 denyutan per menit
Temperatur pasien	34°-35°C
Frekuensi napas pasien	12-15 hembusan per menit dan cenderung tidak teratur

Sumber : www.alodokter.com

2.2.5. Arduino Nano

Arduino adalah papan elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroler Atmega328 dari jenis AVR dari perusahaan Atmel (Muhammad Syahwil, 2013: 60).

Arduino Nano adalah *board* arduino berukuran kecil, lengkap dan berbasis Atmega328 yang mempunyai kelebihan yang sama fungsional dengan Arduino jenis apapun (Muhammad Syahwil, 2013: 71). Bentuk fisik dari Arduino nano dapat ditunjukkan pada gambar 2.1.

Karakteristik dan struktur arduino adalah (Muhammad Syahwil, 2013:61) :

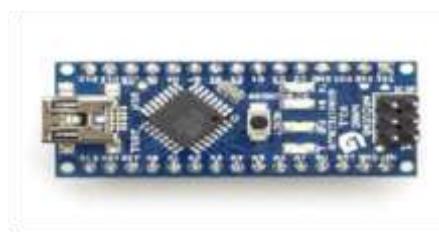
- a) *Integrated Development Environment (IDE)* arduino merupakan multi *platform*, yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti *Windows* dan *Linux*. IDE adalah program computer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak. Tujuan dari IDE adalah untuk menyediakan semua fasilitas yang diperlukan dalam

membangun perangkat lunak. Arduino IDE memiliki fasilitas sebagai berikut: *editor, compiler, linker dan debugger.*

- b) Pemrograman arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan *port Universal Serial Bus (USB)* bukan *port serial*. Fitur ini berguna karena banyak komputer sekarang yang tidak memiliki *port serial*.
- c) Arduino adalah *hardware* dan *software open source* atau sumber terbuka yaitu sistem pengembangan yang tidak dikoordinasi oleh individu atau lembaga pusat, tetapi oleh para pelaku yang bekerja sama dengan memanfaatkan kode sumber (*source code*).
- d) Biaya *hardware* cukup terjangkau sehingga tidak terlalu menakutkan untuk membuat kesalahan.

Hardware atau perangkat keras di dalam arduino uno adalah :

- a) *Port Universal Serial Bus (USB)*
- b) *Integrated Circuit (IC)* Konverter Serial USB
- c) Mikrokontroler ATMega 328
- d) 14 Pin *Input Output Digital* (Pin D0-D13), 6 diantaranya *port PWM* (Pin 3, 5, 6 , 9, 10, 11)
- e) 8 Pin *Input Output Analog* (Pin A0-A7)
- f) Tegangan masukan (7-12 V)



Gambar 2.1 Arduino nano
(<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>)

Pada alat pemantau kondisi kesehatan manusia arduino nano berfungsi sebagai otak atau komponen utama yang berfungsi sebagai pengolah data dari semua masukan sensor. Selanjutnya data yang sudah diolah akan ditampilkan di LCD. Pengolahan data dari arduino nano membutuhkan *source code* yang harus ditulis secara manual sesuai dengan jenis perangkat (sensor-sensor dan LCD) yang digunakan menggunakan bantuan *software* Arduino IDE.

2.2.6. Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 adalah sensor temperatur digital yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler lewat antarmuka 1-Wire. Sensor ini dikemas secara khusus sehingga kedap air, cocok digunakan sebagai sensor di luar ruangan / pada lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi. Dengan kabel sepanjang 1 meter, penempatan komponen sensor elektronika ini dapat diatur secara fleksibel. Gambar 2.2 menunjukkan bentuk fisik dari sensor suhu DS18B20.

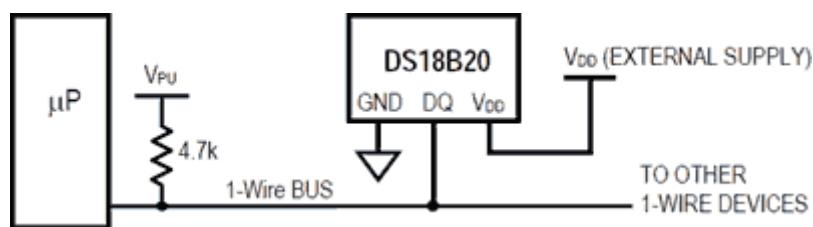
Protokol 1-Wire hanya membutuhkan 1 kabel koneksi (selain *ground*) untuk mentransmisikan data. Berikut ini adalah ringkasan fitur dari IC *DS18B20*:

- a. Antarmuka 1-Wire yang hanya membutuhkan 1 pin I/O untuk komunikasi data.
- b. Tidak membutuhkan komponen eksternal tambahan selain 1 buah *pull-up resistor*, artinya hanya menambahkan sebuah resistor yang tersambung dari pin data ke pin Vcc sensor suhu DS18B80
- c. Dapat mengukur suhu antara -55°C hingga 125°C dengan akurasi 0,5°C pada -10°C s.d. +85°C
- d. Kecepatan pendekripsi suhu pada resolusi maksimum kurang dari 750 ms



Gambar 2.2 Sensor suhu *DS18B20*
[\(https://uehealth.wordpress.com/2013/02/10/temperature-sensor-ds18b20-arduino/\)](https://uehealth.wordpress.com/2013/02/10/temperature-sensor-ds18b20-arduino/)

Berikut ini adalah contoh cara menyambungkan IC *DS18B20* ke *1-wire bus* pada moda catu daya eksternal:



Gambar 2.3 Koneksi DS18B20 ke mikrokontroler
[\(https://uehealth.wordpress.com/2013/02/10/temperature-sensor-ds18b20-arduino/\)](https://uehealth.wordpress.com/2013/02/10/temperature-sensor-ds18b20-arduino/)

Sensor suhu *DS18B20* digunakan sebagai pendekripsi temperatur tubuh pada alat pemantau kondisi kesehatan manusia. Sensor ini dipilih karena memiliki kelebihan tahan terhadap air (*waterproof*), karena penggunaan sensor ini hanya ditempelkan pada ketiak manusia, sehingga tahan terhadap keringat manusia. Dalam aplikasinya sensor ini dihubungkan ke pin digital arduino nano.

2.2.7. Pulse Sensor

Pulse Sensor pada dasarnya adalah alat medis yang berfungsi untuk memantau kondisi denyut jantung manusia. Rangkaian dasar dari sensor ini dibangun menggunakan *phototransistor* dan LED. Sensor ini bekerja berdasarkan

prinsip pantulan sinar LED. Kulit dipakai sebagai permukaan reflektif untuk sinar LED. Kepadatan darah pada kulit akan mempengaruhi reflektifitas sinar LED. Aksi pemompaan jantung mengakibatkan kepadatan darah meningkat. Pada saat jantung memompa darah, maka darah akan mengalir melalui pembuluh arteri dari yang besar hingga kecil seperti di ujung jari. Volume darah pada ujung dari bertambah maka intensitas cahaya yang mengenai *phototransistor* akan kecil karena terhalang oleh volume darah, begitu pula sebaliknya. Keluaran sinyal dari *phototransistor* kemudian dikuatkan oleh sebuah *Op-Amp* sehingga dapat dibaca oleh ADC mikrokontroler. Gambar 2.4 menunjukkan bentuk fisik dari *pulse sensor*.



Gambar 2.4 *Pulse sensor* atau sensor detak jantung
[\(http://pulsesensor.com/\)](http://pulsesensor.com/)

2.2.8. Sound Sensor

Sound sensor adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi hembusan nafas dari manusia. Komponen utama dari sensor ini adalah sebuah kondensor *microphone* yang berfungsi mengubah getaran hembusan napas menjadi sinyal listrik, namun sinyal listrik yang dikeluarkan dari kondensor *microphone* ini masih sangat kecil. Untuk itu perlu dikuatkan oleh sebuah rangkaian *Op-Amp*.

Gambar 2.5 menunjukkan bentuk fisik sound sensor.



Gambar 2.5 Sound sensor
(http://www seedu studio.com/wiki/Grove_-_Sound_Sensor)

2.2.9. Liquid Cristal Display (LCD)

2.2.9.1. Pengertian LCD

Liquid Cristal Display (LCD) adalah komponen yang dapat menampilkan tulisan. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik (Abdul Kadir, 2013: 196). Bentuk fisik dari LCD dapat ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Modul LCD 16x4
(www.hobbytronics.co.uk/lcd-16-4-backlight-blue)

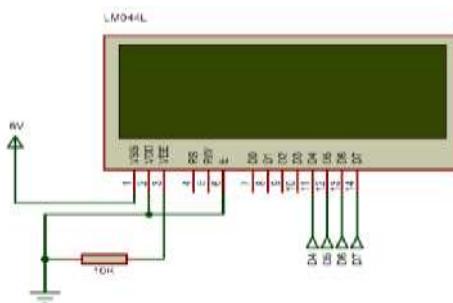
Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- a. **Pin data** adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- b. **Pin RS (Register Select)** berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low*

menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.

- c. **Pin R/W (Read Write)** berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- d. **Pin VLCD** berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot $5\text{ K}\Omega$, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.

2.2.9.2. Skema LCD HD44780



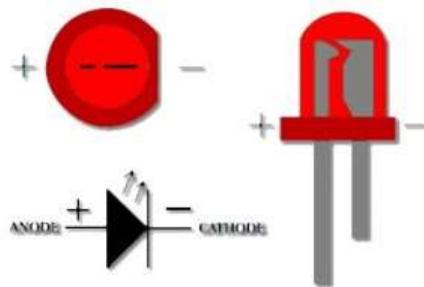
Gambar 2.7. Skema LCD 16x4

- a. Pin 1 (Vss) sebagai jalur *power supply* (+5V)
- b. Pin 2 (Vdd) sebagai jalur *power supply* (GND)
- c. Pin 3 (Vee) merupakan kontrol kontras LCD
- d. Pin 4 (RS) jalur instruksi pemilihan data atau perintah
- e. Pin 5 (R/W) merupakan jalur instruksi *read / write* pada LCD
- f. Pin 6 (E) jalur kontrol *enable* LCD
- g. Pin7 – pin 14 (DB0 – DB7) adalah jalur data kontrol dan data karakter untuk LCD

Dalam alat pemantau kondisi kesehatan manusia ini digunakan LCD 16 x 4 yang memiliki 4 baris dan 16 kolom. LCD ini menggunakan IC *HD44780* sebagai kontroler. Dalam aplikasinya LCD berfungsi sebagai penampil hasil output dari masing-masing sensor yang digunakan. Sinyal yang ditampilkan berupa sinyal denyut jantung permenit (BPM), temperatur tubuh dalam °C dan frekuensi nafas manusia.

2.2.10. Light Emitting Diode (LED)

Light Emitting Dioda (LED) adalah dioda yang dapat memancarkan cahaya pada saat mendapat arus bias maju (*forward bias*). LED dapat memancarkan cahaya karena menggunakan dopping *galium*, *arsenic* dan *phosphorus*. Jenis dopping yang berbeda dapat menghasilkan cahaya dengan warna yang berbeda. LED merupakan salah satu jenis dioda, sehingga hanya akan mengalirkan arus listrik satu arah saja. LED akan memancarkan cahaya apabila diberikan tegangan listrik dengan konfigurasi *forward bias*. Berbeda dengan dioda pada umumnya, kemampuan mengalirkan arus pada LED cukup rendah yaitu maksimal 20 mA. Apabila LED dialiri arus lebih besar dari 20 mA maka LED akan rusak, sehingga pada rangkaian LED dipasang sebuah resistor sebagai pembatas arus. Simbol dan bentuk fisik dari LED dapat dilihat pada gambar 2.8. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan 3 buah LED *superbright* 3mm dengan warna hijau, merah, dan biru sebagai indikator ketiga buah sensor.



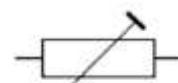
Gambar 2.8 Simbol dan Bentuk Fisik LED
[\(http://elektronika-dasar.web.id/komponen/led-light-emitting-dioda/\)](http://elektronika-dasar.web.id/komponen/led-light-emitting-dioda/)

2.2.11. Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk membagi tegangan atau menghambat arus listrik. Lambang untuk resistor dengan huruf R. Gambar resistor ditunjukkan pada gambar 2.9. Resistor mempunya dua jenis yaitu resistor tetap dan resistor tidak tetap. Resistor tetap yaitu resistor yang nilai hambatannya tetap karena ukuran hambatannya sangat kecil. Sedangkan resistor tidak tetap adalah resistor yang nilai hambatannya bisa diubah dengan cara menggeser atau memutar tuas yang terpasang pada komponen. Contoh dari resistor tidak tetap adalah trimpot dan potensio. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan resistor tetap dengan daya $\frac{1}{4}$ watt sebanyak 12 buah dan resistor variabel 10K sebanyak 2 buah.



Gambar 2.9a Lambang Resistor



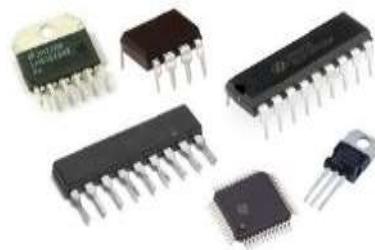
Gambar 2.9b Lambang Resistor Variabel

[\(http://elektronika-dasar.web.id/?s=resistor\)](http://elektronika-dasar.web.id/?s=resistor)

2.2.12. Integrated Circuit (IC)

Integrated Circuit atau disingkat dengan *IC* adalah komponen elektronika aktif yang terdiri dari gabungan ratusan, ribuan bahkan jutaan transistor, dioda,

esistor dan kapasitor yang diintegrasikan menjadi suatu rangkaian elektronika dalam sebuah kemasan kecil. Bahan utama yang membentuk sebuah *IC* adalah bahan semikonduktor. Silicon merupakan bahan semikonduktor yang paling sering digunakan dalam teknologi fabrikasi *IC*. Dalam bahasa Indonesia, *IC* sering diterjemahkan menjadi Sirkuit Terpadu. Contoh bentuk *IC* dapat dilihat pada gambar 2.10. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan *IC* APDS9008 sebagai sensor cahaya pembaca denyut nadi pada jari.



Gambar 2.10 Contoh Bentuk IC
(<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/pengertian-ic-integrated-circuit/>)

2.2.13. Kapasitor

Kapasitor adalah perangkat komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat (dielektrik) pada tiap konduktor atau yang disebut keping. Kapasitor biasanya disebut dengan sebutan kondensator yang merupakan komponen listrik dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik.

Prinsip kerja kapasitor pada umumnya hampir sama dengan resistor yang juga termasuk ke dalam komponen pasif. Komponen pasif adalah jenis komponen yang bekerja tanpa memerlukan tegangan kerja. Kapasitor sendiri terdiri dari dua lempeng logam (konduktor) yang dipisahkan oleh bahan penyekat (isolator).

Penyekat atau isolator banyak disebut sebagai bahan zat dielektrik. Bentuk kapasitor ditunjukkan pada gambar 2.11. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan kapasitor jenis elco sebanyak 2 buah dan milar sebanyak 6 buah.



Gambar 2.11 Bentuk Fisik Kapasitor $2200\mu\text{F}/10\text{V}$
(<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/definisi-kapasitor/>)

Zat dielektrik yang digunakan untuk menyekat kedua komponen tersebut berguna untuk membedakan jenis-jenis kapasitor. Terdapat beberapa kapasitor yang menggunakan bahan dielektrik, antara lain kertas, mika, plastik cairan dan masih banyak lagi bahan dielektrik lainnya. Dalam rangkaian elektronika, kapasitor sangat diperlukan terutama untuk mencegah loncatan bunga api listrik pada rangkaian yang mengandung kumparan. Selain itu, kapasitor juga dapat menyimpan muatan atau energi listrik dalam rangkaian, dapat memilih panjang gelombang pada radio penerima dan sebagai *filter* dalam catu daya (*Power Supply*).

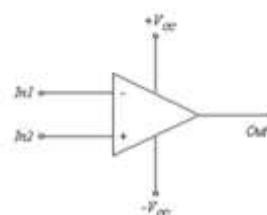
Fungsi kapasitor dalam rangkaian elektronik sebagai penyimpan arus atau tegangan listrik. Untuk arus DC, kapasitor dapat berfungsi sebagai isolator (penahan arus listrik), sedangkan untuk arus AC, kapasitor berfungsi sebagai konduktor (melewatkannya arus listrik). Dalam penerapannya, kapasitor banyak di

manfaatkan sebagai *filter* atau penyaring, perata tegangan yang digunakan untuk mengubah AC ke DC, pembangkit gelombang AC (Isolator) dan masih banyak lagi penerapan lainnya.

Jenis-jenis kapasitor terbagi menjadi bermacam-macam. Karena dibedakan berdasarkan polaritasnya, bahan pembuatan dan ketetapan nilai kapasitor. Selain memiliki jenis yang banyak, bentuk dari kapasitor juga bervariasi. Contohnya kapasitor kertas yang besar kapasitasnya 0.1 F, kapasitor elektrolit yang besar kapasitasnya 105 pF dan kapasitor variable yang besar kapasitasnya bisa diubah hingga maksimum 500 pF.

2.2.14. *Op-Amp*

Penguat operasional atau yang dikenal sebagai *Op-Amp* merupakan suatu rangkaian terintegrasi atau IC yang memiliki fungsi sebagai penguat sinyal, dengan beberapa konfigurasi. Secara ideal *Op-Amp* memiliki impedansi masukan dan penguatan yang tak berhingga serta impedansi keluaran sama dengan nol. Dalam praktiknya, Op-Amp memiliki impedansi masukan dan penguatan yang besar serta impedansi keluaran yang kecil. Gambar 2.12 menunjukkan simbol *Op-amp*. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan 3 buah *Op-amp* dengan jenis MCP 601 dan LM358.

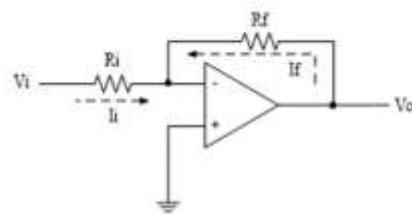


Gambar 2.12 Simbol *Op-amp*
[\(<http://pentassaya.blogspot.com/2014/12/penguat-inverting-dan-non-inverting.html>\)](http://pentassaya.blogspot.com/2014/12/penguat-inverting-dan-non-inverting.html)

Secara garis besar, terdapat 4 pin utama dari *Op-Amp*, yaitu masukan *inverting* (tanda minus), masukan *non inverting* (tanda plus), masukan tegangan positif, masukan tegangan negatif dan pin keluaran. Di samping pin tersebut terdapat satu pin untuk *adjustment*. Beberapa penerapan *Op-amp* diantaranya adalah :

Penguat *Inverting*

Rangkaian untuk penguat inverting adalah seperti yang ditunjukkan gambar 2.12a.



C ambar 2.1a Rangkaian Penguat *Inverting*
[\(http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/operasional-amplifier-op-amp/\)](http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/operasional-amplifier-op-amp/)

Penguat ini memiliki ciri khusus yaitu sinyal keluaran memiliki beda fasa sebesar 180° . Pada rangkaian penguat yang ideal memiliki syarat bahwa tegangan masukan sama dengan 0 dan impedansi masukan tak terhingga.

Sehingga dari rangkaian tersebut dapat diperoleh rumus penguat adalah sebagai berikut :

$$i_{in} + i_f = i_-$$

[\(http://pentassaya.blogspot.com/2014/12/penguat-inverting-dan-non-inverting.html\)](http://pentassaya.blogspot.com/2014/12/penguat-inverting-dan-non-inverting.html)

dimana $i_- = 0$, maka

$$i_f = -i_{in} \quad (1)$$

$$i_f = \frac{V_{out}-V_-}{R_f} = \frac{V_{out}-0}{R_f} = \frac{V_{out}}{R_f} \quad (2)$$

$$i_{in} = \frac{V_{in}-V_-}{R_{in}} = \frac{V_{in}-0}{R_{in}} = \frac{V_{in}}{R_{in}} \quad (3)$$

(<http://pentassaya.blogspot.com/2014/12/penguat-inverting-dan-non-inverting.html>)

Substitusi persamaan (2) dan (3) ke persamaan (1) sehingga diperoleh

$$\frac{V_{out}}{R_f} = \frac{V_{in}}{R_{in}}$$

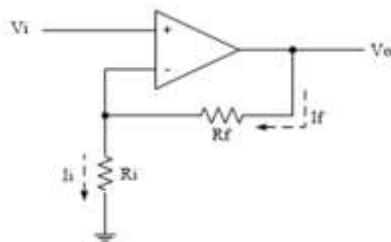
$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in}$$
(4)

(<http://pentassaya.blogspot.com/2014/12/penguat-inverting-dan-non-inverting.html>)

Tanda (-) negatif menunjukkan terjadi pembalikan pada keluarannya atau memiliki beda fasa sebesar 180^0 dengan masukannya.

Penguat Non-inverting,

Rangkaian untuk penguat non-inverting adalah seperti yang ditunjukkan gambar 2.12b



Gambar 2.12b Rangkaian Penguat Non-Inverting

(<http://pentassaya.blogspot.com/2014/12/penguat-inverting-dan-non-inverting.html>)

Penguat tersebut dinamakan penguat *non-inverting* karena masukan dari penguat tersebut adalah masukan non-inverting dari *Op Am*. Tidak seperti penguat *inverting*, sinyal keluaran penguat jenis ini sefasa dengan sinyal masukannya. Seperti pada rangkaian penguat *inverting* syarat ideal sebuah penguat adalah tegangan masukan sama dengan 0 dan impedansi masukan tak terhingga.

Sehingga dari rangkaian tersebut dapat diperoleh rumus penguat adalah sebagai berikut :

$$\frac{V_- - V_+}{R_f} = \frac{V_{out} - V_{in}}{R_f} \quad (5)$$

$$i_f = \frac{V_{out} - V_{in}}{R_f} = \frac{V_{out} - V_{in}}{R_f} \quad (6)$$

$$i_{in} = \frac{V_{in} - V_-}{R_{in}} = \frac{0 - V_{in}}{R_{in}} = -\frac{V_{in}}{R_{in}} \quad (7)$$

(<http://pentassaya.blogspot.com/2014/12/penguat-inverting-dan-non-inverting.html>)

Substitusi persamaan (5) dan (6) ke persamaan (1) sehingga diperoleh

$$\frac{V_{out} - V_{in}}{R_f} = \frac{V_{in}}{R_{in}}$$

$$V_{out} = \left(\frac{R_f}{R_{in}} + 1 \right) V_{in} \quad (8)$$

(<http://pentassaya.blogspot.com/2014/12/penguat-inverting-dan-non-inverting.html>)

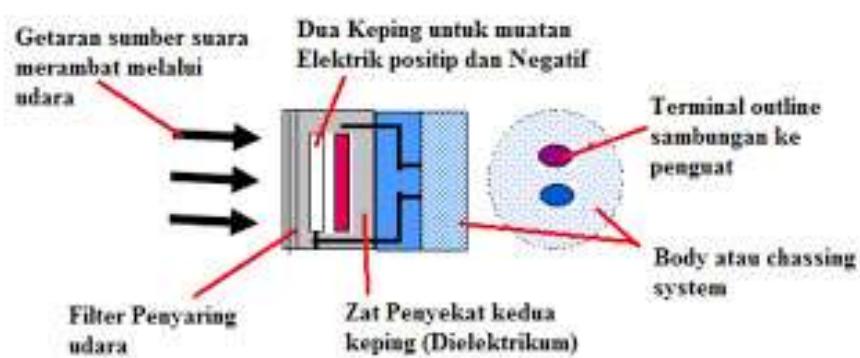
Menurut sumber dari (<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/operasior al-amplifier-op-amp/>) sebagai *Op-amp* ideal, *Op-amp* memiliki karakteristik :

- Impedansi *Input* (Z_i) besar = ∞
- Impedansi *Output* (Z_o) kecil = 0
- Penguatan Tegangan (A_v) tinggi = ∞
- *Band width* respon frekuensi lebar = ∞
- Tegangan output (V_o) = 0 apabila V_{in} (1) = V_{in} (2) dan tidak tergantung pada besarnya V_{in} (1).

2.2.15. Condensor Microphone

Microphone adalah suatu jenis tranduser yang mengubah energi akustik (gelombang suara) menjadi sinyal listrik. *Microphone* merupakan salah satu alat untuk membantu komunikasi manusia. *Microphone* dipakai pada banyak alat seperti telepon, alat perekam, alat bantu dengar, dan pengudaraan radio serta

televisi. *Condenser microphone* bekerja berdasarkan diafragma/susunan *backplate* yang mesti tercatu oleh listrik membentuk *sound-sensitive capacitor*. Gelombang suara yang masuk ke *microphone* menggetarkan komponen diafragma ini. Diafragma ditempatkan di depan sebuah *backplate*. Susunan elemen ini membentuk kapasitor yang biasa disebut juga kondenser. Kapasitor memiliki kemampuan untuk menyimpan muatan atau tegangan. Ketika elemen tersebut terisi muatan, medan listrik terbentuk di antara diafragma dan *backplate*, yang besarnya proporsional terhadap ruang (*space*) yang terbentuk diantaranya. Variasi dari lebar *space* antara diafragma dan *backplate* terjadi karena pergerakan diafragma relatif terhadap *backplate* sebagai akibat dari adanya tekanan suara yang mengenai diafragma. Hal ini menghasilkan sinyal elektrik sebagai akibat dari suara yang masuk ke kondenser *microphone*. Konstruksi kondenser *microphone* ditunjukkan pada gambar 2.13. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan *microphone* jenis *condenser* sebagai pendeksi sensor nafas.

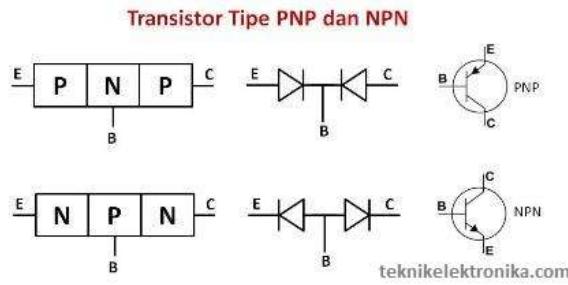


Gambar 2.13 Kontruksi *micophone condenser*
[\(http://teknikelektronika.com/pengertian-microphone-mikrofon-cara-kerja-mikrofon/\)](http://teknikelektronika.com/pengertian-microphone-mikrofon-cara-kerja-mikrofon/)

2.2.16. Transistor

Transistor merupakan salah satu komponen elektronika aktif yang paling sering digunakan dalam rangkaian elektronika, baik rangkaian elektronika yang paling sederhana maupun rangkaian elektronika yang rumit dan kompleks. Transistor pada umumnya terbuat dari bahan semikonduktor seperti *Germanium*, *Silikon*, dan *Gallium Arsenide*. Fungsi dari transistor adalah sebagai penyearah, sebagai penguat tegangan dan daya, sebagai stabilisasi tegangan, sebagai *mixer*, sebagai osilator serta sebagai *switch* (pemutus dan penyambung sirkuit).

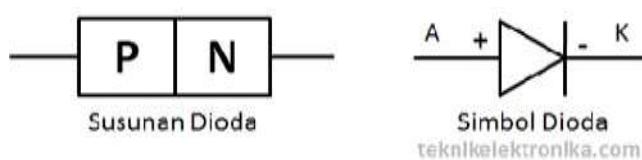
Transistor kemudian dibagi menjadi 2 tipe yaitu transistor tipe Negatif-Positif-Negatif (NPN) dan Transistor tipe Positif-Negatif-Positif (PNP) yang disebut juga dengan Transistor Bipolar. Dikatakan Bipolar karena memiliki 2 polaritas dalam membawa arus listrik. Gambar 2.14 menunjukkan tipe transistor berdasarkan lapisan semikonduktor yang membentuknya beserta simbol transistor NPN dan PNP. Pada transistor PNP kaki kolektor dihubungkan ke kutub negatif sumber tegangan (V_{CC}) dan kaki emitor dihubungkan ke kutub positif sumber tegangan. Kutub negatif tegangan bias (V_{BB}) dihubungkan ke kaki basis dan kutub positif tegangan bias bersama dengan kutub positif sumber tegangan dihubungkan menjadi *ground*. Bila pada transistor NPN yang menjadi *ground* adalah kutub negatif, maka pada transistor PNP yang menjadi *ground* adalah kutub positif. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan transistor NPN jenis 2N222A sebagai penguat.



Gambar 2.14 Tipe transistor berdasarkan lapisan semikonduktor
(<http://restupraharaputra.blogspot.com/2014/09/transistor.html>)

2.2.17. Dioda

Dioda (*Diode*) adalah komponen elektronika aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor dan mempunyai fungsi untuk menghantarkan arus listrik ke satu arah tetapi menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Oleh karena itu, dioda sering dipergunakan sebagai penyearah dalam rangkaian elektronika. Dioda pada umumnya mempunyai 2 elektroda (terminal) yaitu anoda (+) dan katoda (-) dan memiliki prinsip kerja yang berdasarkan teknologi pertemuan p-n semikonduktor yaitu dapat mengalirkan arus dari sisi tipe-p (anoda) menuju ke sisi tipe-n (katoda) tetapi tidak dapat mengalirkan arus ke arah sebaliknya. Gambar 2.15 menunjukkan simbol dari dioda.



Gambar 2.15 Simbol dari dioda.
(<http://teknikelektronika.com/fungsi-dioda-cara-mengukur-dioda/>)

Berdasarkan fungsi dioda, dioda dapat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah :

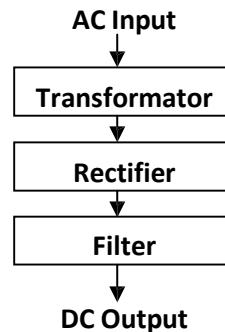
- Dioda penyearah (Dioda biasa atau dioda bridge) yang berfungsi sebagai penyearah arus AC ke arus DC.

- Dioda *zener* yang berfungsi sebagai pengaman rangkaian dan juga sebagai penstabil tegangan.
- Dioda LED yang berfungsi sebagai lampu indikator ataupun lampu penerangan
- Dioda *photo* yang berfungsi sebagai sensor cahaya
- Dioda *schottky* yang berfungsi sebagai pengendali

Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan 2 buah dioda jenis silikon dengan jenis 1N4002 dan 1N4004 sebagai pengaman tegangan terbalik dan sebuah dioda *bridge* 1A sebagai penyearah gelombang penuh.

