

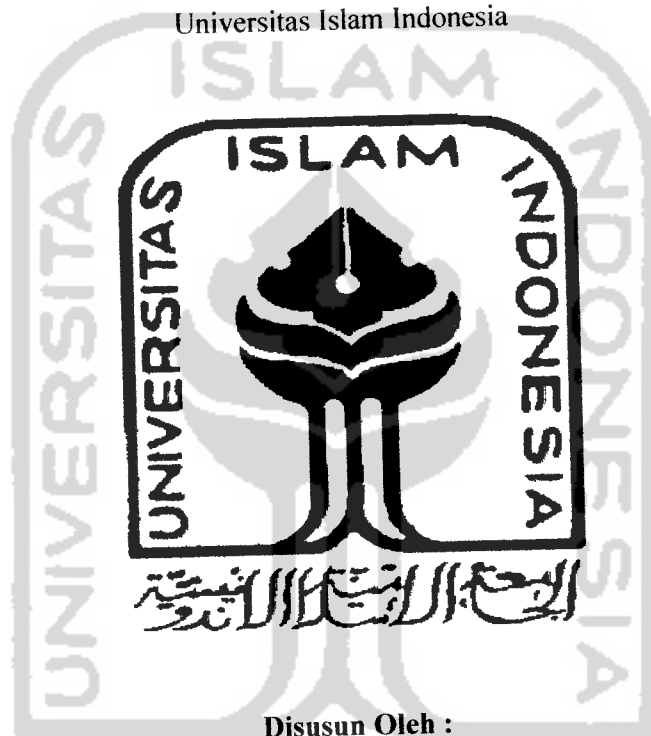
**PEMBASUH DAN PENERING TANGAN OTOMATIS  
MENGUNAKAN TRANSDUSER ULTRASONIK BERBASIS  
MIKROKONTROLER AVR ATtiny2313**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Elektro - Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Disusun Oleh :

Nama : Heri Sapdono

No Mahasiswa : 01 524 118

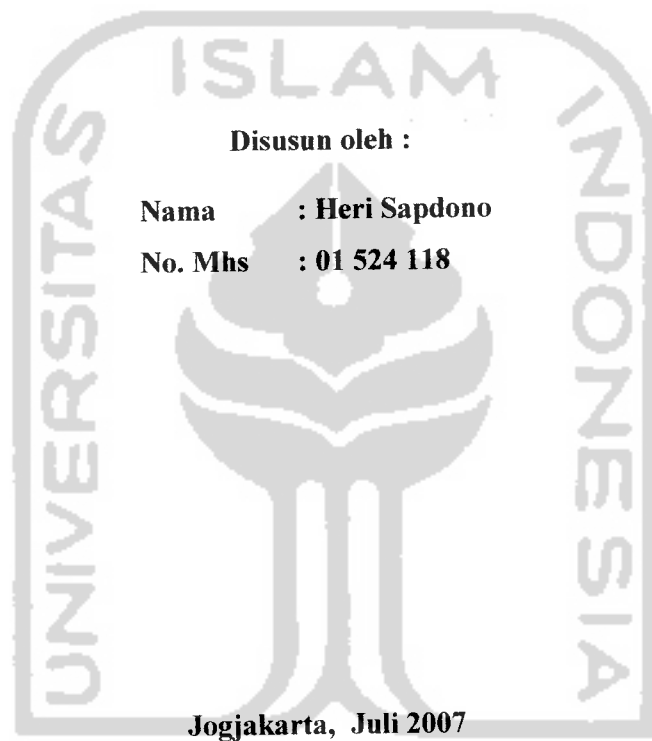
**TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2007**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PEMBASUH DAN PENERING TANGAN OTOMATIS  
MENGUNAKAN TRANSDUSER ULTRASONIK BERBASIS  
MIKROKONTROLER AVR ATtiny2313**

**TUGAS AKHIR**



**Dosen Pembimbing I**

**(Tito Yuwono, ST. M.Sc.)**

**Dosen Pembimbing II**

**(Dwi Ana Ratna Wati, ST.)**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**  
**PEMBASUH DAN PENERING TANGAN OTOMATIS**  
**MENGUNAKAN TRANSDUSER ULTRASONIK BERBASIS**  
**MIKROKONTROLER AVR ATtiny2313**

**TUGAS AKHIR**

Disusun oleh :

Nama : Heri Sapdono

No. Mhs : 01 524 118

Telah Dipertahankan Di Depan Sidang Penguji, Sebagai Salah Satu  
Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro,  
Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

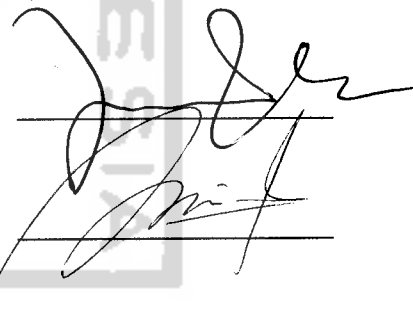
Jogjakarta, Juli 2007

**Tim Penguji**

**Tito Yuwono, ST., M.Sc.**  
Ketua

**Ir. H. Suyanto**  
Anggota I

**Dwi Ana Ratna Wati, ST.**  
Anggota II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Universitas Islam Indonesia



(Tito Yuwono, ST., M.Sc.)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan penuh hormat, cinta, dan kasih sayang skripsi ini dipersembahkan sebagai ungkapan terima kasih yang tulus kepada mereka yang sangat berarti dalam hidupku:*

*Ayahanda Sukoto dan Ibunda Siti Umu Zaimah tercinta terima kasih atas limpahan cinta dan kasih sayang, doa, dukungan serta kepercayaan yang diberikan kepada ananda.*

*Kakanda Sri Agustina .W, mas Ari Fiantisca dan Adinda Devi Tri I.K, tercinta terima kasih atas doa, dukungan serta yang selalu memberikan semangat kepada ananda.*

*Keponakanku yang manis dan Lucu Naufal Farrell .F, juga Kekasihku Hana Yunita kehadirannya menambah ceria suasana dan kebahagiaan dalam keluarga dan kehidupanku.*

*serta  
Orang-orang yang sangat dan selalu ananda sayangi.*

*Semoga semuanya akan menjadi kenangan yang terindah dan tak terlupakan.*

*Amien Ya Robbal 'Aalamien.....*

## MOTTO

*“Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan dari Allah dengan kesabaran dan salat. Sungguh Allah bersama orang-orang yang sabar.”*

*(QS. Al-Baqarah:153)*

*“...Dan aku serahkan segala urusanku kepada Allah. Sesungguhnya Allah Maha Melihat akan hamba-hambaNya”*

*(QS. Ghaafir : 44)*

*“Tuhanmu telah memerintahkan, “Mohonlah kepada-Ku, Aku pasti akan mengabulkan doamu””*

*(QS. Ghaafir : 60)*

*“Tiada suatu kepayahan, kesakitan, kesedihan, kesusahan, penderitaan dan kesukaran sampaipun duri yang menyakitkan itu menimpa kepada seorang mu'min melainkan dengan itu semua Allah akan menutupi dosa-dosanya”*

*(HR. Bukhari dan Muslim)*

*“ Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan”*

*(QS. Asy Syarh : 5)*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Dan juga tidak lupa penulis menghaturkan shalawat serta salam kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW, keluarga, para sahabat, dan semua para pengikut-pengikutnya hingga akhir jaman. Semoga kita semua termasuk didalamnya.

Tugas Akhir ini berjudul “PEMBASUH DAN PENERING TANGAN OTOMATIS MENGGUNAKAN TRANSDUSER ULTRASONIK BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATtiny2313”, disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi demi meraih gelar sarjana S1 pada jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.

Dengan berakhirnya tugas akhir ini penulis juga ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penulis semasa kuliah dan selama penyusunan tugas akhir ini, yaitu kepada :

1. Bapak Fathul Wahid ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Tito Yuwono, ST, MSc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia merangkap dosen

pembimbing I yang telah banyak membantu dalam penyusunan dan penulisan laporan Tugas Akhir ini.

3. Ibu Dwi Ana Ratna Wati, ST selaku dosen pembimbing II yang telah banyak membimbing serta memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Segenap Dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia pada umumnya serta Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro pada khususnya yang telah banyak memberikan ilmunya.
5. Ayahanda, Ibunda, Kakanda, Adinda, dan seluruh Keluargaku tercinta yang telah memberikan segala dukungan, pengorbanan, kasih sayang serta do'anya demi kelancaran tugas akhir ini.
6. Kekasihku tercinta di Jakarta yang senantiasa memberikan support dan dukungannya kepada penulis.
7. Sahabat dan teman-teman kostku, kontrakan, kuliah serta temen mainku yang selalu bersama baik senang maupun susah.
8. Bapak Ibu Dukuh Gondangan beserta keluarga dan segenap warganya terima kasih buat semuanya.
9. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang senantiasa membantu dan memberikan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih jauh dari sempurna dan terdapat kekurangan, dengan demikian penulis mengharapkan

kritikan yang bersifat membangun serta saran-saran kepada penulis sehingga dalam penulisan berikutnya akan lebih baik.

Apabila ada kesalahan, semata-mata kekhilafan Penulis, sedangkan kesempurnaan semuanya hanyalah milik ALLAH SWT.

Akhir kata besar harapan penulis laporan ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk masa yang akan datang.  
*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*



Yogyakarta, Juli 2007

Penulis



## ABSTRAK

Pembasuh dan pengering tangan otomatis adalah suatu alat yang bersifat otomatis, hemat energi, higienis dan dapat melayani sesuai dengan tingkat kebutuhan masyarakat. Pembasuh dan pengering tangan otomatis yang dirancang menggunakan transduser ultrasonik sebagai pengganti saklar. Ultrasonik sebagai gelombang suara/bunyi bersifat memantul apabila mengenai benda penghalang. Alat pengering tangan otomatis ini terdiri dari empat buah modul utama, yaitu modul Ultrasonik *transmitter* yang memancarkan sinyal ultrasonik sebesar 40 KHz setelah dikuatkan oleh suatu penguat IC CD 4069, modul Ultrasonik *Receiver* yang di dalamnya terdapat suatu komparator tegangan berupa IC LM 311, modul pengendali yang berupa *chip* mikrokontroler AVR ATTiny2313 modul pembasuh tangan yang terdiri dari pompa air untuk mengalirkan air dan pemanas yang berupa elemen pemanas dan kipas. Prinsip kerja dari alat ini bersifat kendali *on/off*. Kondisi *on* adalah kondisi ketika ada tangan yang hendak dicuci atau dikeringkan sedangkan kondisi *off* adalah kondisi ketika tidak ada tangan atau tangan telah meninggalkan tempat alat pembasuh dan pengering tangan. Sistem pada rangkaian yang dibuat bekerja pada jarak kurang dari 20 cm. Jika pada pendeteksian awal benda berada pada jarak lebih dari 20 cm maka alat tidak akan bekerja atau hidup. Untuk mengatasi rusak atau *error*-nya alat akibat pendeteksian yang tidak tetap (benda bergerak) maka dibuat jarak yang berupa daerah histerisis yang terletak antara rentang tangan 20-25 cm dari transduser ultrasonik.

Kata kunci : Transduser Ultrasonik, Mikrokontroler AVR ATTiny2313, Pembasuh dan Pengering Tangan.

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL .....                     | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....      | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....         | iii  |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....               | iv   |
| MOTTO .....                             | v    |
| KATA PENGANTAR .....                    | vi   |
| ABSTRAK .....                           | ix   |
| DAFTAR ISI .....                        | x    |
| DAFTAR GAMBAR .....                     | xiii |
| DAFTAR TABEL .....                      | xv   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                |      |
| 1.1 Latar Belakang .....                | 1    |
| 1.2 Rumusan masalah .....               | 3    |
| 1.3 Batasan Masalah .....               | 3    |
| 1.4 Maksud dan Tujuan .....             | 3    |
| 1.5 Sistematika Penulisan Laporan ..... | 4    |
| <b>BAB II DASAR TEORI</b>               |      |
| 2.1 Gelombang Ultrasonik .....          | 6    |
| 2.2 Tranduser Ultrasonik .....          | 7    |
| 2.3 Komponen-komponen Pendukung .....   | 11   |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.1 Transistor.....                   | 11 |
| 2.3.2 Dioda.....                        | 12 |
| 2.3.3 Kapasitor.....                    | 14 |
| 2.3.4 Transformator .....               | 16 |
| 2.3.5 IC Regulator .....                | 17 |
| 2.3.6 Resistor.....                     | 18 |
| 2.3.7 Relai.....                        | 19 |
| 2.3.8 Osilator Kristal.....             | 20 |
| 2.3.9 Motor DC.....                     | 22 |
| 2.4 Mikrokontroler AVR ATtiny2313 ..... | 24 |
| 2.4.1 Arsitektur ATtiny 2313 .....      | 25 |
| 2.4.2 Blok Diagram.....                 | 27 |
| 2.4.3 Hardware IC .....                 | 29 |
| 2.4.4 Organisasi Memori.....            | 32 |

### **BAB III PERANCANGAN SISTEM**

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Diagram Blok Sistem .....            | 38 |
| 3.2 Perancangan Perangkat Keras.....     | 40 |
| 3.2.1 Pemancar Ultrasonik .....          | 40 |
| 3.2.2 Penerima Ultrasonik.....           | 40 |
| 3.2.3 Mikrokontroler AVR ATtiny2313..... | 41 |
| 3.2.4 Catu Daya .....                    | 43 |
| 3.2.5 Rangkaian Driver (Relai) .....     | 44 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3 Perancangan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ).....                   | 45 |
| 3.3.1 Diagram Alir ( <i>flowchart</i> ).....                               | 46 |
| <b>BAB IV HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN</b>                              |    |
| 4.1 Pengukuran Rangkaian Sensor Ultrasonik .....                           | 48 |
| 4.1.1 Rangkaian Pengirim .....   | 48 |
| 4.1.2 Rangkaian Penerima.....  | 49 |
| 4.2 Pengukuran dengan obyek tangan.....                                    | 53 |
| 4.3 Pengukuran dengan obyek benda berpermukaan halus dan kasar .....       | 55 |
| 4.4 Pengukuran dengan obyek benda berpermukaan cekung<br>dan cembung ..... | 57 |
| 4.5 Pengukuran level udara panas .....                                     | 59 |
| 4.6 Pengujian Alat Secara Keseluruhan .....                                | 60 |
| <b>BAB V PENUTUP</b>   |    |
| 5.1 Kesimpulan .....   | 62 |
| 5.2 Saran .....  | 62 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....  | 64 |
| <b>LAMPIRAN</b>  |    |

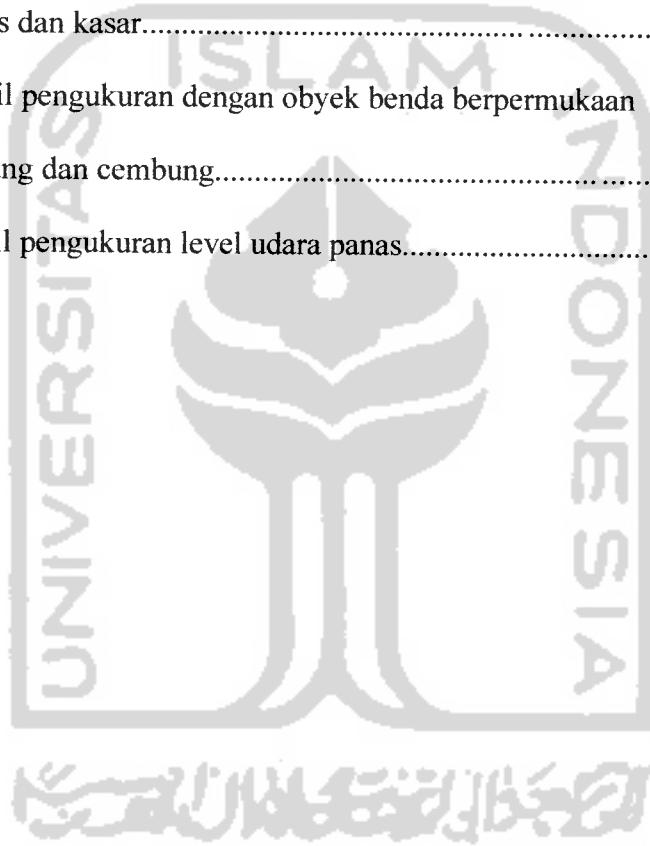
## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1. Prinsip Pengukuran Jarak dengan Metode Waktu Tempuh..... | 9  |
| Gambar 2.2. Transduser jenis <i>piezoelektric</i> .....              | 10 |
| Gambar 2.3. Sifat <i>piezoelektric</i> .....                         | 11 |
| Gambar 2.4. Simbol Dioda Kontak Titik.....                           | 12 |
| Gambar 2.5. Simbol Dioda Zener .....                                 | 14 |
| Gambar 2.6. Simbol Kapasitor Tetap .....                             | 15 |
| Gambar 2.7. Simbol kapasitor Tidak Tetap .....                       | 15 |
| Gambar 2.8. Simbol Transformator.....                                | 16 |
| Gambar 2.9. Simbol Resistor Tetap .....                              | 18 |
| Gambar 2.10. Simbol Potensiometer.....                               | 19 |
| Gambar 2.11. Relai secara sederhana.....                             | 20 |
| Gambar 2.12. Osilator Kristal dengan Inverter.....                   | 21 |
| Gambar 2.13. Osilator Kristal .....                                  | 22 |
| Gambar 2.14. Gambar dasar motor DC.....                              | 22 |
| Gambar 2.15. Arsitektur ATtiny2313.....                              | 27 |
| Gambar 2.16. Block Diagram ATtiny2313.....                           | 29 |
| Gambar 2.17. IC ATtiny2313 .....                                     | 30 |
| Gambar 2.18. Hubungan antar memori .....                             | 32 |
| Gambar 2.19. Peta memori program .....                               | 33 |
| Gambar 2.20. General Purpose Register.....                           | 34 |
| Gambar 2.21. Register Pointer X, Y, Z .....                          | 35 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.22 Peta memori data .....                                       | 35 |
| Gambar 3.1. Diagram blok Pembasuh dan Pengering tangan.....              | 38 |
| Gambar 3.2. Rangkaian pemancar ultrasonik .....                          | 40 |
| Gambar 3.3. Rangkaian Penerima Ultrasonik.....                           | 41 |
| Gambar 3.4. Rangkaian input - output Mikrokontroler AVR ATTiny2313.....  | 42 |
| Gambar 3.5. Rangkaian catu daya dengan regulator tegangan .....          | 44 |
| Gambar 3.6 Rangkaian driver Relai .....                                  | 44 |
| Gambar 3.7. Diagram alir sistem pembasuh dan pengering tangan.....       | 46 |
| Gambar 4.1. Rangkaian Pengirim Ultrasonik .....                          | 48 |
| Gambar 4.2. Tampilan Gelombang pada Pengirim Ultrasonik.....             | 49 |
| Gambar 4.3. Titik Pengukuran Rangkaian Penerima Ultrasonik.....          | 50 |
| Gambar 4.4. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik A ..... | 50 |
| Gambar 4.5. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik B ..... | 51 |
| Gambar 4.6. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik C ..... | 51 |
| Gambar 4.7. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik D ..... | 51 |
| Gambar 4.8. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik E.....  | 52 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1. Tipe, Bahan dan Karakteristik Transduser Ultrasonik.....                    | 8  |
| Tabel 2.2. Jenis dan daerah kerja <i>regulator</i> 78xx .....                          | 18 |
| Tabel 4.1. Hasil pengukuran dengan obyek tangan.....                                   | 54 |
| Tabel 4.2. Hasil pengukuran dengan obyek benda berpermukaan<br>halus dan kasar.....    | 56 |
| Tabel 4.3. Hasil pengukuran dengan obyek benda berpermukaan<br>cekung dan cembung..... | 57 |
| Tabel 4.4. Hasil pengukuran level udara panas.....                                     | 59 |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang ditandai dengan hadirnya peralatan elektronis yang serba otomatis dewasa ini, disertai pula dengan perkembangan pola pikir masyarakat. Hal ini terlihat dari pemilihan barang atau peralatan untuk memenuhi kebutuhan hidup mereka yang semakin kompleks. Tingkat kemajemukan masyarakat yang tinggi, baik dari segi umur maupun tingkat kepekaan, menuntut masyarakat akan hadirnya peralatan yang memiliki berbagai keunggulan, di antaranya adalah adanya aspek otomatis dari alat tersebut. Adanya otomatisasi ini diharapkan mampu mempermudah pekerjaan manusia karena dapat memotong serangkaian proses yang harus dikerjakan oleh manusia. Dengan keotomatisannya diharapkan pula mampu menciptakan suatu alat yang dapat *self turn on* atau bekerja sendiri pada suatu kondisi.