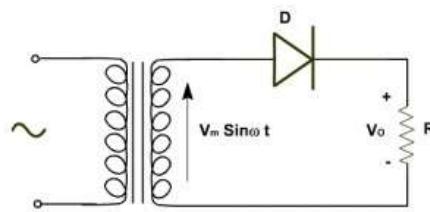
2.2.18. Penyearah Gelombang (*Rectifier*)

Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah bagian dari *power supply* / catu daya yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan *Alternating Current* (AC) menjadi tegangan *Direct Current* (DC). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigursikan secara *forward bias*. Dalam sebuah *power supply* tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut di ubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu di turunkan menggunakan transformator *stepdown*. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu *power supply* yaitu, penurun tegangan (*transformer*), penyearah gelombang/*rectifier* (*diode*) dan *filter* (kapasitor) yang digambarkan dalam blok diagram pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Bagian utama penyearah gelombang *power supply*

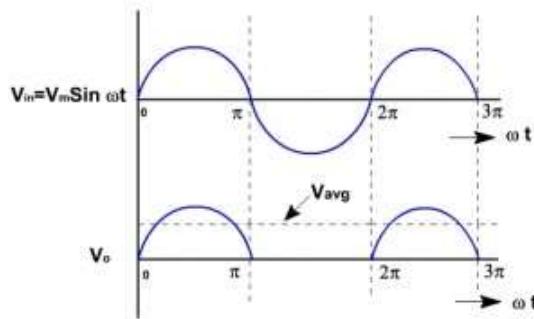
Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu, Penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.



Gambar 2.17 Penyearah Setengah Gelombang (*Half Wave rectifier*) (<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/>)

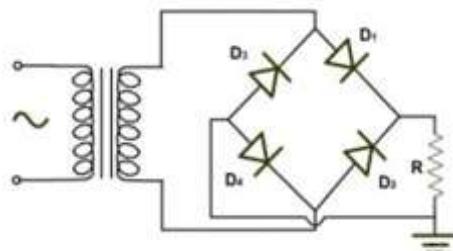
Gambar 2.17 menunjukkan gambar penyearah setengah gelombang.

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) hanya menggunakan 1 buah *diode* sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan output sisi positif dari gelombang AC maka diode dalam keadaan *forward bias* sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi *reverse bias*, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Sinyal output penyearah setengah gelombang
[\(http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/\)](http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/)

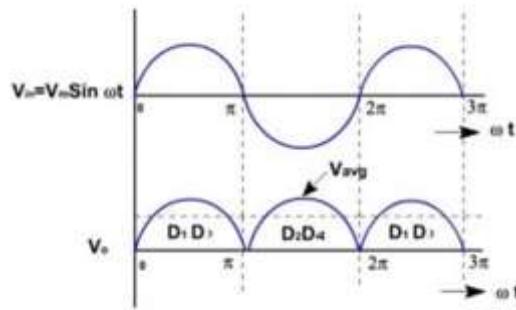
Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 dioda dan 2 dioda. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda menggunakan transformator *non-CT* seperti terlihat pada gambar berikut 2.19:



Gambar 2.19 Gelombang penuh dengan 4 dioda menggunakan transformator
[\(http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/\)](http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/)

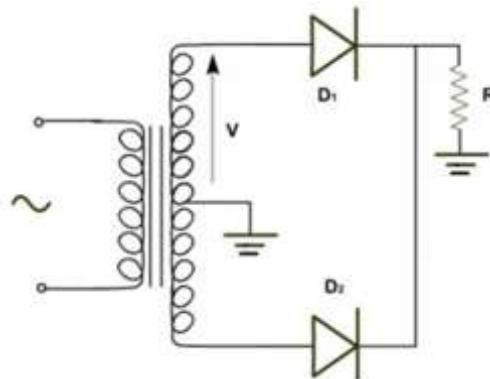
Prinsip kerja dari penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda dimulai pada saat *output* transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D1, D4 pada posisi *forward bias* dan D2, D3 pada posisi *reverse bias* sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Kemudian pada saat *output* transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi *forward bias* dan D1, D2 pada posisi *reverse*

bias sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4 ditunjukkan pada gambar 2.20 berikut.



Gambar 2.20 Sinyal output penyearah gelombang penuh
[\(http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/\)](http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/)

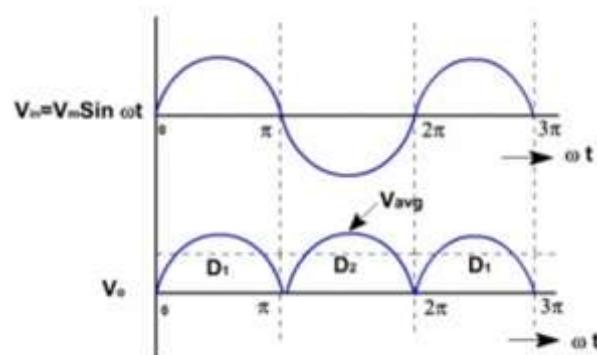
Penyearah gelombang dengan 2 dioda menggunakan transformator dengan *Center Tap* (CT). Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda dapat dilihat pada gambar 2.21 berikut :



Gambar 2.21 Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda
[\(http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/\)](http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/)

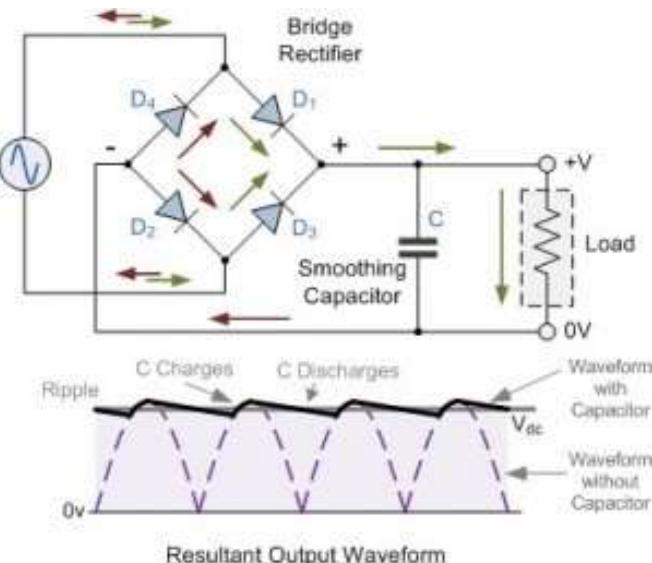
Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda dapat bekerja karena menggunakan transformator dengan CT. Transformator dengan CT seperti pada gambar 2.21 dapat memberikan output tegangan AC pada kedua terminal output sekunder terhadap terminal CT dengan level tegangan yang berbeda fasa 180° . Pada saat terminal *output* transformator pada D1 memberikan

sinyal puncak positif maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak negatif, pada kondisi ini D1 pada posisi *forward* dan D2 pada posisi *reverse*. Sehingga sisi puncak positif dilewatkan melalui D1. Kemudian pada saat terminal *output* transformator pada D1 memberikan sinyal puncak negatif maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak positif, pada kondisi ini D1 posisi *reverse* dan D2 pada posisi *forward*. Sehingga sinyal puncak positif dilewatkan melalui D2. Gambar 2.22 menunjukkan gambar output penyearah gelombang penuh.



Gambar 2.22 Output penyearah gelombang penuh (<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/>)

Agar tegangan penyearahan gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC maka dipasang *filter* kapasitor pada bagian *output* rangkaian penyearah seperti terlihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23 *Filter* kapasitor pada bagian *output* rangkaian penyearah (http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/)

Fungsi kapasitor pada rangkaian diatas untuk menekan *ripple* yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC. Setelah dipasang *filter* kapasitor maka output dari rangkaian penyearah gelombang penuh ini akan menjadi tegangan DC.

Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan *power supply* jenis penyearah gelombang penuh menggunakan dioda *bridge* untuk memberi tegangan ke semua rangkaian.

2.2.19. *Crystal*

Crystal adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi sama dengan resonator, yaitu untuk menghasilkan denyut atau detak pada komponen elektronika yang membutuhkan detak *clock*. *Crystal* memiliki 2 kaki, yang jika digunakan pada IC mikrokontroler maka kedua kaki pin koneksikan dengan XTAL1 dan XTAL2. Kelebihan *crystal* adalah detaknya relatif stabil, kelemahannya yaitu rangkaian menjadi sedikit rumit, karena membutuhkan tambahan kapasitor untuk menstabilkan detak yang dihasilkan oleh *crystal*.

Gambar 2.24 menunjukkan bentuk fisik dari *crystal*. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan *crystal* dengan nilai 16Mhz sebagai *clock* pada mikrokontroler Atmega 328.

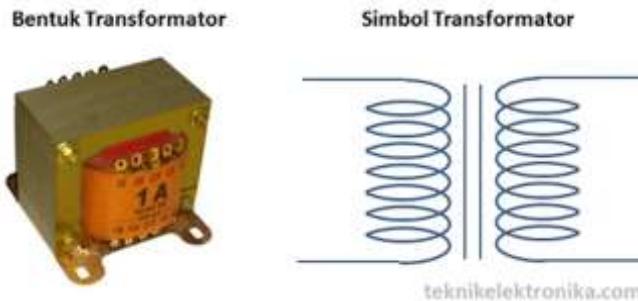


Gambar 2.24 Bentuk fisik *crystal*
(<http://elektronika-dasar.web.id/?s=crystal>)

2.2.20. Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Maksud dari pengubahan taraf tersebut diantaranya seperti menurunkan tegangan AC dari 220VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan tegangan dari 110VAC ke 220 VAC. Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC). Transformator memegang peranan yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Transformator menaikan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo Volt untuk didistribusikan. Kemudian transformator lainnya menurunkan tegangan listrik tersebut ke tegangan yang diperlukan oleh setiap rumah tangga maupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan Tegangan AC 220 V. Gambar 2.25 menunjukkan bentuk dan simbol transfrmator. Pada perancangan alat

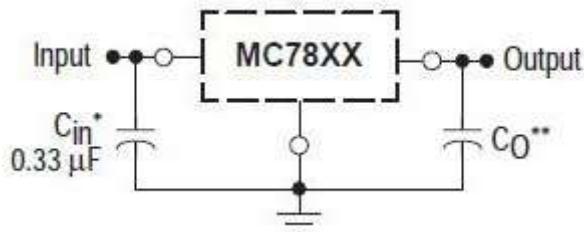
pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan sebuah transformator dengan spesifikasi 12 V 1 A untuk rangkaian *power supply*.



Gambar 2.25 Bentuk dan simbol transformator
[\(http://teknikelektronika.com/pengertian-transformator-prinsip-kerja-trafo/\)](http://teknikelektronika.com/pengertian-transformator-prinsip-kerja-trafo/)

2.2.21. IC Regulator 7805

Regulator tegangan tipe 78XX adalah salah satu regulator tegangan tetap dengan tiga terminal, yaitu terminal VIN, GND dan VOUT. Tegangan keluaran dari regulator 78XX memungkinkan regulator untuk dipakai dalam sistem logika, instrumentasi dan *Hifi*. Regulator tegangan 78XX dirancang sebagai regulator tegangan tetap, meskipun demikian dapat juga keluaran dari regulator ini diatur tegangan dan arusnya melalui tambahan komponen eksternal. Pada umumnya catu daya selalu dilengkapi dengan regulator tegangan. Tujuan pemasangan regulator tegangan pada catu daya adalah untuk menstabilkan tegangan keluaran apabila terjadi perubahan tegangan masukan pada catu daya. Fungsi lain dari regulator tegangan adalah untuk perlindungan dari terjadinya hubung singkat pada beban. Cara pemasangan dari regulator tegangan tetap 78XX pada catu daya dapat dilihat pada gambar 2.26 berikut.



Gambar 2.26 Rangkaian Dasar Regulator Tegangan Positif 78xx
(<http://elektronika-dasar.web.id/komponen/regulator-tegangan-positif-78xx/>)

Kondensator masukan C1 dibutuhkan untuk perata tegangan sedangkan kondensator keluaran C2 memperbaiki tanggapan peralihan. Regulator tegangan tetap 78XX dibedakan dalam tiga versi yaitu 78XXC, 78LXX dan 78MXX. Arsitektur dari regulator tegangan tersebut sama, yang membedakan adalah kemampuan mengalirkan arus pada regulator tegangan . Data karakteristik dari regulator tegangan tipe 78XX dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik Regulator Tegangan Positif 78xx

Tipe	V _{Out} (V)	I _{Out} (A)			V _{ir} (V)	
		78XXC	78LXX	78MXX	Min	Max
7805	5	1	0,1	0,5	7,5	20
7806	6	1	0,1	0,5	8,6	21
7808	8	1	0,1	0,5	10,6	23
7809	9	1	0,1	0,5	11,7	24
7810	10	1	0,1	0,5	12,7	25
7812	12	1	0,1	0,5	14,8	27
7815	15	1	0,1	0,5	18	30
7818	18	1	0,1	0,5	21	33
7824	24	1	0,1	0,5	27,3	38

Sumber:<http://elektronika-dasar.web.id/komponen/regulator-tegangan-positif/>

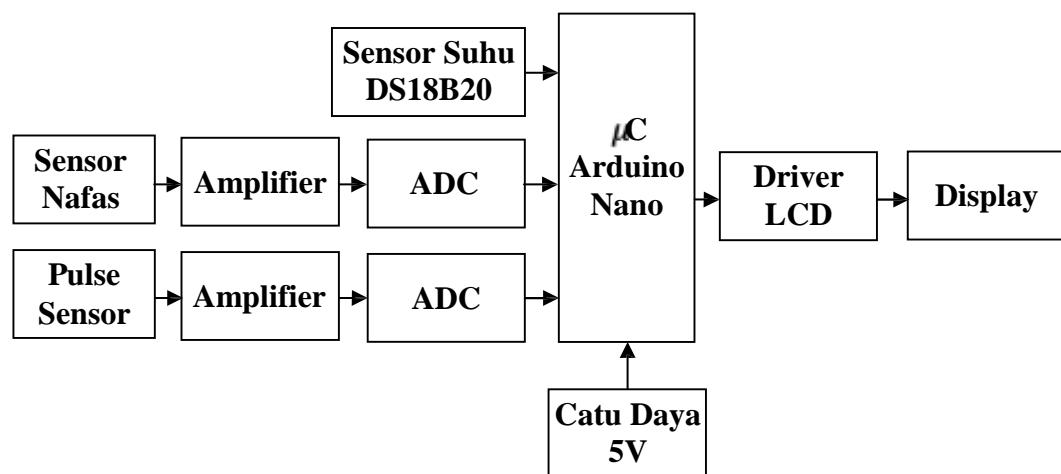
Angka xx pada bagian terakhir penulisan tipe regulator 78xx merupakan besarnya tegangan output dari regulator tersebut. Kemudian huruf L dan M merupakan besarnya arus maksimum yang dapat dialirkan pada terminal *output* regulator tegangan positif. Untuk penulisan tanpa huruf L ataupun M (78(L/M)xx) pada regulator tegangan positif 78xx maka arus maksimal yang dapat dialirkan pada terminal *outputnya* adalah 1 ampere. Karakteristik dan tipe-tipe kemampuan

arus maksimal *output* dari regulator tegangan positif 78xx dapat dilihat pada tabel 2.2. Kode huruf pada bagian depan penulisan tipe regulator 78xx merupakan kode produsen (AN78xx, LM78xx, MC78xx) regulator tegangan positif 78xx. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia digunakan IC7805 penurun tegangan 5V dari rangkaian *power supply*.

2.2.22. Perencanaan Alat

Pada proyek alat pemantau kondisi kesehatan manusia yang telah dibuat, *power supply* sebesar 5 V akan menjadi sumber utama tegangan dari alat tersebut. *Power supply* 5V menjadi sumber tegangan mikrokontroller arduino nano dan ketiga buah sensor. Sedangkan mikrokontroler arduino nano menjadi *chip* atau pengendali dari tiga buah sensor yaitu sensor suhu DS18B20, *pulse sensor* dan *sound sensor*. Diagram blok alat pemantau kondisi kesehatan manusia ditunjukkan pada gambar 3.3. Sensor suhu DS18B20 berfungsi untuk mengukur temperatur tubuh pasien. temperatur pasien dikatakan normal apabila pada kisaran $36,5^{\circ} - 37,5^{\circ}\text{C}$ (Cameron, 2006). Pulse sensor berfungsi untuk mengukur detak jantung pasien. Rangkaian *pulse sensor* terdiri dari rangkaian sensor cahaya yang berfungsi untuk mendeteksi aliran darah yang mengalir pada pembuluh nadi di ujung jari. Sensor cahaya bekerja berdasarkan prinsip pantulan sinar LED. Kulit dipakai sebagai permukaan reflektif untuk sinar LED. Kepadatan darah pada kulit akan mempengaruhi reflektifitas sinar LED. Kemudian hasil keluaran dari sensor cahaya akan dikuatkan oleh rangkaian amplifier dan dikirim ke rangkaian *Analog Digital Converter* (ADC) untuk mengubah tegangan ke sinyal digital. Sinyal digital akan diolah oleh mikrokontroller arduino nano untuk menghasilkan sinyal

BPM. Detak jantung dikatakan normal apabila hasil pengukuran berada pada kisaran 80 – 100 BPM ((Pearce, 2000). Sedangkan *sound sensor* berfungsi untuk mendeteksi nafas pasien..Komponen utama dari *sound sensor* adalah sebuah kondensor *microphone* yang berfungsi mengubah getaran hembusan napas menjadi sinyal listrik, namun sinyal listrik yang dikeluarkan dari kondensor *microphone* ini masih sangat kecil. Untuk itu perlu dikuatkan oleh sebuah rangkaian amplifier. Keluaran dari amplifier masih berupa sinyal analog sehingga dibutuhkan rangkaian ADC untuk mendapatkan sinyal digital kemudian diolah oleh arduino nano.Tampilan hasil *output* dari sensor DS18B20, *pulse sensor* dan *sound sensor* digunakan LCD 16 x 4. LCD *driver* berfungsi menghemat *port* dari mikrokontroler ke LCD. LCD *driver* ini menggunakan IC PCF8574 sebagai I2C *converter* sehingga hanya dua *port* saja yang terhubung ke mikrokontroler yaitu *pin SDA* dan *SCL*. Diagram alir alat pemantau kondisi kesehatan manusia dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 2.27 Blok diagram alat pendeteksi kondisi kesehatan manusia

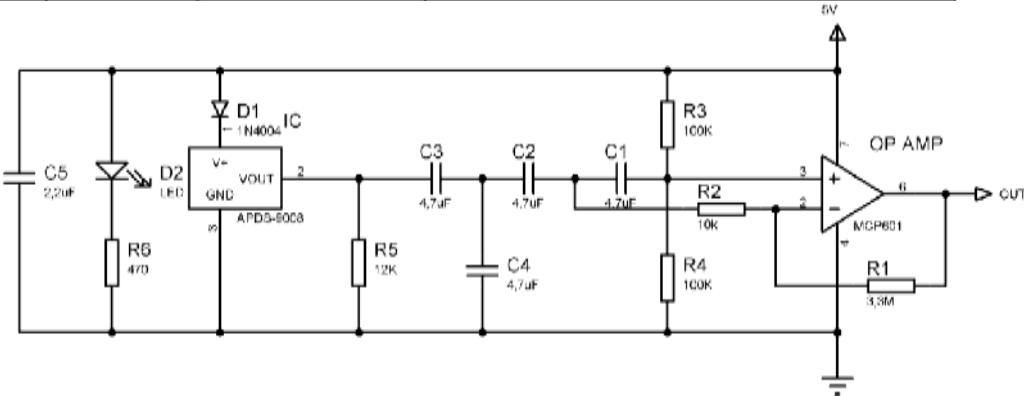
2.2.22.1. Rangkaian *pulse sensor* berbasis Arduino

Rangkaian *pulse sensor* berfungsi untuk memantau kondisi denyut jantung manusia. Rangkaian dasar dari sensor ini dibangun menggunakan phototransistor dan LED. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pantulan sinar LED. Kulit dipakai sebagai permukaan reflektif untuk sinar LED. Kepadatan darah pada kulit akan mempengaruhi reflektifitas sinar LED. LED yang digunakan adalah jenis LED *superbright* berwarna hijau yang mampu menembus permukaan kulit. Untuk sensor cahaya digunakan IC APDS 9008 yang sangat sensitif terhadap perubahan cahaya. Untuk menguatkan hasil dari keluaran sensor APDS 9008 digunakan *Op-Amp* MCP601 menggunakan rangkaian *Inverting*. Hasil penguatan yang maksimal dibandingkan jenis *Op-Amp* lain. Keluaran dari *Op-Amp* berupa sinyal analog kemudian diolah oleh mikrokontroler arduino nano sehingga dapat menampilkan sinyal BPM. Catu daya dari sensor ini sebesar 5 V yang didapatkan dari rangkaian catu daya. Rangkaian *pulse sensor* ditunjukkan pada gambar 2.28, sedangkan untuk rincian komponen yang digunakan pada rangkaian *pulse sensor* ditunjukkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Rincian komponen yang digunakan pada rangkaian Pulse sensor

No.	Simbol	Nilai	Fungsi
1.	R1	$3,3\text{ M}\Omega / \frac{1}{4}\text{ W}$	<i>Feedback penguat op-amp</i>
2.	R2	$10\text{K}\Omega / \frac{1}{4}\text{ W}$	Resistor input penguat <i>op-amp</i>
3.	R3	$100\text{K}\Omega / \frac{1}{4}\text{ W}$	Resistor input penguat <i>op-amp</i>
4.	R4	$100\text{K}\Omega / \frac{1}{4}\text{ W}$	Resistor input penguat <i>op-amp</i>
5.	R5	$12\text{K}\Omega / \frac{1}{4}\text{ W}$	<i>Low pass filter</i>
6.	R6	$470\Omega / \frac{1}{4}\text{ W}$	Pembagi tegangan LED
7.	C1	$4,7\text{ }\mu\text{F} / 16\text{V}$	<i>Band pass filter</i>
8.	C2	$4,7\text{ }\mu\text{F} / 16\text{V}$	<i>High pass filter</i>
9.	C3	$4,7\text{ }\mu\text{F} / 16\text{V}$	<i>Low pass filter</i>
10.	C4	$4,7\text{ }\mu\text{F} / 16\text{V}$	<i>High pass filter</i>
11.	C5	$2,2\text{ }\mu\text{F} / 16\text{V}$	<i>Filter tegangan ripple</i>

12.	D1	1N4004 / 1 A	Pengaman polaritas tegangan
13.	D2	LED 3mm	Indikator sensor detak jantung
14.	OP AMP	MCP601	Penguat <i>inverting</i> sensor detak jantung
15.	IC	APDS9009	Sensor cahaya



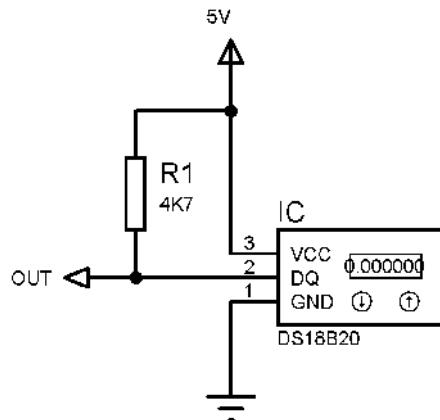
Gambar 2.28 Rangkaian Pulse Sensor
(pulsesensor.com/)

2.2.22.2. Rangkaian sensor suhu DS18B20 berbasis Arduino

Fungsi dari sensor suhu DS18B20 adalah untuk mendeteksi temperatur tubuh manusia. Sensor ini memiliki kelebihan tahan terhadap air sehingga cocok digunakan untuk pengukuran temperatur tubuh. Dengan kabel sepanjang 1 meter, penempatan komponen sensor elektronika ini dapat diatur secara fleksibel. Kelebihan sensor ini yaitu menggunakan protokol 1-Wire yang hanya membutuhkan 1 kabel koneksi (selain *ground*) untuk mentransmisikan data, bahkan catu daya dapat diperoleh secara parasit dari pin data tersebut, artinya tidak menggunakan *power supply eksternal*. Rangkaian sensor DS18B20 ditunjukkan pada gambar 2.29, sedangkan untuk rincian komponen yang digunakan pada rangkaian sensor DS18B20 ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Rincian komponen yang digunakan pada rangkaian sensor DS18B20

No.	Simbol	Nilai	Fungsi
1.	R1	4K7Ω / ¼ W	Resistor <i>pull up</i> sensor suhu
2.	IC	DS18B20	Sensor suhu tubuh



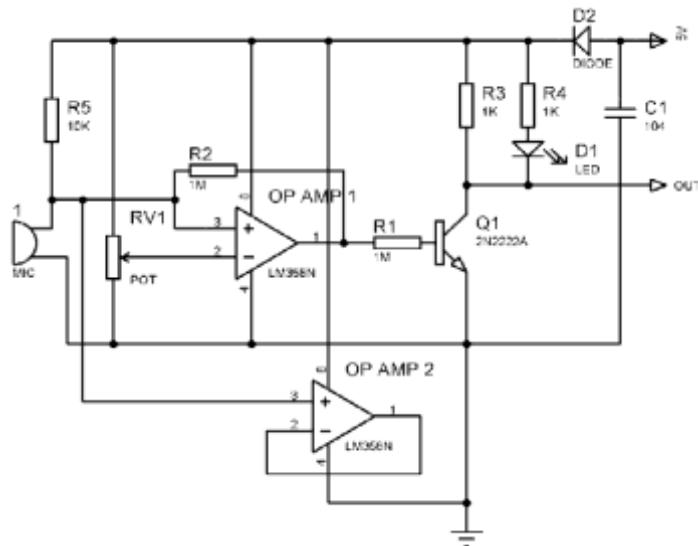
Gambar 2.29 Rangkaian sensor suhu DS18B20

(dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Temp/**DS18B20.pdf**)

2.2.22.3. Rangkaian *sound sensor* berbasis Arduino

Fungsi *sound sensor* adalah mendeteksi hembusan nafas manusia.

Komponen utama dari sensor ini adalah sebuah *condenser microphone* yang berfungsi mengubah getaran hembusan napas menjadi sinyal listrik, namun sinyal listrik yang dikeluarkan dari kondensor *microphone* ini masih sangat kecil. Untuk itu perlu dikuatkan oleh sebuah rangkaian *Op-Amp* LM358 yang menggunakan rangkaian *Inverting*. Keluaran dari *Op-Amp* ini berupa sinyal analog kemudian diolah oleh mikrokontroler Atmega 328 sehingga dapat mendeteksi nafas manusia. Rangkaian *sound sensor* ditunjukkan pada gambar 2.30, sedangkan rincian komponen yang digunakan pada rangkaian *sound sensor* ditunjukkan pada tabel 2.6.



Gambar 2.30 Rangkaian Sound Sensor
www.seeedstudio.com/wiki/Grove_-_Sound_Sensor)

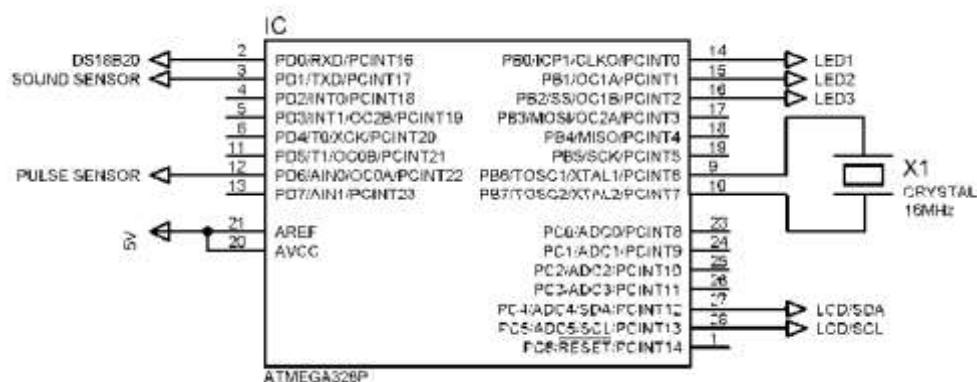
Tabel 2.6 Rincian komponen yang digunakan pada rangkaian sound sensor

No.	Simbol	Nilai	Fungsi
1.	R1	1MΩ / ¼ W	Resistor basis penguat transistor
2.	R2	1MΩ / ¼ W	Feedback penguat op-amp
3.	R3	1KΩ / ¼ W	Resistor kolektor penguat transistor
4.	R4	1KΩ / ¼ W	Pembagi tegangan LED
5.	R5	10KΩ / ¼ W	Supply tegangan mic condenser
6.	RV1	POT 10KΩ	Pengaturan sensitivitas sensor nafas
7.	C1	100 nF	Filter tegangan ripple
8.	D1	LED 3mm	Indikator sensor nafas
9.	D2	1N4002 / 1A	Pengaman polaritas tegangan
10.	Q1	2N2222A	Penguat transistor sensor nafas
11.	OP AMP 1	LM358	Penguat op-amp inverting
12.	OP AMP 2	LM358	Penguat op-amp inverting
13.	MIC 1	Condenser	Sensor hembusan nafas

2.2.22.4. Rangkaian pengendali berbasis Arduino

Rangkaian pengendali arduino nano berbasis Atmega 328 berfungsi sebagai otak dari alat pemantau kondisi kesehatan manusia menggunakan arduino. Rangkaian ini bekerja pada tegangan 5 V yang bersumber dari rangkaian power supply. Untuk *clock* digunakan *crystal* 16 MHz sebagai jantung dari minimum sistem ini. Gambar 2.31 menunjukkan rangkaian pengendali berbasis Atmega 328.

Atmega 328 memiliki 28 pin, tetapi pada alat pemantau kondisi kesehatan manusia pin yang digunakan sebanyak 12 pin, tabel 2.7 menunjukkan nama pin beserta fungsinya.