Pembasuh dan Pengering tangan otomatis sebagai suatu alat yang berfungsi untuk membasuh dan mengeringkan tangan merupakan salah satu alat yang menawarkan aspek otomatis. Hal ini terlihat dari pengguna yang tidak perlu lagi menekan tombol untuk menghidupkan atau mematikan alat ini sewaktu akan membasuh dan mengeringkan tangan, sehingga ke higienisan tangan para pengguna tetap terjaga. Dengan melihat hal tersebut, peralatan ini sangat perlu dan cocok untuk diterapkan baik di lingkungan industri, kantor, rumah makan, hotel, maupun rumah tangga. Prinsip kerja peralatan pembasuh dan pengering tangan



otomatis ini menggunakan sensor ultrasonik dengan mengaplikasikan kendali *on-off*. Kondisi *on* adalah kondisi ketika sensor ultrasonik menerima sinyal adanya orang yang datang untuk membasuh atau mengeringkan tangan. Sedangkan kondisi *off* adalah kondisi ketika orang yang membasuh atau mengeringkan tangan telah selesai dan meninggalkan tempat pengering tangan.

Perancangan alat pembasuh dan pengering tangan otomatis ini menggunakan mikrokontroler AVR (Atmega Risc processor) ATtiny2313 untuk mengendalikan kinerja dari pompa air pada pembasuh dan kipas pada heater sebagai pendorong udara panas dan pemanas kompor listrik sebagai sumber hawa panas. Disamping murah dan mudah diperoleh, penggunaan mikrokontroler AVR ATtiny2313 ini untuk mengantisipasi adanya pemborosan energi listrik mengingat dari alat pengering yang sudah ada dirasakan adanya pemborosan dari segi energi listriknya. Hal ini terlihat dari alat pengering tangan yang tetap bekerja untuk menghabiskan waktunya meskipun pengguna telah meninggalkan tempat pengeringan. Disamping itu tingkat udara panas yang keluar dari alat pengering tangan yang sudah ada hanya memiliki satu level udara panas sehingga tingkat kepekaan dan kebutuhan terhadap udara panas antara satu orang dengan orang lain yang berbeda tidak dapat dilayani.

Pada era digital sekarang ini piranti elektronik yang berupa mikrokontroler sangat mendukung bagi perkembangan teknologi. Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian tugas akhir ini dirancang dan dibuat purwarupa alat pembasuh dan pengering tangan otomatis yang hemat atau ekonomis dari segi energi listrik dengan tingkat udara panas yang dapat diatur atau berbeda-beda memanfaatkan

mikrokontroler AVR ATtiny2313. Dengan adanya alat ini diharapkan pemborosan energi listrik yang mungkin terjadi dapat diminimalkan dan juga tingkat kepekaan terhadap udara panas antara satu orang dengan orang lain yang berbeda dapat dilayani.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan memperhatikan latar belakang masalah di atas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yaitu bagaimana merancang dan membuat alat pembasuh dan pengering tangan otomatis yang hemat energi listrik dengan menggunakan transduser ultrasonik berbasis mikrokontroler AVR (Atmega 8515) ATtiny2313.

## **1.3 Batasan Masalah**

Pembatasan dalam hal ini meliputi pembahasan secara teoritis dan praktik. Sehingga laporan akan lebih sistematis dan mudah untuk dipahami. Disini alat yang disusun hanya sebatas sebagai pembasuh dan pengering tangan otomatis yang berfungsi untuk membasuh dan mengeringkan tangan yang kotor. Dengan penekanan pada penentuan jarak efektif transduser ultrasonik adalah 20 cm dengan jarak histerisis antara 21-25 cm.

## **1.4 Maksud dan Tujuan**

Adapun maksud dan tujuan pembuatan tugas akhir ini untuk memenuhi persyaratan kelulusan studi program S1 Teknik Elektro Fakultas Teknologi

Industri Universitas Islam Indonesia, selain itu penulis memiliki beberapa tujuan yang ingin dicapai :

1. Menerapkan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan dibangku kuliah kedalam bentuk perancangan dan penyusunan alat.
2. Mengembangkan penalaran melalui media nyata oleh peralatan-peralatan kerja yang digunakan dalam penelitian dan dapat diterapkan secara nyata melalui penyusunan alat.
3. Dapat mengetahui prinsip dan cara kerja dari alat yang dibuat sehingga dapat digunakan dalam aplikasinya.
4. Dapat menyusun alat Pembasuh dan Pengering Tangan Otomatis Menggunakan Tranduser Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) ATtiny2313 yang murah, praktis, dan lebih sederhana namun kualitasnya tidak begitu jauh dari alat yang ada di pasaran.
5. Menyusun perangkat Pembasuh dan Pengering Tangan Otomatis Menggunakan Tranduser Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) ATtiny2313 yang nantinya dapat digunakan pada rumah makan, rumah sakit, maupun digunakan pada rumah tangga dll.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika dalam penulisan laporan akhir penelitian yang berupa karya tulis atau skripsi ini adalah :

**BAB I           PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

**BAB II           DASAR TEORI**

Membahas mengenai prinsip dasar dan dasar pemikiran pembuatan Pembasuh dan pengering Tangan Otomatis Menggunakan Transduser Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler AVR (Atmega 8535) dan Atmega 8513 (Atmega 8513) ATtiny2313.

**BAB III          PERANCANGAN SISTEM**

Membahas mengenai cara pembuatan alat beserta keterangan-keterangannya.

**BAB IV          HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN**

Membahas mengenai cara kerja alat berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan.

**BAB V          PENUTUP**

Memuat kesimpulan dan saran-saran, sehingga tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih lanjut, dengan harapan dapat digunakan atau diaplikasikan dalam kehidupan masyarakat.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Gelombang Ultrasonik

Secara umum definisi gelombang adalah peristiwa terjadinya perambatan suatu gangguan melalui suatu medium dimana keadaan medium tersebut akan kembali ke keadaan semula apabila gangguan tersebut telah lewat.

Gelombang ultrasonik adalah bentuk energi mekanik (gelombang akustik) yang mempunyai frekuensi diatas jangkauan pendengaran manusia. Kemampuan pendengaran manusia normal berkisar pada frekuensi antara 20 Hz sampai 20 kHz. Gelombang ultrasonik dapat dihasilkan melalui suatu transduser, yaitu transduser ultrasonik, Transduser ultrasonik ini digunakan sebagai pemancar gelombang ultrasonik untuk mengubah sinyal listrik menjadi gelombang ultrasonik dan penerima gelombang ultrasonik untuk mengubah gelombang ultrasonik menjadi sinyal listrik. Gelombang ultrasonik akan mengalami atenuasi apabila melewati media udara sehingga intensitasnya akan berkurang, gelombang ini memiliki beberapa sifat ketika berinteraksi dengan suatu medium. Sifat-sifat gelombang ultrasonik sama seperti sifat-sifat gelombang bunyi, yaitu mengalami penyerapan, pembiasan, pembelokan, penghamburan, interferensi dan pemantulan. Gelombang ini menjalar dengan cara mengusik zat antara, jika tidak ada zat antara yang dapat diusik atau dalam ruang hampa udara maka gelombang ini tidak dapat merambat.

## 2.2 Transduser Ultrasonik

Gelombang Ultrasonik telah dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi elektronika. Pemanfaatan gelombang ultrasonik di antaranya adalah untuk pencampuran (*emulsi*), pemotongan bahan yang rapuh, pendeteksian keretakan bahan, kendali jarak jauh, alarm, diagnosa medis, alat untuk mengantisipasi tabrakan, pendeteksian objek, pengukuran jarak dan lain-lain.

Ultrasonik sebagai gelombang mekanik berbeda dengan gelombang elektromagnetik dalam empat karakteristik penting, yaitu medium, kecepatan, arah getaran dan panjang gelombang. Gelombang suara memerlukan medium untuk transmisi misalnya udara. Kecepatan bunyi di udara adalah sekitar 340 m/detik yang sangat lambat dibandingkan dengan kecepatan cahaya. Dengan demikian gelombang bunyi cocok untuk aplikasi jarak pendek. Panjang gelombang ultrasonik dengan kecepatan 340 m/detik dan frekuensi 40 kHz adalah 8,5 mm. dalam hal ini lebih besar dari pada pori-pori ruangan. Sebagai akibatnya, refleksi sinyal ultrasonik pada permukaan halus menghasilkan sinyal pantulan yang terarah yang disebut refleksi *specular*. Sebaliknya, jika sinyal ultrasonik jatuh pada permukaan yang kasar, maka akan dihasilkan sinyal pantulan ke segala arah yang disebut refleksi menyebar (*difusse*). Arah getar gelombang ini sama dengan arah perambatannya, sehingga disebut gelombang longitudinal.

Transduser merupakan piranti untuk mengubah besaran listrik menjadi besaran fisis atau sebaliknya. Besaran fisis itu dapat berupa besaran mekanis seperti gaya dan pergeseran, besaran *thermis* (suhu) dan radiasi. Transduser elektronis adalah piranti untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal ultrasonik

atau sebaliknya. Transduser ultrasonik biasanya menggunakan kristal tertentu dengan sifat-sifat bentuk dan volume kristal berubah-ubah oleh pengaturan medan listrik.

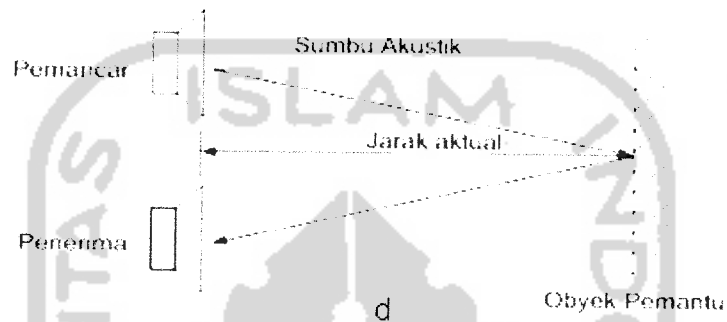
Terdapat tiga tipe, bahan dan karakteristik dasar dari transduser ultrasonik. Ketiga transduser ini mempunyai prinsip kerja yang hampir sama, yaitu suatu bahan yang dipengaruhi oleh medan listrik akan mengalami perubahan. Jadi, bila transduser diberi medan listrik atau medan magnet maka permukaan akan bergetar. Getaran permukaan tersebut akan meradiasikan energi akustik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tipe, Bahan dan Karakteristik Transduser Ultrasonik

| Tipe             | Bahan    | Keterangan  |
|------------------|----------|---|
| Piezoelectric    | Quartz   | Dapat menghasilkan frekuensi yang diinginkan dengan hanya sebuah Kristal tunggal. |
|                  | Titanium | Dapat digunakan pada suhu tinggi.   |
| Magnetostrictive | Nikel    | Sangat stabil.  |
|                  | Ferrit   | Digunakan pada frekuensi tinggi.  |
| Electrostriction | Barium   | Mempunyai usia pemakaian yang sangat panjang.                                     |
|                  | Keramik  | Menghasilkan transduser dengan karakteristik khusus.                              |

Gelombang ultrasonik ini akan dipantulkan dan diteruskan bila dalam penjarannya menemui bidang batas antara dua medium. Peristiwa gelombang tersebut dijadikan acuan untuk membuat suatu aplikasi menggunakan ultrasonik. Sebagai contoh, pantulan gelombang ultrasonik ini dapat dimanfaatkan untuk menentukan jarak antara transduser terhadap medium pemantul tersebut.

Pengukuran jarak dengan ultrasonik umumnya menggunakan waktu tempuh, diperlihatkan pada Gambar 2.1, yaitu selang waktu yang dibutuhkan sejak gelombang ditransmisikan oleh transduser pemancar hingga gelombang tersebut diterima kembali oleh transduser penerima setelah dipantulkan oleh obyek pemantul. Dengan mengetahui selang waktu tersebut maka jarak antara transduser dengan obyek dapat ditentukan.



Gambar 2.1. Prinsip Pengukuran Jarak dengan Metode Waktu Tempuh

Gambar 2.1 menunjukkan prinsip pengukuran jarak menggunakan satu pemancar dan satu penerima dengan posisi transduser pemancar dan transduser penerima sejajar. Pemancar terlebih dahulu memancarkan sinyal/gelombang ultrasonik melalui transduser pemancar dengan frekuensi 40 kHz selama beberapa mikro detik dan saat itu penerima belum mendeteksi gelombang pantulan. Dalam selang waktu tertentu gelombang tersebut akan dideteksi oleh transduser penerima sebagai gelombang pantulan (*echo*) dari gelombang yang dipancarkan sebelumnya.

Persamaan yang digunakan untuk perhitungan jarak tersebut adalah :

$$v = \frac{d}{t} \quad (2.1)$$



Karena gelombang yang diterima adalah jarak benda ditambah jarak pantulnya, maka persamaannya menjadi:

$$d = v \times t \quad (2.2)$$

$$2d = 340 \times t \quad (2.3)$$

$$d = 170t \quad (2.4)$$

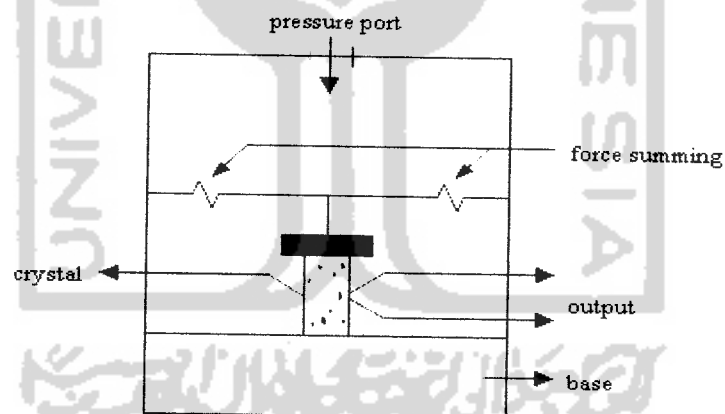
Keterangan:

$d$  = jarak tempuh gelombang (m)

$v$  = kecepatan suara = 340 m/s

$t$  = waktu tempuh gelombang (s)

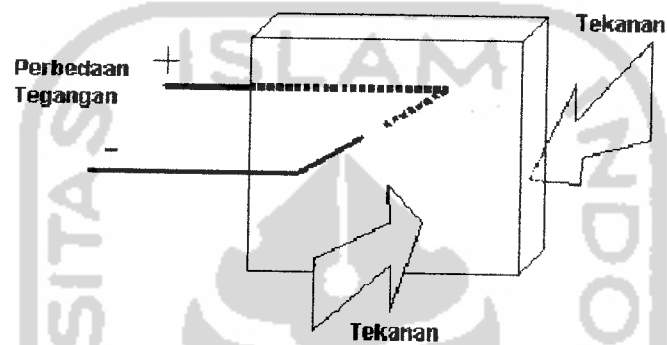
Bahan-bahan kristal seperti garam kuarsa, dan barium titanat menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) bila diregang. Sifat ini diterapkan dalam transduser *piezoelectric*, bila sebuah kristal ditempatkan pada suatu alas pejal dan membran penjumlah gaya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Transduser jenis *piezoelectric*

Prinsip kerja transduser ultrasonik yang merupakan salah satu jenis *piezoelectric* adalah apabila ada gaya dari luar yang memasuki transduser, maka

akan timbul tekanan terhadap bagian atas kristal yang besarnya sebanding dengan besar gaya yang dialami. Desakan pada kristal ini akan menimbulkan tegangan listrik di antara dua bidang kristal. Sebaliknya pada pembangkitan sinyal ultrasonik, jika kristal dicatu oleh sumber elektrik, maka bentuk dan volume kristal akan berubah karena terjadi perubahan medan listrik. Perubahan bentuk dan volume kristal inilah yang akan menyebabkan dibangkitkannya gelombang ultrasonik.



Gambar 2.3 Sifat *piezoelectric*

Transduser *piezoelectric* tidak membutuhkan catu daya dari luar. Akan tetapi transduser ini mempunyai kekurangan yaitu tegangan keluarannya dipengaruhi oleh variasi temperatur pada kristal.