Gambar 2.31 Rangkaian Pengendali Berbasis Atmega 328

(colkin-coker-elektronik.blogspot.com)

Tabel 2.7 Pin pada Mikrokontroler Atmega 328

No	Nama Pin	Fungsi
1.	Pin 7, 8, 22 (Vcc dan GND)	Supply tegangan dari catu daya
2.	Pin 9-10 (XTAL)	Clock utama
3.	Pin 20 (Avcc)	Catu daya untuk port A dan ADC
4.	Pin 21 (Aref)	Referensi masukan analog untuk ADC
5.	PC 4 - PC 5 (SDA SCL)	Tampilan ke LCD
6.	PC 0	Masukan dari pulse sensor
7.	PB 0	Masukan dari sensor suhu DS18B20
8.	PB 1	Masukan dari sound sensor

Pada minimum sistem Atmega 328 juga terhubung rangkaian USB to serial yang menggunakan chip utama FT232RL. Modul FT232RL ini merupakan penghubung antara PC dan alat pemantau kondisi kesehatan manusia. Modul FT232RL ini digunakan pada saat proses *compile* atau pengisian program dari PC ke IC Atmega 328. Selain itu modul FT232RL ini juga dapat mendukung

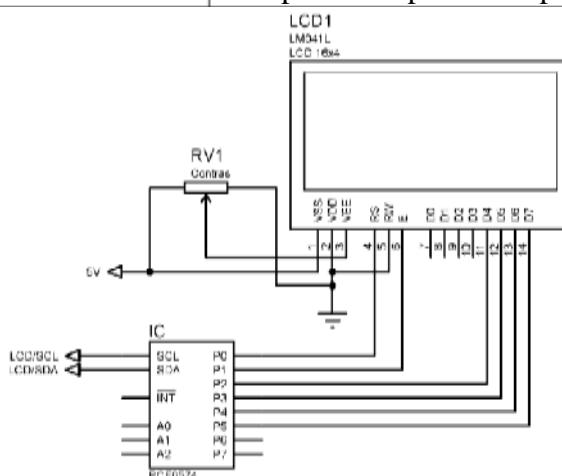
komunikasi *serial* antara PC dan IC Atmega 328. Pada *serial* FT232RL digunakan lima port yaitu *Vcc*, *Reset*, *Rx*, *Tx* dan *Ground* yang terhubung ke mikrokontroler Atmega 328.

2.2.22.5.Rangkaian LCD

LCD 16 x 4 berfungsi untuk menampilkan hasil *output* dari ketiga sensor tersebut. LCD ini memiliki empat baris dan enam belas kolom yang memungkinkan menampilkan seluruh data dari hasil *output* ketiga sensor. Untuk menghemat *port* dari mikrokontroler ke LCD digunakan *I2C LCD Driver*. LCD *driver* ini menggunakan IC PCF8574 sebagai I2C konverter sehingga hanya dua *port* saja yang terhubung ke mikrokontroler yaitu pin SDA dan SCL. Rangkaian LCD ditunjukkan pada gambar 2.32, sedangkan untuk rincian komponen yang digunakan pada rangkaian *sound sensor* ditunjukkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 rincian komponen yang digunakan pada rangkaian LCD

No.	Simbol	Nilai	Fungsi
1.	RV1	10KΩ	Pengaturan kecerahan LCD
2.	IC	PCF8574	Menghemat <i>port</i> koneksi LCD
3.	LCD1	16x4	Tampilan alat pemantau pasien koma



Gambar 2.32 Rangkaian I2C LCD
(http://www.afiata.com/?attachment_id=3637)

2.2.22.6.Rangkaian catu daya

Berfungsi untuk memberikan sumber daya tegangan dan arus ke rangkaian alat pemantau kondisi kesehatan manusia. Sumber tegangan dan arus harus disesuaikan dengan konsumsi daya yang digunakan oleh rangkaian pada alat pemantau kondisi kesehatan manusia. Masukan tegangan yang digunakan pada alat ini sebesar 5 V. Pada rangkaian catu daya digunakan transformator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan 220 V dari jala-jala PLN menjadi tegangan 12 V dan dua buah dioda sebagai penyearah gelombang penuh dan kapasitor 1000 uF/16 V sebagai *filter* tegangan hasil penyearah dari dioda agar menjadi tegangan *Direct Current (DC)*. IC 7805 berfungsi sebagai regulator 5 V dari tegangan masukan sebesar 12 V. IC 7805 memiliki tiga buah pin yaitu pada tabel 2.9 berikut.

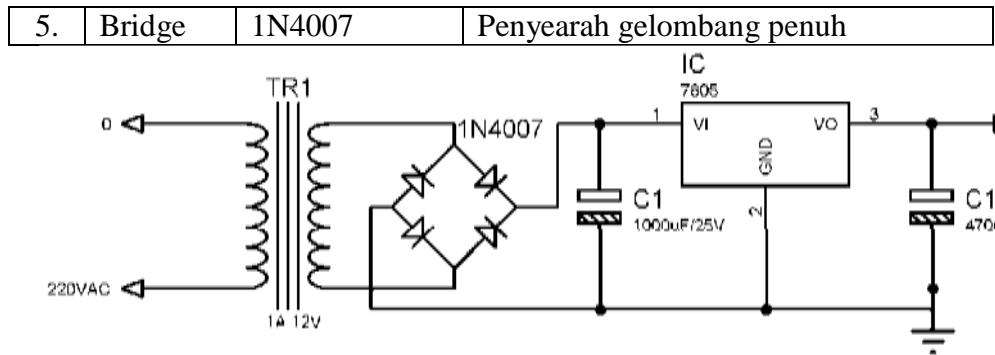
Tabel 2.9 Pin pada IC 7805

No	Nama Pin	Fungsi
1.	Pin 1	Sebagai input atau masukan tegangan DC
2.	Pin 2	Sebagai input atau masukan negatif (<i>Ground</i>)
3.	Pin 3	Sebagai <i>output</i> atau keluaran tegangan yang dihasilkan. Dalam hal ini IC 7805 mengeluarkan tegangan sebesar 5 V.

Gambar 2.33 menunjukkan rangkaian catu daya pada alat pemantau kondisi kesehatan manusia, sedangkan untuk rincian komponen yang digunakan pada rangkaian catu daya ditunjukkan pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 rincian komponen yang digunakan pada rangkaian catu daya

No.	Simbol	Nilai	Fungsi
1.	C1	470uF/25V	<i>Filter</i> tegangan <i>ripple</i>
2.	C1	1000uF/25V	<i>Filter</i> tegangan <i>ripple</i>
3.	TR1	1A 12V	Penurun tegangan jala-jala PLN
4.	IC	7805	Penurun tegangan DC 5V



Gambar 2.33 Rangkaian Catu Daya 5 V

2.2.22.7.Spesifikasi Alat

<i>Power input</i>	: 220VAC/50 Hz
Mikrokontroler	: Arduino Nano
<i>Display</i>	: LCD Karakter 16x2
Sensor Jantung	: <i>Pulse Sensor</i>
Sensor Suhu	: DS18B20
Sensor Nafas	: <i>Sound Sensor</i>
Dimensi Box	: 19,5cm x 17,5cm x 7cm

2.2.22.8.Program Arduino

Pada perancangan perangkat lunak ini menggunakan *software* Arduino IDE 1.0.5 sebagai *programmer* sekaligus *compiler* ke file .hex. Bahasa yang digunakan adalah bahasa C++. Bahasa C menghasilkan objek kode yang sangat kecil dan dieksekusi sangat cepat. Bahasa C digunakan untuk sistem programming pada sistem program yang tertanam (*embedded system*).

Sketch program bahasa C yang ditulis menggunakan *software* Arduino kemudian di verifikasi terlebih dahulu oleh program arduino tersebut. Kemudian

sketch program tersebut diupload ke dalam alat pemantau kondisi kesehatan manusia. Untuk program keseluruhan dapat dilihat pada lampiran 2.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Objek Penelitian

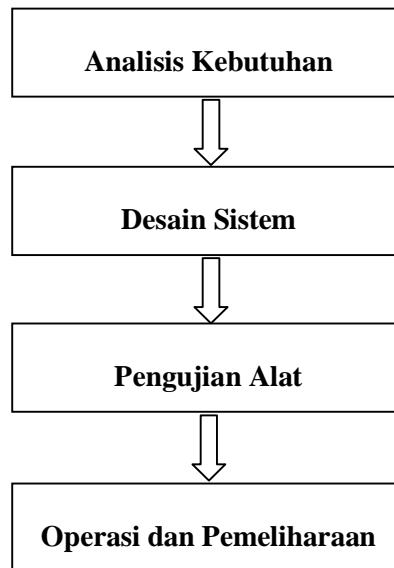
Objek pengujian dari penelitian ini adalah detak jantung manusia, temperatur tubuh manusia dan frekuensi napas pada manusia. Adapun penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar keberhasilan hasil kalibrasi alat pendekripsi detak jantung manusia, temperatur tubuh manusia dan ada tidaknya nafas pada manusia menggunakan arduino jika dibandingkan dengan alat ukur manual biasa. Alat ini diujikan pada manusia normal, khususnya untuk mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro angkatan 2011.

3.2. Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium teknik elektro Universitas Negeri Semarang. Untuk mengukur detak jantung manusia, temperatur tubuh manusia dan frekuensi napas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kepresisian alat ukur yang dirancang.

3.3. Desain Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan model *waterfall*. Model ini mengambil proses dasar seperti analisis kebutuhan, desain sistem, pengujian alat serta operasi dan pemeliharaan alat (Somerville, 2003). Skema model penelitian *waterfall* ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Tahap-tahap dari model penelitian *Waterfall*

Tahap-tahap utama dari model *waterfall* memetakan kegiatan-kegiatan pengembangan dasar, yaitu:

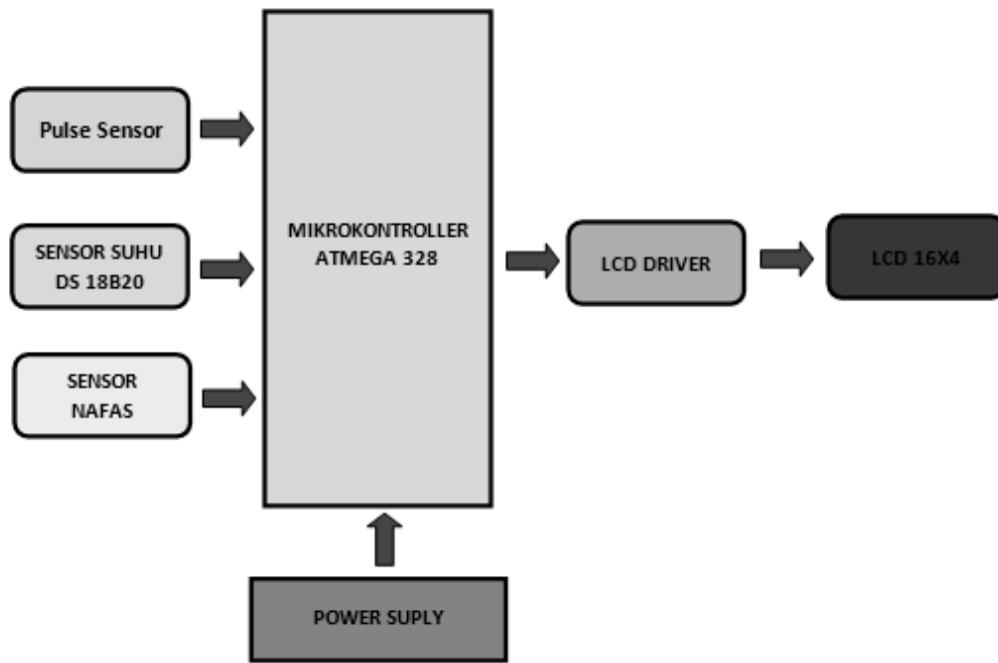
3.3.1. Analisis Kebutuhan

Untuk merancang alat pemantau kondisi kesehatan manusia dibutuhkan mikrokontroler arduino nano, sensor suhu LM35, *pulse sensor* atau sensor detak jantung, *sound sensor* yang digunakan sebagai sensor nafas, dan LCD. Sedangkan untuk perangkat lunak dibutuhkan software Arduino IDE dan Eagle.

3.3.2. Desain Sistem

Desain sistem adalah tahapan dimana dilakukan penuangan pikiran dan perancangan sistem terhadap solusi dari permasalahan yang ada dengan menggunakan perangkat pemodelan sistem seperti desain sistem dan prinsip kerja alat.

3.3.2.1. Diagram blok



Gambar 3.2 Desain Sistem Alat Pemantau kondisi kesehatan manusia

3.3.2.2. Prinsip Kerja Alat

Alat pemantau kondisi kesehatan manusia ini menggunakan tiga buah sensor yang dapat bekerja secara bersamaan, yaitu : sensor denyut jantung, sensor temperatur tubuh dan sensor pendekripsi nafas. Sensor denyut mendekripsi jumlah denyut jantung permenit (BPM), sensor suhu mendekripsi temperatur tubuh manusia yang batasan normalnya sekitar $36 - 37^{\circ}\text{C}$. Sensor nafas mendekripsi frekuensi nafas manusia. Keluaran ketiga sensor tersebut akan dikirim dan diolah oleh mikrokontroller arduino nano. Di dalam mikrokontroller data akan diolah dan diproses kemudian hasilnya akan ditampilkan di LCD. LCD driver berfungsi untuk menghemat konfigurasi pin output dari mikrokontroller. Power supply berfungsi untuk memberi tegangan ke seluruh rangkaian. Power supply yang digunakan sebesar 5V.

3.3.3. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan pada obyek penelitian yaitu manusia. Alat ini akan mengukur kondisi kesehatan manusia. Parameter yang diukur berupa sinyal denyut jantung per menit (BPM), temperatur tubuh dan nafas manusia. Pengukuran denyut jantung menggunakan *pulse sensor* yang ditempelkan di ujung jari manusia, pengukuran temperatur tubuh menggunakan sensor suhu DS18B20 yang ditempelkan di ketiak manusia dan pengukuran nafas menggunakan sound sensor yang diletakkan di ujung hidung manusia. Hasil pengukuran dari ketiga sensor tersebut akan ditampilkan di LCD.

3.3.4. Operasi dan Pemeliharaan

Operasi penggunaan alat ini cukup mudah seperti instrumen – instrumen ukur yang ada di pasaran. Pasang ketiga buah sensor sesuai penempatan sensor kemudian pasang terminal kabel ke listrik 220V, maka alat ini akan mengukur parameter yang berupa sinyal denyut per menit/ *beat per minute* (BPM), temperatur tubuh dan nafas. Data hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD. Pemeliharaan sensor sebisa mungkin selalu dibersihkan karena mempengaruhi kinerja masing-masing sensor tersebut.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

Untuk merancang alat pemantau kondisi kesehatan manusia menggunakan arduino, ada beberapa kebutuhan komponen yang perlu diperhatikan, yaitu:

Tabel 3.1 Komponen Utama Alat Pemantau kondisi kesehatan manusia

Komponen	Jumlah	Komponen	Jumlah
<i>IC Atmega 328 (Arduino Nano)</i>	1	Trafo CT 12 V 1 A	1
<i>Pulse sensor</i>	1	Dioda 1N4002/1A	2

<i>Sensor suhu DS18B20</i>	1	Kapasitor 1000uF/12V	1
<i>Sound sensor</i>	1	Kapasitor 470uF/12V	1
LCD 16 x 4	1	Resistor 10 KΩ - 1/4W	3
LCD I2C driver	1	Resistor 330 Ω- 1/4W	3
Box ABS	1	Resistor 4K7 Ω- 1/4W	1
IC regulator 7805	1	Kabel	1
LED 3mm	3	Konektor	6
<i>Switch On Off</i>	1	<i>Spicer</i>	4

3.5. Variabel Penelitian

Variabel adalah objek penelitian atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian (Suharsimi, 2010;161). Variabel-variabel dalam penelitian initerdiri dari:

3.5.1. Denyut jantung manusia/ *Heart Rate (HR)*

Denyut jantung manusia adalah jumlah denyutan jantung pada manusia per satuan waktu, biasanya per menit/ *beat per minute* (BPM). Pada penelitian ini denyut jantung diukur menggunakan alat ukur denyut jantung yaitu *pulse sensor*. Pada manusia normal denyut jantungnya antara 60-80 BPM (Pearce, 2000: 127-128). Berdasarkan wawancara yang dilakukan penulis terhadap tenaga medis, untuk pasien koma mempunyai denyut jantung yang cenderung lebih lambat dibandingkan manusia normal, dibawah 60 kali per menit.

3.5.2. Temperatur tubuh manusia (t)

Temperatur tubuh adalah perbedaan antara jumlah panas yang diproduksi oleh proses tubuh dan jumlah panas yang hilang ke lingkungan luar. Satuan untuk temperatur tubuh manusia adalah °C. Pada penelitian ini temperatur tubuh diukur menggunakan alat ukur temperatur tubuh yaitu menggunakan sensor DS18B20. Pada manusia normal, memiliki temperatur antara 36,5°-37,5°C (Cameron, 2006: 34). Berdasarkan wawancara yang dilakukan penulis terhadap tenaga medis, untuk

pasien koma mempunyai temperatur tubuh yang cenderung lebih rendah atau lebih tinggi dibandingkan manusia normal, tergantung dari penyebab koma yang dialami pasien.

3.5.3. Frekuensi pernafasan manusia/ *Respiration Rate (RR)*

Frekuensi pernafasan adalah banyaknya hembusan nafas dalam satu menit. Pada kondisi rileks frekuensi nafas manusia adalah 14-20 hembusan per menit. Pada penelitian ini frekuensi nafas manusia diukur menggunakan sensor nafas. Berdasarkan wawancara yang dilakukan penulis terhadap tenaga medis, untuk pasien koma mempunyai temperatur tubuh yang cenderung lebih rendah atau lebih tinggi dibandingkan manusia normal, tergantung dari penyebab koma yang dialami pasien.

3.6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan teknik pengukuran, yaitu mengukur tiap-tiap variabel penelitian menggunakan Alat pemantau kondisi kesehatan manusia.

3.7. Kalibrasi Instrumen

Kalibrasi merupakan serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dalam penelitian ini ada 3 alat ukur, yaitu: alat ukur temperatur, detak jantung dan nafas manusia. Sebagai alat standar yaitu termometer digunakan untuk mengukur temperatur

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang diuraikan pada bab IV, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat pemantau kondisi kesehatan manusia dapat dirancang dengan menggunakan sensor DS18B20, *pulse sensor*, *sound sensor*, arduino nano sebagai mikrokontroler serta sebuah LCD untuk menampilkan data hasil pengukuran sensor.
2. Alat pemantau kondisi kesehatan manusia yang dirancang dapat digunakan untuk mengukur detak jantung, temperatur tubuh dan frekuensi nafas pada manusia.
3. Dari 30 responden yang kondisi kesehatannya terukur disimpulkan bahwa 29 responden kondisi kesehatannya baik dan 1 responden yaitu responden no 9 yang sedang mengalami kondisi kesehatan kurang baik karena temperatur tubuhnya 38°C .
4. Terdapat perbedaan hasil pengukuran detak jantung, temperatur tubuh dan frekuensi nafas pada pengukuran manusia sehat dan manusia yang sedang mengalami koma.
5. Cara kerja dan ketelitian alat pemantau kondisi kesehatan manusia yang dikendalikan oleh mikrokontroler arduino dipengaruhi oleh karakteristik transduser.

6. Kepakaan *Pulse sensor* dipengaruhi oleh cahaya, oleh karena itu pemasangan *pulse sensor* dijari harap diperhatikan agar tidak terpengaruh oleh cahaya luar.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka penulis mengajukan saran sebagai berikut:

1. Alat pemantau kondisi kesehatan manusia ini sebaiknya jangan digunakan sebagai bahan diagnosis penyakit pasien, tetapi hanya digunakan sebagai alat untuk memonitor kondisi pasien.
2. Alat yang dibuat diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut oleh mahasiswa Universitas Negeri Semarang untuk bahan penelitian lebih lanjut.

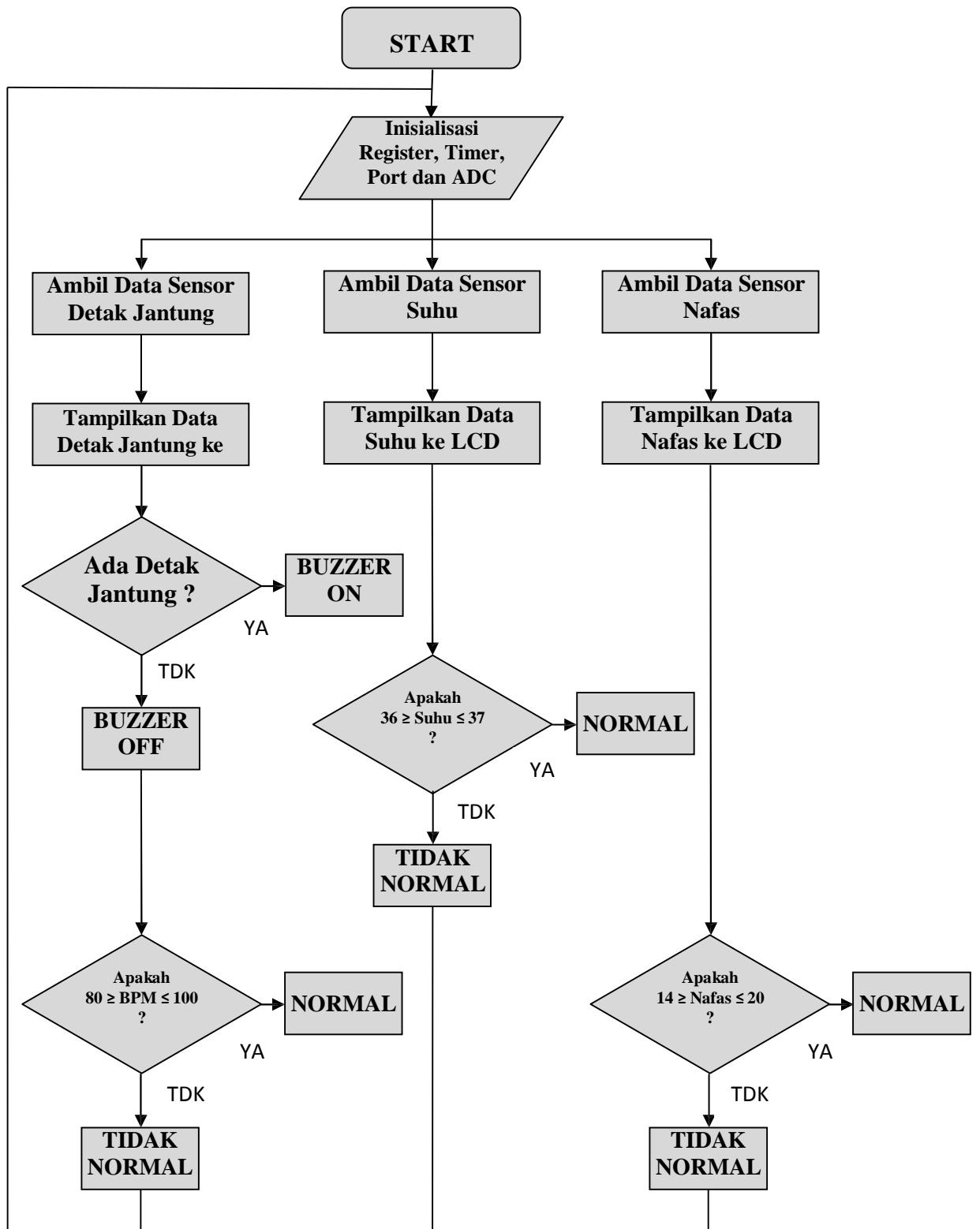
DAFTAR PUSTAKA

- Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Cameron, John. 1999. *Physics of the Body*. Second Edition. Medical Physics Publishing. Terjemahan Dra. Lamyarni I. Sardy, M.Eng. 2006. *Fisika Tubuh Manusia*. Cetakan 1. Sagung Seto. Jakarta
- Daryanto. 2003. *Alat Pengikat pada Elemen Mesin*. Jakarta: Bina Adiaksa
- Eko, Jazi. 2014. *Pengantar Elektronika dan Instrumentasi*. Yogyakarta: ANDI OFFSET
- Jevon, Philip and Beverley Ewens. 2007. *Monitoring the Critically Ill Patient*. Second Edition. Blackwell Publishing. Terjemahan dr. Vidhia Umami. 2009. *Pemantauan Pasien Kritis*. Cetakan 1. Erlangga. Jakarta
- Kadir, Abdul. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino*. Yogyakarta: ANDI OFFSET
- Kasron. 2012. *Kelainan dan Penyakit Jantung*. Yogyakarta: Nuha Medika
- Kurniawan, Adi Dwi. 2010. Alat Pendekripsi Suhu Berbasis Mikrokontroler. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang
- Mulyono, Iwan Adi. 2002. Perencanaan dan Pembuatan Alat Pendekripsi Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Komputer. *Skripsi*. Universitas Soegijapranata. Semarang
- Pearce, Evelyn. 2000. *Anatomii dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Sofie, Mohamad. 2003. Pencacah Denyut Jantung dengan Sensor Jari. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang
- Somerville, Ian. 2003. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Jakarta: Erlangga
- Sudoyo, W, dkk. 2006. *Ilmu Penyakit Dalam*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
- Suharsimi, Arikunto. 2010. *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta
- Suryo, Joko. 2010. *Herbal Penyembuh Gangguan Sistem Pernapasan*. Yogyakarta: PT Bentang Pustaka

Syahwil, Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: ANDI OFFSET

Werner, David and Carol Thuman. 1980. *Where There is No Doctor*. Hesperian Foundation. USA. Terjemahan Prof. Dr. Januar Achmad, M.Sc.. Ph.D. 2010. *Apa yang Anda Kerjakan bila tidak ada Dokter*. Cetakan 1. ANDI OFFSET. Yogyakarta

Lampiran 1 : Diagram alir kerja alat pemantau kondisi kesehatan manusia



Lampiran 2

```
//Listing Program Alat Pemantau Keadaan Pasien Koma
//Anita Dwi Septiani – 5301411077
//PTE UNNES 2011

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,4);

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
byte derajat = B11011111;

int pulsePin = 0;
int blinkPin = 12;
int fadePin = 5;
int fadeRate = 0;
int nafas = 3;
int nafasState = 1;
int time;
int nafas=1;
int nafasRate;

volatile int BPM;
volatile int Signal;
volatile int IBI = 600;
volatile boolean Pulse = false;
volatile boolean QS = false;

void setup(){
lcd.init();
lcd.init();
lcd.backlight();
sensors.begin();
pinMode(nafas, INPUT);

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" Pasien Monitor ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" Anita Dwi S ");
lcd.setCursor(-4, 2);
lcd.print(" 5301411077 ");
lcd.setCursor(-4, 3);
```

```

lcd.print(" PTE-UNNES-2011 ");
delay(4000);
lcd.clear();

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Heart :");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Status:");
lcd.setCursor(-4,2);
lcd.print("Temp :");
lcd.setCursor(-4,3);
lcd.print("Nafas :");

pinMode(blinkPin,OUTPUT);
pinMode(fadePin,OUTPUT);
Serial.begin(115200);
interruptSetup();
}

void loop(){
sensors.requestTemperatures();
heartRate=0;
detak=0;
time=0;

sendDataToProcessing('S', Signal);
if (QS == true){
    fadeRate = 255;
    lcd.setCursor(8,0);
    lcd.print(BPM);
    lcd.print(" BPM ");
    sendDataToProcessing('B',BPM);
    sendDataToProcessing('Q',IBI);
    QS = false;
}

ledFadeToBeat();

delay(20); lcd.setCursor(4,2);
lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
lcd.write(derajat);
lcd.print("C ");

```

```
do{
  if(digitalRead(nafas)==LOW){

    nafas++;

  }
  delay(100);
  time+=100;

}while(time<=10000);
nafasRate=6*nafas;

lcd.setCursor(4,3);
lcd.print(nafasRate);

lcd.print(" /mnt ");
```

```
if (BPM == 0 )
{
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("DEAD !!");
  digitalWrite(blinkPin, HIGH);
}

else if (BPM < 60 )
{
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("LEMAH ");
}

else if (BPM < 100 )
{
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("NORMAL ");
}

else
{
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("TINGGI ");
}
```

```
void ledFadeToBeat(){
    fadeRate -= 15;
    fadeRate = constrain(fadeRate,0,255);
    analogWrite(fadePin,fadeRate);
}

void sendDataToProcessing(char symbol, int data ){
    Serial.print(symbol);
    Serial.println(data);
}
```

//Interrupt

```
volatile int rate[10];
volatile unsigned long sampleCounter = 0;
volatile unsigned long lastBeatTime = 0;
volatile int P = 512;
volatile int T = 512;
volatile int thresh = 512;
volatile int amp = 100;
volatile boolean firstBeat = true;
volatile boolean secondBeat = true;
```

```
void interruptSetup(){

    TCCR2A = 0x02;
    TCCR2B = 0x06;
    OCR2A = 0X7C;
    TIMSK2 = 0x02;
    sei();
}
```

```
ISR(TIMER2_COMPA_vect){
    cli();
    Signal = analogRead(pulsePin);
    sampleCounter += 2;
    int N = sampleCounter - lastBeatTime;

    if(Signal < thresh && N > (IBI/5)*3){
```

```

if (Signal < T){
    T = Signal;
}
}

if(Signal > thresh && Signal > P){
    P = Signal;
}

if (N > 250){
    if ( (Signal > thresh) && (Pulse == false) && (N > (IBI/5)*3) ){
        Pulse = true;
        digitalWrite(blinkPin,HIGH);
        IBI = sampleCounter - lastBeatTime;
        lastBeatTime = sampleCounter;

        if(firstBeat){
            firstBeat = false;
            return;
        }
        if(secondBeat){
            secondBeat = false;
            for(int i=0; i<=9; i++){
                rate[i] = IBI;
            }
        }
    }
}

word runningTotal = 0;

for(int i=0; i<=8; i++){
    rate[i] = rate[i+1];
    runningTotal += rate[i];
}

rate[9] = IBI;
runningTotal += rate[9];
runningTotal /= 10;
BPM = 60000/runningTotal;
QS = true;

}

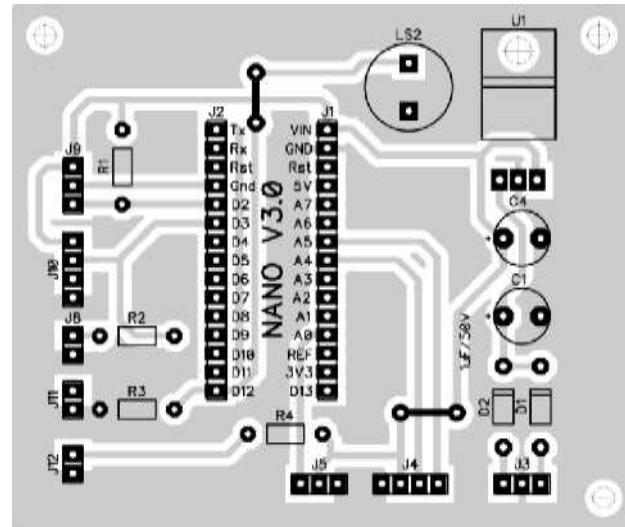
if (Signal < thresh && Pulse == true){
    digitalWrite(blinkPin,LOW);
    Pulse = false;
    amp = P - T;
    thresh = amp/2 + T;
}