## 2.3 Komponen-komponen Pendukung

### 2.3.1 Transistor

Transistor merupakan piranti elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor (germanium, silikon dan gallium-arsenida) sejenis kristal yang mempunyai hambatan berubah-ubah bila terpengaruh suhu, cahaya dan arah arus

yang melaluinya. Transistor merupakan konduktor yang memiliki 3 buah kaki, yaitu basis, kolektor dan emitor.

### 2.3.2 Dioda

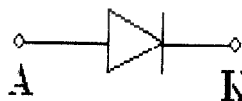
Dioda merupakan suatu semikonduktor yang terdiri dari dua macam bahan, yaitu tipe P dan tipe N. Bahan tipe N mengandung banyak elektron-elektron bebas yang berenergi tinggi, sedangkan pada tipe P kekurangan elektron bebas.

Dioda mempunyai dua buah elektroda, yaitu katoda (K) dan anoda (A). Pada komponen dioda, arus listrik akan mengalir dari anoda menuju katoda. Elektroda anoda bermuatan positif, sedangkan katoda bermuatan negatif.

#### a. Dioda Kontak Titik (*Point Contact Diode*)

Dioda kontak titik dipergunakan untuk mengubah frekuensi tinggi menjadi frekuensi rendah. Dioda ini tidak dapat mengalirkan arus yang besar dan banyak dipergunakan pada pesawat radio dan pesawat televisi.

Dioda ini hanya dapat mengalirkan arus listrik dari kawat *wolfram* ke lempeng silikon atau germanium dan tidak dapat mengalirkan arus pada arah sebaliknya.



Gambar 2.4 Simbol Dioda Kontak Titik

## b. Dioda Hubungan

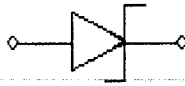
Dioda dapat mengalirkan arus listrik yang besar hanya satu arah saja dan tidak dapat mengalirkan arus sebaliknya. Dioda ini biasanya dipergunakan untuk perata arus pada *power supply*. Jenis dioda ini dipasaran umumnya berbahan silikon.

Dioda ini berkapasitas besar yang dinyatakan dengan ampere (A) dan mempunyai daya tahan terhadap tegangan yang dinyatakan dalam volt (V). Jadi setiap silikon yang dijual di toko elektronika mempunyai kapasitas daya tahan terhadap arus dan tegangan. Contoh dioda jenis ini ; silikon 1N4002 yang berkapasitas 1A/100V, serta silikon 1N4001 berkapasitas 1A/50V. Banyak silikon yang berkapasitas besar mulai 1 A hingga 30 A dengan daya tahan terhadap tegangan 25 volt hingga ribuan volt.

Selain dari perata silikon diatas, ada juga perata yang telah terangkai, yang disebut *silicon bridge*. Silikon ini terbentuk dari empat silikon biasa dan dicetak dalam bentuk papan dengan empat kaki terminalnya *silicon bridge* ini mempunyai kapasitas daya tahan terhadap arus dan tegangan dengan ukuran 1 A hingga 30 A dengan kapasitas tegangan dari 50 V samapai diatas 1000V.

## c. Dioda Zener

Dioda zener disebut juga dioda tegangan konstan karena alat ini dapat mengalirkan arus “berapa pun” dengan tegangan yang tetap sesuai dengan kapasitasnya. Dioda zener (ZD) ini kebanyakan mempunyai daya  $\frac{1}{2}$  watt. Dioda zener dapat dipergunakan untuk menstabilkan tegangan yang ada pada catu daya.



Gambar 2.5 Simbol Dioda Zener

### 2.3.3 Kapasitor

Kapasitor merupakan suatu komponen yang memiliki kemampuan memuat atau menyimpan tenaga dalam medan listrik, selama waktu yang tidak tentu. Penyimpangan tenaga listrik oleh kapasitor tidak disertai proses kimia seperti akumulator yang dipakai di mobil yang juga menyimpan tenaga listrik tetapi mengalami proses kimia. Selain sebagai penyimpan tenaga listrik juga memiliki fungsi sebagai berikut :

- Menahan arus searah
- Meloloskan (menghubungkan singkat) arus bolak-balik (frekuensi tinggi)
- Penapis
- Penalaan (tuning)
- Penggandengan isyarat dari satu kalang ke kalang lain
- Pembangkitan gelombang bukan sinus (misal gelombang gigi gergaji)

Kapasitor dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu :

#### a. Kapasitor Tetap

kapasitor (kondensator) tetap mengandung pengertian bahwa besarnya nilai kapasitansi tersebut tidak dapat diubah-ubah atau tetap. Kapasitor ini ada beberapa macam, yaitu : kondensator keramik, kondensator mika, kondensator polyster, kondensator elektrolit (elco).



Gambar 2.6 Simbol Kapasitor Tetap

#### b. Kapaistor Tidak Tetap

Pada kondensator variabel ini, nilai kapasitansinya dapat diubah-ubah atau diatur sesuai dengan kebutuhan. Kondensator variabel ini lebih dikenal dengan *Varco* (Variable Condensator).



Gambar 2.7 Simbol kapasitor Tidak Tetap

#### c. Kapasitor Non-Polar

Adalah kapasitor yang tidak memiliki kutub positif dan kutub negatif, sehingga pemasangan kaki-kakinya boleh terbalik. Simbol dari kapasitor ini sama dengan kapasitor tetap.

#### d. Kapasitor Bipolar

jenis kapasitor yang mempunyai kutub negatif dan kutub positif, sehingga pemasangan kaki-kakinya tidak boleh terbalik.

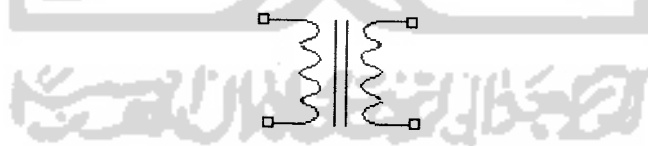
Terdapat kapasitor yang nilainya ditentukan oleh kode warna seperti warna pada resistor. Pada kondensator tetap lainnya nilai kapasitansi tercantum pada badannya serta nilai daya dan tahanannya terhadap suatu tegangan.

Untuk hubungan pada kapasitor yaitu seri dan paralel. Sifat hubungan pada kapaistor berkebalikan dengan sifat hubungan pada resistor. Jika dihubung paralel, nilai kapasitas lebih besar karena merupakan jumlah nilai kapasitas seluruh kapasitor yang terhubung. Kapasitor bisa mengalami kerusakan yang disebabkan oleh :

- Terlampau besarnya arus yang dapat merusak dielektrika dan dapat mengubah kapasitas.
- Tegangan yang terlalu tinggi sehingga dapat menjangkitkan korona intern dan dapat merusak dielektrika.
- Suhu yang terlalu tinggi yang disebabkan oleh komponen-komponen di sekitarnya, frekuensi operasi yang terlampau tinggi ataupun karena adanya kebocoran dielektrika.

#### 2.3.4 Transformator

Transformator merupakan alat yang dipergunakan untuk mengubah tegangan elektrik yang tinggi menjadi tegangan elektrik yang rendah atau sebaliknya.



Gambar 2.8 Simbol Transformator

Suatu transformator biasa terdiri atas dua kumparan (gulungan) kawat email yang digulingkan pada sebuah koker kertas keras, kemudian dimasukkan besi lunak berupa kern yang terdiri atas tumpukkan lembaran besi-lunak

bersilikon yang berbentuk huruf E dan I. Kumparan kawat email pertama disebut gulungan primer dan kumparan kawat email kedua disebut gulungan sekunder.

Gulungan primer dan gulungan sekunder umumnya tidak bersambungan sehingga bila diukur dengan ohmmeter, pointer (jarum ohmmeter) tidak boleh bergerak.

Bekerjanya suatu transformator ialah karena gulungan primer transformator mendapat tegangan arus elektrik bolak-balik sehingga menimbulkan induksi medan elektromagnetis pada gulungan primer tersebut yang dapat memindahkan medan ini ke besi kern (besi lunak yang mengandung silikon), medan elektromagnetis yang didapat oleh besi kern dipindahkan pada gulungan sekunder transformator tersebut akibatnya timbul tegangan elektrik di kedua ujung kawat email gulungan sekunder yang biasanya lebih tinggi atau lebih rendah tegangannya.

### 2.3.5 IC Regulator

Penelitian ini menggunakan IC *regulator* dalam sistem catu dayanya. *Regulator* yang digunakan adalah seri 7805 untuk tegangan keluaran +5 volt, 7809 untuk tegangan keluaran +9 volt dan 7812 untuk tegangan 12 volt. Seri 78xx adalah jenis *regulator* tegangan tiga terminal, yaitu  $V_{in}$ , *ground* dan  $V_{out}$ . Tegangan-tegangan yang diperoleh dari seri ini memungkinkan *regulator* untuk dipakai dalam sistem instrumentasi, HI-FI dan kelengkapan elektronik zat padat lainnya. Meskipun seri ini dirancang sebagai *regulator* tegangan tetap namun seri ini menyediakan berbagai ukuran tegangan seperti tampak pada Tabel.



Tabel 2.2 Jenis dan daerah kerja *regulator* 78xx

| No  | Seri <i>Regulator</i> | Vin (minimal) | Vout    |
|-----|-----------------------|---------------|---------|
| 01. | 7805                  | 7,3 volt      | 5 volt  |
| 02. | 7806                  | 8,3 volt      | 6 volt  |
| 03. | 7808                  | 10,5 volt     | 8 volt  |
| 04. | 7809                  | 12,5 volt     | 9 volt  |
| 05. | 7812                  | 14,6 volt     | 12 volt |
| 06. | 7815                  | 17,7 volt     | 15 volt |
| 07. | 7818                  | 21,0 volt     | 18 volt |
| 08. | 7824                  | 27,1 volt     | 24 volt |

### 2.3.6 Resistor

Fungsi resistor juga dapat diumpamakan dengan sekeping papan yang dipergunakan untuk menghambat aliran air yang deras di selokan. Dengan memakai hambatan papan ini, maka arus air bisa terhambat alirannya.

Makin lebar papan yang dipergunakan untuk menghambat air got (selokan), maka makin kecil arus yang mengalir. Begitu pula dengan resistor, semakin besar nilai resistannya, maka makin kecil arus elektrik yang mengalir. Besar resistans diukur dengan satuan Ohm ( $\Omega$ ).

Menurut jenisnya resistor (tahanan) dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

#### a. Resistor Tetap

- Resistor kawat logam, misalnya tahanan dari kawat logam yang digulung di permukaan pipa.
- Resistor arang (resistor komposisi), resistor ini paling banyak dipakai pada alat-alat elektronika atau rangkaian elektronika.



Gambar 2.9 Simbol Resistor Tetap

## b. Resistor Variabel

- Resistor variabel arang, yaitu berupa potensiometer yang dapat diputar atau digeser.
- Resistor variabel kawat logam, yang sistem pengaturannya sama. Nilai tahanan dari resistor biasanya dicantumkan pada badan resistor yang bersangkutan baik dalam bentuk angka maupun dalam bentuk kode warna. Nilai tahanan ini dapat diukur dengan ohmmeter.



Gambar 2.10 Simbol Potensiometer

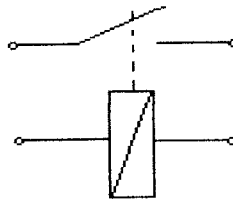
Resistor dapat dihubungkan secara seri dan paralel. Hubungan seri membuat nilai resistansinya lebih besar karena merupakan jumlah resistansi seluruh resistor. Sedang hubungan paralel menyebabkan nilai resistansinya lebih kecil dari nilai resistansi resistor yang memiliki hambatan terkecil.

### 2.3.7 Relai

Relai pada dasarnya adalah saklar elektromagnetik. Dengan relai arus yang kecil dapat untuk menggerakkan beban dengan tegangan dan arus yang besar. Bagian-bagian utama dari relai ada kumparan, inti besi, dan kontak-kontak.

Bila ada arus listrik mengalir pada kumparan, maka inti besi akan menjadi magnet. Magnet ini akan menarik kontak-kontak, yaitu NO (Normally Open) dan NC (Normally Closed). Kontak NO terbuka pada saat relai tidak bekerja atau tidak ada arus di kumparan dan memutus pada saat ada arus di kumparan. Kontak

NC adalah sebaliknya, saat relai bekerja kontak terbuka dan pada saat relai bekerja justru pada kontak menutup.



Gambar 2.11 Relai secara sederhana

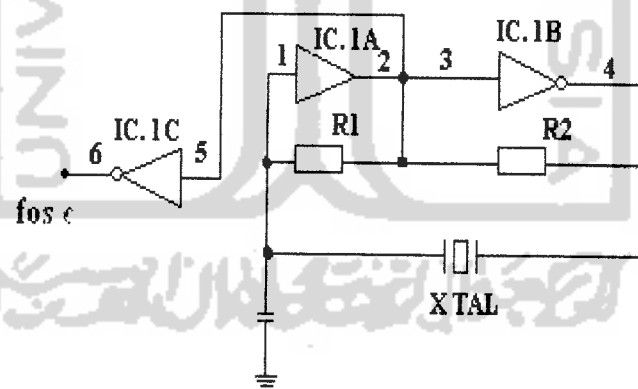
Kontak-kontak NO dan NC dapat dipilih tergantung kebutuhan. Dalam perancangan dengan relai yang perlu diperhatikan adalah kemampuan kontak-kontaknya dalam menghantarkan arus. Bila arus yang dilewatkan pada kontak-kontak terlampau besar dan melebihi batas maksimal kemampuan relai tersebut mendapat arus, maka kontak-kontak pada relai tersebut rusak karena kelebihan arus dan panas.

### 2.3.8 Osilator Kristal

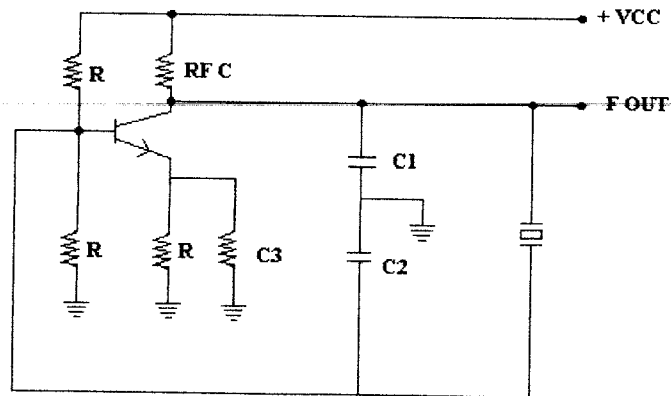
Osilator Kristal adalah osilator yang mempunyai keluaran gelombang tetap, mantap (stabil) terhadap perubahan-perubahan terutama perubahan suhu. Kristal yang paling lazim dipakai untuk pengendalian frekuensi adalah *quartz*. Kristal ini penampangnya berbentuk segienam. Dengan memotong kuarts menurut sumbu dan cara pemotongan tertentu diperoleh kristal X dan Y, dimana tebal kristal tersebut menentukan besarnya frekuensi dari kristal tersebut. Kristal merupakan komponen *piezoelectric*, jika diberi tegangan bolak-balik maka kristal tersebut akan bergetar pada resonansi naturalnya.

Ada bermacam-macam konfigurasi untuk membentuk rangkaian osilator kristal. Pada rangkaian-rangkaian digital digunakan konfigurasi rangkaian osilator dengan gerbang logika. Pada dasarnya adalah gelombang pembalik yang dibentuk oleh gerbang NAND maupun gerbang NOT. Rangkaian osilator kristal yang dikonfigurasi dengan gerbang NOT diperlihatkan pada gambar 2.12.

Apabila ketelitian dan kemantapan frekuensi osilasi menjadi hal yang utama, digunakan osilator kristal. Pada gambar sinyal umpan balik berasal dari sambungan kapasitif. Kristal dibangun dari untaian induktor dan kapasitor berkualitas tinggi yang disini menggantikan untaian LC pada osilator clap. Induktansi induktor dan kapasitansi kapasitor tidak mengalami perubahan yang signifikan meskipun terkena panas atau terlalu dingin. Oleh sebab itu frekuensi osilasi tidak terpengaruh temperatur dan kapasitansi transistor juga kapasitansi tercecer. Sebuah contoh untaian osilator kristal dapat kita lihat pada gambar berikut :

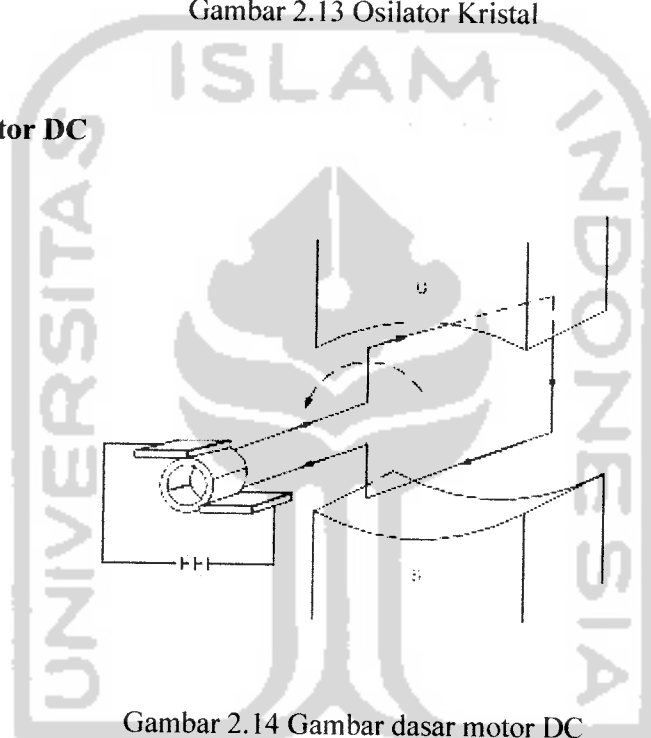


Gambar 2.12 Osilator Kristal dengan Gerbang NOT



Gambar 2.13 Osilator Kristal

### 2.3.9 Motor DC



Gambar 2.14 Gambar dasar motor DC

Motor merupakan mesin listrik yang paling banyak digunakan sebagai penggerak utama (*prime mover*) dalam dunia industri. Berdasarkan energi listrik yang mencatunya, motor dibedakan menjadi dua yaitu motor DC dan motor AC. Motor DC digerakkan oleh sumber listrik searah sedangkan motor AC digerakkan

oleh sumber listrik bolak-balik. Kedua jenis motor ini berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak yang berupa rotasi mekanis.