```

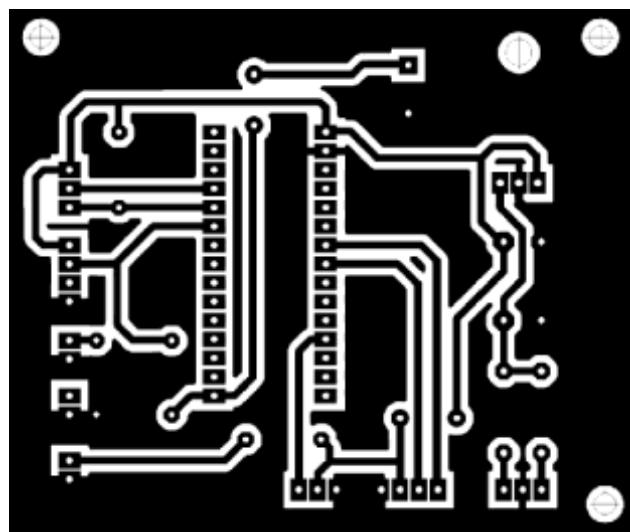
```
P = thresh;  
T = thresh;  
}  
  
if (N > 2500){  
    thresh = 512;  
    P = 512;  
    T = 512;  
    lastBeatTime = sampleCounter;  
    firstBeat = true;  
    secondBeat = true;  
}  
  
sei();  
}
```

Lampiran 3 : *Layout* alat pemantau kondisi kesehatan manusia

1. Tampak Atas

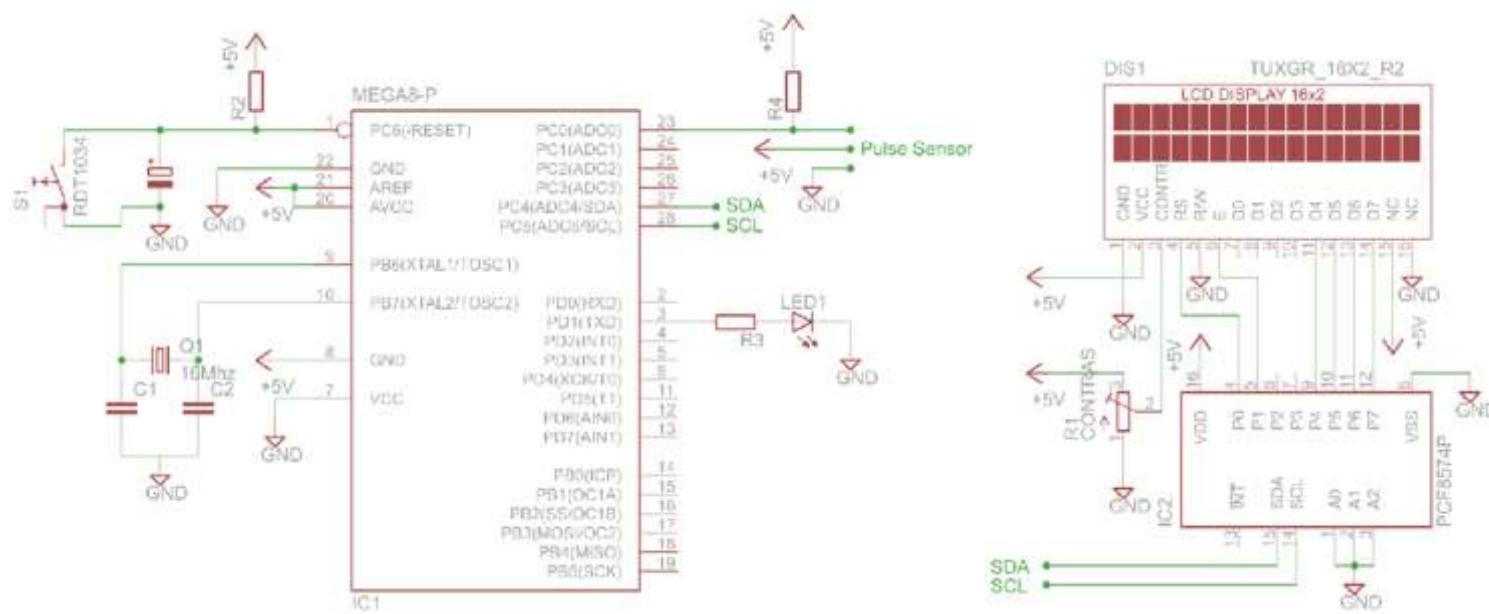


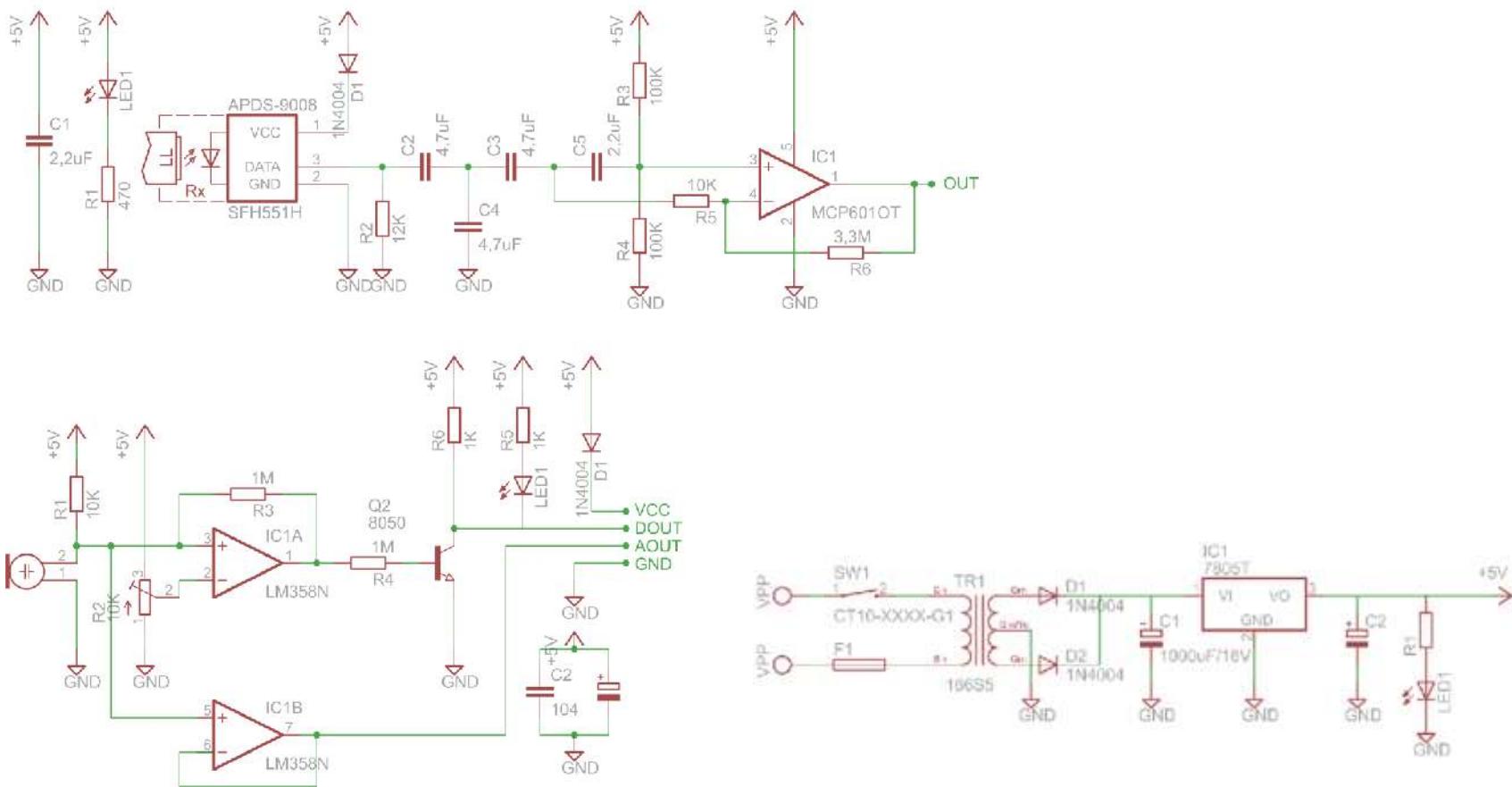
2. Tampak Bawah



Lampiran 4

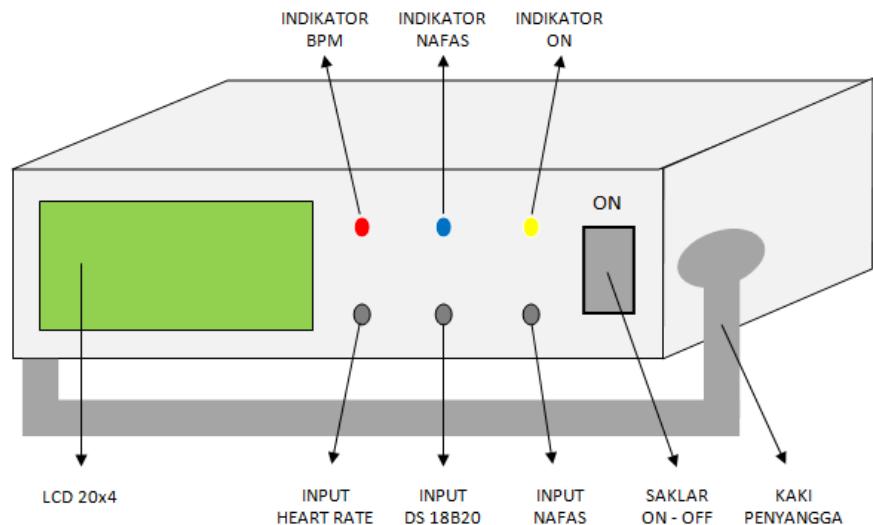
SKEMA ALAT PEMANTAU KEADAAN PASIEN KOMA



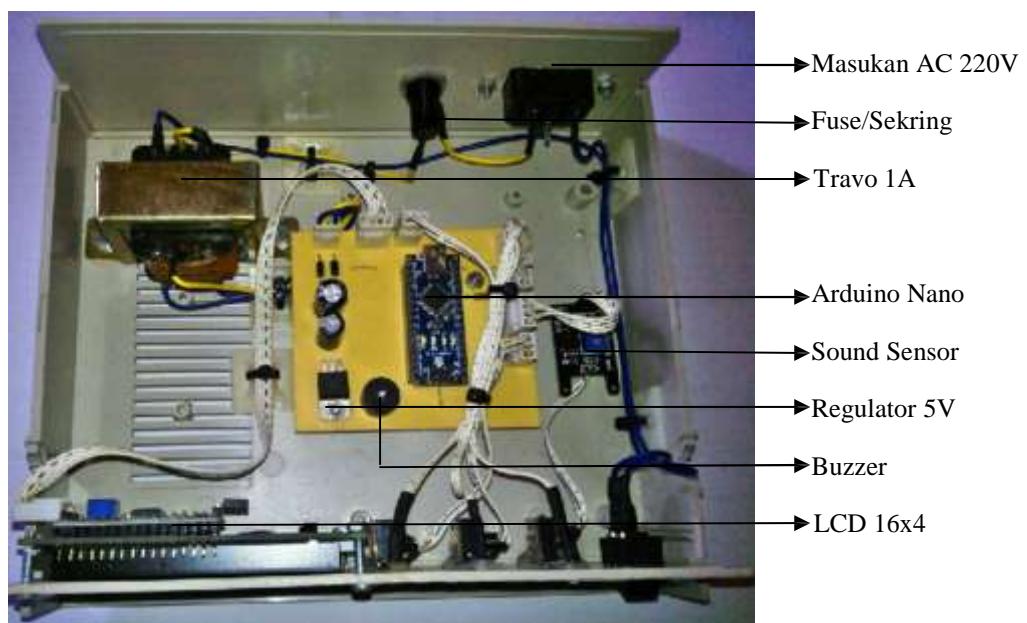


Lampiran 5 : Desain alat pemantau kondisi kesehatan manusia

1. Desain Box

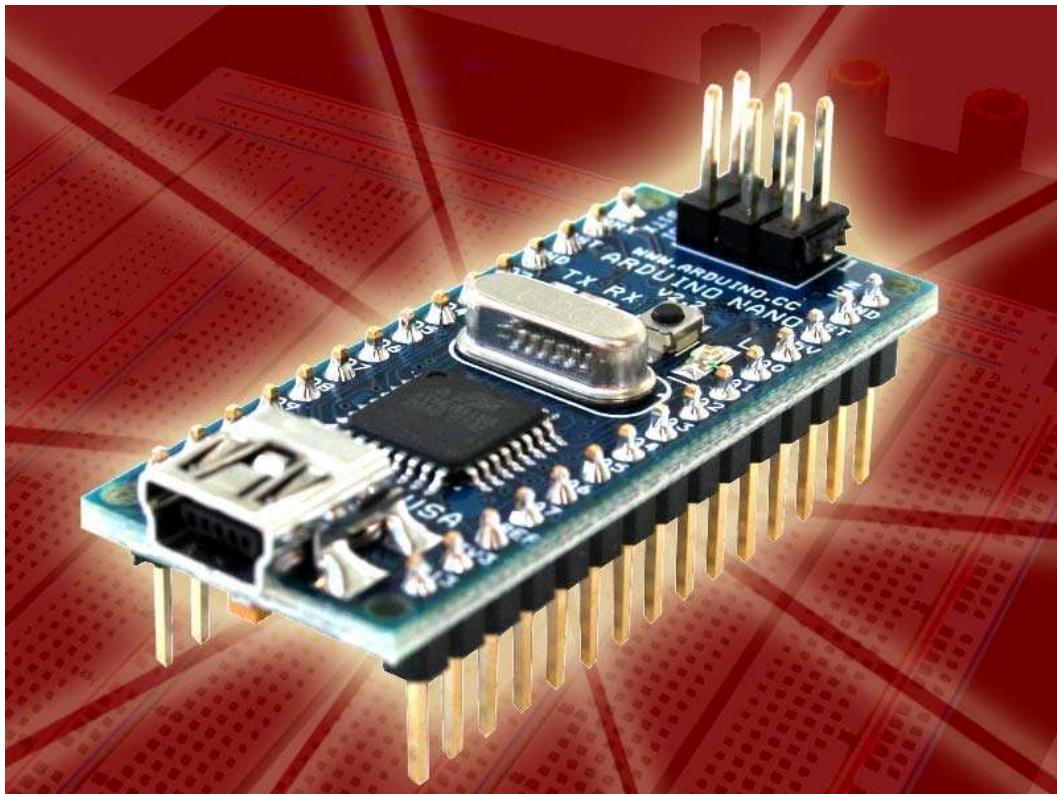


2. Foto Alat



Arduino Nano (V2.3)

User Manual



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License

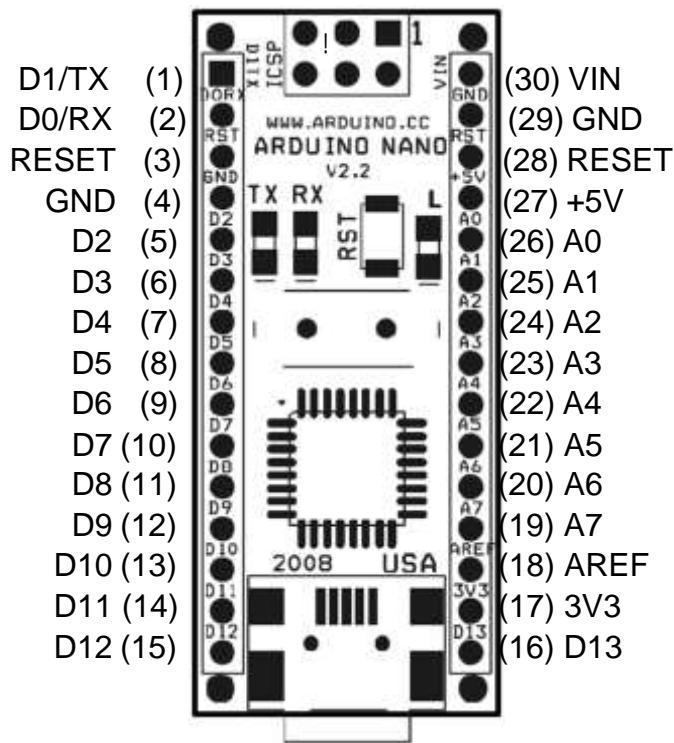
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

More information:

www.arduino.cc

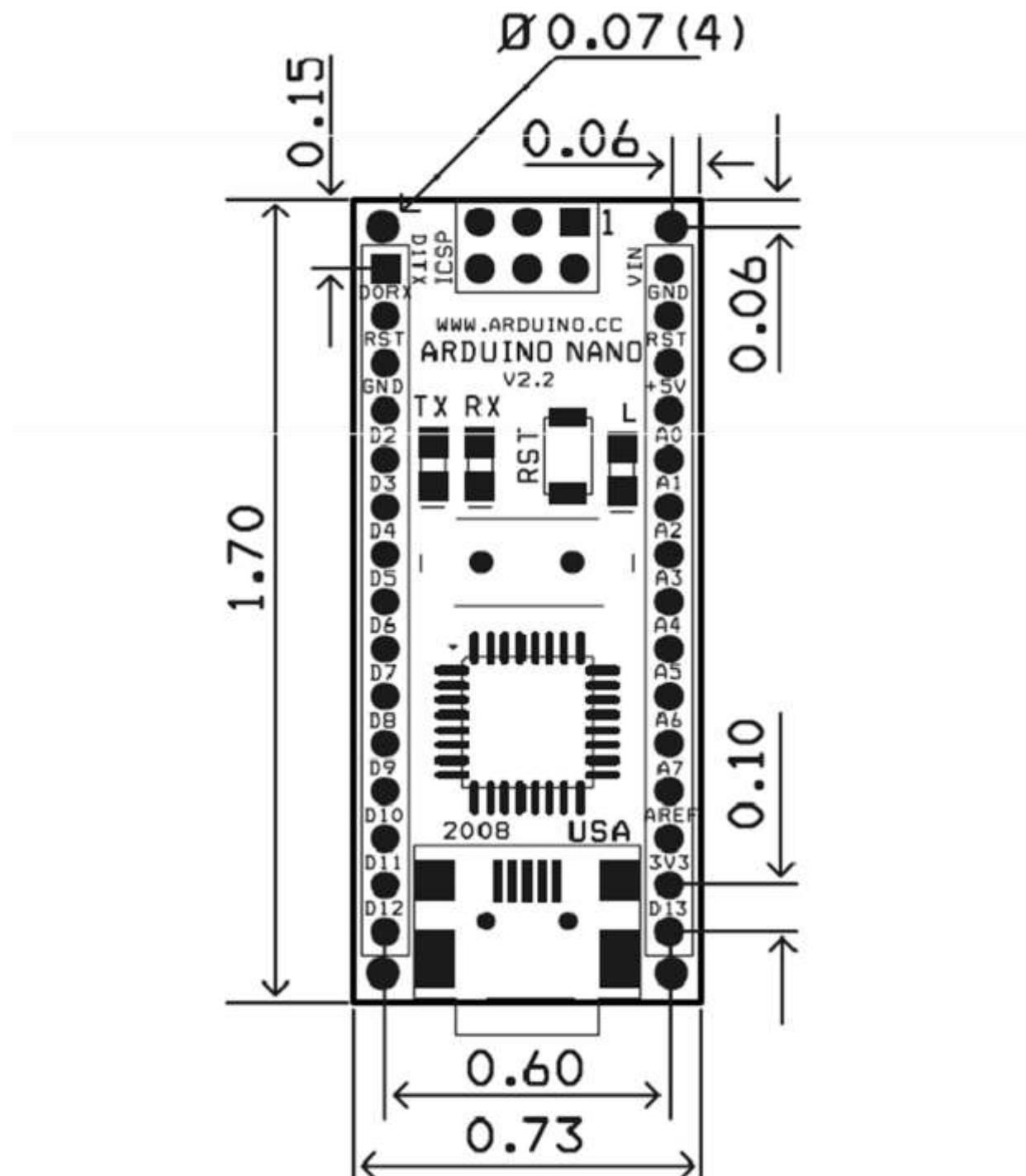
Rev. 2.3

Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

Arduino Nano Mechanical Drawing



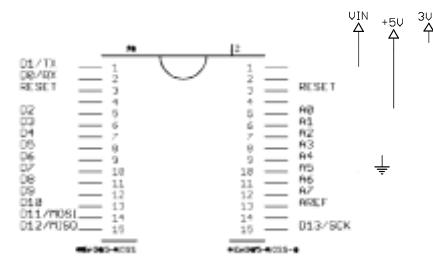
ALL DIMENTIONS ARE IN INCHES

Arduino Nano Bill of Material

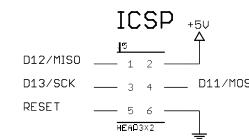
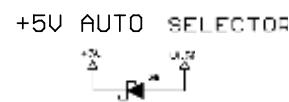
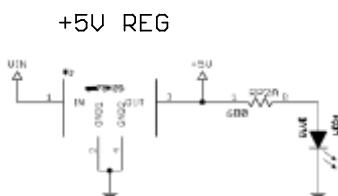
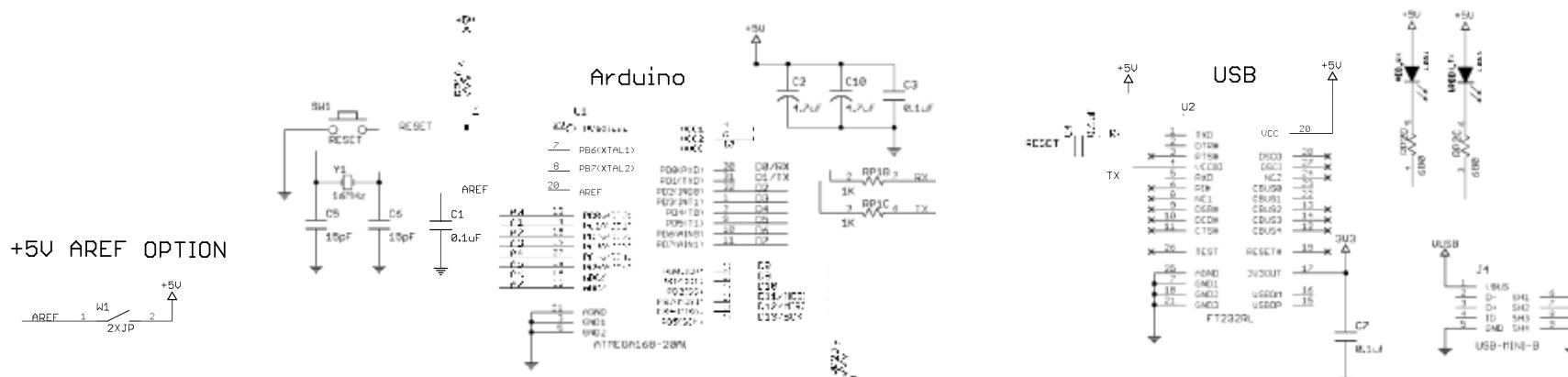
Item!Number!	Qty.!	Ref.!Dest.!	Description!	Mfg.!P/N!	MFG!	Vendor!P/N!	Vendor!
1!	5!	C1,C3,C4,C7,C9!	Capacitor,!0.1uF!50V!10%! Ceramic!X7R!0805!	C0805C104K5RACTU!	Kemet!	80"C0805C104K5R!	Mouser!
2!	3!	C2,C8,C10!	Capacitor,!4.7uF!10V!10%! Tantalum!Case!A!	T491A475K010AT!	Kemet!	80"T491A475K010!	Mouser!
3!	2!	C5,C6!	Capacitor,!18pF!50V!5%! Ceramic!NOP/COG!0805!	C0805C180J5GACTU!	Kemet!	80"C0805C180J5G!	Mouser!
4!	1!	D1!	Diode,!Schottky!0.5A!20V!	MBR0520LT1G!	ONsemi!	863"MBR0520LT1G!	Mouser!
5!	1!	J1,J2!	Headers,!36PSI!1!Row!	68000"136HLF!	FCI!	649"68000"136HLF!	Mouser!
6!	1!	J4!	Connector,!Mini"BL!Recept! Rt.!Angle!	67503"1020!	Molex!	538"67503"1020!	Mouser!
7!	1!	J5!	Headers,!72PSI!2!Rows!	67996"272HLF!	FCI!	649"67996"272HLF!	Mouser!
8!	1!	LD1!	LED,!Super!Bright!RED! 100mcd!640nm!120degree! 0805!	APT2012SRCPRV!	Kingbright!	604"APT2012SRCPRV!	Mouser!
9!	1!	LD2!	LED,!Super!Bright!GREEN! 50mcd!570nm!110degree! 0805!	APHCM2012CGCK"FO1!	Kingbright!	604"APHCM2012CGCK!	Mouser!
10!	1!	LD3!	LED,!Super!Bright!ORANGE! 160mcd!601nm!110degree! 0805!	APHCM2012SECK"FO1!	Kingbright!	04"APHCM2012SECK!	Mouser!
11!	1!	LD4!	LED,!Super!Bright!BLUE! 80mcd!470nm!110degree! 0805!	LTST"C170TBKT!	Lite"On!Inc!	160"1579"1"ND!	Digikey!
12!	1!	R1!	Resistor!Pack,!1K!+/-5%! 62.5mW!4RES!SMD!	YC164"JR"071KL!	Yageo!	YC164J"1.0KCT"ND!	Digikey!
13!	1!	R2!	Resistor!Pack,!680!+/-5%! 62.5mW!4RES!SMD!	YC164"JR"07680RL!	Yageo!	YC164J"680CT"ND!	Digikey!
14!	1!	SW1!	Switch,!Momentary!Tact! SPST!150gf!3.0x2.5mm!	B3U"1000P!	Omron!	SW1020CT"ND!	Digikey!
15!	1!	U1!	IC,!Microcontroller!RISC! 16kB!Flash,!0.5kB!EEPROM,! 23!IO!Pins!	ATmega168"20AU!	Atmel!	556"ATMEGA168"20AU!	Mouser!
16!	1!	U2!	IC,!USB!to!SERIAL!UART!28! Pins!SSOP!	FT232RL!	FTDI!	895"FT232RL!	Mouser!
17!	1!	U3!	IC,!Voltage!regulator!5V,! 500mA!SOT"223!	UA78M05CDCYRG3!	TI!	595"UA78M05CDCYRG3!	Mouser!
18!	1!	Y1!	Crystal,!16MHz!+/-20ppm! HC"49/US!Low!Profile!	ABL"16.000MHZ"B2!	Abraccon!	815"ABL"16"B2!	Mouser!

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

Arduino Nano Schematic



Copyright 2008 under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>



NOT USED

v2.3 - Modify FT232RL to use +5V

TITLE: Arduino Nano

Document Number:

REU:
2.3

Date: 6/26/2008 11:44:44 PM

Sheet: 1/1

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 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
 - 256/512/512/1K Bytes EEPROM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
 - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated 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
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V for ATmega48PA/88PA/168PA/328P
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 20 MHz @ 1.8 - 5.5V
- Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega48PA/88PA/168PA/328P:
 - Active Mode: 0.2 mA
 - Power-down Mode: 0.1 µA
 - Power-save Mode: 0.75 µA (Including 32 kHz RTC)



8-bit AVR® Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega48PA
ATmega88PA
ATmega168PA
ATmega328P

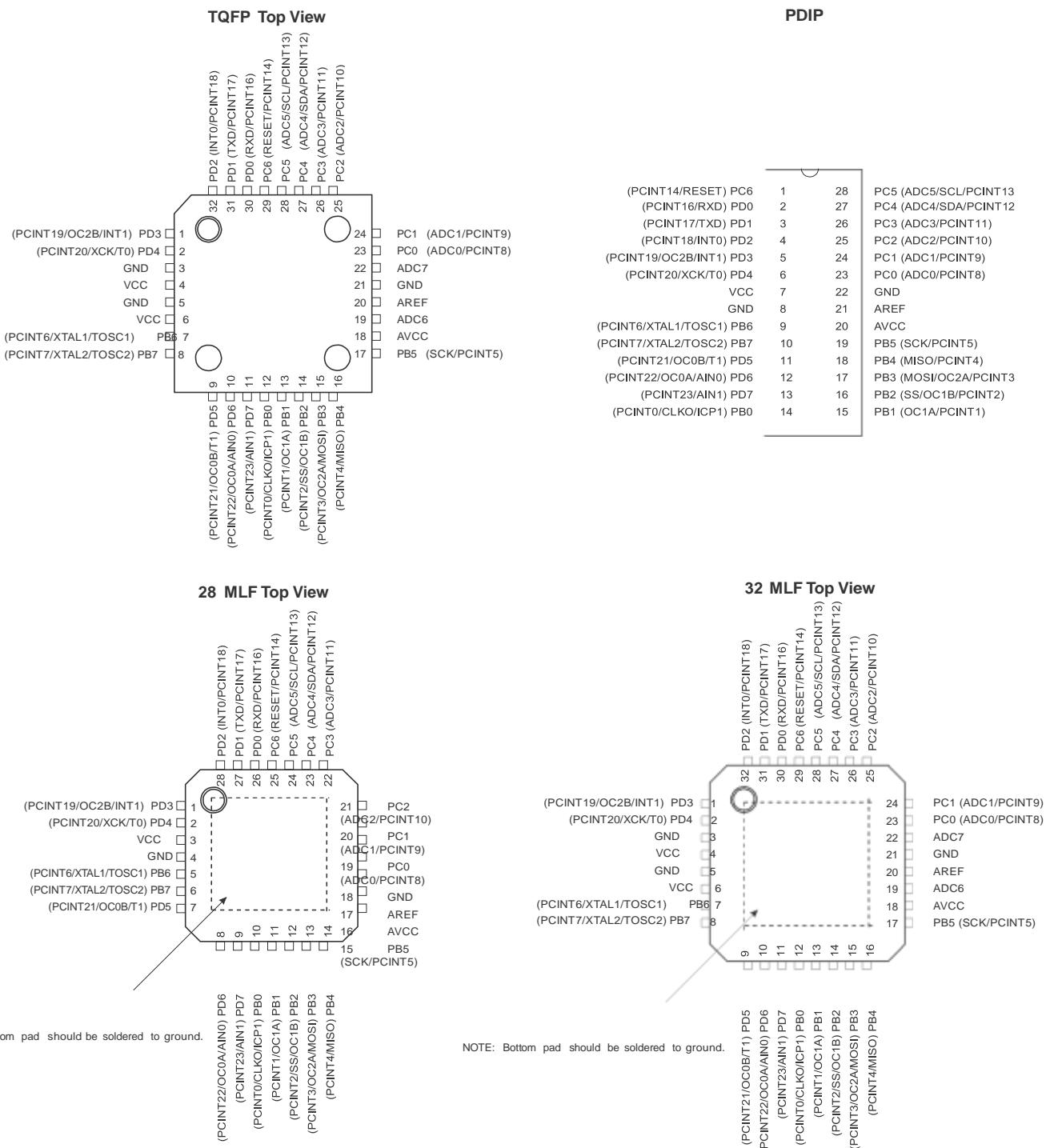
Summary



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48PA/88PA/168PA/328P



1.1 Pin Descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

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.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "[Alternate Functions of Port B](#)" on page 76 and "[System Clock and Clock Options](#)" on page 26.