Prinsip kerja motor DC adalah berdasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik di mana apabila ada penghantar yang dialiri arus listrik ditempatkan dalam medan magnet maka penghantar tersebut akan mengalami gaya.

Pada Gambar 2.14 dapat dilihat bahwa apabila ada arus yang mengalir pada kumparan maka akan timbul gaya pada tiap sisi kumparan. Gaya tiap sisi kumparan ini sama besarnya dan berlawanan arah, sehingga menimbulkan torsi yang akan menghasilkan torsi mekanik yang akhirnya menyebabkan motor berputar. Jika arah arus dibalik dengan cara membalik polaritas catu daya maka arah putaran motor juga akan terbalik. Ringkasnya, prinsip kerja motor DC membutuhkan :

- a. Adanya garis-garis gaya medan magnet (*fluks*) antara kutub-kutub yang berada di stator.
- b. Penghantar yang dialiri arus yang ditempatkan pada jangkar yang berada dalam medan magnet tersebut.
- c. Penghantar yang menimbulkan gaya yang menghasilkan torsi.

Sedangkan besar gaya yang dihasilkan dirumuskan dengan persamaan

$$F = B I l \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan

B = rapat *fluks* magnet (*tesla*)

I = arus yang mengalir pada penghantar jangkar (Ampere)

$l$  = panjang penghantar (m)

$F$  = gaya yang dibangkitkan (Newton)

Sedangkan torsi yang dihasilkan dirumuskan :

$$T = F \times l \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan

$l$  = jari-jari inti jangkar (m)

$T$  = torsi yang dibangkitkan (Newton meter (Nm))

#### 2.4 Mikrokontroler AVR ( Alf and Vegard's Risc processor) ATtiny2313

Perkembangan teknologi dalam dunia elektronika dewasa ini sangat pesat khususnya perkembangan dalam dunia mikroelektronika. Mikrokontroler adalah suatu komponen semikonduktor yang didalamnya sudah terdapat suatu sistem mikroprosesor seperti : ALU, ROM, RAM, dan Port I/O. Berdasarkan arsitekturnya mikrokontroler dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu mikrokontroler dengan arsitektur CISC dan mikrokontroler dengan arsitektur RISC. Perbedaan mendasar dari kedua jenis mikrokontroler ini adalah kecepatan dalam eksekusi program. Mikrokontroler dengan arsitektur CISC untuk mengeksekusi 1 cycle perintah membutuhkan 12 siklus clock sedangkan mikrokontroler RISC semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (*word*) sehingga sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus clock. Contoh mikrokontroler CISC adalah mikrokontroler keluarga ASM51 (AT89Cxx, AT89Sxx, dll) sedangkan mikrokontroler RISC contohnya adalah mikrokontroler keluarga AVR (Alf and Vegard's Risc processor) (AT90Sxx, ATtiny, ATmega, dll).

### 2.4.1 Arsitektur ATtiny 2313

ATtiny 2313 adalah mikrokontroler 8-bit berteknologi CMOS yang berdaya rendah berbasis AVR dengan arsitektur RISC. Mikrokontroler

ATtiny2313 memiliki fitur-fitur utama antara lain sebagai berikut :

1. Sistem mikroprosesor RISC- 8bit dengan kecepatan maksimum 20Mhz
2. 120 macam instruksi,
3. 32 x 8bit General Purpose Register,
4. 2 Kbyte memori program,
5. 128 byte memori SRAM,
6. 128 byte memori EEPROM,
7. Timer/Counter 8 bit dan 16 bit,
8. 18 pin jalur I/O,
9. 4 channel PWM (*Pulse Width Modulation*),
10. Komparator analog,
11. Komunikasi serial USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver and Trasmitter*),
12. Port SPI (*Serial Peripheral Interface*),
13. Internal Osilator dan Internal Power-on-reset.

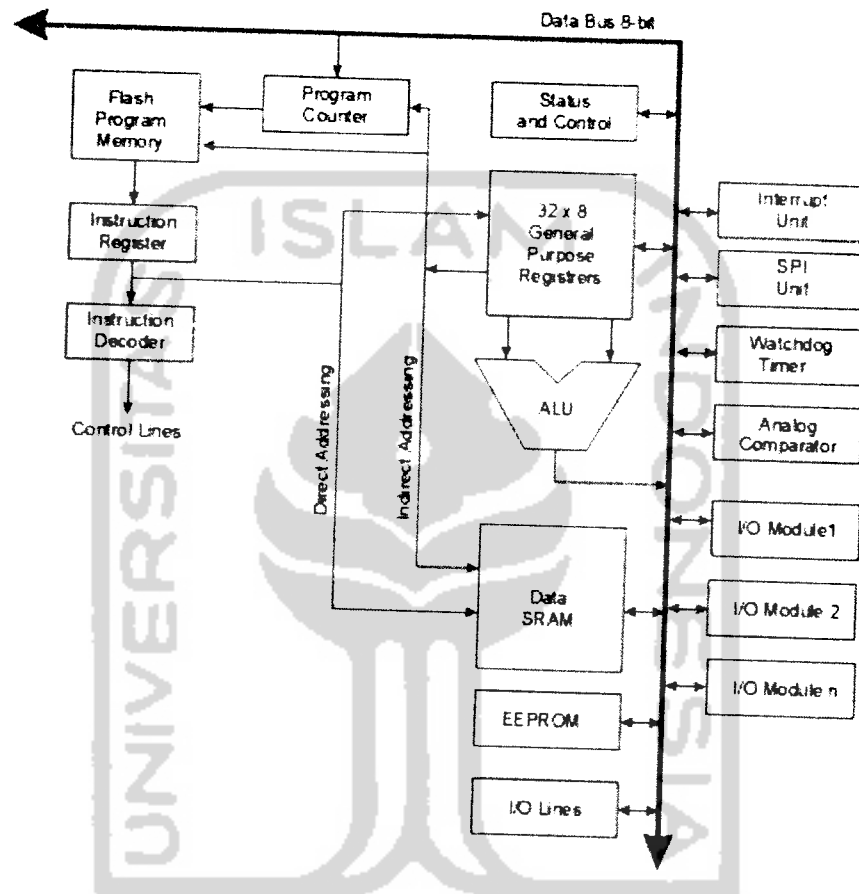


Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) memiliki model arsitektur *harvard*, dimana memori untuk data dan program terpisah, bus untuk program dan bus untuk data juga terpisah. Dalam arsitektur AVR, seluruh GPR (General Purpose Register [32-register]) terhubung langsung ke ALU (Arithmetic Logic Unit) / prosesor. Sehingga eksekusi instruksi lebih cepat. Dalam satu siklus clock terdapat dua register independen yang dapat diakses oleh satu instruksi. Teknik yang digunakan adalah *fetch during execution* atau memegang sambil mengerjakan. Hal ini berarti, dua operan dibaca dari satu register, dilakukan eksekusi operasi dan hasilnya disimpan kembali kedalam satu register, semuanya dilakukan hanya dalam satu siklus clock.

Dari 32 register terdapat enam buah register yang dapat digunakan untuk pengalamatan tidak langsung 16-bit sebagai register pointer (penunjuk). ALU mendukung operasi bit, fungsi aritmetika dan logika antara register dengan register atau register dengan nilai konstan, atau hanya operasi satu register. Untuk kontrol aliran program disediakan instruksi lompatan bersyarat dan tak bersyarat, instruksi CALL (panggil), dapat ditempatkan di seluruh ruangan program. Kebanyakan instruksi AVR mempunyai format 16-bit word. Setiap alamat memori program mengandung sebuah instruksi 16- atau 32-bit.

Selama interupsi dan pemanggilan subrutin, alamat program counter (PC) disimpan kedalam *Stack*. *Stack* akan efektif diletakkan di SRAM, dan konsekuensinya ukuran *stack* dibatasi oleh ukuran SRAM dan penggunaan SRAM. Setiap pengguna harus menginisialisai SP dalam rutin RESET (sebelum

subrutin atau interupsi dieksekusi). Stack pointer dapat ditulis dan dibaca dalam ruangan I/O. SRAM dapat diakses melalui lima mode pengalamatan dalam arsitektur AVR.



Gambar 2.15 Arsitektur ATtiny2313

#### 2.4.2 Blok Diagram

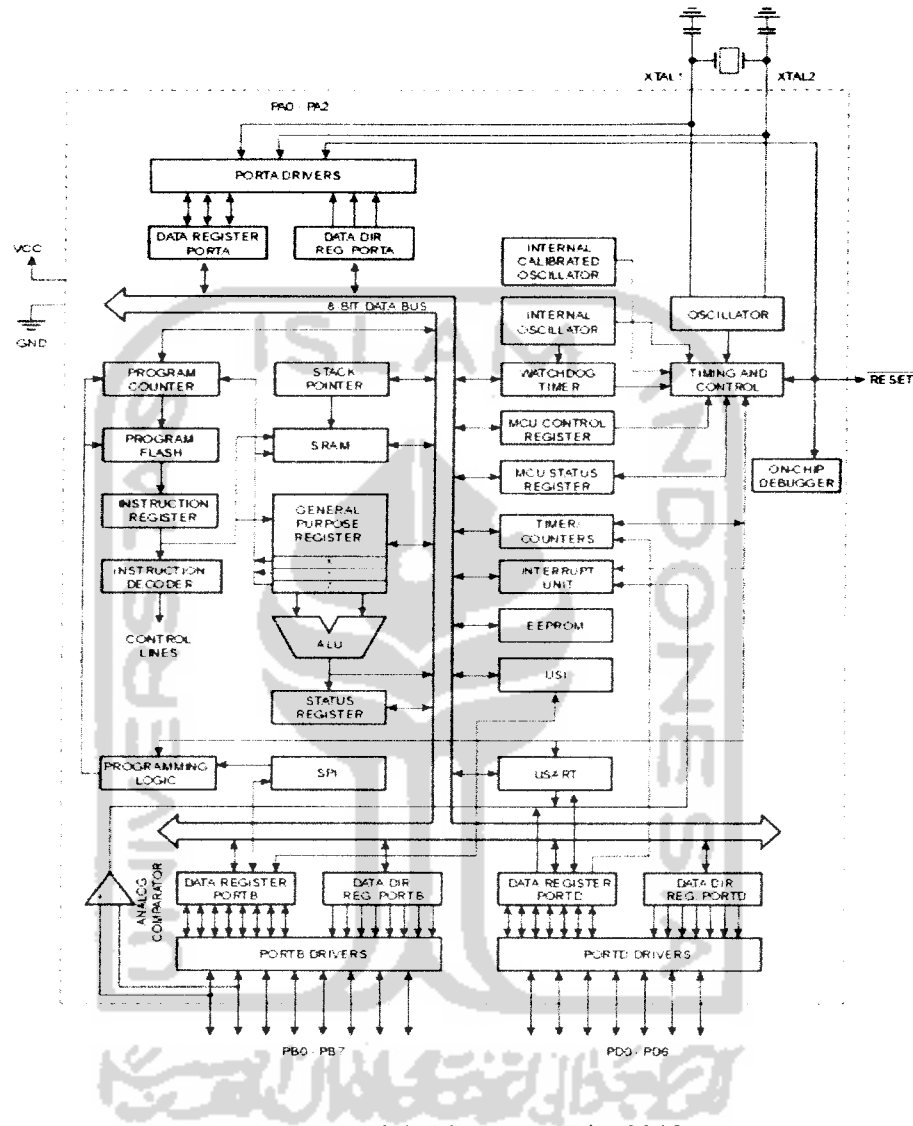
Inti kombinasi AVR adalah kombinasi instruksi yang beraneka ragam dengan 32 register (32 general purpose working register). Ke-32 register tersebut langsung dihubungkan ke *Arithmetic Logic Unit* (ALU) melalui dua register independen, sehingga dapat di akses dalam satu instruksi yaitu satu siklus clock.

Hasil dari arsitektur ini lebih efisien sepuluh kali dari mikrokontroler jenis CISC seperti AT89Sxxx.

ATtiny 2313 memiliki 2K byte *In-System Programmable Flash*, 128 byte EEPROM, 128 byte SRAM, 18 saluran *general purpose I/O line*, 32 *general purpose working register*, *interface single-wire* untuk *On-chip debugging*, dua *flexible Timer/Counter* dengan mode pembanding, interupsi internal dan eksternal, sebuah *programmable serial USART*, USI (Universal Serial Interface) dengan detektor kondisi awal, *Programmable Watchdog Timer* dengan osilator internal, dan tiga software *Selectable Mode Power-Saving*. Mode Idle berhenti sementara CPU membiarkan SRAM, Timer/Counter, SPI port dan sistem interupsi untuk berfungsi atau bekerja. Mode Power-down menyimpan isi register tapi membekukan osilator, men-*disable* semua fungsi IC sampai interupsi eksternal berikutnya atau hardware reset. Mode standby osilator tetap bekerja ketika IC dalam mode Sleep.

IC ini dibuat menggunakan teknologi memori *non-volatile Atmel's high-density. On-chip In-System Programmable Flash* mengizinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem melalui sebuah SPI serial interface, melalui programmer konvensional *non-volatile memory programmer*. Dengan mengkombinasikan sebuah RISC 8-bit CPU dengan *In System Self-Programmable Flash* pada sebuah *monolithic chip*, Atmel ATtiny2313 sangat mendukung untuk alat yang memerlukan fleksibilitas yang tinggi dan efektif yang banyak diterapkan pada aplikasi control. ATtiny2313 AVR mendukung beberapa program dan *tools*

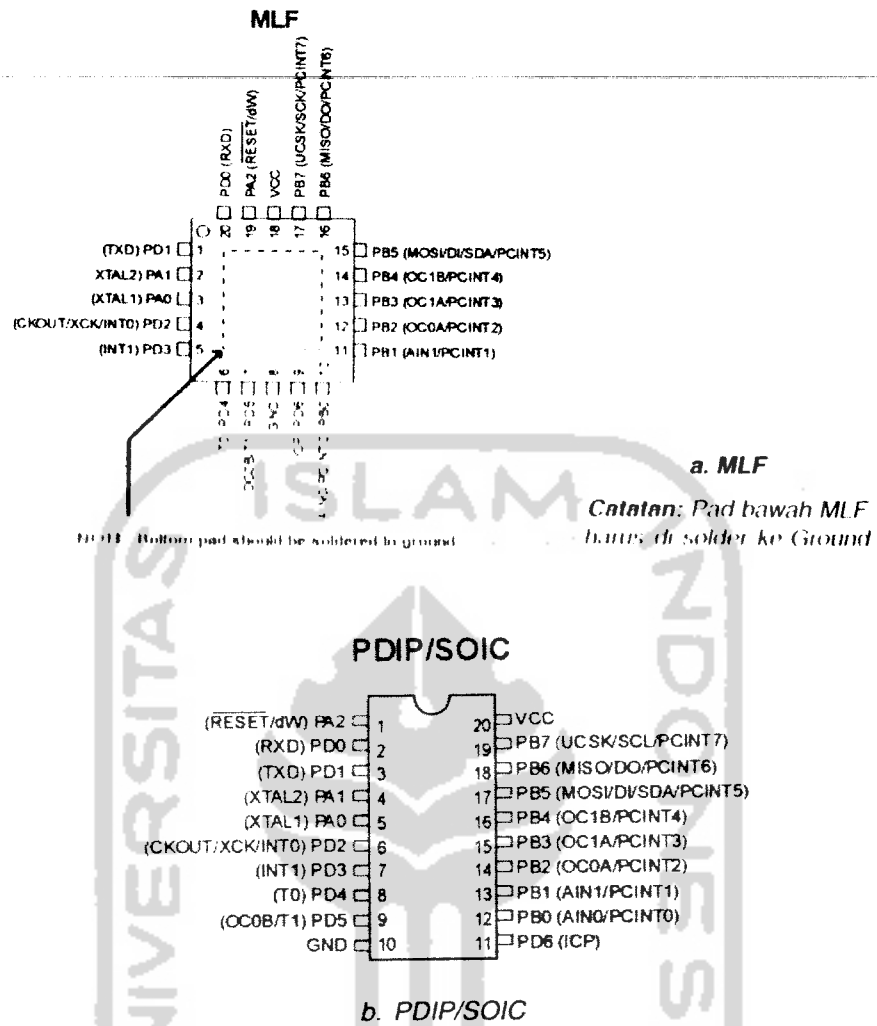
development system termasuk : C compilers, macro assemblers, program debugger/simulator, In Circuit Emulators dan kit evaluasi.



Gambar 2.16 Blok Diagram ATtiny2313

### 2.4.3 Hardware IC

Hardware IC mikrokontroler AVR ATtiny2313 terdapat 3 buah port utama, vcc, ground, reset, dan 2 buah kristal yang berfungsi sebagai input dan output inverting osilator. Lebih jelasnya pada gambar 2.15 di bawah ini :



Gambar 2.17 IC ATtiny2313

VCC : Supply tegangan

GND : Ground

Port A (PA2..PA0) : Port A mempunyai 3-bit *bi-directional I/O port*. Pin port dapat diberi resistor pull-up internal secara individual. buffer output port A mempunyai karakteristik penggerak dengan kemampuan mencatu (source) dan menyerap (sink). Ketika pin

PA0 sampai PA2 digunakan sebagai input dan di-*pulled low*, maka akan menghasilkan sumber arus jika resistor internal *pull-up* diaktifkan. Pin port A mempunyai tiga keadaan ketika kondisi reset bahkan ketika clock tidak aktif.

Port B (PB7..PB0) : Port B mempunyai 8-bit *bi-directional I/O port*. Pin port dapat diberi resistor *pull-up* internal secara individual. Buffer output port B mempunyai karakteristik penggerak dengan kemampuan mencatu (*source*) dan menyerap (*sink*). Ketika pin PB0 sampai PB7 digunakan sebagai input dan di-*pulled low*, maka akan menghasilkan sumber arus jika resistor internal *pull-up* diaktifkan. Pin port B mempunyai tiga keadaan ketika kondisi reset bahkan ketika clock tidak aktif.