1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5..0 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.

1.1.5 PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a 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 28-3 on page 308](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "[Alternate Functions of Port C](#)" on page 79.

1.1.6 Port D (PD7:0)

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.



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

The various special features of Port D are elaborated in "[Alternate Functions of Port D](#)" on page [82](#).

1.1.7 AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. 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. Note that PC6..4 use digital supply voltage, V_{CC}.

1.1.8 AREF

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

1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

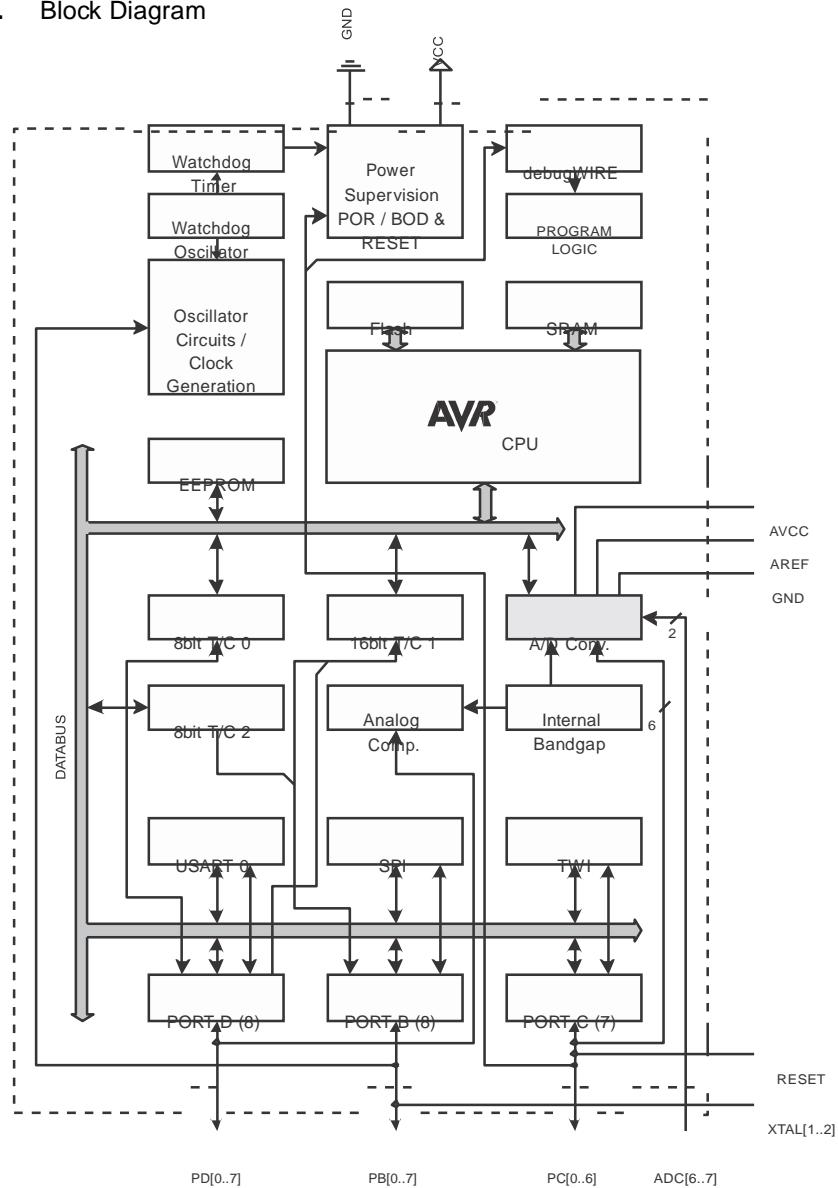
In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

2. Overview

The ATmega48PA/88PA/168PA/328P 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 ATmega48PA/88PA/168PA/328P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. 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.

ATmega48PA/88PA/168PA/328P

The resulting



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega48PA/88PA/168PA/328P provides the following features: 4/8/16/32K bytes of In-System Programmable Flash with Read-W hile-W rite capabilities, 256/512/512/1K bytes EEPROM, 512/1K/1K/2K bytes SRAM, 23 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 2-wire Serial Interface, an SPI serial port, a 6-channel 10-bit ADC (8 channels in TQFP and QFN/MLF packages), a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, and five software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, USART, 2-wire Serial Interface, 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.

The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional non-volatile 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 ATmega48PA/88PA/168PA/328P is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega48PA/88PA/168PA/328P 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.

2.2 Comparison Between ATmega48PA, ATmega88PA, ATmega168PA and ATmega328P

The ATmega48PA, ATmega88PA, ATmega168PA and ATmega328P differ only in memory sizes, boot loader support, and interrupt vector sizes. [Table 2-1](#) summarizes the different memory and interrupt vector sizes for the three devices.

Table 2-1. Memory Size Summary

Device	Flash	EEPROM	RAM	Interrupt Vector Size
ATmega48PA	4K Bytes	256 Bytes	512 Bytes	1 instruction word/vector
ATmega88PA	8K Bytes	512 Bytes	1K Bytes	1 instruction word/vector
ATmega168PA	16K Bytes	512 Bytes	1K Bytes	2 instruction words/vector
ATmega328P	32K Bytes	1K Bytes	2K Bytes	2 instruction words/vector

ATmega88PA, ATmega168PA and ATmega328P support a real Read-W hile-W rite Self-Programming mechanism. There is a separate Boot Loader Section, and the SPM instruction can only execute from there. In ATmega48PA, there is no Read-W hile-W rite support and no separate Boot Loader Section. The SPM instruction can execute from the entire Flash.



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

3. Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

4. Data Retention

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.

5. Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0xFF)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xFE)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xFD)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xFC)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xFB)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xFA)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF9)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF8)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF7)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF6)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF5)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF4)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF3)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF2)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF1)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xF0)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xEF)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xEE)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xED)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xEC)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xEB)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xEA)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE9)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE8)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE7)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE6)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE5)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE4)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE3)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE2)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE1)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xE0)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xDF)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xDE)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xDD)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xDC)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xDB)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xDA)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD9)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD8)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD7)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD6)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD5)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD4)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD3)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD2)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD1)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xD0)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xCF)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xCE)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xCD)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xCC)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xCB)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xCA)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xC9)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xC8)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xC7)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xC6)	UDR0	USART I/O Data Register							189	
(0xC5)	UBRR0H									193
(0xC4)	UBRR0L	USART Baud Rate Register High							193	
(0xC3)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xC2)	UCSR0C	UMSEL01	UMSEL00	UPM01	UPM00	USBS0	UCSZ01 / UDORD0	UCSZ00 / UCPHA0	UCPOL0	191/206



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0xC1)	UCSR0B	RXCIE0	TXCIE0	UDRIE0	RXEN0	TXENO	UCSZ02	RXB80	TXB80	190
(0xC0)	UCSR0A	RXC0	TXC0	UDRE0	FE0	DOR0	UPE0	U2X0	MPCM0	189
(0xBE)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xBE)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xBD)	TWAMR	TWAM6	TWAM5	TWAM4	TWAM3	TWAM2	TWAM1	TWAM0	—	239
(0xBC)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	—	TWIE	236
(0xBB)	TWDR	2-wire Serial Interface Data Register								238
(0xBA)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	239
(0xB9)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	—	TWPS1	TWPS0	238
(0xB8)	TWBR	2-wire Serial Interface Bit Rate Register								236
(0xB7)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xB6)	ASSR	—	EXCLK	AS2	TCN2UB	OCR2AUB	OCR2BUB	TCR2AUB	TCR2BUB	158
(0xB5)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xB4)	OCR2B	Timer/Counter2 Output Compare Register B								156
(0xB3)	OCR2A	Timer/Counter2 Output Compare Register A								156
(0xB2)	TCNT2	Timer/Counter2 (8-bit)								156
(0xB1)	TCCR2B	FOC2A	FOC2B	—	—	WGM22	CS22	CS21	CS20	155
(0xB0)	TCCR2A	COM2A1	COM2A0	COM2B1	COM2B0	—	—	WGM21	WGM20	152
(0xAF)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xAE)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xAD)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xAC)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xAB)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xAA)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA9)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA8)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA7)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA6)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA5)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA4)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA3)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA2)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA1)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0xA0)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x9F)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x9E)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x9D)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x9C)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x9B)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x9A)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x99)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x98)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x97)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x96)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x95)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x94)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x93)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x92)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x91)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x90)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x8F)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x8E)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x8D)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x8C)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x8B)	OCR1BH	Timer/Counter1 - Output Compare Register B High Byte								132
(0x8A)	OCR1BL	Timer/Counter1 - Output Compare Register B Low Byte								132
(0x89)	OCR1AH	Timer/Counter1 - Output Compare Register A High Byte								132
(0x88)	OCR1AL	Timer/Counter1 - Output Compare Register A Low Byte								132
(0x87)	ICR1H	Timer/Counter1 - Input Capture Register High Byte								133
(0x86)	ICR1L	Timer/Counter1 - Input Capture Register Low Byte								133
(0x85)	TCNT1H	Timer/Counter1 - Counter Register High Byte								132
(0x84)	TCNT1L	Timer/Counter1 - Counter Register Low Byte								132
(0x83)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x82)	TCCR1C	FOC1A	FOC1B	—	—	—	—	—	—	131
(0x81)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	—	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	130
(0x80)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	—	—	WGM11	WGM10	128



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0x7F)	DIDR1	—	—	—	—	—	—	AIN1D	AIN0D	244
(0x7E)	DIDR0	—	—	ADC5D	ADC4D	ADC3D	ADC2D	ADC1D	ADC0D	261
(0x7D)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x7C)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	—	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	257
(0x7B)	ADCSRB	—	ACME	—	—	—	ADTS2	ADTS1	ADTS0	260
(0x7A)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	258
(0x79)	ADCH	ADC Data Register High byte								260
(0x78)	ADCL	ADC Data Register Low byte								260
(0x77)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x76)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x75)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x74)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x73)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x72)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x71)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x70)	TIMSK2	—	—	—	—	—	OCIE2B	OCIE2A	TOIE2	157
(0x6F)	TIMSK1	—	—	ICIE1	—	—	OCIE1B	OCIE1A	TOIE1	133
(0x6E)	TIMSK0	—	—	—	—	—	OCIE0B	OCIE0A	TOIE0	105
(0x6D)	PCMSK2	PCINT23	PCINT22	PCINT21	PCINT20	PCINT19	PCINT18	PCINT17	PCINT16	68
(0x6C)	PCMSK1	—	PCINT14	PCINT13	PCINT12	PCINT11	PCINT10	PCINT9	PCINT8	68
(0x6B)	PCMSK0	PCINT7	PCINT6	PCINT5	PCINT4	PCINT3	PCINT2	PCINT1	PCINT0	68
(0x6A)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x69)	EICRA	—	—	—	—	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	65
(0x68)	PCICR	—	—	—	—	—	PCIE2	PCIE1	PCIE0	
(0x67)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x66)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								37
(0x65)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x64)	PRR	PRTWI	PRTIM2	PRTIMO	—	PRTIM1	PRSPI	PRUSART0	PRADC	42
(0x63)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x62)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
(0x61)	CLKPR	CLKPCE	—	—	—	CLKPS3	CLKPS2	CLKPS1	CLKPS0	37
(0x60)	WDTCSR	WDIF	WDIE	WDP3	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	54
0x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	9
0x3E (0x5E)	SPH	—	—	—	—	—	(SP10) ⁵	SP9	SP8	12
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	12
0x3C (0x5C)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x3B (0x5B)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x3A (0x5A)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x39 (0x59)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x38 (0x58)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x37 (0x57)	SPMCSR	SPMIE	(RWWSB) ⁵	—	(RWWRE) ⁵	BLBSET	PGWRT	PGERS	SELFPRGEN	284
0x36 (0x56)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x35 (0x55)	MCUCR	—	BODS	BODSE	PUD	—	—	IVSEL	IVCE	44/62/86
0x34 (0x54)	MCUSR	—	—	—	—	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	54
0x33 (0x53)	SMCR	—	—	—	—	SM2	SM1	SM0	SE	40
0x32 (0x52)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x31 (0x51)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x30 (0x50)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	242
0x2F (0x4F)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x2E (0x4E)	SPDR	SPI Data Register								169
0x2D (0x4D)	SPSR	SPIF	WCOL	—	—	—	—	—	SPI2X	168
0x2C (0x4C)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	167
0x2B (0x4B)	GPIOR2	General Purpose I/O Register 2								25
0x2A (0x4A)	GPIOR1	General Purpose I/O Register 1								25
0x29 (0x49)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	
0x28 (0x48)	OCR0B	Timer/Counter0 Output Compare Register B								
0x27 (0x47)	OCR0A	Timer/Counter0 Output Compare Register A								
0x26 (0x46)	TCNT0	Timer/Counter0 (8-bit)								
0x25 (0x45)	TCCR0B	FOC0A	FOC0B	—	—	WGM02	CS02	CS01	CS00	
0x24 (0x44)	TCCR0A	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	—	—	WGM01	WGM00	
0x23 (0x43)	GTCCR	TSM	—	—	—	—	—	PSRASY	PSRSYNC	137/159
0x22 (0x42)	EEARH	(EEPROM Address Register High Byte) ⁵								21
0x21 (0x41)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								21
0x20 (0x40)	EEDR	EEPROM Data Register								21
0x1F (0x3F)	EECR	—	—	EEPM1	EEPM0	FERIE	EEMPE	EEPE	EERE	21
0x1E (0x3E)	GPIOR0	General Purpose I/O Register 0								25



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x1D (0x3D)	EIMSK	—	—	—	—	—	—	INT1	INT0	66
0x1C (0x3C)	EIFR	—	—	—	—	—	—	INTF1	INTF0	66
0x1B (0x3B)	PCIER	—	—	—	—	—	—	PCIE2	PCIE1	PCIE0
0x1A (0x3A)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x19 (0x39)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x18 (0x38)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x17 (0x37)	TIFR2	—	—	—	—	—	—	OCF2B	OCF2A	TOV2
0x16 (0x36)	TIFR1	—	—	ICF1	—	—	—	OCF1B	OCF1A	TOV1
0x15 (0x35)	TIFR0	—	—	—	—	—	—	OCF0B	OCF0A	TOV0
0x14 (0x34)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x13 (0x33)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x12 (0x32)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x11 (0x31)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x10 (0x30)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x0F (0x2F)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x0E (0x2E)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x0D (0x2D)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x0C (0x2C)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x0B (0x2B)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	87
0x0A (0x2A)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	87
0x09 (0x29)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	87
0x08 (0x28)	PORTC	—	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	86
0x07 (0x27)	DDRC	—	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	86
0x06 (0x26)	PINC	—	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	86
0x05 (0x25)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	86
0x04 (0x24)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	86
0x03 (0x23)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	86
0x02 (0x22)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x01 (0x21)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0x00 (0x20)	Reserved	—	—	—	—	—	—	—	—	—

- Note:
- For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
 - I/O Registers within the address range 0x00 - 0x1F are directly bit-accessible using the SBI and CBI instructions. In these registers, the value of single bits can be checked by using the SBIS and SBIC instructions.
 - Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that, unlike most other AVR, the CBI and SBI instructions will only operate on the specified bit, and can therefore be used on registers containing such Status Flags. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.
 - When using the I/O specific commands IN and OUT, the I/O addresses 0x00 - 0x3F must be used. When addressing I/O Registers as data space using LD and ST instructions, 0x20 must be added to these addresses. The ATmega48PA/88PA/168PA/328P is a complex microcontroller with more peripheral units than can be supported within the 64 location reserved in Opcode for the IN and OUT instructions. For the Extended I/O space from 0x60 - 0xFF in SRAM, only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.
 - Only valid for ATmega88PA.



6. Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rd,K	Add Immediate to Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBIW	Rd,K	Subtract Immediate from Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \bullet K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \bullet (0xFF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
JMP ⁽¹⁾	k	Direct Jump	$PC \leftarrow k$	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
CALL ⁽¹⁾	k	Direct Subroutine Call	$PC \leftarrow k$	None	4
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if $(Rd = Rr)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
CP	Rd,Rr	Compare	$Rd = Rr$	Z, N,V,C,H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	$Rd = Rr - C$	Z, N,V,C,H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	$Rd = K$	Z, N,V,C,H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if $(Rr(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if $(Rr(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if $(P(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if $(P(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if $(SREG(s) = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if $(SREG(s) = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BREQ	k	Branch if Equal	if $(Z = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if $(Z = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	if $(N = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	if $(N = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if $(N \oplus V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if $(N \oplus V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if $(H = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if $(H = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if $(T = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if $(T = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if $(V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if $(V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BRIF	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P,b	Set Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 1	None	2
CBI	P,b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0)←C,Rd(n+1)←Rd(n),C←Rd(7)	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7)←C,Rd(n)←Rd(n+1),C←Rd(0)	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0..6	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0)←Rd(7..4),Rd(7..4)←Rd(3..0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow.	V ← 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd,Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R1:R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A

ATmega48PA/88PA/168PA/328P

7. Ordering Information

7.1 ATmega48PA

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20 ⁽³⁾	1.8 - 5.5	ATmega48PA-AU ATmega48PA-MMH ⁽⁴⁾ ATmega48PA-MU ATmega48PA-PU	32A 28M1 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive).Also Halide free and fully Green.
 3. See "Speed Grades" on page 306.
 4. NiPdAu Lead Finish.

Package Type

32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)



ATmega48PA/88PA/168PA/328P

7.2 ATmega88PA

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20 ⁽³⁾	1.8 - 5.5	ATmega88PA-AU ATmega88PA-MMH ⁽⁴⁾ ATmega88PA-MU ATmega88PA-PU	32A 28M1 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive).Also Halide free and fully Green.
 3. See "Speed Grades" on page 306.
 4. NiPdAu Lead Finish.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

ATmega48PA/88PA/168PA/328P

7.3 ATmega168PA

Speed (MHz) ⁽³⁾	Power Supply	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20	1.8 - 5.5	ATmega168PA-AU ATmega168PA-MMH ⁽⁴⁾ ATmega168PA-MU ATmega168PA-PU	32A 28M1 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive).Also Halide free and fully Green.
 3. See "Speed Grades" on page 312.
 4. NiPdAu Lead Finish.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

ATmega48PA/88PA/168PA/328P

7.4 ATmega328P

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20 ⁽³⁾	1.8 - 5.5	ATmega328P- AU ATmega328P- MU ATmega328P- PU	32A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

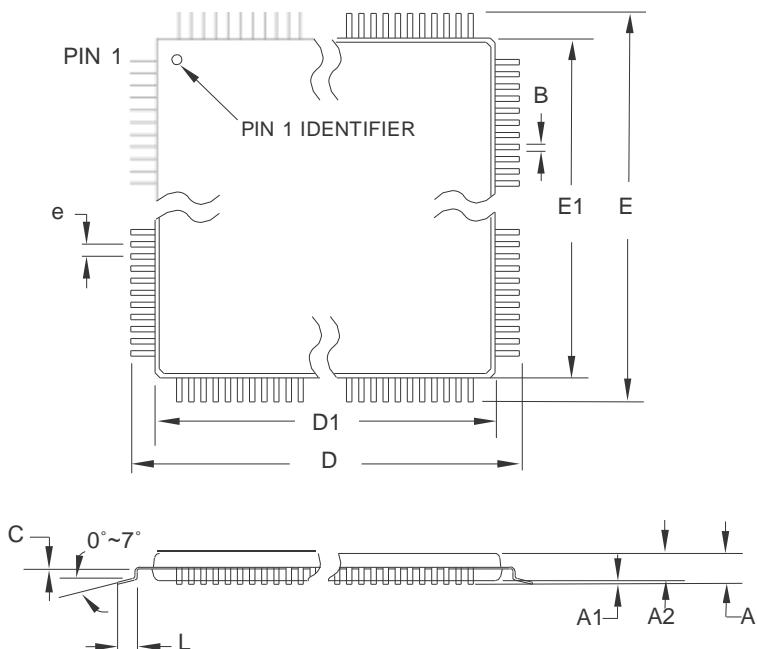
- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive).Also Halide free and fully Green.
 3. See [Figure 28-1 on page 316](#).

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)

ATmega48PA/88PA/168PA/328P

8. Packaging Information

8.1 32A



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

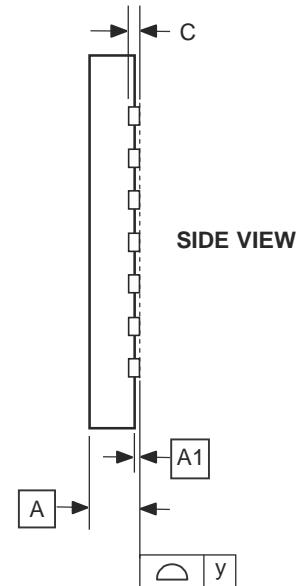
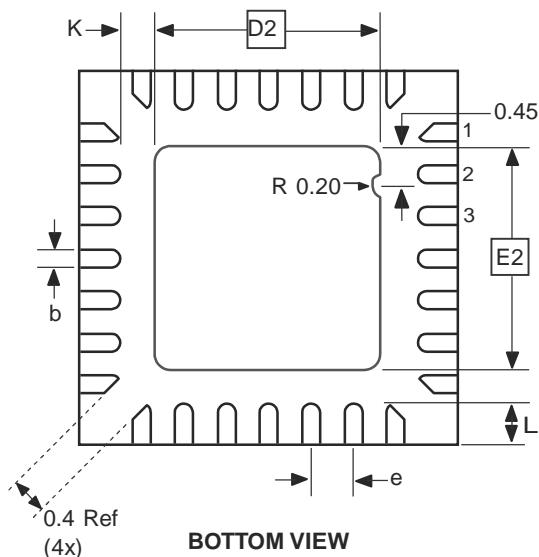
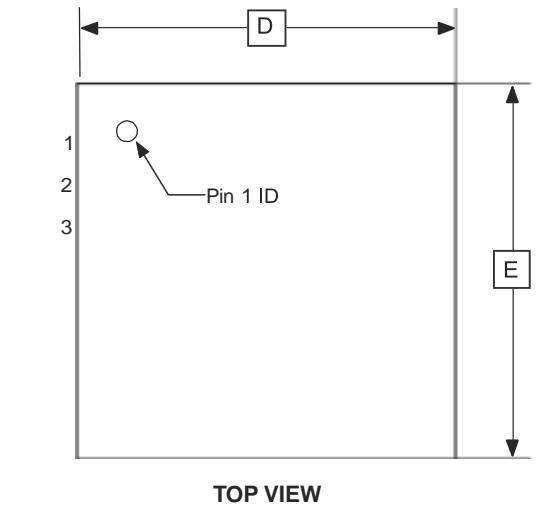
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	—	—	1.20	
A1	0.05	—	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	8.75	9.00	9.25	
D1	6.90	7.00	7.10	Note 2
E	8.75	9.00	9.25	
E1	6.90	7.00	7.10	Note 2
B	0.30	—	0.45	
C	0.09	—	0.20	
L	0.45	—	0.75	
e	0.80 TYP			

10/5/2001

AMEL	2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 32A, 32-lead, 7 x 7 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness, 0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)	DRAWING NO.	REV.
			32A	B

ATmega48PA/88PA/168PA/328P

8.2 28M1



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.80	0.90	1.00	
A1	0.00	0.02	0.05	
b	0.17	0.22	0.27	
C	0.20 REF			
D	3.95	4.00	4.05	
D2	2.35	2.40	2.45	
E	3.95	4.00	4.05	
E2	2.35	2.40	2.45	
e	0.45			
L	0.35	0.40	0.45	
y	0.00	—	0.08	
K	0.20	—	—	

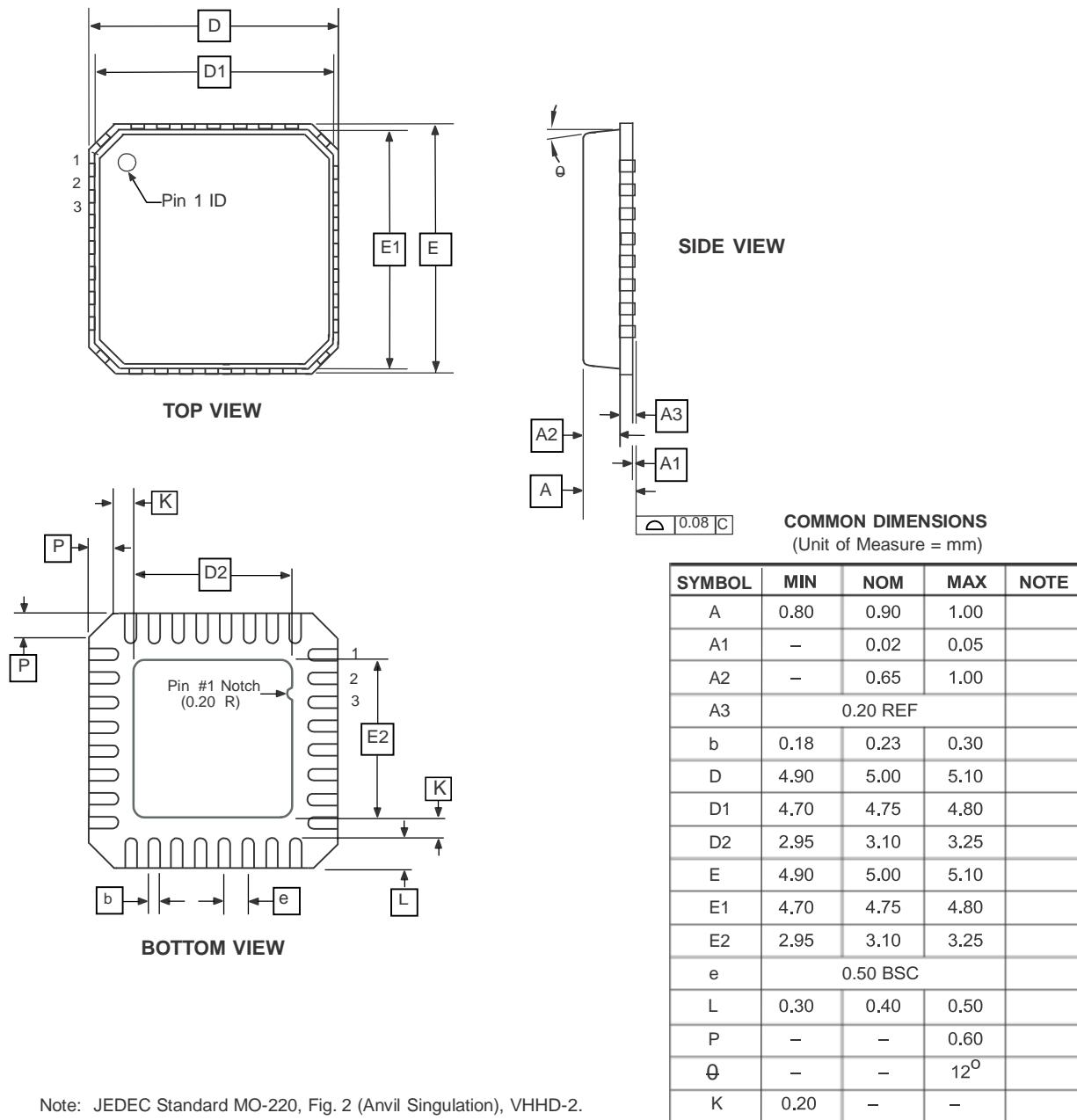
Note: The terminal #1 ID is a Laser-marked Feature.