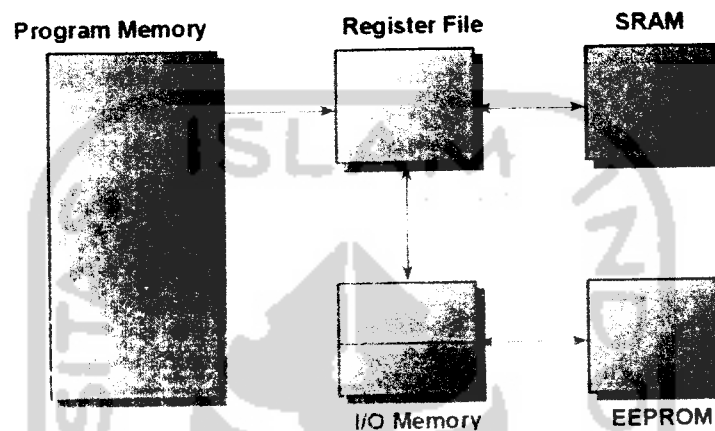
Port D (PD6..PD0) : Port D mempunyai 7-bit *bi-directional I/O port*. Port dapat diberi resistor *pull-up* internal secara individual. Buffer output Port D mempunyai karakteristik penggerak dengan kemampuan mencatu (*source*) dan menyerap (*sink*). Ketika pin PD0 sampai PD7 digunakan sebagai input dan di-*pulled low*, maka akan menghasilkan sumber arus jika resistor internal *pull-up* diaktifkan. Pin port D mempunyai tiga keadaan ketika kondisi reset bahkan ketika clock tidak aktif.

RESET : Input reset, ketika terjadi kondisi rendah pada pin ini. Akan membuat mikrokontroler masuk dalam kondisi reset walaupun clock mati/tidak berdetak.

XTAL1 : Input bagi inverting osilator amplifier dan input bagi operasi rangkaian clock internal.

XTAL2 : *Output inverting oscillator amplifier.*

#### 2.4.4 Organisasi Memori



Gambar 2.18 Hubungan antar memori

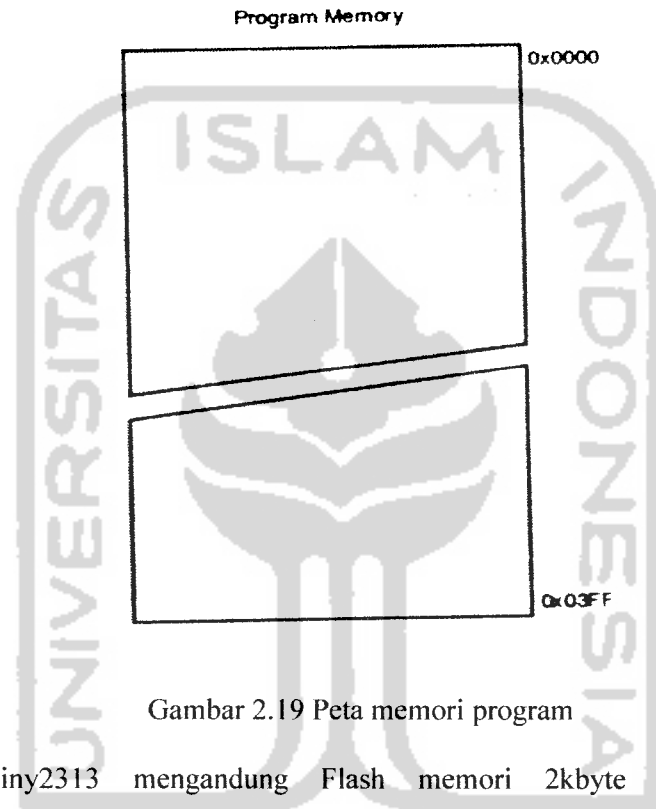
Seperti yang terlihat pada gambar diatas program memori hanya dapat dibaca, seperti ditunjuk oleh tanda panah. Artinya program memori bertugas sebagai penyimpan kode program yang akan dieksekusi oleh ALU. Register file atau GPR (General Purpose Register) berhubungan secara langsung program memori, SRAM, dan I/O memori. Artinya kedudukan GPR sangat vital, karena hal inilah kenapa setiap instruksi harus melalui GPR. Untuk dapat berhubungan dengan memori EEPROM harus melalui I/O memori baru ke GPR.

Secara garis besar ATtiny2313 mempunyai dua memori utama, yaitu : memori data dan memori program. Memori EEPROM digunakan untuk memori data program *nonvolatile* (tidak akan hilang bila daya tidak ada).

### A. Memori Data :

- 32 register keperluan umum (GPR) untuk seluruh operasi instruksi
- Register I/O untuk mengontrol mikrokontroler
- 128 x 8 SRAM untuk keperluan penyimpanan data sementara

### B. Memori Program



Gambar 2.19 Peta memori program

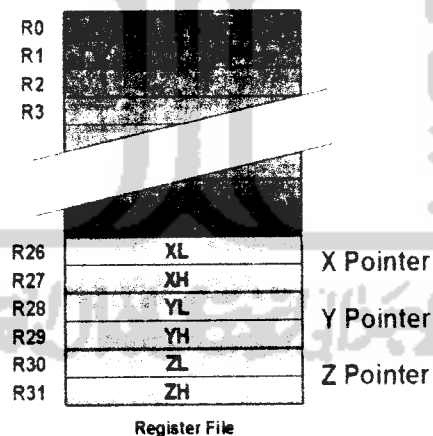
ATtiny2313 mengandung Flash memori 2kbyte On-chip untuk menyimpan program. Semenjak semua instruksi AVR mempunyai format 16 atau 32 bit, Flash dibentuk menjadi 1K x 16. memori flash program sedikitnya mempunyai 10.000 siklus tulis/hapus. Lebar data PC (program counter) adalah 10 bit yang digunakan untuk mengamati 1Kx16 memori program. Tabel konstan dapat dialokasikan pada program memori.



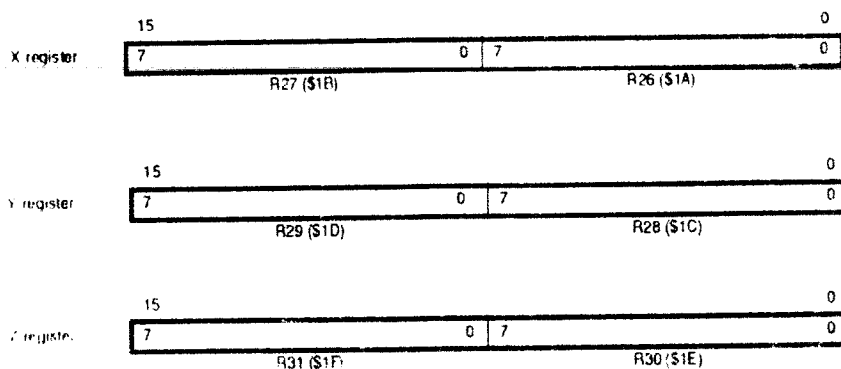
### C. General Purpose Register (GPR)

Seluruh set instruksi operasi register memiliki akses langsung dalam satu siklus ke semua register. Kecuali untuk lima instruksi aritmatika-logika yang mengoperasikan register dengan konstanta (SBCI, SUBI, CPI, ANDI, dan ORI) termasuk LDI yang mengoperasikan pemuatan data konstan imidiet, instruksi-instruksi tersebut dioperasikan hanya pada separo lokasi register terakhir GPR (R16.....R31). Instruksi untuk operasi umum seperti SBC, SUB, CP, AND, OR, dan operasi lainnya yang mengoperasikan dua register atau satu register dapat melakukan akses langsung terhadap seluruh register GPR.

Untuk pengalamatan tidak langsung atau pengalamatan ber-index disediakan enam register terakhir yaitu R26 sampai R31 dengan nama khusus yaitu register penunjuk X (R27:R26), register penunjuk Y (R29:R28), dan register penunjuk Z (R31:R30).



Gambar 2.20 General Purpose Register

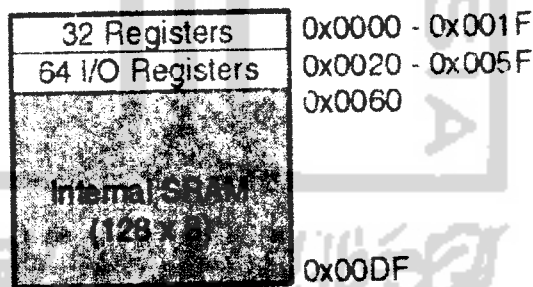


Gambar 2.21 Register Pointer X, Y, Z

D. SRAM

ATtiny2313 mempunyai 224 (0x0DF) alamat lokasi memori. Kapasitas SRAM (Statik RAM) ATtiny2313 adalah 128 byte lokasi memori SRAM dalam peta memori AVR ATtiny2313 ditunjukkan seperti gambar 2.19. Lokasi memori terbawah adalah GPR, I/O memori kemudian baru SRAM. Lokasi memori pertama adalah GPR dan I/O memori, dan 128 lokasi berikutnya internal SRAM.

Data Memory



Gambar 2.22 Peta memori data

Ada enam pengalamatan untuk memori data yaitu :

1. Mode langsung (direct addressing).
2. Mode tak langsung (indirect addressing).

3. Mode tak langsung dengan penggeseran (indirect with Dis-plcement).
4. Mode tak langsung dengan pengurangan-sebelum (indirect with Pre-decrement).
5. Mode tak langsung dengan penambahan-sesudah (indirect with Post-increment).

#### E. Register I/O

Register I/O menempati lokasi memori alamat \$20 hingga \$5F. Register ini berguna untuk mengatur dan melakukan kontrol terhadap periperal mikrokontroler.

Lokasi I/O diakses dengan instruksi transfer data “IN” dan “OUT” antara 32 GPR dan ruang I/O. Register I/O menempati alamat \$00 - \$1F yang dapat diakses langsung secara bit menggunakan instruksi SBI dan CBI. Dalam register I/O, nilai bit (single) suatu register dapat dicek dengan instruksi SBIS dan SBIC. Ketika menggunakan perintah IN dan OUT, maka alamat I/O yang digunakan harus dalam ruang \$00 - \$3F. Ketika pengaksesan menggunakan SRAM, nilai \$20 harus kita tambahkan pada alamat ini. Diantara register I/O, register yang paling banyak digunakan diantaranya SREG dan SP (Stack Pointer).

SREG (Status Register) ini berisi status yang dihasilkan setiap operasi yang dilakukan oleh ALU ketika suatu instruksi dieksekusi. Register ini biasanya sering dipakai dalam instruksi percabangan bersyarat.

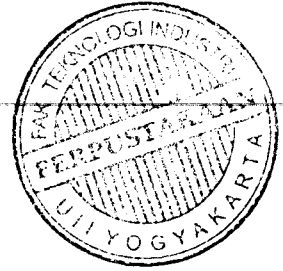
Sedangkan Stack Pointer (SP) adalah sebuah register 8-bit pada I/O address \$3E(\$5E) – \$3D(\$5D). 8-bit digunakan untuk memasukkan alamat awal SRAM yang akan dijadikan stack. Stack pointer menunjuk pada area data stack

SRAM dimana Subrutin dan Stack Interupsi ditempatkan. Area stack pada data SRAM harus didefinisikan oleh program sebelum memanggil beberapa subrutin dieksekusi atau meng-*enable* interupsi. Stack Pointer harus diset pada alamat SRAM diatas \$60. Stack Pointer di-*decrement* (dikurangi) satu ketika data di-push (didorong masuk) kedalam stack dengan instruksi "PUSH", dan dikurangi (decrement) dua ketika alamat di-push kedalam stack dengan subrutin panggilan (subrutin calls) dan interupsi. Stack Pointer di-incremen (ditambah) satu ketika data di-pop (diambil) dari stack dengan instruksi "POP", dan ditambah (incremen) dua ketika address/alamat di-pop dari stack dengan selesainya subrutin (akhir subrutin "RET") atau selesainya interupsi RETI.



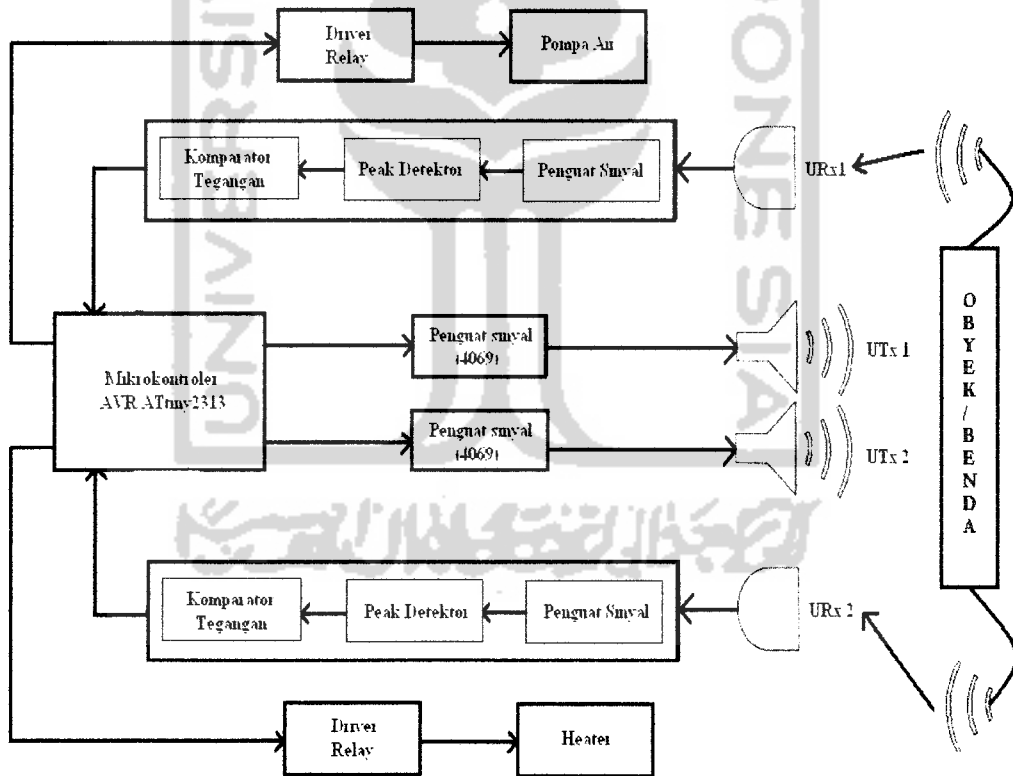
# BAB III

## PERANCANGAN SISTEM



### 3.1 Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja peralatan pengering tangan otomatis ini dapat dikatakan sebagai peralatan yang mengaplikasikan kendali *on/off*. Kondisi *on* atau kondisi peralatan akan bekerja adalah kondisi bila telah datang seseorang yang akan mengeringkan tangan. Sedangkan kondisi *off* adalah kondisi ketika tidak ada orang yang datang untuk mengeringkan tangan atau ketika orang telah selesai mengeringkan tangan.



Gambar 3.1 Diagram blok Pembasuh dan Pengering tangan

Secara keseluruhan prinsip kerja rangkaian pembasuh dan pengering tangan otomatis menggunakan transduser ultrasonik berbasis mikrokontroler ATtiny2313 adalah Generator frekuensi yang terdiri dari rangkaian osilator kristal akan membangkitkan frekuensi sebesar 12 MHz yang diteruskan kerangkaian mikrokontroler untuk membangkitkan frekuensi ultrasonik sebesar 40 KHz. Frekuensi keluaran dari mikrokontroler ini telah cukup kuat untuk dipancarkan oleh pemancar ultrasonik.

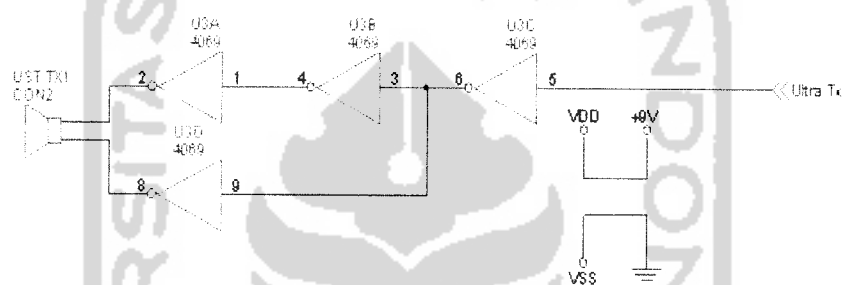
Penerima ultrasonik akan menerima sinyal secara kontinu dari pemancar ultrasonik apabila ada benda padat di depan pemancar ultrasonik yang mengakibatkan pantulan ke penerima ultrasonik. Sinyal dari penerima ini lalu dikuatkan oleh penguat transistor 2 tingkat. Keluaran dari transistor ini kemudian akan dibandingkan dengan tegangan referensi oleh pembanding tegangan LM311. Pada saat ada benda atau obyek yang menghalangi maka keluaran dari LM311 menjadi logika "1" sedangkan pada saat tidak ada benda atau obyek yang menghalangi maka tegangan akan sama dengan logika "0" digital.

Logika 1 dan 0 keluaran dari LM311 ini kemudian diterima oleh mikrokontroler sebagai *stop timer* (waktu kembali sinyal ultrasonik). Pada saat mikrokontroler memperoleh logika 1 (=VCC) maka mikrokontroler akan mengaktifkan pompa atau heater tergantung pada posisi dimana obyek atau input tersebut berada. Apabila sensor masih mendeteksi adanya objek di dekatnya maka alat akan tetap hidup dan alat akan mati apabila sensor tidak mendeteksi adanya objek dalam jarak jangkauan yang telah ditentukan.

## 3.2 Perancangan Perangkat Keras

### 3.2.1. Pemancar Ultrasonik

mikrokontroler akan membangkitkan sinyal dengan timer 0 sebesar 40 kHz menggunakan osilator Kristal sebesar 12 MHz selama 250  $\mu$ s (10 pulsa) yang kemudian diumpankan ke penguat sinyal menggunakan IC CD4069 yang terdiri dari beberapa gerbang *inverter buffer* sehingga terjadi perubahan dari sinyal elektrik menjadi sinyal ultrasonik. Keluaran dari CD4069 ini telah cukup kuat untuk dipancarkan oleh pemancar ultrasonik..