10/24/08

ATMEL	Package Drawing Contact: packagedrawings@atmel.com	TITLE 28M1, 28-pad, 4x4 x 1.0 mm Body, Lead Pitch 0.45 mm, 2.4 x 2.4 mm Exposed Pad, Thermally Enhanced Plastic Very Thin Quad Flat No Lead Package (VQFN)	GPC ZBV	DRAWING NO. 28M1	REV. B
-------	---	---	------------	---------------------	-----------

ATmega48PA/88PA/168PA/328P

8.3 32M1-A

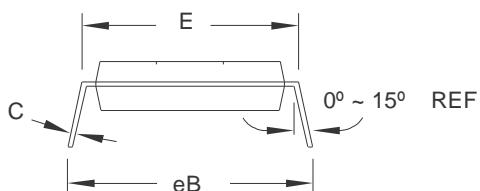
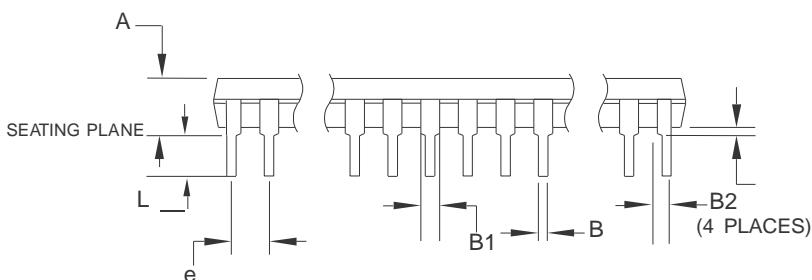
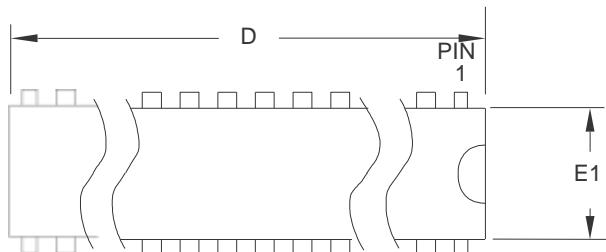


5/25/06

ATMEL	2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 32M1-A, 32-pad, 5 x 5 x 1.0 mm Body, Lead Pitch 0.50 mm, 3.10 mm Exposed Pad, Micro Lead Frame Package (MLF)	DRAWING NO.	REV.
			32M1-A	E

ATmega48PA/88PA/168PA/328P

8.4 28P3



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	—	—	4.5724	
A1	0.508	—	—	
D	34.544	—	34.798	Note 1
E	7.620	—	8.255	
E1	7.112	—	7.493	Note 1
B	0.381	—	0.533	
B1	1.143	—	1.397	
B2	0.762	—	1.143	
L	3.175	—	3.429	
C	0.203	—	0.356	
eB	—	—	10.160	
e	2.540 TYP			

Note: 1. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion.
Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

09/28/01

ATMEL	2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 28P3, 28-lead (0.300"/7.62 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	DRAWING NO.	REV.
			28P3	B

9. Errata

9.1 Errata ATmega48PA

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega48PA device.

9.1.1 Rev. D

No known errata.

9.2 Errata ATmega88PA

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega88PA device.

9.2.1 Rev. F

No known errata.

9.3 Errata ATmega168PA

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega168PA device.

9.3.1 Rev E

No known errata.

9.4 Errata ATmega328P

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega328P device.

9.4.1 Rev D

No known errata.

9.4.2 Rev C

Not sampled.

9.4.3 Rev B

- **Unstable 32 kHz Oscillator**

1. Unstable 32 kHz Oscillator

The 32 kHz oscillator does not work as system clock.

The 32 kHz oscillator used as asynchronous timer is inaccurate.

Problem Fix/ Workaround

None

9.4.4 Rev A

- **Unstable 32 kHz Oscillator**

1. Unstable 32 kHz Oscillator

The 32 kHz oscillator does not work as system clock.

The 32 kHz oscillator used as asynchronous timer is inaccurate.

Problem Fix/ Workaround

None

10. Datasheet Revision History

Please note that the referring page numbers in this section are referred to this document. The referring revision in this section are referring to the document revision.

10.1 Rev. 8161D – 10/09

1. Inserted Table 8-8 on page 32, Capacitance for Low-frequency Crystal Oscillator.

10.2 Rev. 8161C – 05/09

1. Updated "Features" on page 1 for ATmega48PA/88PA/168PA/328P.
2. Updated "Overview" on page 5 included the Table 2-1 on page 6.
3. Updated "AVR Memories" on page 16 included "Register Description" on page 21 and inserted Figure 7-1 on page 17.
4. Updated "Register Description" on page 44.
5. Updated "System Control and Reset" on page 46.
6. Updated "Interrupts" on page 57.
7. Updated "External Interrupts" on page 70.
8. Updated "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming, ATmega88PA, ATmega168PA and ATmega328P" on page 277.
9. Inserted "ATmega168PA DC Characteristics" on page 315.
10. Inserted "ATmega328P DC Characteristics" on page 316.
11. Inserted "ATmega168PA Typical Characteristics" on page 375.
12. Inserted "ATmega328P Typical Characteristics" on page 399.
13. Inserted Ordering Information for "ATmega168PA" on page 432.
14. Inserted Ordering Information for "ATmega328P" on page 433.
15. Inserted "Errata ATmega328P" on page 438.
16. Editing updates.

10.3 Rev. 8161B – 01/09

1. Updated "Features" on page 1 for ATmega48PA and updated the book accordingly.
2. Updated "Overview" on page 5 included the Table 2-1 on page 6.
3. Updated "AVR Memories" on page 16 included "Register Description" on page 21 and inserted Figure 7-1 on page 17.
4. Updated "Register Description" on page 44.
5. Updated "System Control and Reset" on page 46.
6. Updated "Interrupts" on page 57.

ATmega48PA/88PA/168PA/328P

7. Updated "External Interrupts" on page 70.
8. Inserted Typical characteristics for "ATmega48PA Typical Characteristics" on page 327.
9. Updated figure names in Typical characteristics for "ATmega88PA Typical Characteristics" on page 351.
10. Inserted "ATmega48PA DC Characteristics" on page 314.
11. Updated Table 28-1 on page 317 by removing the footnote from Vcc/User calibration
12. Updated Table 28-7 on page 323 by removing Max value (2.5 LSB) from Absolute accuracy, $V_{REF} = 4V$, $V_{CC} = 4V$, ADC clock = 200 kHz.
13. Inserted Ordering Information for "ATmega48PA" on page 430.

10.4 Rev. 8161A – 11/08

1. Initial revision (Based on the ATmega48P/88P/168P/328P datasheet 8025F-AVR-08/08).
2. Changes done compared to ATmega48P/88P/168P/328P datasheet 8025F-AVR-08/08:
 - Updated "DC Characteristics" on page 313 with new typical values for I_{CC} .
 - Updated "Speed Grades" on page 316.
 - New graphics in "Typical Characteristics" on page 326.
 - New "Ordering Information" on page 430.



Headquarters

Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 487-2600

International

Atmel Asia

Unit 1-5 & 16, 19/F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2245-6100
Fax: (852) 2722-1369

Atmel Europe

Le Krebs
8, Rue Jean-Pierre Timbaud
BP 309
78054 Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex
France
Tel: (33) 1-30-60-70-00
Fax: (33) 1-30-60-71-11

Atmel Japan

9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
Tel: (81) 3-3523-3551
Fax: (81) 3-3523-7581

Product Contact

Web Site

www.atmel.com

Technical Support

avr@atmel.com

Sales Contact

www.atmel.com/contacts

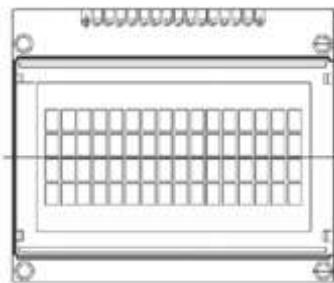
Literature Requests

www.atmel.com/literature

Disclaimer: The information in this document is provided in connection with Atmel products. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property right is granted by this document or in connection with the sale of Atmel products. EXCEPT AS SET FORTH IN ATTEL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE LOCATED ON ATTEL'S WEB SITE, ATTEL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND DISCLAIMS ANY EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY WARRANTY RELATING TO ITS PRODUCTS INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL ATTEL BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, SPECIAL OR INCIDENTAL DAMAGES (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR LOSS OF PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION, OR LOSS OF INFORMATION) ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THIS DOCUMENT, EVEN IF ATTEL HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. Atmel makes no representations or warranties with respect to the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. Atmel does not make any commitment to update the information contained herein. Unless specifically provided otherwise, Atmel products are not suitable for, and shall not be used in, automotive applications. Atmel's products are not intended, authorized, or warranted for use as components in applications intended to support or sustain life.

© 2009 Atmel Corporation. All rights reserved. Atmel®, Atmel logo and combinations thereof, AVR® and others are registered trademarks or trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be trademarks of others.

16 x 4 Character LCD



FEATURES

- 5 x 8 dots includes cursor
- Built - in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- B/L to be driven by pin 1, pin 2, or pin 15, pin 16 or A and K
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA

ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	70.6 x 60.0	mm
Viewing Area	60.0 x 32.6	mm
Mounting Hole	65.6 x 50.0	mm
Character Size	2.95 x 4.75	mm

ABSOLUTE MAXIMUM RATING

ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD-VSS	- 0.3	-	7.0	V
Input Voltage	VI	- 0.3	-	VDD	V

NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	VDD	VDD = + 5V	4.7	5.0	5.3	V
		VDD = + 3V	2.7	3.0	5.3	V
Supply Current	IDD	VDD = + 5V	-	1.65	-	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version Module	VDD - VO	- 20 °C	5.0	5.1	5.7	V
		0°C	4.6	4.8	5.2	
		25°C	4.1	4.5	4.7	
		50°C	3.9	4.2	4.5	
		70°C	3.7	3.9	4.3	
EL Power Supply Current	IEL	Vel = 110VAC; 400Hz	-	-	5.0	mA

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE:

Display Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
DD RAM Address	00	01															0F
DD RAM Address	40	41															4F
DD RAM Address	10	11															1F
DD RAM Address	50	51															5F

LCD-016M004B

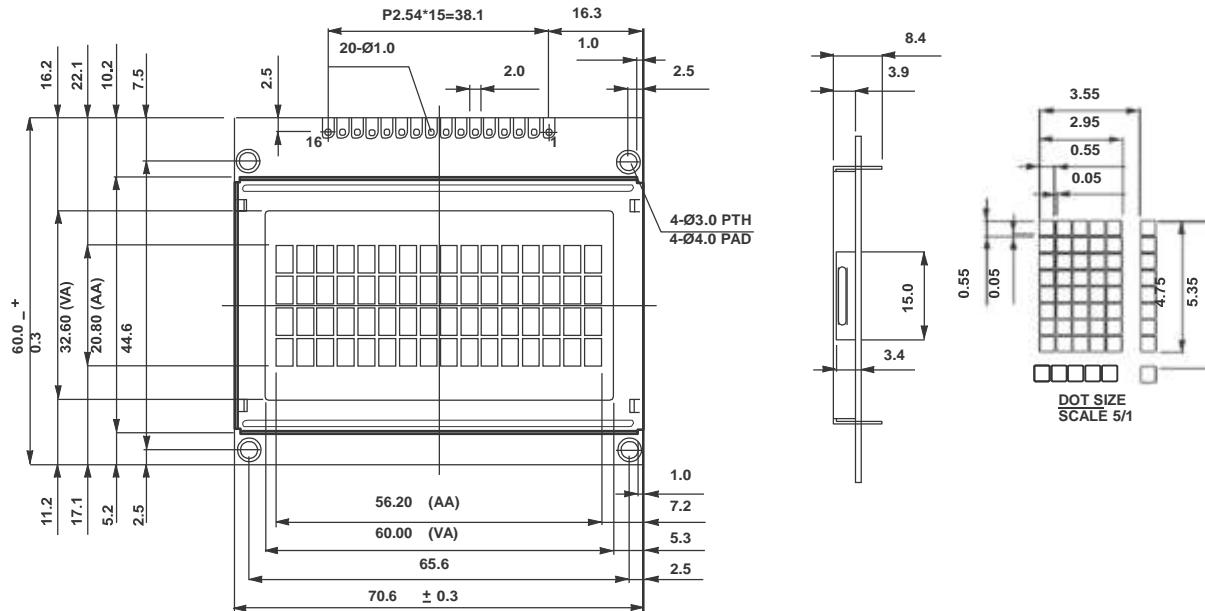
Vishay

16 x 4 Character LCD



PIN NUMBER	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	GND
2	Vdd	+ 3V or + 5V
3	Vo	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read/Write Signal
6	E	H → L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A/Vee	+ 4.2V for LED (RA = 0Ω)/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (0V)

DIMENSIONS in millimeters



This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.



www.dalsemi.com

FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- ±0.5°C accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

DESCRIPTION

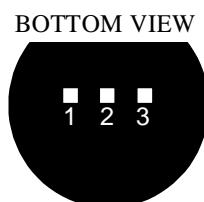
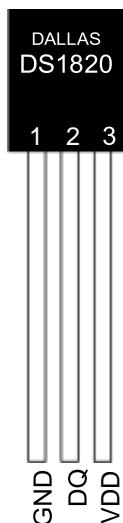
The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

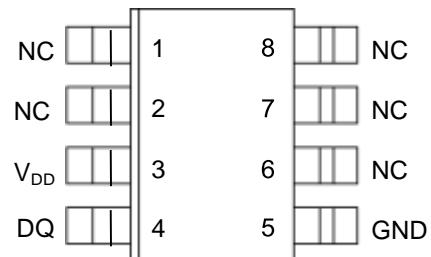
Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS18B20s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer

PIN ASSIGNMENT



DS18B20 To-92
Package



DS18B20Z
8-Pin SOIC (150 mil)

PIN DESCRIPTION

GND	- Ground
DQ	- Data In/Out
V _{DD}	- Power Supply Voltage
NC	- No Connect

DETAILED PIN DESCRIPTION Table 1

PIN 8PIN SOIC	PIN TO92	SYMBOL	DESCRIPTION
5	1	GND	Ground.
4	2	DQ	Data Input/Output pin. For 1-Wire operation: Open drain. (See "Parasite Power" section.)
3	3	V _{DD}	Optional V_{DD} pin. See "Parasite Power" section for details of connection. V _{DD} must be grounded for operation in parasite power mode.

DS18B20Z (8-pin SOIC): All pins not specified in this table are not to be connected.

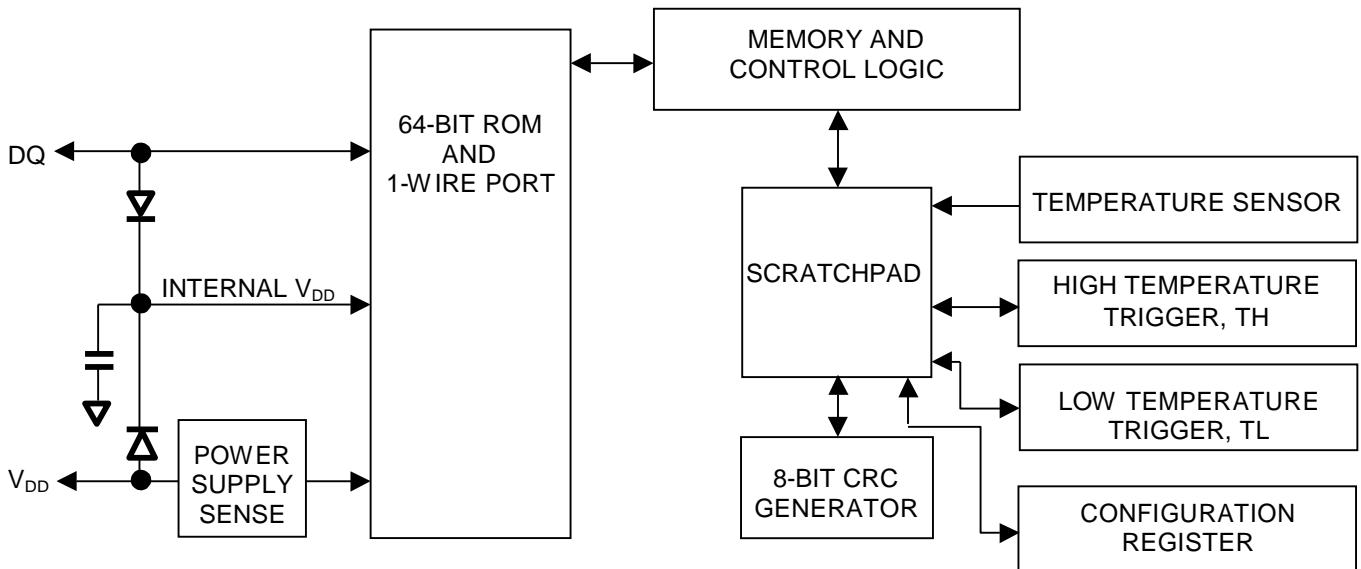
OVERVIEW

The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS18B20. The DS18B20 has four main data components: 1) 64-bit lasered ROM, 2) temperature sensor, 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL, and 4) a configuration register. The device derives its power from the 1-Wire communication line by storing energy on an internal capacitor during periods of time when the signal line is high and continues to operate off this power source during the low times of the 1-Wire line until it returns high to replenish the parasite (capacitor) supply. As an alternative, the DS18B20 may also be powered from an external 3 volt - 5.5 volt supply.

Communication to the DS18B20 is via a 1-Wire port. With the 1-Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64-bit lasered ROM portion of each device and can single out a specific device if many are present on the 1-Wire line as well as indicate to the bus master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

One control function command instructs the DS18B20 to perform a temperature measurement. The result of this measurement will be placed in the DS18B20's scratch-pad memory, and may be read by issuing a memory function command which reads the contents of the scratchpad memory. The temperature alarm triggers TH and TL consist of 1 byte EEPROM each. If the alarm search command is not applied to the DS18B20, these registers may be used as general purpose user memory. The scratchpad also contains a configuration byte to set the desired resolution of the temperature to digital conversion. Writing TH, TL, and the configuration byte is done using a memory function command. Read access to these registers is through the scratchpad. All data is read and written least significant bit first.

DS18B20 BLOCK DIAGRAM Figure 1



PARASITE POWER

The block diagram (Figure 1) shows the parasite-powered circuitry. This circuitry “steals” power whenever the DQ or V_{DD} pins are high. DQ will provide sufficient power as long as the specified timing and voltage requirements are met (see the section titled “1-Wire Bus System”). The advantages of parasite power are twofold: 1) by parasiting off this pin, no local power source is needed for remote sensing of temperature, and 2) the ROM may be read in absence of normal power.

In order for the DS18B20 to be able to perform accurate temperature conversions, sufficient power must be provided over the DQ line when a temperature conversion is taking place. Since the operating current of the DS18B20 is up to 1.5 mA, the DQ line will not have sufficient drive due to the 5k pullup resistor. This problem is particularly acute if several DS18B20s are on the same DQ and attempting to convert simultaneously.

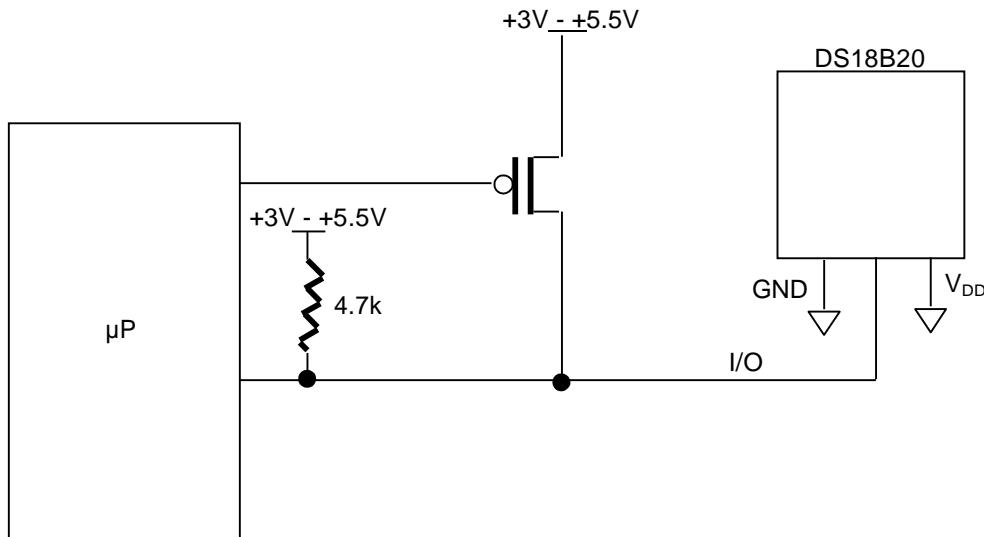
There are two ways to assure that the DS18B20 has sufficient supply current during its active conversion cycle. The first is to provide a strong pullup on the DQ line whenever temperature conversions or copies to the E² memory are taking place. This may be accomplished by using a MOSFET to pull the DQ line directly to the power supply as shown in Figure 2. The DQ line must be switched over to the strong pullup within 10 µs maximum after issuing any protocol that involves copying to the E² memory or initiates temperature conversions. When using the parasite power mode, the V_{DD} pin must be tied to ground.

Another method of supplying current to the DS18B20 is through the use of an external power supply tied to the V_{DD} pin, as shown in Figure 3. The advantage to this is that the strong pullup is not required on the DQ line, and the bus master need not be tied up holding that line high during temperature conversions. This allows other data traffic on the 1-Wire bus during the conversion time. In addition, any number of DS18B20s may be placed on the 1-Wire bus, and if they all use external power, they may all simultaneously perform temperature conversions by issuing the Skip ROM command and then issuing the Convert T command. Note that as long as the external power supply is active, the GND pin may not be floating.

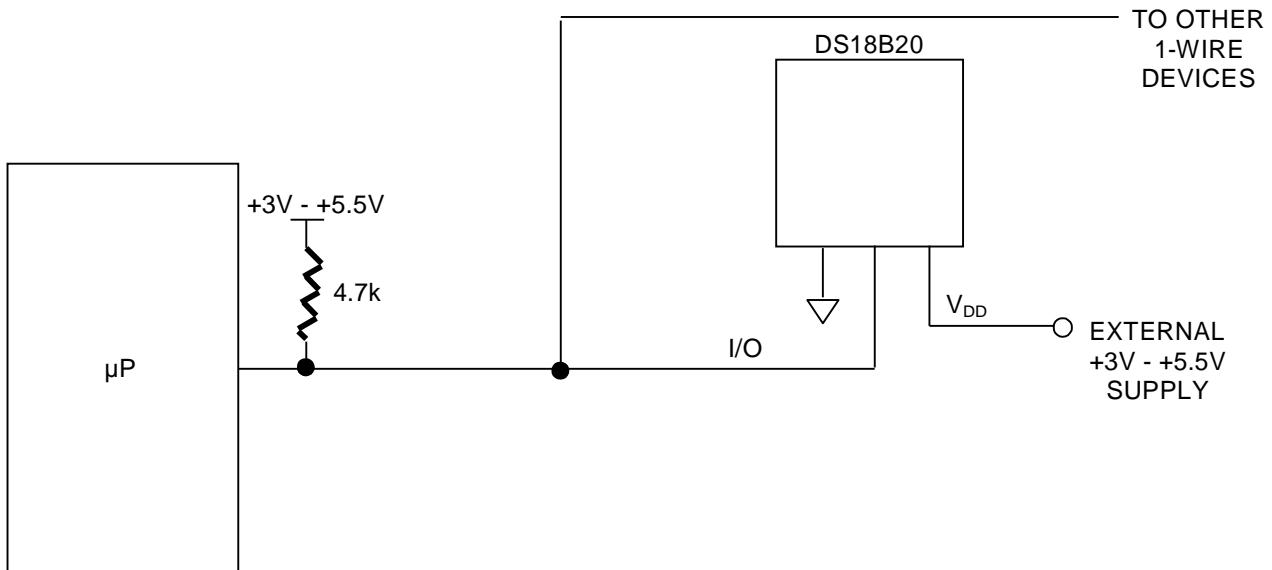
The use of parasite power is not recommended above 100°C, since it may not be able to sustain communications given the higher leakage currents the DS18B20 exhibits at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that V_{DD} be applied to the DS18B20.

For situations where the bus master does not know whether the DS18B20s on the bus are parasite powered or supplied with external V_{DD} , a provision is made in the DS18B20 to signal the power supply scheme used. The bus master can determine if any DS18B20s are on the bus which require the strong pullup by sending a Skip ROM protocol, then issuing the read power supply command. After this command is issued, the master then issues read time slots. The DS18B20 will send back “0” on the 1-Wire bus if it is parasite powered; it will send back a “1” if it is powered from the V_{DD} pin. If the master receives a “0,” it knows that it must supply the strong pullup on the DQ line during temperature conversions. See “Memory Command Functions” section for more detail on this command protocol.

STRONG PULLUP FOR SUPPLYING DS18B20 DURING TEMPERATURE CONVERSION Figure 2



USING V_{DD} TO SUPPLY TEMPERATURE CONVERSION CURRENT Figure 3

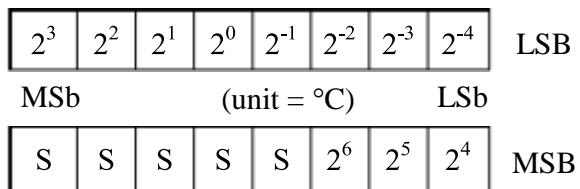


OPERATION - MEASURING TEMPERATURE

The core functionality of the DS18B20 is its direct-to-digital temperature sensor. The resolution of the DS18B20 is configurable (9, 10, 11, or 12 bits), with 12-bit readings the factory default state. This equates to a temperature resolution of 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C, or 0.0625°C. Following the issuance of the Convert T [44h] command, a temperature conversion is performed and the thermal data is stored in the scratchpad memory in a 16-bit, sign-extended two's complement format. The temperature information can be retrieved over the 1-Wire interface by issuing a Read Scratchpad [BEh] command once the conversion has been performed. The data is transferred over the 1-Wire bus, LSB first. The MSB of the temperature register contains the “sign” (S) bit, denoting whether the temperature is positive or negative.

Table 2 describes the exact relationship of output data to measured temperature. The table assumes 12-bit resolution. If the DS18B20 is configured for a lower resolution, insignificant bits will contain zeros. For Fahrenheit usage, a lookup table or conversion routine must be used.

Temperature/Data Relationships Table 2



TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C	0000 0101 0101 0000	0550h*
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625°C	1111 1110 0110 1111	FF6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h

*The power on reset register value is +85°C.

OPERATION - ALARM SIGNALING

After the DS18B20 has performed a temperature conversion, the temperature value is compared to the trigger values stored in TH and TL. Since these registers are 8-bit only, bits 9-12 are ignored for comparison. The most significant bit of TH or TL directly corresponds to the sign bit of the 16-bit temperature register. If the result of a temperature measurement is higher than TH or lower than TL, an alarm flag inside the device is set. This flag is updated with every temperature measurement. As long as the alarm flag is set, the DS18B20 will respond to the alarm search command. This allows many DS18B20s to be connected in parallel doing simultaneous temperature measurements. If somewhere the temperature exceeds the limits, the alarming device(s) can be identified and read immediately without having to read non-alarming devices.

64-BIT LASERED ROM

Each DS18B20 contains a unique ROM code that is 64-bits long. The first 8 bits are a 1-Wire family code (DS18B20 code is 28h). The next 48 bits are a unique serial number. The last 8 bits are a CRC of the first 56 bits. (See Figure 4.) The 64-bit ROM and ROM Function Control section allow the DS18B20 to operate as a 1-Wire device and follow the 1-Wire protocol detailed in the section “1-Wire Bus System.” The functions required to control sections of the DS18B20 are not accessible until the ROM function protocol has been satisfied. This protocol is described in the ROM function protocol flowchart (Figure 5). The 1-Wire bus master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. After a ROM function sequence has been successfully executed, the functions specific to the DS18B20 are accessible and the bus master may then provide one of the six memory and control function commands.

CRC GENERATION

The DS18B20 has an 8-bit CRC stored in the most significant byte of the 64-bit ROM. The bus master can compute a CRC value from the first 56-bits of the 64-bit ROM and compare it to the value stored within the DS18B20 to determine if the ROM data has been received error-free by the bus master. The equivalent polynomial function of this CRC is:

$$\text{CRC} = X^8 + X^5 + X^4 + 1$$

The DS18B20 also generates an 8-bit CRC value using the same polynomial function shown above and provides this value to the bus master to validate the transfer of data bytes. In each case where a CRC is used for data transfer validation, the bus master must calculate a CRC value using the polynomial function given above and compare the calculated value to either the 8-bit CRC value stored in the 64-bit ROM portion of the DS18B20 (for ROM reads) or the 8-bit CRC value computed within the DS18B20 (which is read as a ninth byte when the scratchpad is read). The comparison of CRC values and decision to continue with an operation are determined entirely by the bus master. There is no circuitry inside the DS18B20 that prevents a command sequence from proceeding if the CRC stored in or calculated by the DS18B20 does not match the value generated by the bus master.

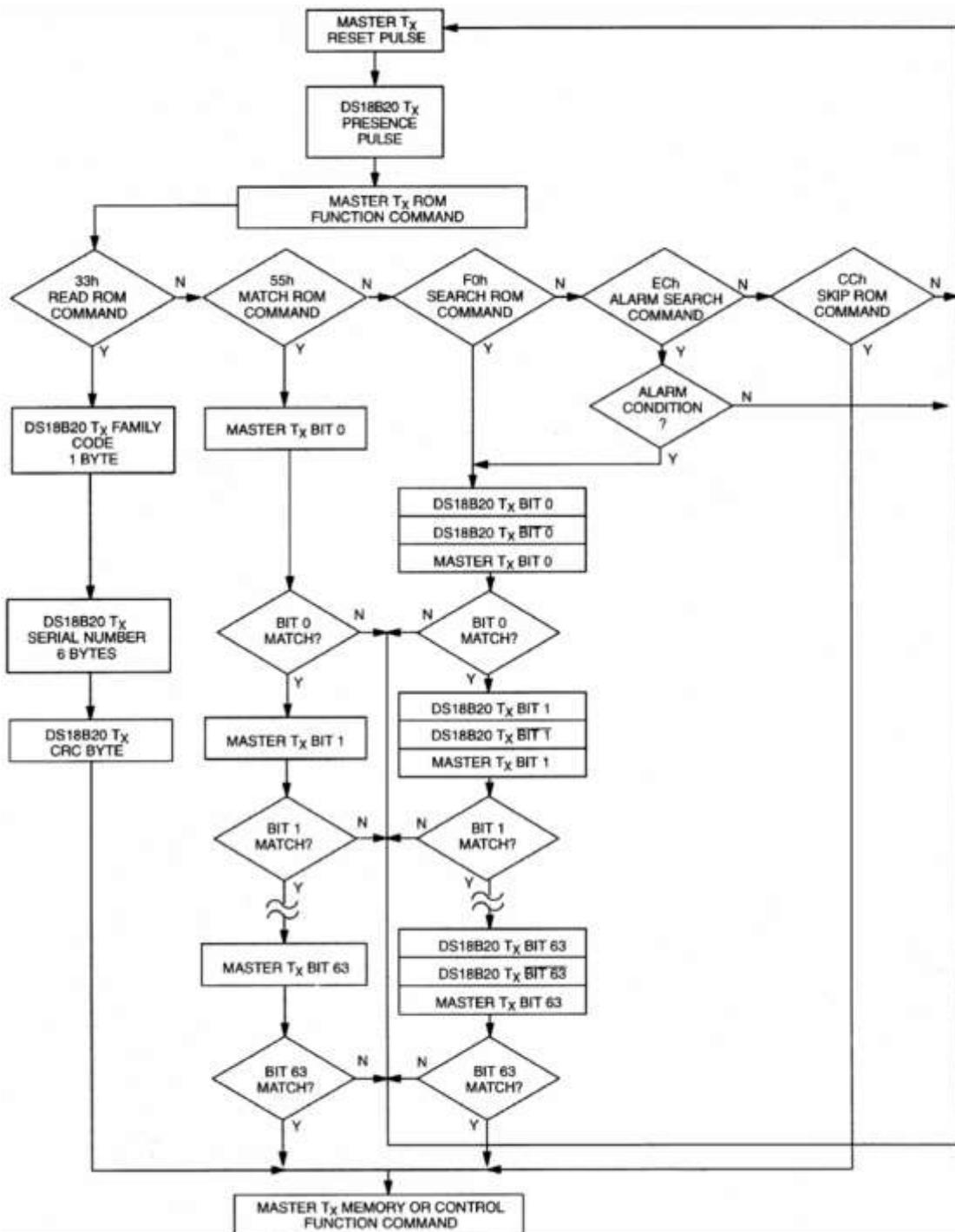
The 1-Wire CRC can be generated using a polynomial generator consisting of a shift register and XOR gates as shown in Figure 6. Additional information about the Dallas 1-Wire Cyclic Redundancy Check is available in Application Note 27 entitled “Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor Touch Memory Products.”