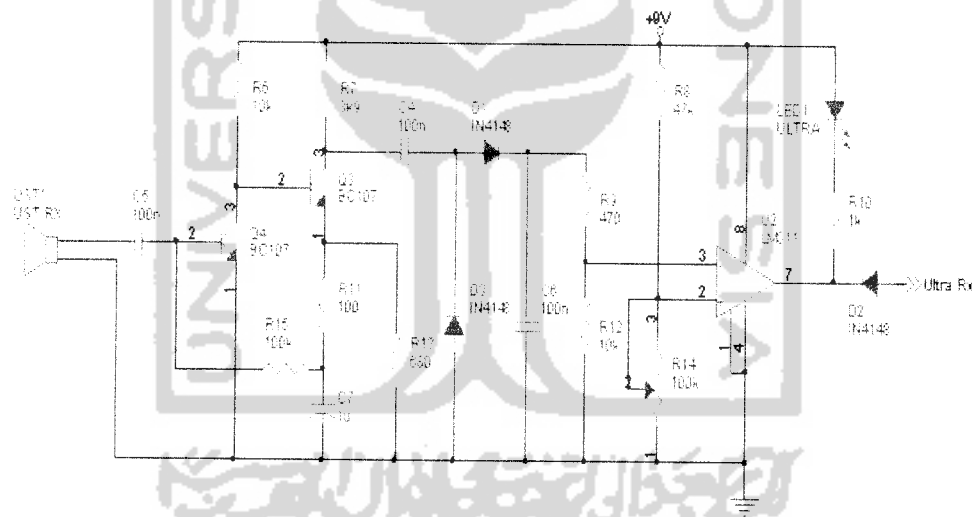


Gambar 3.2. Rangkaian pemancar ultrasonik

### 3.2.2 Penerima Ultrasonik

Penerima ultrasonik akan menerima sinyal secara kontinyu dari pemancar ultrasonik apabila ada benda padat di depan pemancar ultrasonik yang mengakibatkan pantulan ke penerima ultrasonik. Pada rangkaian penerima, Pantulan gelombang ultrasonik diterima oleh transduser penerima dengan amplitudo yang berbanding terbalik dengan jarak pantulan. Kemudian diperkuat dengan menggunakan dua buah transistor. Selanjutnya sinyal tersebut disearahkan menjadi tegangan DC dan derau diperkecil dengan pemasangan kapasitor. Pada

keluaran penerima ini berupa tegangan DC yang tidak sama, sesuai besar kecilnya pantulan suara ultrasonik yang diterima. Kemudian dilewatkan ke bagian detektor puncak sehingga hanya puncak amplitudo dari sinyal yang diterima saja yang akan dilewatkan. Selanjutnya besarnya amplitudo tersebut dibandingkan oleh komparator. Rangkaian komparator berfungsi untuk membandingkan tegangan yang dihasilkan penerima dengan tegangan yang diinginkan. Untai komparator ini menggunakan IC LM 311 menjadi logika 1 sedangkan pada saat tidak ada benda yang menghalangi maka tegangan akan sama dengan logika 0 digital dengan catu daya tegangan DC +12V. Op Amp ini membandingkan antara output dari penerima dengan tegangan referensi. Pengaturan tegangan referensi dilakukan dengan mengubah resistor variabel atau trimpot R<sub>19</sub>.



Gambar 3.3 Rangkaian Penerima Ultrasonik

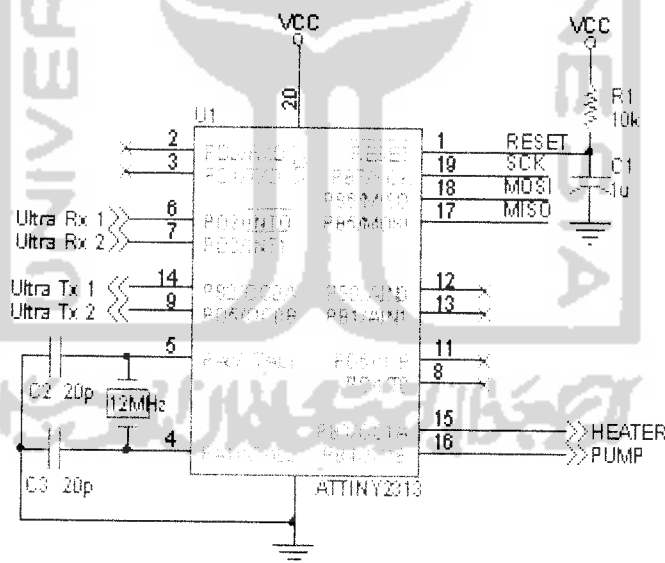
### 3.2.3 Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) ATtiny2313

Mikrokontroler berfungsi sebagai kendali utama sistem pada rangkaian ultrasonik yang membangkitkan sinyal ultrasonik dengan timer 0 sebesar 40 kHz



yang digunakan untuk menghitung waktu antara pengiriman sinyal pada pemancar ultrasonik dengan sinyal kembali atau sinyal pantul yang dipancarkan. Disamping itu juga mikrokontroler digunakan untuk mengendalikan relay.

Mikrokontroler AVR ATtiny2313 yang sudah diisi program pembasuh dan pengering tangan yang digunakan untuk mengendalikan relay maksudnya adalah bahwa mikrokontroler berfungsi sebagai Pengendali mati atau hidupnya pompa air, pemanas dan motor DC. Program ini berisi program pengaktifan pompa air, motor DC dan elemen pemanas. Pompa air dalam alat ini menggunakan pompa air akuarium ikan hias Motor DC dalam tugas akhir ini menggunakan kipas DC 12 V yang berfungsi sebagai pendorong angin. Sedangkan pemanas dalam alat pengering tangan ini menggunakan elemen pemanas yang berfungsi sebagai sumber hawa panas yang nantinya akan didorong oleh kipas.



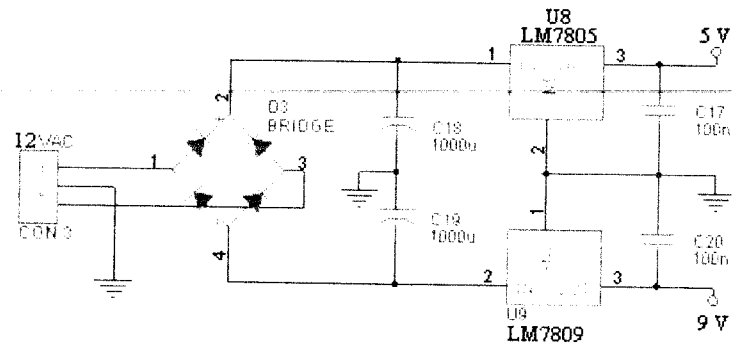
Gambar 3.4 Rangkaian input - output Mikrokontroler AVR ATtiny2313

### 3.2.4 Catu Daya

Rangkaian catu daya merupakan bagian yang sangat penting pada rangkaian karena tanpa catu daya alat ini tidak dapat bekerja, catu daya digunakan sebagai penyedia sumber tegangan untuk keseluruhan sistem. Perancangan suatu catu daya yang baik harus memperhatikan faktor kualitas catu daya yang meliputi: regulasi tegangan, faktor riak, nisbah penyearahan dan faktor guna trafo sehingga diperoleh sebuah catu daya yang berkualitas yang dapat mempertahankan suatu level tegangan yang konstan yang sangat diperlukan dalam rangkaian catu daya.

Dengan demikian rangkaian catu daya pada tugas akhir ini menggunakan regulator tegangan (*voltage regulator*) yang berbentuk IC (*integrated circuit*) yang mengandung sejumlah rangkaian untuk tegangan referensi, alat pengontrol, komparator, dan pelindung tegangan berlebih (*overload protection*). Jenis regulasi yang di gunakan seri 78XX, yaitu 7805, 7809 sebagai regulator tegangan tetap positif. Sedangkan untuk tegangan negatif menggunakan 7909.

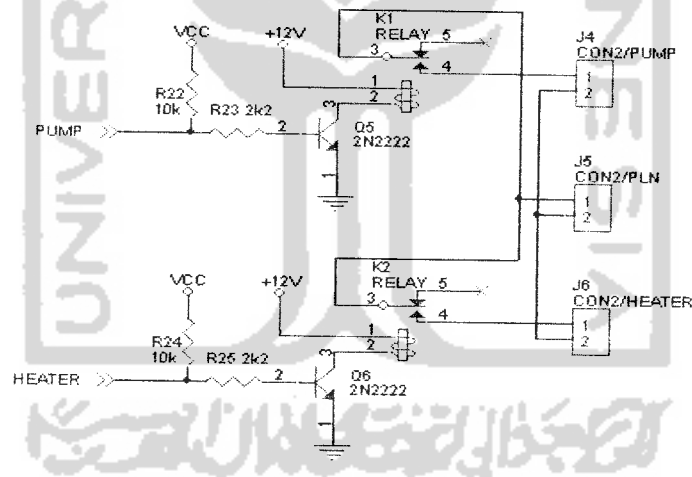
Komponen ini biasanya sudah dilengkapi dengan pembatas arus (*current limiter*) dan juga pembatas suhu (*thermal shutdown*). Seri 78xx adalah jenis *regulator* tegangan tiga terminal, yaitu  $V_{in}$ , *ground* dan  $V_{out}$ . dan dengan menambah beberapa komponen saja sudah dapat menjadi rangkaian catu daya yang teregulasi dengan baik.



Gambar 3.5 Rangkaian catu daya dengan regulator tegangan

Fungsi dari kapasitor pada rangkaian catu daya di atas adalah untuk menstabilkan tegangan dan sebagai perata arus pada *output* catu daya.

### 3.2.5 Rangkaian Driver (Relai)



Gambar 3.6 Rangkaian driver Relai

Rangkaian driver (relai) berfungsi sebagai saklar pada sistem. Saat mikrokontroler AVR ATtiny2313 membangkitkan frekuensi sebesar 40 kHz yang kemudian diteruskan ke rangkaian pemancar ultrasonik, apabila ada benda yang

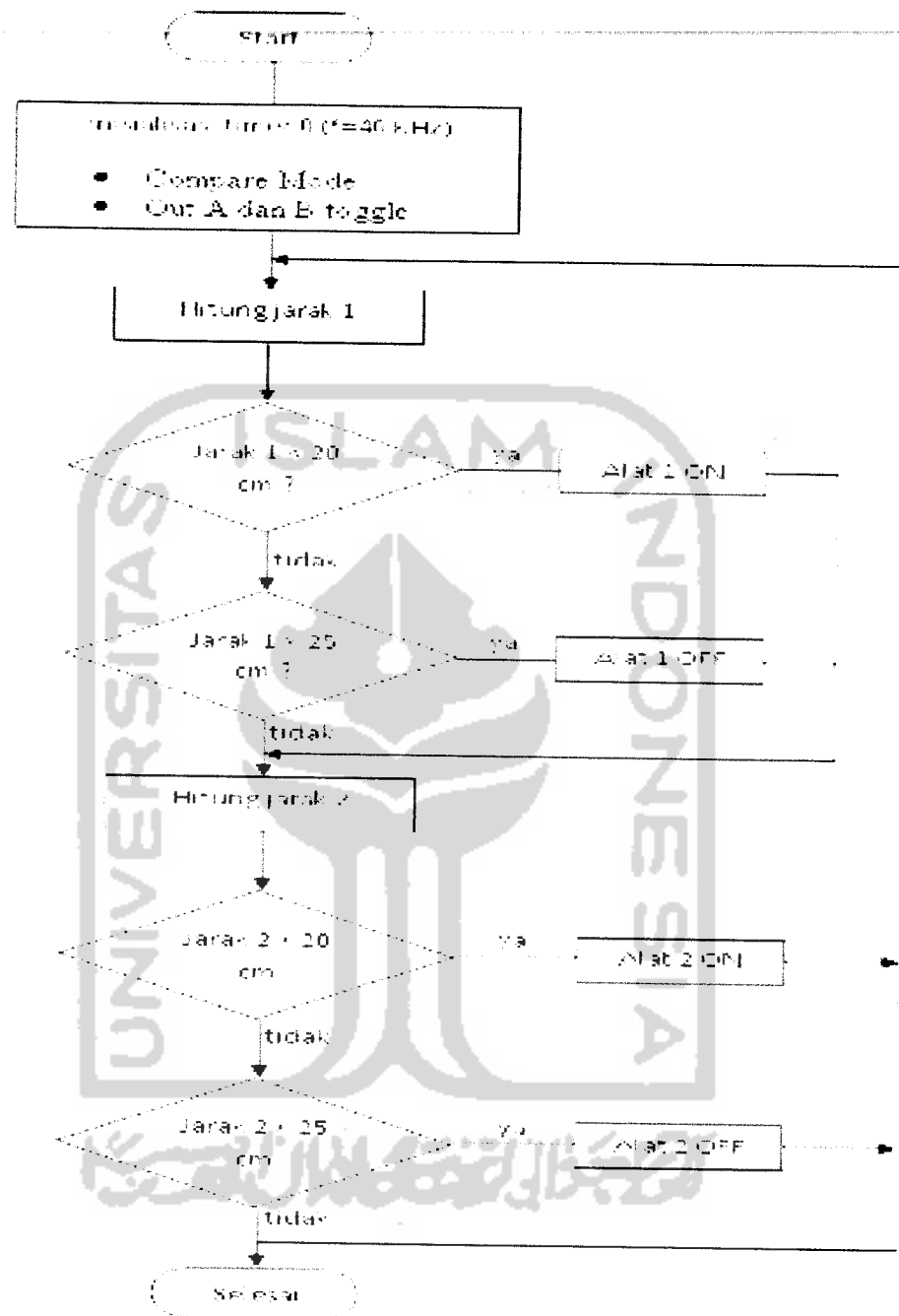
menghalangi maka sinyal pantulannya akan diterima oleh rangkaian penerima ultrasonik dan akan dikuatkan menggunakan transistor dua tingkat kemudian diteruskan kembali ke mikrokontroler. Adanya tanggapan dari transduser ultrasonik akan menyebabkan mikrokontroler memberikan respon berupa logika 1 (=VCC) yang akan menghidupkan relai. Arus yang mengalir dalam kumparan menyebabkan timbulnya medan magnet disekitar kumparan sehingga akan menarik saklar yang berarti arus mengalir menuju pompa atau heater sehingga salah satu atau kedua komponen ini akan hidup sampai pemancar ultrasonik tidak menangkap adanya halangan atau obyek sehingga mikrokontroler akan berlogika 0 yang berarti tegangan sama dengan 0 volt.

### 3.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Tahap berikutnya adalah membuat perangkat lunak atau *software* yang berupa Pemrograman menggunakan bahasa C, yaitu *Small Device C Compiler* (SDCC). Sebelum membuat program diperlukan alir atau *flowchart* untuk mempermudah dalam pembuatan program pembasuh dan pengering tangan.

Setelah diagram alir selesai disusun kemudian membuat program pembasuh dan pengering tangan dalam bahasa C. Bahasa pemrograman yang biasa digunakan adalah bahasa *assembly*, kemudian dikembangkan kompailer untuk bahasa tingkat tinggi. Untuk mikrokontroler keluarga MCS-51 bahasa tingkat tinggi yang dikembangkan antara lain, *Basic*, *Pascal*, dan C. Pemrograman yang digunakan dalam rangkaian ini menggunakan bahasa C, yaitu *Small Device C Compiler* (SDCC).

### 3.3.1 Diagram Alir (Flowchart)



Gambar 3.7 Diagram alir sistem pembasuh dan pengering tangan

Awalnya mikrokontroler melakukan inisialisasi timer 0 (mode pembanding dan toggle antara output OC0A dan OC0B) untuk membangkitkan frekuensi sebesar 40 KHz. kemudian mikrokontroler akan menghitung waktu antara pengiriman dan penerimaan dari sinyal yang dipantulkan transduser ultrasonik yang digunakan untuk mengatur jarak jangkauan sensor ultrasonik pada alat pertama dalam hal ini adalah pompa air atau rangkaian pembasuh tangan, apabila terdapat halangan atau obyek pada transduser ultrasonik pertama dengan jarak kurang dari 20 cm maka alat ke-1 akan hidup, dan kemudian alat akan melakukan pengecekan kembali apakah obyek masih berada pada jarak jangkauan maksimum atau nilai histerisis sensor ( $< 25$  cm) jika masih terdapat obyek dalam jarak nilai histerisis maka alat akan tetap hidup tetapi apabila obyek melebihi nilai jarak histerisis sensor ( $> 25$  cm) atau tidak terdapat obyek dalam daerah jangkauan transduser ultrasonik, maka alat ke-1 akan mati. Pemberian Daerah atau nilai histerisis disini dimaksudkan agar alat tidak cepat hang atau error akibat perubahan jarak obyek secara cepat juga agar alat dapat berjalan dengan stabil. Setelah itu dilanjutkan menghitung jarak pada alat kedua dalam hal ini adalah pengering tangan atau heater. Sama seperti pada alat pertama, apabila terdapat halangan atau obyek pada transduser kedua kurang dari 20 cm maka alat ke-2 akan hidup, alat akan tetap hidup apabila masih berada pada daerah histerisis. Alat ke-2 akan mati jika obyek berada melebihi nilai histerisis yang telah ditentukan ( $> 25$  cm) atau tidak terdapat halangan pada transduser ultrasonik kedua.

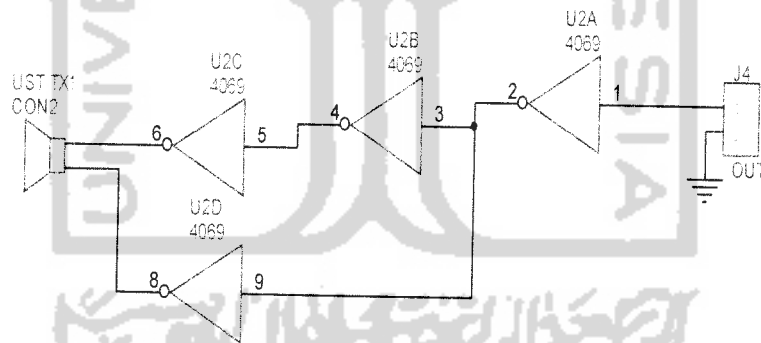
## BAB IV

### HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

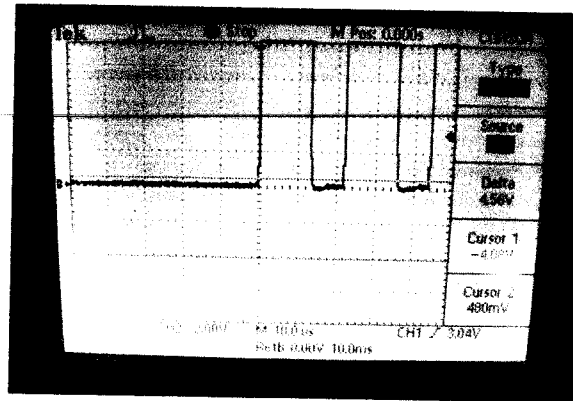
#### 4.1. Pengukuran Rangkaian Sensor Ultrasonik

##### 4.1.1. Rangkaian Pengirim

Mikrokontroler akan membangkitkan frekuensi sebesar 40 KHz, yang kemudian akan diumpankan ke penguat IC CD 4069. Mode burst dipilih untuk menghasilkan frekuensi yang terus menerus, dan bentuk pulsa yang dihasilkan adalah kotak. Pin 14 pada IC 4069 akan menerima sinyal dari mikrokontroler AVR ATtiny2313. Bila Pin 14 IC 4069 bernilai 0 atau berlogika rendah maka *transmitter* akan memancarkan sinyal dan bila bernilai 1 atau berlogika tinggi maka akan *reset*. Rangkaian pengirim sensor ultrasonik dan tampilan gelombang pengirim ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 4.1. dan 4.2. dibawah ini.



Gambar 4.1 Rangkaian Pengirim Ultrasonik

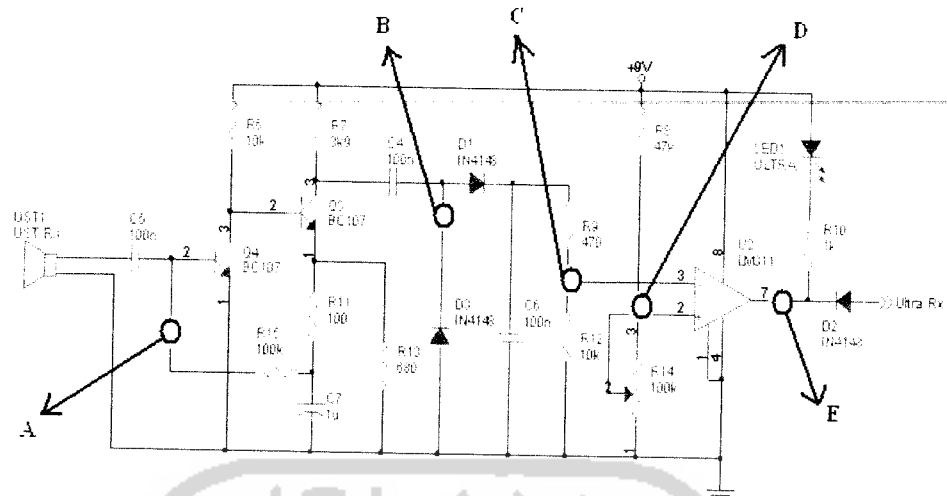


Gambar 4.2 Tampilan Gelombang pada Pengirim Ultrasonik,  
dengan volt/div=2V,time/div=10 $\mu$ s, Amplitudo=2.2, T=22 $\mu$ s,  $f=1/T=45$ KHz

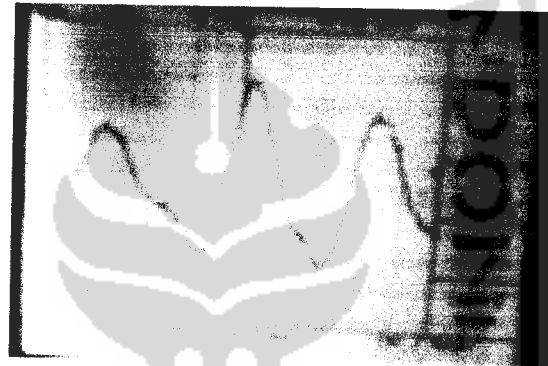
#### 4.1.2. Rangkaian Penerima

Pada rangkaian penerima ultrasonik transduser menerima pantulan gelombang ultrasonik dari pemancar ultrasonik. Titik A, B, C, D dan E pada Gambar 4.2 adalah gambar titik pengukuran pada rangkaian penerima ultrasonik. Dilakukan pengukuran secara bertahap pada titik-titik tersebut dengan tujuan untuk mengetahui gelombang yang dihasilkan saat sinyal yang dipantulkan diterima oleh rangkaian penerima ultrasonik (titik A), saat sinyal dikuatkan menggunakan transistor dua tingkat (titik B), saat sinyal dideteksi oleh rangkaian *peak* detektor dan Pin 3 IC LM311 menerima gelombang ultrasonik dengan jarak ke pemantul lebih dari 20 cm atau berlogika 1 (titik C), saat Pin 2 IC LM311 menerima gelombang ultrasonik dengan jarak ke pemantul kurang dari 20 cm atau berlogika 0 (titik D), titik E adalah keluaran dari rangkaian penerima ultrasonik.





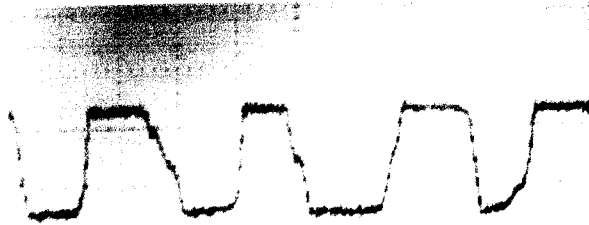
Gambar 4.3. Titik Pengukuran Rangkaian Penerima Ultrasonik



Gambar 4.4. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik A, dengan volt/div=2V, time/div=10 $\mu$ s, Amplitudo=2.6, T=26  $\mu$ s,  $f=1/T=38$ KHz

Tegangan yang dihasilkan berupa gelombang AC dapat dilihat pada Gambar 4.4. di atas. Gambar 4.5 adalah gelombang AC setelah mengalami penguatan melalui transistor. Penyearah diperlukan untuk mengubah tegangan AC yang diterima menjadi tegangan DC, dapat dilihat pada Gambar 4.7. Pin 3 IC LM311 jika menerima gelombang ultrasonik dengan jarak ke pemantul lebih dari 20 cm maka gelombang akan berbentuk kotak seperti yang ditunjukkan pada

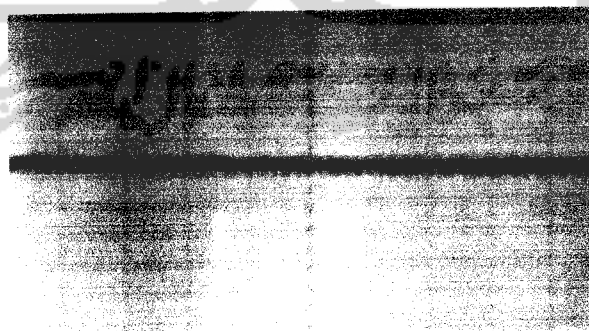
Gambar 4.6, tetapi jika tidak maka gelombangnya adalah gelombang DC atau berbentuk lurus.



Gambar 4.5. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik B, dengan volt/div=2V,time/div=10 $\mu$ s, Amplitudo=2.6, T=26 $\mu$ s, f=1/T=38KHz

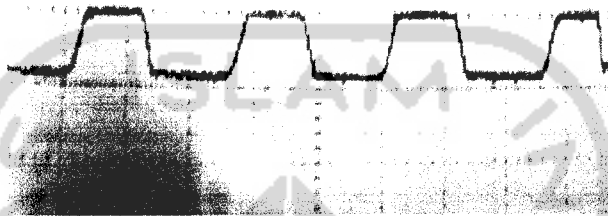


Gambar 4.6. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik C, dengan volt/div=2V,time/div=10 $\mu$ s, Amplitudo=2.6, T=26  $\mu$ s, f=1/T=38KHz



Gambar 4.7. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik D, dengan volt/div=2V,time/div=10 $\mu$ s.

Tegangan *input* dari pin 3 IC LM311 sama dengan tegangan *output* dari pin 7 digunakan sebagai keluaran dari penerima ultrasonik. Yang akan digunakan sebagai masukan pada mikrokontroler AVR Attiny2313. Pengukuran pada penerima ultrasonik di titik E terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Tampilan Gelombang pada Penerima Ultrasonik di Titik E, dengan volt/div=2V,time/div=10µs.

Jika penerima ultrasonik menerima sinyal maka led warna hijau akan menyala. Tegangan di kaki 3 IC LM311 akan lebih besar daripada tegangan di kaki 2 pada saat sensor ultrasonik aktif. Pengukuran tegangan di kaki 3 sebesar 3 V, dan tegangan di kaki 2 sebesar 2,75 V.

Setelah semua tahapan perancangan dan penyusunan alat pengering tangan selesai maka diperoleh suatu bentuk alat pembasuh dan pengering tangan otomatis menggunakan transduser ultrasonik berbasis mikrokontroler AVR ATtiny2313. Alat pembasuh dan pengering tangan ini kemudian diuji melalui eksperimen dengan menggunakan beberapa obyek. Obyek tersebut adalah :

1. Tangan
2. Benda dengan permukaan halus
3. Benda dengan permukaan kasar

4. Benda dengan permukaan cekung
5. Benda dengan permukaan cembung

Penggunaan benda baik yang berpermukaan halus dan terjal maupun benda yang berpermukaan cekung dan cembung dimaksudkan untuk mengetahui adanya pemantulan baur dan pemantulan sempurna, mengingat ultrasonik merupakan gelombang bunyi. Selain jarak pada penelitian ini juga memperhatikan kondisi obyek. Kondisi obyek ini maksudnya adalah kondisi ketika benda diam dan bergerak. Hal ini dilakukan mengingat tangan selalu bergerak ketika dikeringkan. Oleh karena itu pada penelitian ini diharapkan mampu mendapatkan data mengenai hasil jangkauan pengeringan tangan baik dalam kondisi tangan bergerak maupun diam yang akurat dari alat yang pengering tangan yang dibuat.

Pengujian dalam eksperimen ini memperhatikan hukum pemantulan bunyi, karena ultrasonik merupakan gelombang bunyi.

Adapun hukum pemantulan bunyi berbunyi :

1. Bunyi datang, garis normal dan bunyi pantul terletak pada satu bidang datar.
2. Sudut datang sama dengan sudut pantul

#### **4.2 Pengukuran dengan obyek tangan**

Tangan yang digunakan sebagai obyek adalah tangan anak kecil di bawah umur 18 tahun dan tangan orang dewasa di atas 18 tahun. Penggunaan tangan anak kecil dan tangan orang dewasa dimaksudkan untuk mengetahui apakah luas penampang tangan berpengaruh terhadap jarak pemantulan gelombang ultrasonik.

Setelah dilakukan pengukuran diperoleh hasil dan data yang terlihat pada Tabel

4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1 Hasil pengujian dengan obyek tangan

| No. | Jarak Pengukuran (cm) | Tangan Orang Dewasa | Tangan Anak Kecil |
|-----|-----------------------|---------------------|-------------------|
| 1.  | 2                     | √                   | √                 |
| 2.  | 4                     | √                   | √                 |
| 3.  | 6                     | √                   | √                 |
| 4.  | 8                     | √                   | √                 |
| 5.  | 10                    | √                   | √                 |
| 6.  | 12                    | √                   | √                 |
| 7.  | 14                    | √                   | √                 |
| 8.  | 16                    | √                   | √                 |
| 9.  | 18                    | √                   | √                 |
| 10. | 20                    | √                   | —                 |
| 11. | 22*                   | —                   | —                 |
| 12. | 24*                   | —                   | —                 |
| 13. | 25*                   | —                   | —                 |

Keterangan :

√ = ada pemantulan gelombang ultrasonik

- = tidak ada pemantulan gelombang ultrasonik

\* = rentang jarak tangan agar alat tetap bekerja (nilai histerisis)

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dapat diketahui beberapa hal yaitu :

1. Luas penampang tangan berpengaruh pada pemantulan gelombang ultrasonik. Hal ini disebabkan karena semakin luas penampang tangan maka semakin besar pula kemungkinan mendapatkan pemantulan gelombang ultrasonik.

2. Kondisi tangan antara tangan diam dan tangan bergerak berpengaruh terhadap pemantulan gelombang ultrasonik. Ketika tangan bergerak maka gelombang ultrasonik mengalami pemantulan yang menyebar dan di antara sinyal yang menyebar tersebut akan mungkin jatuh pada transduser ultrasonik penerima. Akan tetapi dalam hal ini alat telah mengalami perbaikan sehingga kondisi tersebut tidak berpengaruh terhadap kinerja alat.
3. Jarak antara 21 cm – 25 cm adalah nilai histerisis, jadi apabila dalam keadaan awal tangan berada pada daerah ini alat tidak akan hidup.

#### **4.3 Pengukuran dengan obyek benda berpermukaan halus dan kasar**

Benda berpermukaan halus yang digunakan sebagai obyek adalah kaca dan juga stereofom yang memiliki ukuran untuk kaca 27 cm x 29 cm dengan bentuk permukaan yang halus atau rata. Sedangkan benda dengan bentuk permukaan kasar yang digunakan adalah benda yang terbuat dari stereofom dengan ukuran 14 cm x 16,5 cm tetapi permukaannya dibuat agar bentuknya tidak rata. Penggunaan benda berpermukaan halus dan berpermukaan kasar adalah untuk mengetahui adanya pemantulan sempurna dan pemantulan baur. Setelah dilakukan pengukuran diperoleh hasil pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil pengujian dengan obyek benda berpermukaan halus dan kasar

| No. | Jarak Pengukuran (cm) | Benda Berpermukaan Halus | Benda Berpermukaan Kasar |
|-----|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1.  | 2                     | √                        | √                        |
| 2.  | 4                     | √                        | √                        |
| 3.  | 6                     | √                        | √                        |
| 4.  | 8                     | √                        | √                        |
| 5.  | 10                    | √                        | √                        |
| 6.  | 12                    | √                        | √                        |
| 7.  | 14                    | √                        | √                        |
| 8.  | 16                    | √                        | √                        |
| 9.  | 19,5                  | √                        | √                        |
| 10. | 20                    | √                        | —                        |
| 11. | 22*                   | —                        | —                        |
| 12. | 24*                   | —                        | —                        |
| 13. | 25*                   | —                        | —                        |

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 dapat diketahui beberapa hal yaitu :

1. Bentuk permukaan benda berpengaruh terhadap pemantulan gelombang ultrasonik. Hal ini terjadi karena pada benda yang memiliki permukaan yang halus mengalami proses pemantulan terarah. Sedangkan pada benda yang memiliki bentuk permukaan terjal mengalami proses pemantulan baur.
2. Pemantulan terarah menyebabkan jarak jangkauan transduser ultrasonik sedikit lebih jauh daripada pemantulan baur.

3. Jarak antara 21 cm – 25 cm adalah nilai histerisis, jadi apabila dalam keadaan awal tangan berada pada daerah ini alat tidak akan pengeringan tangan

#### 4.4 Pengukuran dengan obyek benda berpermukaan cekung dan cembung

Benda berpermukaan cekung dan berpermukaan cembung yang digunakan sebagai obyek adalah bola plastik yang dibelah menajadi 2 bagian sehingga berbentuk setengah bola dengan jari-jari ( $r = 7,75$  cm). untuk bola cekung titik pengukuran diukur dari bagian terbawah, sedangkan untuk bola cembung titik pengukuran diukur dari bagian teratas kulit bola yang mendekati sensor.

Tabel 4.3 Hasil pengujian dengan obyek benda berpermukaan cekung dan cembung

| No. | Jarak Pengukuran (cm) | Benda Berpermukaan Cembung | Benda Berpermukaan Cekung |
|-----|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1.  | 2                     | √                          | √                         |
| 2.  | 4                     | √                          | √                         |
| 3.  | 6                     | √                          | √                         |
| 4.  | 8                     | √                          | √                         |
| 5.  | 10                    | √                          | √                         |
| 6.  | 12                    | √                          | √                         |
| 7.  | 14                    | √                          | √                         |
| 8.  | 16                    | √                          | √                         |
| 9.  | 18                    | √                          | √                         |
| 10. | 19                    | —                          | √                         |
| 11. | 20                    | —                          | √                         |
| 12. | 22                    | —                          | √                         |
| 13. | 24                    | —                          | √                         |
| 14. | 26                    | —                          | √                         |
| 15. | 28                    | —                          | —                         |



Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 dapat diketahui beberapa hal yaitu :

1. Pada benda berpermukaan cembung terjadi pemantulan gelombang yang bersifat menyebar.
2. Pada benda berpermukaan cekung terjadi pemantulan gelombang yang bersifat mengumpul.
3. Kondisi tangan antara tangan diam dan tangan bergerak berpengaruh terhadap pemantulan gelombang ultrasonik. Ketika tangan bergerak maka gelombang ultrasonik mengalami pemantulan yang menyebar dan di antara sinyal yang menyebar tersebut akan mungkin jatuh pada transduser ultrasonik penerima. Akan tetapi dalam hal ini alat telah mengalami perbaikan sehingga kondisi tersebut tidak berpengaruh terhadap kinerja alat.

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh secara umum dapat diketahui bahwa :

1. Benda dengan bentuk permukaan baik halus maupun kasar, cekung maupun cembung dan tangan dapat memantulkan gelombang ultrasonik.
2. Benda yang memiliki tingkat kecekungan yang tinggi akan bersifat mengumpulkan sinyal atau gelombang pemantulan dari ultrasonik sehingga jarak jangkauannya menjadi lebih jauh.
3. Pemberian nilai histerisis pada rangkaian mengakibatkan alat dapat berjalan konstan atau stabil jika benda atau obyek dalam kondisi bergerak sehingga tidak merusak alat atau rangkaian.

#### 4.5 Pengukuran level udara panas

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur level udara panas adalah thermometer. Pengukuran ini dilakukan dalam beberapa jarak terutama pada jarak rentang tangan berada pada proses pengeringan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat udara panas yang dihasilkan dari elemen pemanas. Setelah dilakukan pengukuran diperoleh hasil pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran level udara panas

| No. | Jarak Pengukuran (cm) | Suhu (°C) Detik ke-10 | Suhu (°C) Detik ke-20 | Suhu (°C) Detik ke-30 | Suhu (°C) Detik ke-40 | Suhu (°C) Detik ke-50 | Suhu (°C) Detik ke-60 |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.  | 4                     | 38                    | 47                    | 51                    | 55                    | 57                    | 58                    |
| 2.  | 8                     | 35                    | 39                    | 43                    | 47                    | 48                    | 50                    |
| 3.  | 12                    | 34                    | 38                    | 42                    | 44                    | 45                    | 46                    |
| 4.  | 16                    | 34                    | 37                    | 39                    | 40                    | 41                    | 42                    |
| 5.  | 20                    | 32                    | 34                    | 36                    | 38                    | 39                    | 39                    |

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dapat diketahui beberapa hal yaitu :

1. Ada perbedaan level udara panas antara satu pemanas dan dua pemanas.
2. Waktu berpengaruh pada tingkat udara panas karena elemen pemanas butuh waktu untuk pemanasannya.
3. Jarak mempengaruhi tingkat udara panas, hal ini karena makin jauh jarak tangan maka makin jauh pula antara jarak tangan dengan elemen pemanas, sehingga temperatur yang terasa makin rendah.