The shift register bits are initialized to 0. Then starting with the least significant bit of the family code, 1 bit at a time is shifted in. After the 8th bit of the family code has been entered, then the serial number is entered. After the 48th bit of the serial number has been entered, the shift register contains the CRC value. Shifting in the 8 bits of CRC should return the shift register to all 0s.

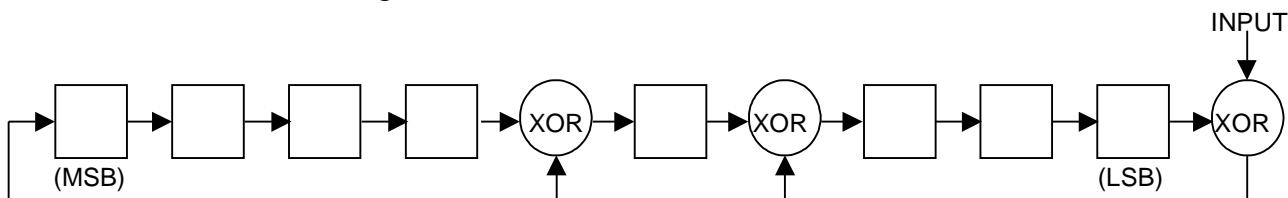
64-BIT LASERED ROM Figure 4

8-BIT CRC CODE	48-BIT SERIAL NUMBER	8-BIT FAMILY CODE (28h)
MSB	LSB MSB	LSB MSB

ROM FUNCTIONS FLOW CHART Figure 5



1-WIRE CRC CODE Figure 6



MEMORY

The DS18B20's memory is organized as shown in Figure 8. The memory consists of a scratchpad RAM and a nonvolatile, electrically erasable (E^2) RAM, which stores the high and low temperature triggers TH and TL, and the configuration register. The scratchpad helps insure data integrity when communicating over the 1-Wire bus. Data is first written to the scratchpad using the Write Scratchpad [4Eh] command. It can then be verified by using the Read Scratchpad [BEh] command. After the data has been verified, a Copy Scratchpad [48h] command will transfer the data to the nonvolatile (E^2) RAM. This process insures data integrity when modifying memory. The DS18B20 EEPROM is rated for a minimum of 50,000 writes and 10 years data retention at $T = +55^\circ\text{C}$.

The scratchpad is organized as eight bytes of memory. The first 2 bytes contain the LSB and the MSB of the measured temperature information, respectively. The third and fourth bytes are volatile copies of TH and TL and are refreshed with every power-on reset. The fifth byte is a volatile copy of the configuration register and is refreshed with every power-on reset. The configuration register will be explained in more detail later in this section of the datasheet. The sixth, seventh, and eighth bytes are used for internal computations, and thus will not read out any predictable pattern.

It is imperative that one writes TH, TL, and config in succession; i.e. a write is not valid if one writes only to TH and TL, for example, and then issues a reset. If any of these bytes must be written, all three must be written before a reset is issued.

There is a ninth byte which may be read with a Read Scratchpad [BEh] command. This byte contains a cyclic redundancy check (CRC) byte which is the CRC over all of the eight previous bytes. This CRC is implemented in the fashion described in the section titled "CRC Generation".

Configuration Register

The fifth byte of the scratchpad memory is the configuration register.

It contains information which will be used by the device to determine the resolution of the temperature to digital conversion. The bits are organized as shown in Figure 7.

DS18B20 CONFIGURATION REGISTER Figure 7

0	R1	R0	1	1	1	1	1
MSb				LSb			

Bits 0-4 are don't cares on a write but will always read out "1".

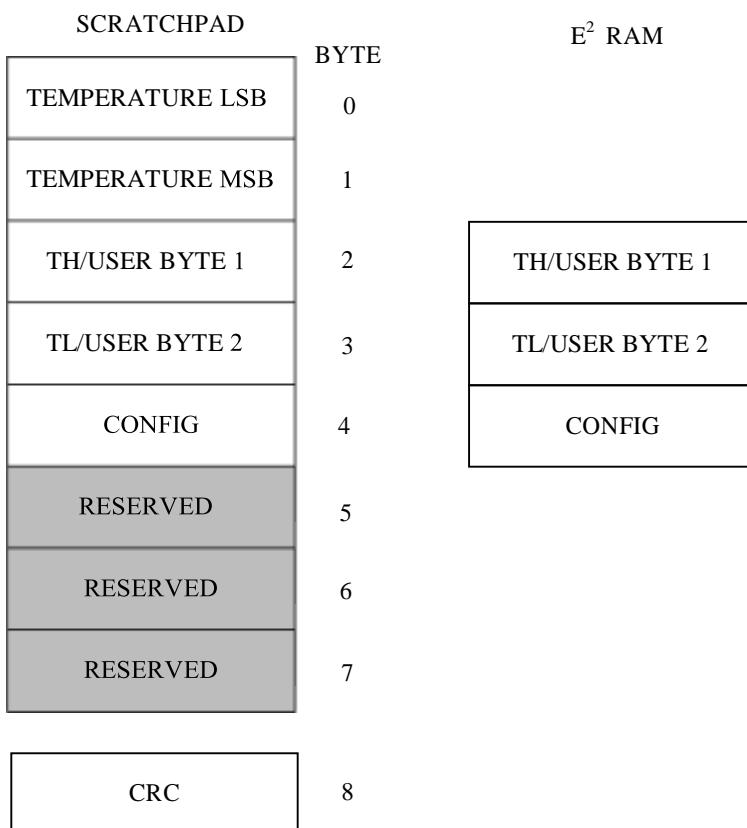
Bit 7 is a don't care on a write but will always read out "0".

R0, R1: Thermometer resolution bits. Table 3 below defines the resolution of the digital thermometer, based on the settings of these 2 bits. There is a direct tradeoff between resolution and conversion time, as depicted in the AC Electrical Characteristics. The factory default of these EEPROM bits is R0=1 and R1=1 (12-bit conversions).

Thermometer Resolution Configuration Table 3

R1	R0	Thermometer Resolution	Max Conversion Time
0	0	9 bit	93.75 ms ($t_{conv}/8$)
0	1	10 bit	187.5 ms ($t_{conv}/4$)
1	0	11 bit	375 ms ($t_{conv}/2$)
1	1	12 bit	750 ms (t_{conv})

DS18B20 MEMORY MAP Figure 8



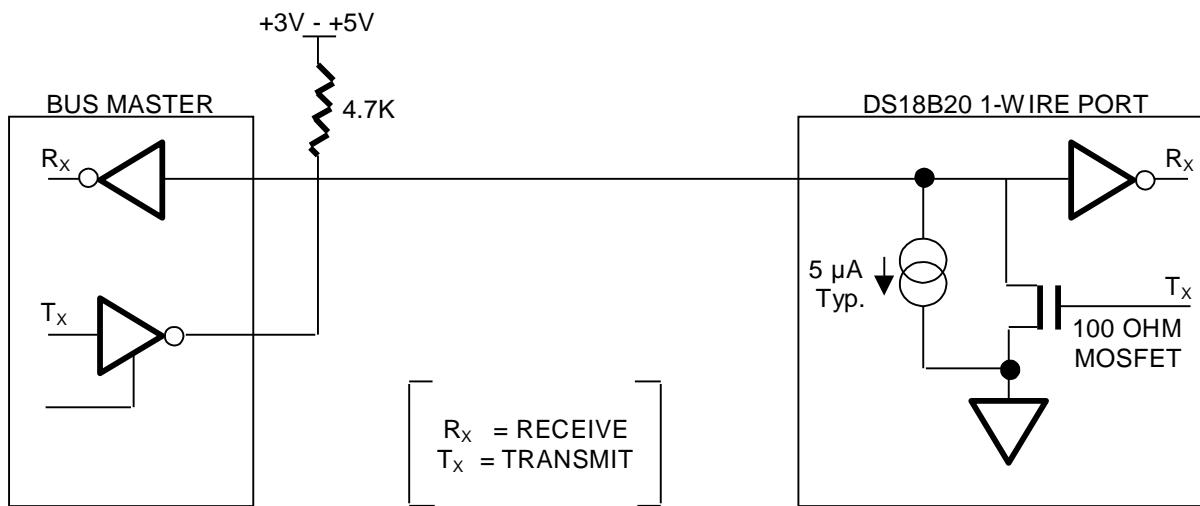
1-WIRE BUS SYSTEM

The 1-Wire bus is a system which has a single bus master and one or more slaves. The DS18B20 behaves as a slave. The discussion of this bus system is broken down into three topics: hardware configuration, transaction sequence, and 1-Wire signaling (signal types and timing).

HARDWARE CONFIGURATION

The 1-Wire bus has only a single line by definition; it is important that each device on the bus be able to drive it at the appropriate time. To facilitate this, each device attached to the 1-Wire bus must have open drain or 3-state outputs. The 1-Wire port of the DS18B20 (DQ pin) is open drain with an internal circuit equivalent to that shown in Figure 9. A multidrop bus consists of a 1-Wire bus with multiple slaves attached. The 1-Wire bus requires a pullup resistor of approximately $5\text{ k}\Omega$.

HARDWARE CONFIGURATION Figure 9



The idle state for the 1-Wire bus is high. If for any reason a transaction needs to be suspended, the bus **MUST** be left in the idle state if the transaction is to resume. Infinite recovery time can occur between bits so long as the 1-Wire bus is in the inactive (high) state during the recovery period. If this does not occur and the bus is left low for more than $480\text{ }\mu\text{s}$, all components on the bus will be reset.

TRANSACTION SEQUENCE

The protocol for accessing the DS18B20 via the 1-Wire port is as follows:

Initialization

ROM Function Command

Memory Function Command

Transaction/Data

INITIALIZATION

All transactions on the 1-Wire bus begin with an initialization sequence. The initialization sequence consists of a reset pulse transmitted by the bus master followed by presence pulse(s) transmitted by the slave(s).

The presence pulse lets the bus master know that the DS18B20 is on the bus and is ready to operate. For more details, see the “1-Wire Signaling” section.

ROM FUNCTION COMMANDS

Once the bus master has detected a presence, it can issue one of the five ROM function commands. All ROM function commands are 8 bits long. A list of these commands follows (refer to flowchart in Figure 5):

Read ROM [33h]

This command allows the bus master to read the DS18B20’s 8-bit family code, unique 48-bit serial number, and 8-bit CRC. This command can only be used if there is a single DS18B20 on the bus. If more than one slave is present on the bus, a data collision will occur when all slaves try to transmit at the same time (open drain will produce a wired AND result).

Match ROM [55h]

The match ROM command, followed by a 64-bit ROM sequence, allows the bus master to address a specific DS18B20 on a multidrop bus. Only the DS18B20 that exactly matches the 64-bit ROM sequence will respond to the following memory function command. All slaves that do not match the 64-bit ROM sequence will wait for a reset pulse. This command can be used with a single or multiple devices on the bus.

Skip ROM [CCh]

This command can save time in a single drop bus system by allowing the bus master to access the memory functions without providing the 64-bit ROM code. If more than one slave is present on the bus and a Read command is issued following the Skip ROM command, data collision will occur on the bus as multiple slaves transmit simultaneously (open drain pulldowns will produce a wired AND result).

Search ROM [F0h]

When a system is initially brought up, the bus master might not know the number of devices on the 1-Wire bus or their 64-bit ROM codes. The search ROM command allows the bus master to use a process of elimination to identify the 64-bit ROM codes of all slave devices on the bus.

Alarm Search [ECh]

The flowchart of this command is identical to the Search ROM command. However, the DS18B20 will respond to this command only if an alarm condition has been encountered at the last temperature measurement. An alarm condition is defined as a temperature higher than TH or lower than TL. The alarm condition remains set as long as the DS18B20 is powered up, or until another temperature measurement reveals a non-alarming value. For alarming, the trigger values stored in EEPROM are taken into account. If an alarm condition exists and the TH or TL settings are changed, another temperature conversion should be done to validate any alarm conditions.

Example of a ROM Search

The ROM search process is the repetition of a simple three-step routine: read a bit, read the complement of the bit, then write the desired value of that bit. The bus master performs this simple, three-step routine on each bit of the ROM. After one complete pass, the bus master knows the contents of the ROM in one device. The remaining number of devices and their ROM codes may be identified by additional passes.

The following example of the ROM search process assumes four different devices are connected to the same 1-Wire bus. The ROM data of the four devices is as shown:

ROM1	00110101...
ROM2	10101010...
ROM3	11110101...
ROM4	00010001...

The search process is as follows:

1. The bus master begins the initialization sequence by issuing a reset pulse. The slave devices respond by issuing simultaneous presence pulses.
2. The bus master will then issue the Search ROM command on the 1-Wire bus.
3. The bus master reads a bit from the 1-Wire bus. Each device will respond by placing the value of the first bit of their respective ROM data onto the 1-Wire bus. ROM1 and ROM4 will place a 0 onto the 1-Wire bus, i.e., pull it low. ROM2 and ROM3 will place a 1 onto the 1-Wire bus by allowing the line to stay high. The result is the logical AND of all devices on the line, therefore the bus master sees a 0. The bus master reads another bit. Since the Search ROM data command is being executed, all of the devices on the 1-Wire bus respond to this second read by placing the complement of the first bit of their respective ROM data onto the 1-Wire bus. ROM1 and ROM4 will place a 1 onto the 1-Wire, allowing the line to stay high. ROM2 and ROM3 will place a 0 onto the 1-Wire, thus it will be pulled low. The bus master again observes a 0 for the complement of the first ROM data bit. The bus master has determined that there are some devices on the 1-Wire bus that have a 0 in the first position and others that have a 1.

The data obtained from the two reads of the three-step routine have the following interpretations:

- 00 There are still devices attached which have conflicting bits in this position.
- 01 All devices still coupled have a 0-bit in this bit position.
- 10 All devices still coupled have a 1-bit in this bit position.
- 11 There are no devices attached to the 1-Wire bus.

4. The bus master writes a 0. This deselects ROM2 and ROM3 for the remainder of this search pass, leaving only ROM1 and ROM4 connected to the 1-Wire bus.
5. The bus master performs two more reads and receives a 0-bit followed by a 1-bit. This indicates that all devices still coupled to the bus have 0s as their second ROM data bit.
6. The bus master then writes a 0 to keep both ROM1 and ROM4 coupled.
7. The bus master executes two reads and receives two 0-bits. This indicates that both 1-bits and 0-bits exist as the 3rd bit of the ROM data of the attached devices.

-
8. The bus master writes a 0-bit. This deselects ROM1, leaving ROM4 as the only device still connected.
 9. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM4 and continues to access the part if desired. This completes the first pass and uniquely identifies one part on the 1-Wire bus.
 10. The bus master starts a new ROM search sequence by repeating steps 1 through 7.
 11. The bus master writes a 1-bit. This decouples ROM4, leaving only ROM1 still coupled.
 12. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM1 and communicates to the underlying logic if desired. This completes the second ROM search pass, in which another of the ROMs was found.
 13. The bus master starts a new ROM search by repeating steps 1 through 3.
 14. The bus master writes a 1-bit. This deselects ROM1 and ROM4 for the remainder of this search pass, leaving only ROM2 and ROM3 coupled to the system.
 15. The bus master executes two Read time slots and receives two 0s.
 16. The bus master writes a 0-bit. This decouples ROM3 leaving only ROM2.
 17. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM2 and communicates to the underlying logic if desired. This completes the third ROM search pass, in which another of the ROMs was found.
 18. The bus master starts a new ROM search by repeating steps 13 through 15.
 19. The bus master writes a 1-bit. This decouples ROM2, leaving only ROM3.
 20. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM3 and communicates to the underlying logic if desired. This completes the fourth ROM search pass, in which another of the ROMs was found.

NOTE:

The bus master learns the unique ID number (ROM data pattern) of one 1-Wire device on each ROM Search operation. The time required to derive the part's unique ROM code is:

$$960 \mu\text{s} + (8 + 3 \times 64) 61 \mu\text{s} = 13.16 \text{ ms}$$

The bus master is therefore capable of identifying 75 different 1-Wire devices per second.

I/O SIGNALING

The DS18B20 requires strict protocols to insure data integrity. The protocol consists of several types of signaling on one line: reset pulse, presence pulse, write 0, write 1, read 0, and read 1. All of these signals, with the exception of the presence pulse, are initiated by the bus master.

The initialization sequence required to begin any communication with the DS18B20 is shown in Figure 11. A reset pulse followed by a presence pulse indicates the DS18B20 is ready to send or receive data given the correct ROM command and memory function command.

The bus master transmits (TX) a reset pulse (a low signal for a minimum of 480 µs). The bus master then releases the line and goes into a receive mode (RX). The 1-Wire bus is pulled to a high state via the 5k pullup resistor. After detecting the rising edge on the DQ pin, the DS18B20 waits 15-60 µs and then transmits the presence pulse (a low signal for 60-240 µs).

MEMORY COMMAND FUNCTIONS

The following command protocols are summarized in Table 4, and by the flowchart of Figure 10.

Write Scratchpad [4Eh]

This command writes to the scratchpad of the DS18B20, starting at the TH register. The next 3 bytes written will be saved in scratchpad memory at address locations 2 through 4. All 3 bytes must be written before a reset is issued.

Read Scratchpad [BEh]

This command reads the contents of the scratchpad. Reading will commence at byte 0 and will continue through the scratchpad until the ninth (byte 8, CRC) byte is read. If not all locations are to be read, the master may issue a reset to terminate reading at any time.

Copy Scratchpad [48h]

This command copies the scratchpad into the E² memory of the DS18B20, storing the temperature trigger bytes in nonvolatile memory. If the bus master issues read time slots following this command, the DS18B20 will output 0 on the bus as long as it is busy copying the scratchpad to E²; it will return a 1 when the copy process is complete. If parasite-powered, the bus master has to enable a strong pullup for at least 10 ms immediately after issuing this command. The DS18B20 EEPROM is rated for a minimum of 50,000 writes and 10 years data retention at T=+55°C.

Convert T [44h]

This command begins a temperature conversion. No further data is required. The temperature conversion will be performed and then the DS18B20 will remain idle. If the bus master issues read time slots following this command, the DS18B20 will output 0 on the bus as long as it is busy making a temperature conversion; it will return a 1 when the temperature conversion is complete. If parasite-powered, the bus master has to enable a strong pullup for a period greater than t_{conv} immediately after issuing this command.

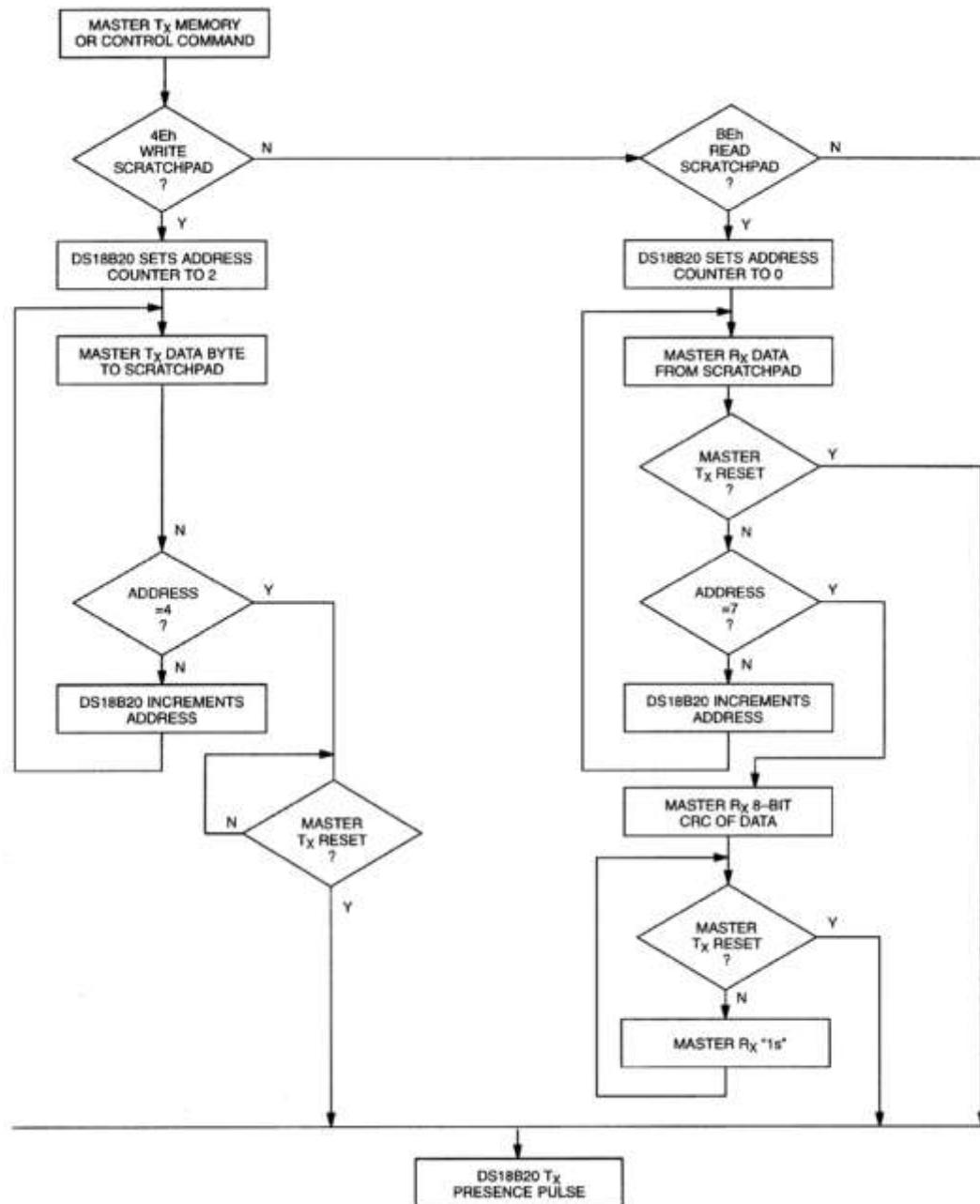
Recall E2 [B8h]

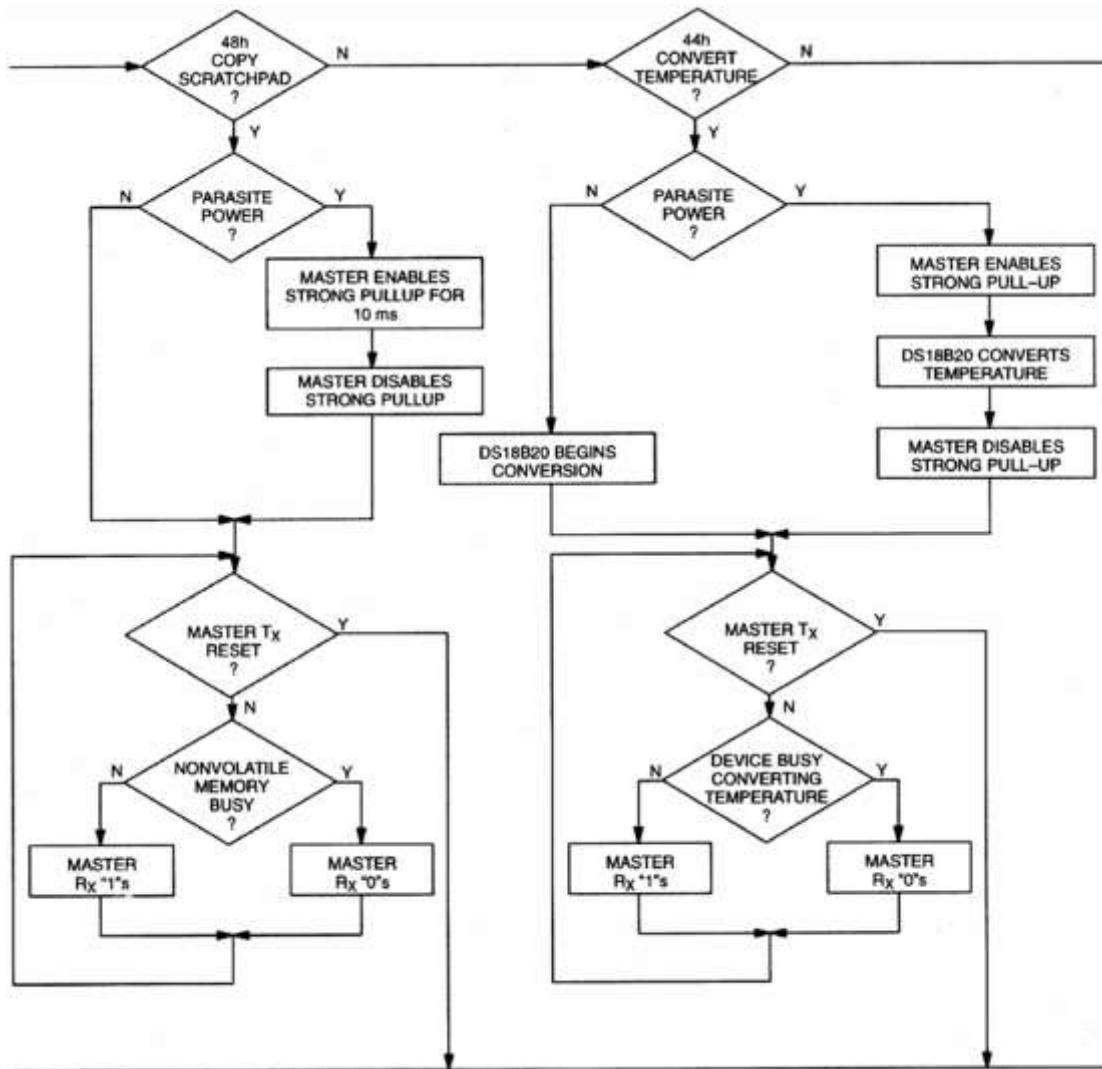
This command recalls the temperature trigger values and configuration register stored in E² to the scratchpad. This recall operation happens automatically upon power-up to the DS18B20 as well, so valid data is available in the scratchpad as soon as the device has power applied. With every read data time slot issued after this command has been sent, the device will output its temperature converter busy flag: 0=busy, 1=ready.

Read Power Supply [B4h]

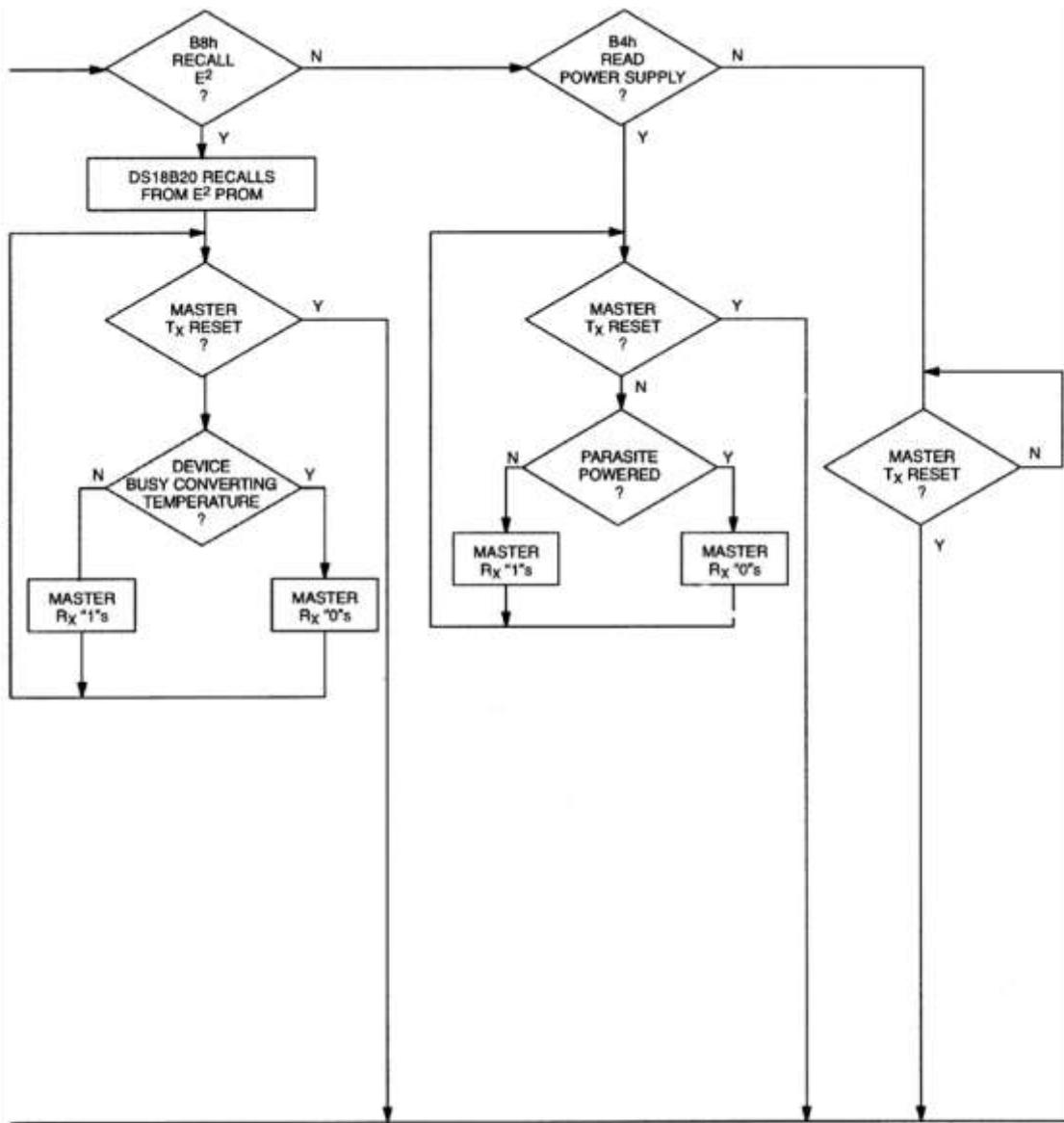
With every read data time slot issued after this command has been sent to the DS18B20, the device will signal its power mode: 0=parasite power, 1=external power supply provided.

MEMORY FUNCTIONS FLOW CHART Figure 10

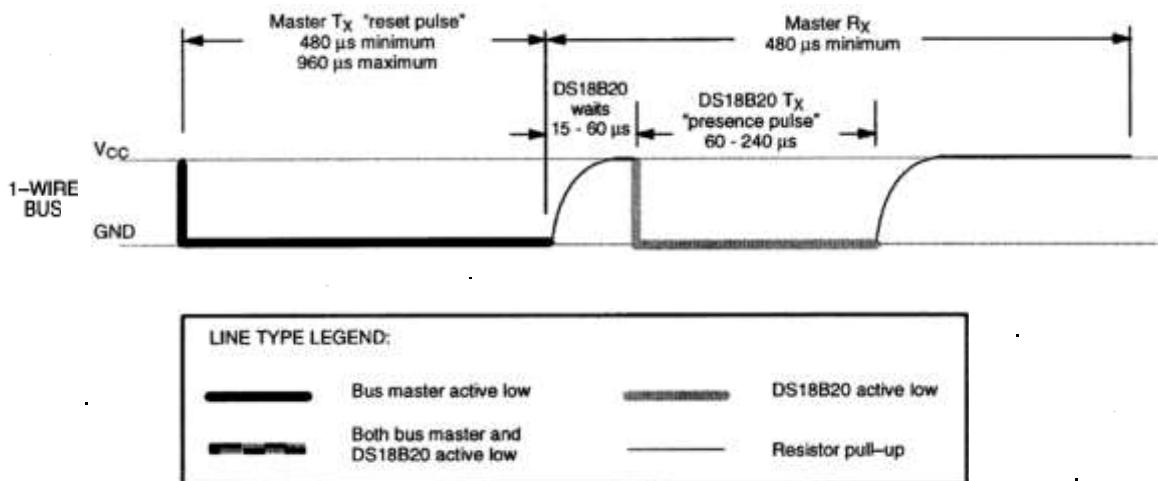


MEMORY FUNCTIONS FLOW CHART Figure 10 (cont'd)


MEMORY FUNCTIONS FLOW CHART Figure 10 (cont'd)



INITIALIZATION PROCEDURE “RESET AND PRESENCE PULSES” Figure 11



DS18B20 COMMAND SET Table 4

INSTRUCTION	DESCRIPTION	PROTOCOL	1-WIRE BUS AFTER ISSUING PROTOCOL	NOTES
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS				
Convert T	Initiates temperature conversion.	44h	<read temperature busy status>	1
MEMORY COMMANDS				
Read Scratchpad	Reads bytes from scratchpad and reads CRC byte.	BEh	<read data up to 9 bytes>	
Write Scratchpad	Writes bytes into scratchpad at addresses 2 through 4 (TH and TL temperature triggers and config).	4Eh	<write data into 3 bytes at addr. 2 through. 4>	3
Copy Scratchpad	Copies scratchpad into nonvolatile memory (addresses 2 through 4 only).	48h	<read copy status>	2
Recall E ²	Recalls values stored in nonvolatile memory into scratchpad (temperature triggers).	B8h	<read temperature busy status>	
Read Power Supply	Signals the mode of DS18B20 power supply to the master.	B4h	<read supply status>	

NOTES:

1. Temperature conversion takes up to 750 ms. After receiving the Convert T protocol, if the part does not receive power from the V_{DD} pin, the DQ line for the DS18B20 must be held high for at least a period greater than t_{conv} to provide power during the conversion process. As such, no other activity may take place on the 1-Wire bus for at least this period after a Convert T command has been issued.
2. After receiving the Copy Scratchpad protocol, if the part does not receive power from the V_{DD} pin, the DQ line for the DS18B20 must be held high for at least 10 ms to provide power during the copy process. As such, no other activity may take place on the 1-Wire bus for at least this period after a Copy Scratchpad command has been issued.
3. All 3 bytes must be written before a reset is issued.

READ/WRITE TIME SLOTS

DS18B20 data is read and written through the use of time slots to manipulate bits and a command word to specify the transaction.

Write Time Slots

A write time slot is initiated when the host pulls the data line from a high logic level to a low logic level. There are two types of write time slots: Write 1 time slots and Write 0 time slots. All write time slots must be a minimum of 60 μ s in duration with a minimum of a 1- μ s recovery time between individual write cycles.

The DS18B20 samples the DQ line in a window of 15 μ s to 60 μ s after the DQ line falls. If the line is high, a Write 1 occurs. If the line is low, a Write 0 occurs (see Figure 12).

For the host to generate a Write 1 time slot, the data line must be pulled to a logic low level and then released, allowing the data line to pull up to a high level within 15 μ s after the start of the write time slot.

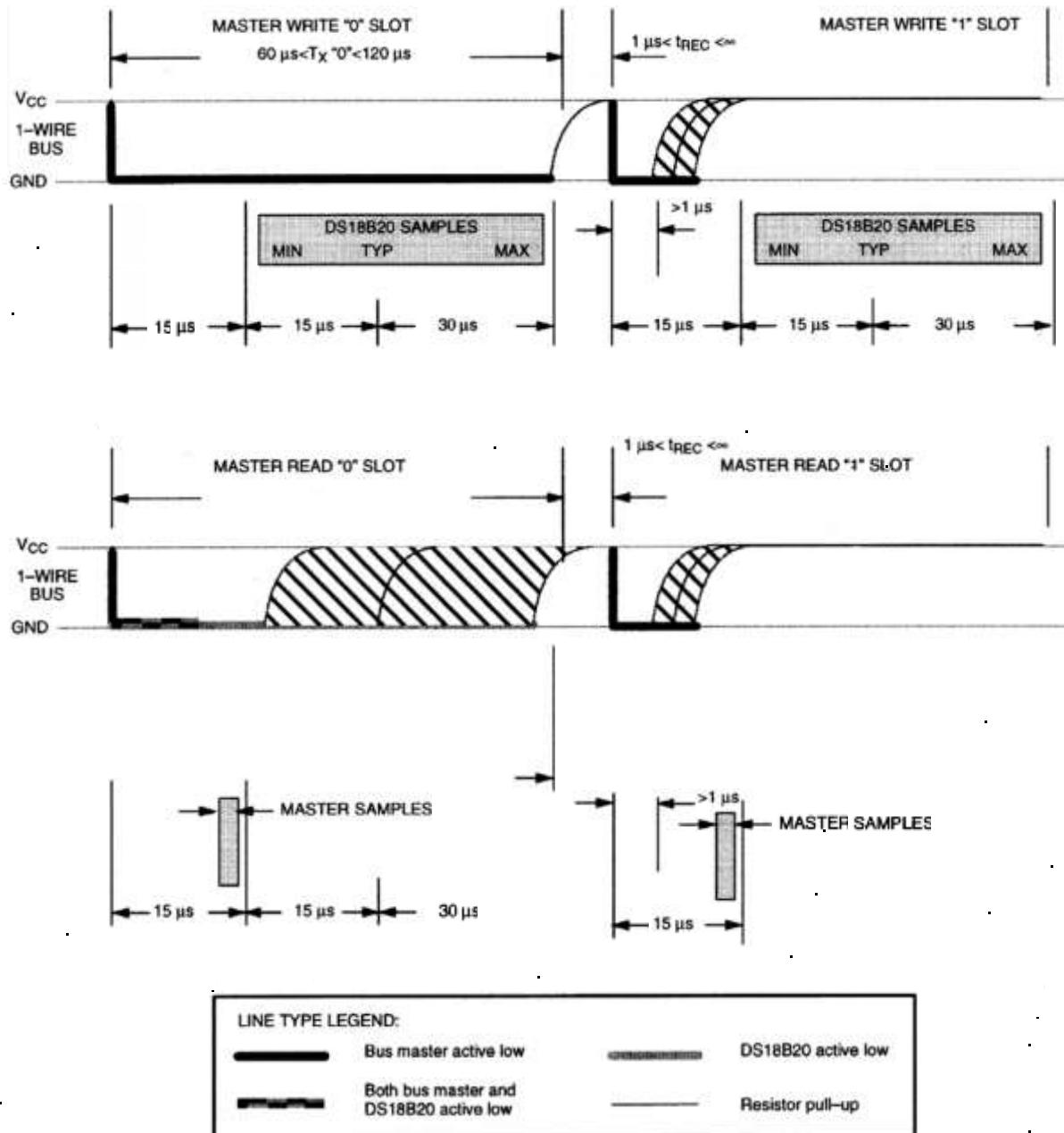
For the host to generate a Write 0 time slot, the data line must be pulled to a logic low level and remain low for 60 μ s.

Read Time Slots

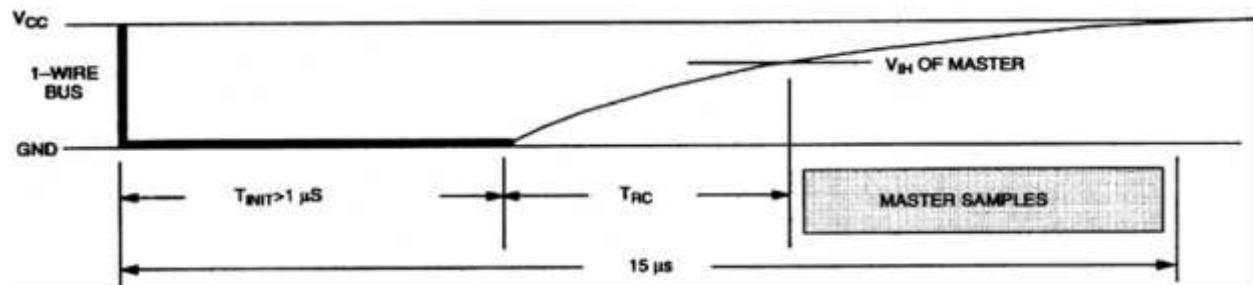
The host generates read time slots when data is to be read from the DS18B20. A read time slot is initiated when the host pulls the data line from a logic high level to logic low level. The data line must remain at a low logic level for a minimum of 1 μ s; output data from the DS18B20 is valid for 15 μ s after the falling edge of the read time slot. The host therefore must stop driving the DQ pin low in order to read its state 15 μ s from the start of the read slot (see Figure 12). By the end of the read time slot, the DQ pin will pull back high via the external pullup resistor. All read time slots must be a minimum of 60 μ s in duration with a minimum of a 1- μ s recovery time between individual read slots.

Figure 12 shows that the sum of T_{INIT}, T_{RC}, and T_{SAMPLE} must be less than 15 μ s. Figure 14 shows that system timing margin is maximized by keeping T_{INIT} and T_{RC} as small as possible and by locating the master sample time towards the end of the 15- μ s period.

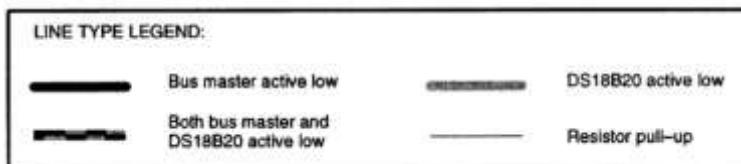
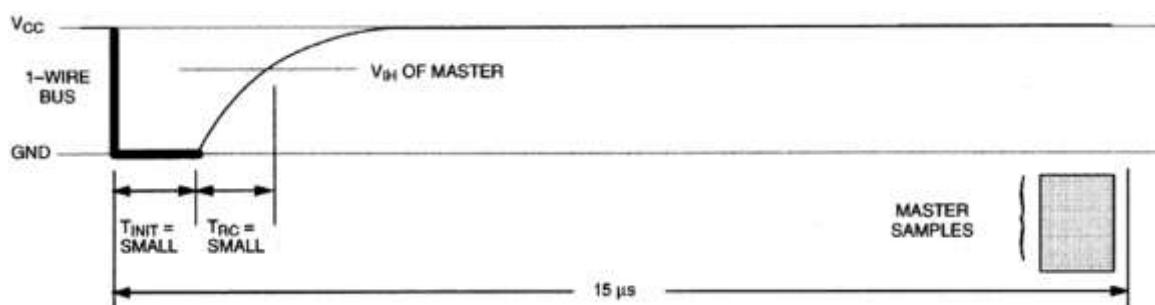
READ/WRITE TIMING DIAGRAM Figure 12



DETAILED MASTER READ 1 TIMING Figure 13



RECOMMENDED MASTER READ 1 TIMING Figure 14



Related Application Notes

The following Application Notes can be applied to the DS18B20. These notes can be obtained from the Dallas Semiconductor “Application Note Book,” via our website at <http://www.dalsemi.com/>.

Application Note 27: “Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor Touch Memory Product”

Application Note 55: “Extending the Contact Range of Touch Memories”

Application Note 74: “Reading and Writing Touch Memories via Serial Interfaces”

Application Note 104: “Minimalist Temperature Control Demo”

Application Note 106: “Complex MicroLANs”

Application Note 108: “MicroLAN - In the Long Run”

Sample 1-Wire subroutines that can be used in conjunction with AN74 can be downloaded from the website or our Anonymous FTP Site.

MEMORY FUNCTION EXAMPLE Table 5

Example: Bus Master initiates temperature conversion, then reads temperature (parasite power assumed).

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	Reset	Reset pulse (480-960 µs).
RX	Presence	Presence pulse.
TX	55h	Issue “Match ROM” command.
TX	<64-bit ROM code>	Issue address for DS18B20.
TX	44h	Issue “Convert T” command.
TX	<I/O LINE HIGH>	I/O line is held high for at least a period of time greater than t_{conv} by bus master to allow conversion to complete.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	55h	Issue “Match ROM” command.
TX	<64-bit ROM code>	Issue address for DS18B20.
TX	BEh	Issue “Read Scratchpad” command.
RX	<9 data bytes>	Read entire scratchpad plus CRC; the master now recalculates the CRC of the eight data bytes received from the scratchpad, compares the CRC calculated and the CRC read. If they match, the master continues; if not, this read operation is repeated.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse, done.

MEMORY FUNCTION EXAMPLE Table 6

Example: Bus Master writes memory (parasite power and only one DS18B20 assumed).

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	4Eh	Write Scratchpad command.
TX	<3 data bytes>	Writes three bytes to scratchpad (TH, TL, and config).
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	BEh	Read Scratchpad command.
RX	<9 data bytes>	Read entire scratchpad plus CRC. The master now recalculates the CRC of the eight data bytes received from the scratchpad, compares the CRC and the two other bytes read back from the scratchpad. If data match, the master continues; if not, repeat the sequence.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	48h	Copy Scratchpad command; after issuing this command, the master must wait 10 ms for copy operation to complete.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse, done.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +6.0V
Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	See J-STD-020A specification

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V _{DD}	Local Power	3.0		5.5	V	1
Data Pin	DQ		-0.3		+5.5	V	1
Logic 1	V _{IH}		2.2		V _{CC} ⁺ 0.3	V	1,2
Logic 0	V _{IL}		-0.3		+0.8	V	1,3,7

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (-55°C to +125°C; V_{DD}=3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Thermometer Error	t _{ERR}	-10°C to +85°C			±½	°C	
		-55°C to +125°C			±2		
Input Logic High	V _{IH}	Local Power	2.2		5.5	V	1,2
		Parasite Power	3.0			V	1,2
Input Logic Low	V _{IL}		-0.3		+0.8	V	1,3,7
Sink Current	I _L	V _{I/O} =0.4V	-4.0			mA	1
Standby Current	I _{DDS}			750	1000	nA	6,8
Active Current	I _{DD}			1	1.5	mA	4
DQ-Input Load Current	I _{DQ}			5		µA	5

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS: NV MEMORY

(-55°C to +125°C; V_{DD}=3.0V to 5.5V)

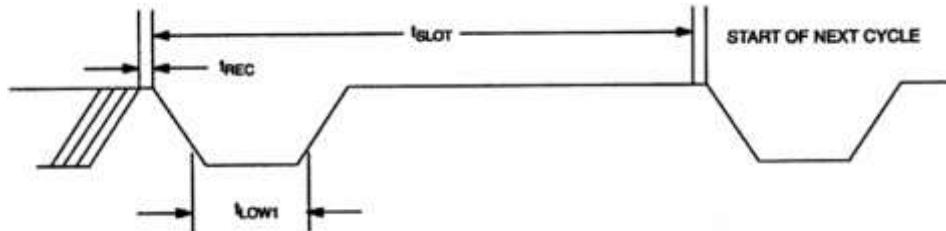
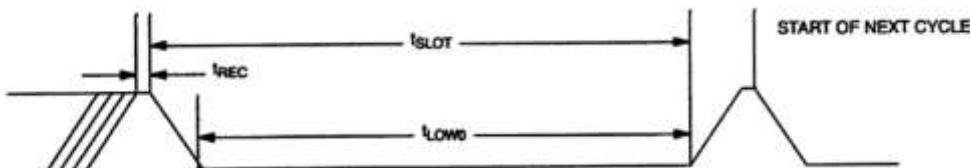
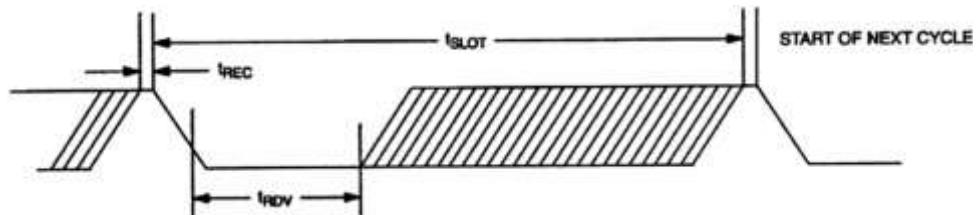
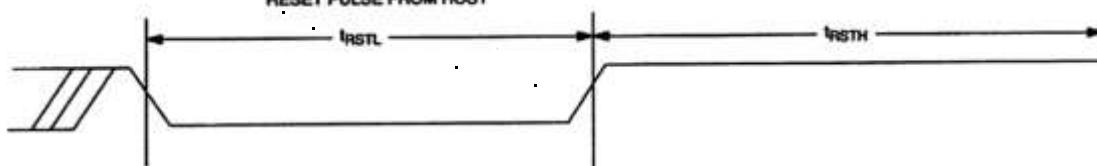
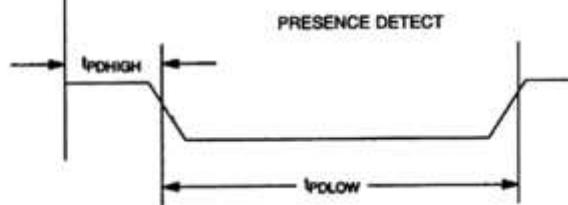
PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
NV Write Cycle Time	t _{wr}			2	10	ms	
EEPROM Writes	N _{EEWR}	-55°C to +55°C	50k			writes	
EEPROM Data Retention	t _{EEDR}	-55°C to +55°C	10			years	

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS: (-55°C to +125°C; V_{DD}=3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Temperature Conversion Time	t _{CONV}	9 bit			93.75	ms	
		10 bit			187.5		
		11 bit			375		
		12 bit			750		
Time Slot	t _{SLOT}		60		120	μs	
Recovery Time	t _{REC}		1			μs	
Write 0 Low Time	r _{LOW0}		60		120	μs	
Write 1 Low Time	t _{LOW1}		1		15	μs	
Read Data Valid	t _{RDV}				15	μs	
Reset Time High	t _{RSTH}		480			μs	
Reset Time Low	t _{RSTL}		480			μs	9
Presence Detect High	t _{PDHIGH}		15		60	μs	
Presence Detect Low	t _{PDLOW}		60		240	μs	
Capacitance	C _{IN/OUT}				25	pF	

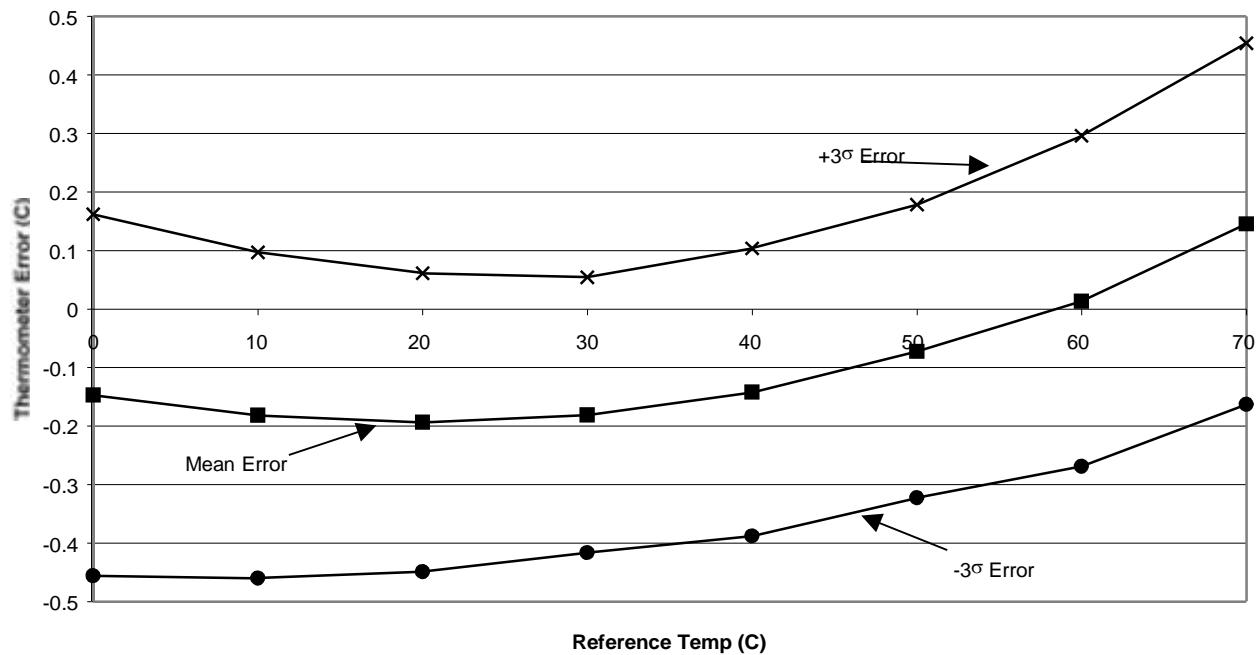
NOTES:

1. All voltages are referenced to ground.
2. Logic one voltages are specified at a source current of 1 mA.
3. Logic zero voltages are specified at a sink current of 4 mA.
4. Active current refers to either temperature conversion or writing to the E² memory. Writing to E² memory consumes approximately 200 μA for up to 10 ms.
5. Input load is to ground.
6. Standby current specified up to 70°C. Standby current typically is 3 μA at 125°C.
7. To always guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V_{ILMAX} may have to be reduced to as much as 0.5V.
8. To minimize I_{DDS}, DQ should be: GND ≤ DQ ≤ GND +0.3V or V_{DD} - 0.3V ≤ DQ ≤ V_{DD}.
9. Under parasite power, the max t_{RSTL} before a power on reset occurs is 960 μS.

1-WIRE WRITE ONE TIME SLOT**1-WIRE WRITE ZERO TIME SLOT****1-WIRE READ ZERO TIME SLOT****RESET PULSE FROM HOST****1-WIRE PRESENCE DETECT**

TYPICAL PERFORMANCE CURVE

DS18B20 Typical Error Curve



Lampiran 10 : Tabel t

Pr df	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
	0.50	0.20	0.10	0.050	0.02	0.010	0.002
1	1.00000	3.07769	6.31375	12.70620	31.82052	63.65674	318.30884
2	0.81650	1.88562	2.91999	4.30265	6.96456	9.92484	22.32712
3	0.76489	1.63774	2.35336	3.18245	4.54070	5.84091	10.21453
4	0.74070	1.53321	2.13185	2.77845	3.74695	4.80409	7.17318
5	0.72689	1.47588	2.01505	2.57058	3.36493	4.03214	5.89343
6	0.71756	1.43978	1.94318	2.44691	3.14267	3.70743	5.20763
7	0.71114	1.41492	1.89458	2.38462	2.99795	3.49948	4.78529
8	0.70639	1.39682	1.85955	2.30600	2.89646	3.35539	4.50079
9	0.70272	1.38303	1.83311	2.26218	2.82144	3.24984	4.29681
10	0.69981	1.37218	1.81246	2.22814	2.76377	3.16927	4.14370
11	0.69745	1.36343	1.79588	2.20099	2.71808	3.10581	4.02470
12	0.69548	1.35622	1.78229	2.17881	2.68100	3.05454	3.92963
13	0.69383	1.35017	1.77093	2.16037	2.65031	3.01228	3.85198
14	0.69242	1.34503	1.76131	2.14479	2.62449	2.97684	3.78739
15	0.69120	1.34061	1.75305	2.13145	2.60248	2.94671	3.73283
16	0.69013	1.33676	1.74588	2.11991	2.58349	2.92078	3.68615
17	0.68920	1.33338	1.73961	2.10982	2.56693	2.89823	3.64577
18	0.68836	1.33039	1.73406	2.10092	2.55238	2.87844	3.61048
19	0.68762	1.32773	1.72913	2.09302	2.53948	2.86093	3.57940
20	0.68695	1.32534	1.72472	2.08596	2.52798	2.84534	3.55181
21	0.68635	1.32319	1.72074	2.07981	2.51765	2.83136	3.52715
22	0.68581	1.32124	1.71714	2.07387	2.50832	2.81876	3.50499
23	0.68531	1.31946	1.71387	2.06866	2.49987	2.80734	3.48496
24	0.68485	1.31784	1.71088	2.06390	2.49216	2.79694	3.46678
25	0.68443	1.31635	1.70814	2.05954	2.48511	2.78744	3.45019
26	0.68404	1.31497	1.70562	2.05553	2.47863	2.77871	3.43500
27	0.68368	1.31370	1.70329	2.05183	2.47266	2.77068	3.42103
28	0.68335	1.31253	1.70113	2.04841	2.46714	2.76326	3.40816
29	0.68304	1.31143	1.69913	2.04523	2.46202	2.75639	3.39624
30	0.68276	1.31042	1.69726	2.04227	2.45726	2.75000	3.38518
31	0.68249	1.30948	1.69552	2.03951	2.45282	2.74404	3.37490
32	0.68223	1.30857	1.69389	2.03893	2.44868	2.73848	3.36531
33	0.68200	1.30774	1.69236	2.03452	2.44479	2.73328	3.35634
34	0.68177	1.30695	1.69092	2.03224	2.44115	2.72839	3.34793
35	0.68158	1.30621	1.68957	2.03011	2.43772	2.72381	3.34005
36	0.68137	1.30551	1.68830	2.02809	2.43449	2.71948	3.33262
37	0.68118	1.30485	1.68709	2.02619	2.43145	2.71541	3.32563
38	0.68100	1.30423	1.68595	2.02439	2.42857	2.71156	3.31903
39	0.68083	1.30364	1.68488	2.02269	2.42584	2.70791	3.31279
40	0.68067	1.30308	1.68385	2.02108	2.42326	2.70446	3.30688



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK

Gedung E6 Lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
Telepon: 8508104
Laman: www.te.unnes.ac.id, surel:

No. : 9955/UH37-15/DI/2015
Lamp. :
Hal : Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana

Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Teknik UNNES untuk jurusan Teknik Elektro adalah sebagai berikut:

I. Susunan Panitia Ujian:

- | | |
|---------------------|---|
| a. Ketua | : Drs. Suryono, M.T. |
| b. Sekretaris | : Drs. Agus Suryanto, M.T. |
| c. Pembimbing Utama | : Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd., M.T |
| d. Penguji | : 1. Drs. Rafael Sri Wiyardi, M.T.
: 2. Drs Yohanes Primadiyono, M.T |

II. Calon yang diuji:

- | | |
|---------------------------|---|
| Nama | : ANITA DWI SEPTIANI |
| NIM/Jurusan/Program Studi | : 5301411077/Teknik Elektro
/Pendidikan Teknik Elektro, S1 |
| Judul Skripsi | : Alat Pemantau Keadaan Pasien Koma |

III. Waktu dan Tempat Ujian:

- | | |
|--------------|-------------------------|
| Hari/Tanggal | : Selasa / 23 Juni 2015 |
| Jam | : 08:00:00 |
| Tempat | : E6 377 |
| Pakaian | : |

Tembusan
1. Ketua Jurusan Teknik Elektro
2. Calon yang diuji



Barcode:
5301411077



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**
Nomor: 089/FT-UNNES/2014
Tentang
**PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER
GASAL/GENAP**
TAHUN AKADEMIK 2014/2015

- Menimbang : Bawa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahannya Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Tanggal 3 Desember 2014
- MEMUTUSKAN**
- Menetapkan PERTAMA : Menunjuk dan menugaskan kepada:
- Nama : Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd., M.T
NIP : 195812181985031004
Pangkat/Golongan : IV/C
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Sebagai Pembimbing
Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :
- Nama : ANITA DWI SEPTIANI
NIM : 5301411077
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro
Topik : Alat Pemantau Keadaan Pasien Koma
- KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan

1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Ketua Jurusan
3. Petinggal

5301411077

FM-03-AKD-24/Rev. 00 ...