#### 4.6 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian alat digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat baik dalam hal rangkaian maupun fungsi dan tujuan utamanya. Untuk mengetahui benar atau tidaknya rangkaian yang telah dibuat dilakukan pengukuran pada rangkaian pemancar/pengirim dan penerima ultrasonik. Mengingat bahwa transduser ultrasonik merupakan komponen terpenting dalam sistem rangkaian yang dibuat.

Pada rangkaian pengirim/pemancar ultrasonik mikrokontroler menghasilkan sinyal keluaran dengan frekuensi sebesar 40 KHz. Sinyal ini kemudian dikuatkan dengan menggunakan IC CD4069 yang terdiri dari beberapa gerbang *inverter buffer* sehingga terjadi perubahan dari sinyal elektrik menjadi sinyal ultrasonik yang cukup kuat untuk dipancarkan oleh pemancar ultrasonik. Keluaran pada pengirim ultrasonik yang telah dikuatkan oleh IC CD4069 inilah yang kemudian diukur untuk mengetahui besarnya frekuensi dan juga tegangan yang dihasilkan pemancar/pengirim ultrasonik agar sinyal dapat dipancarkan oleh transduser ultrasonik.

Pada rangkaian penerima pengukuran dilakukan secara bertahap mulai dari saat sinyal yang dipantulkan diterima oleh penerima ultrasonik, saat sinyal dikuatkan menggunakan transistor dua tingkat, saat tegangan disearahkan menjadi tegangan DC, saat penerima ultrasonik berlogika 1 dan 0, tegangan keluaran dari penerima ultrasonik.

Kemudian dilakukan pengukuran menggunakan berbagai macam jenis dan bentuk obyek benda, hal ini dilakukan untuk mengetahui adanya pemantulan baur dan pemantulan sempurna mengingat bahwa ultrasonik merupakan gelombang bunyi. Pengujian dilakukan dengan memperhatikan kedua hukum pemantulan bunyi. Obyek yang digunakan antara lain tangan (orang dewasa dan anak kecil), obyek dengan permukaan halus dan kasar (kaca dan stereofoam yang telah dibuat agar permukaannya tida rata), obyek dengan permukaan cekung dan cembung (bola plastik yang dibagi menjadi 2 bagian), dan juga pengukuran level udara panas hal ini dilakukan untuk mengetahui level panas yang dihasilkan oleh rangkaian pengering (heater) pada jarak dan waktu yang telah ditentukan.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian alat, pengambilan dan analisis data serta pembahasan, maka penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Telah dapat dirancang sebuah alat pembasuh dan pengering tangan otomatis berbasis mikrokontroler AVR ATtiny2313 yang memanfaatkan pemantulan gelombang ultrasonik.
2. Sensor dapat bekerja dengan baik pada permukaan kasar, halus, cekung, cembung dan dengan ukuran tangan yang berbeda.
3. Sistem pada rangkaian yang dibuat bekerja pada jarak kurang dari 20 cm. Jika pada pendeteksian awal benda berada pada jarak lebih dari 20 cm maka alat tidak akan bekerja atau hidup. Untuk mengatasi rusak atau *error*-nya alat akibat pendeteksian yang tidak tetap (benda bergerak) maka dibuat nilai Histerisis yang terletak antara rentang tangan 20-25 cm dari transduser ultrasonik.

#### 5.2. Saran

Saran yang dapat penulis berikan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemberiaan corong pada transduser ultrasonik yang berfungsi untuk memfokuskan gelombang ultrasonik sehingga dapat meningkatkan jangkauan minimal pemantulan dari transduser ultrasonik.
2. Adanya media penampil yang menggunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) dari sistem pengering tangan ini sehingga level panas tidak hanya dirasakan tetapi dapat juga diketahui secara pasti.



## DAFTAR PUSTAKA

- Budioko, T., 2005. *Belajar Dengan Mudah Dan cepat Pemograman Bahasa C Dengan SDCC Pada Mikrokontroler*, Jogjakarta: Gava Media.
- Nazar, Mohammad., 2003, *Sensor Ultrasonik dan Contoh Penggunaannya Dalam Pengukuran Jarak*. Tugas Akhir S1 Departemen Fisika ITB.
- Pakpahan. S., 1999, *Instrumen Elektronik dan Teknik Pengukuran*, edisi 2, Erlangga, Jakarta.
- Wahyudiharjo, 2001, *Otomatisasi Kran Wudlu*, Skripsi S-1, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wijayacitra.P., 1997, *Kumpulan rangkaian praktis untuk hobyst Rangkaian Elektronika*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Wiley, J. and Sons, 1981, *Physics of Semiconductor Device*, 2th ed, Willey-Interscience, New Jersey.
- Winoto, Ardi., 2006. *Belajar Mikrokontroler Atmel AVR ATtiny2313 Step by step*, Jogjakarta: Gava Media.
- <http://www.ense.sfu.ca/reference/data-sheets.html>
- [http://www.planck@fi.itb.ac.id/Modul sensor.pdf](http://www.planck@fi.itb.ac.id/Modul%20sensor.pdf)
- <http://www.alldatasheet.com>
- <http://www.fairchildsemi.com>
- <http://homepages.cs.ncl.ac.uk/philip.lord/journal/journal-200602.html>
- Grist.com: On paper towels vs. hand dryers





```

/*****
Chip type           : ATtiny2313
Clock frequency    : 12.000000 MHz
Memory model       : Tiny
External SRAM size : 0
Data Stack size    : 32
*****/

```

```

#include <tiny2313.h>
#include <delay.h>

```

```

#define heater      PORTB.3
#define pump        PORTB.4

```

```

#define URx1        PIND.2
#define UTx1        PORTB.2

```

```

#define URx2        PIND.3
#define UTx2        PORTD.5

```

```

#define UTx1_en     DDRB.2
#define UTx2_en     DDRD.5

```

```

void main(void)
{
    unsigned int d1,d2

```

```

    CLKPR=0x80;
    CLKPR=0x00;

```

```

    PORTB=0x00
    DDRB=0x1c

```

```

    PORTD=0x0c; ;
    DDRD=0x60;

```

```

    TCCR0A=0x52;
    TCCR0B=0x01;
    OCR0A=0x96;
    OCR0B=0x96;

```

```

    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x02;
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;

```

```

    heater=0;
    pump=0;
    UTx1_en=0;
    UTx2_en=0

```

```

    while (1)
    {

```

```

        //**** Pembasuh tangan *****/

```

```

        UTx1_en=1;delay_us(250);

```

```

        d1=0; TCNT1H=0; TCNT1L=0;
        while(URx1);

```

```

        d1= (TCNT1H*256+ TCNT1L)/88;

```

```

        if(d1>25)heater=0;
        else if(d1<20) heater=1;

```



```
//**** Pengering tangan ****
```

```
UTx2_en=1;delay_us(250);  
d1=0; TCNT1H=0; TCNT1L=0;  
while(URx2);  
d2= (TCNT1H*256+ TCNT1L)/88;  
if(d2>25)pump=0;  
else if(d2<20)pump=1
```



Tabel Register I/O atau Port I/O

| Address     | Name   | Bit 7   | Bit 6  | Bit 5  | Bit 4  | Bit 3   | Bit 2   | Bit 1   | Bit 0     |
|-------------|--------|---|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|
| \$3F (\$5F) | SREG   | I   | T      | H      | S      | V       | N       | Z       | C         |
| \$3D (\$5D) | SPL    | SP7   | SP6    | SP5    | SP4    | SP3     | SP2     | SP1     | SP0       |
| \$3C (\$5c) | OCR0B  | Register pembanding Timer/Counter0 B 8-bit          |        |        |        |         |         |         |           |
| \$3B (\$5B) | GIMSK  | INT1  | INT0   | PCIE   |        |         |         |         |           |
| \$3A (\$5A) | EIFR   | INTF1   | INTF0  | PCIF   |        |         |         |         |           |
| \$39 (\$59) | TIMSK  | TOIE1   | OCIE1A | OCIE1B |        | TICIE1  | OCIE0B  | TOIE0   | OCIE0A    |
| \$38 (\$58) | TIFR   | TOV1  | OCF1A  | OCF1B  |        | ICF1    | OCF0B   | TOV0    | OCF0A     |
| \$37 (\$57) | SPMCR  |   |        |        | CTPB   | RFLB    | PGWRT   | PGRES   | SELFPERGN |
| \$36 (\$56) | OCR0A  | Register pembanding Timer/Counter0 A 8-bit          |        |        |        |         |         |         |           |
| \$35 (\$55) | MCUCR  | PUD   | SM01   | SE     | SM1    | ISC11   | ISC10   | ISC01   | ISC00     |
| \$34 (\$54) | MCUSR  |   |        |        |        | WDRF    | BORF    | EXTERF  | PORF      |
| \$33 (\$53) | TCCR0B | FOC0A   | FOC0B  |        |        | WGM02   | CS02    | CS01    | CS00      |
| \$32 (\$52) | TCNT0  | Register pencah Timer/Counter 0 8-bit               |        |        |        |         |         |         |           |
| \$31 (\$51) | OSCAL  |   | CAL6   | CAL5   | CAL4   | CAL3    | CAL2    | CAL1    | CAL0      |
| \$30 (\$50) | TCCR0A | COM0A1  | COM0A0 | COM0B1 | COM0B0 |         |         | WGM01   | WGM00     |
| \$2F (\$4F) | TCCR1A | COM1A1  | COM1A0 | COM1B1 | COM1B0 |         |         | WGM11   | WGM10     |
| \$2E (\$4E) | TCCR1B | WGM11   | WGM10  |        | WGM11  | WGM10   |         | CS11    | CS10      |
| \$21 (\$41) | TCNT1H | Register pencah Timer/Counter 1 Byte atas           |        |        |        |         |         |         |           |
| \$20 (\$40) | TCNT1L | Register pencah Timer/Counter 1 Byte bawah          |        |        |        |         |         |         |           |
| \$2B (\$4B) | OCR1AH | Register pembanding Timer/Counter 1 A Byte atas     |        |        |        |         |         |         |           |
| \$2A (\$4A) | OCR1AL | Register pembanding Timer/Counter 1 A Byte bawah    |        |        |        |         |         |         |           |
| \$29 (\$49) | OCR1BH | Register pembanding Timer/Counter 1 B Byte atas     |        |        |        |         |         |         |           |
| \$28 (\$48) | OCR1BL | Register pembanding Timer/Counter 1 B Byte bawah    |        |        |        |         |         |         |           |
| \$27 (\$46) | CLKPR  | CLKPCE  |        |        |        | CLKPS3  | CLKPS2  | CLKPS1  | CLKPS0    |
| \$25 (\$45) | ICR1H  | Register penangkap input Timer/Counter 1 Byte atas  |        |        |        |         |         |         |           |
| \$24 (\$44) | ICR1L  | Register penangkap input Timer/Counter 1 Byte bawah |        |        |        |         |         |         |           |
| \$23 (\$43) | GTCCR  |   |        |        |        |         |         |         | PSR10     |
| \$22 (\$42) | TCCR1C | FOC1A   | FOC1B  |        |        |         |         |         |           |
| \$21 (\$41) | WDTCR  | WDFR  | WDIE   | WDP3   | WDTCE  | WDE     | WDP2    | WDP1    | WDP0      |
| \$20 (\$40) | PCMSK  | PCINT7  | PCINT6 | PCINT5 | PCINT4 | PCINT3  | PCINT2  | PCINT1  | PCINT0    |
| \$1F (\$3E) | EEAR   | Register alamat EEPROM                              |        |        |        |         |         |         |           |
| \$1D (\$3D) | EEDR   | Register data EEPROM                                |        |        |        |         |         |         |           |
| \$1C (\$3C) | EEDR   |   |        | EEMP1  | EEMP0  | EERIE   | EEMPE   | Eewe    | EERE      |
| \$1A (\$3B) | PORTA  |   |        |        |        |         | PORTA2  | PORTA1  | PORTA0    |
| \$1A (\$3A) | DDRA   |   |        |        |        |         | DDRA2   | DDRA1   | DDRA0     |
| \$19 (\$39) | PINA   |   |        |        |        |         | PINA2   | PINA1   | PINA0     |
| \$18 (\$38) | PORTB  | PORTB7  | PORTB6 | PORTB5 | PORTB4 | PORTB3  | PORTB2  | PORTB1  | PORTB0    |
| \$17 (\$37) | DDRB   | DDRB7   | DDRB6  | DDRB5  | DDRB4  | DDRB3   | DDRB2   | DDRB1   | DDRB0     |
| \$16 (\$36) | PINB   | PINB7   | PINB6  | PINB5  | PINB4  | PINB3   | PINB2   | PINB1   | PINB0     |
| \$15 (\$35) | GPBOR2 | General Purpose I/O Register 2                      |        |        |        |         |         |         |           |
| \$14 (\$34) | GPBOR1 | General Purpose I/O Register 1                      |        |        |        |         |         |         |           |
| \$13 (\$33) | GPBOR0 | General Purpose I/O Register 0                      |        |        |        |         |         |         |           |
| \$12 (\$32) | PORTD  |   | PORTD5 | PORTD6 | PORTD4 | PORTD3  | PORTD2  | PORTD1  | PORTD0    |
| \$11 (\$31) | DDRD   |   | DDR5   | DDR6   | DDR4   | DDR3    | DDR2    | DDR1    | DDR0      |
| \$10 (\$30) | PIND   |   | PIND5  | PIND6  | PIND4  | PIND3   | PIND2   | PIND1   | PIND0     |
| \$0F (\$2F) | USDR   | Register data USII                                  |        |        |        |         |         |         |           |
| \$0E (\$2E) | USISR  | USISF   | USIOF  | USIPF  | USIDC  | USICNT3 | USICNT2 | USICNT1 | USICNT0   |
| \$0D (\$2D) | USPIR  | SPIE  | SPE    | DOR0   | MTDR   | CPOL    | CPH     | SPR1    | SPR0      |
| \$0C (\$2C) | UDR    | Register data I/O UART                              |        |        |        |         |         |         |           |
| \$0B (\$2B) | UDR0A  | RXC   | TXC    | UDRE   | FE     | DOR     | ONE     | U2X     | MPCM      |
| \$0A (\$2A) | UDR0B  | RXCIE   | TXCIE  | UDRIE  | RXN    | TXN     | UCSZ2   | RXB8    | TXB8      |
| \$09 (\$29) | UDR0C  | Register generator baud rate UART (7..0)            |        |        |        |         |         |         |           |
| \$08 (\$28) | ACSR   | ACD   | ACBG   | ACG    | ADIF   | ACIE    | ACIC    | ACIS1   | ACIS0     |
| \$07 (\$27) | UCSR0C |   | UMSE   | UPM    | UPM0   | USBS    | UCSZ1   | UCSZ0   | UCPOL     |
| \$06 (\$26) | UCSR0A | Register generator baud rate UART (11..8)           |        |        |        |         |         |         |           |
| \$05 (\$25) | UCSR0B |   |        |        |        |         |         | AIN1D   | AIN0D     |

# DATA SHEET

**LM111/211/311/311B**  
Voltage comparator

Product data  
Supersedes data of 1994 Aug 31  
File under Integrated Circuits, IC11 Handbook

2001 Aug 03

Philips  
Semiconductors



# PHILIPS

# Voltage comparator

# LM111/211/311/311B

## DESCRIPTION

The LM111 series are voltage comparators that have input currents approximately a hundred times lower than devices like the  $\mu A710$ . They are designed to operate over a wider range of supply voltages; from standard  $\pm 15$  V op amp supplies down to a single 3 V supply. Their output is compatible with RTL, DTL, and TTL as well as MOS circuits. Further, they can drive lamps or relays, switching voltages up to 50 V at currents as high as 50mA.

Both the inputs and the outputs of the LM111 series can be isolated from system ground, and the output can drive loads referred to ground, the positive supply, or the negative supply. Offset balancing and strobe capability are provided and outputs can be wire-ORed.

Although slower than the  $\mu A710$  (200 ns response time versus 40 ns), the devices are also much less prone to spurious oscillations. The LM111 series has the same pin configuration as the  $\mu A710$  series.

## FEATURES

- Operates from single 3 V supply (LM311B)
- Maximum input bias current: 150 nA (LM311: 250 nA)
- Maximum offset current: 20 nA (LM311: 50 nA)
- Differential input voltage range:  $\pm 30$  V
- Power consumption: 135 mW at  $\pm 15$  V
- High sensitivity: 200 V/mV
- Zero crossing detector

## PIN CONFIGURATION

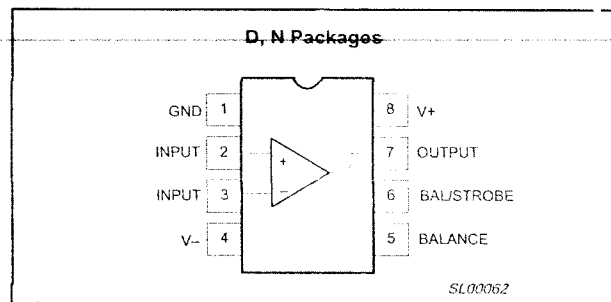


Figure 1. Pin Configuration

## APPLICATIONS

- Precision squarer
- Positive/negative peak detector
- Low voltage adjustable reference supply
- Switching power amplifier

## ORDERING INFORMATION

| DESCRIPTION                              | TEMPERATURE RANGE | ORDER CODE | DWG #   |
|--|-------------------|------------|---------|
| 8-Pin Plastic Small Outline Package (SO) | -55 °C to +125 °C | LM111D     | SOT96-1 |
| 8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP) | -55 °C to +125 °C | LM111N     | SOT97-1 |
| 8-Pin Plastic Small Outline Package (SO) | -25 °C to +85 °C  | LM211D     | SOT96-1 |
| 8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP) | -25 °C to +85 °C  | LM211N     | SOT97-1 |
| 8-Pin Plastic Small Outline Package (SO) | 0 °C to +70 °C    | LM311D     | SOT96-1 |
| 8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP) | 0 °C to +70 °C    | LM311N     | SOT97-1 |
| 8-Pin Plastic Small Outline Package (SO) | 0 °C to +70 °C    | LM311BD    | SOT96-1 |
| 8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP) | 0 °C to +70 °C    | LM311BN    | SOT97-1 |

Voltage comparator

LM111/211/311/311B

EQUIVALENT SCHEMATIC

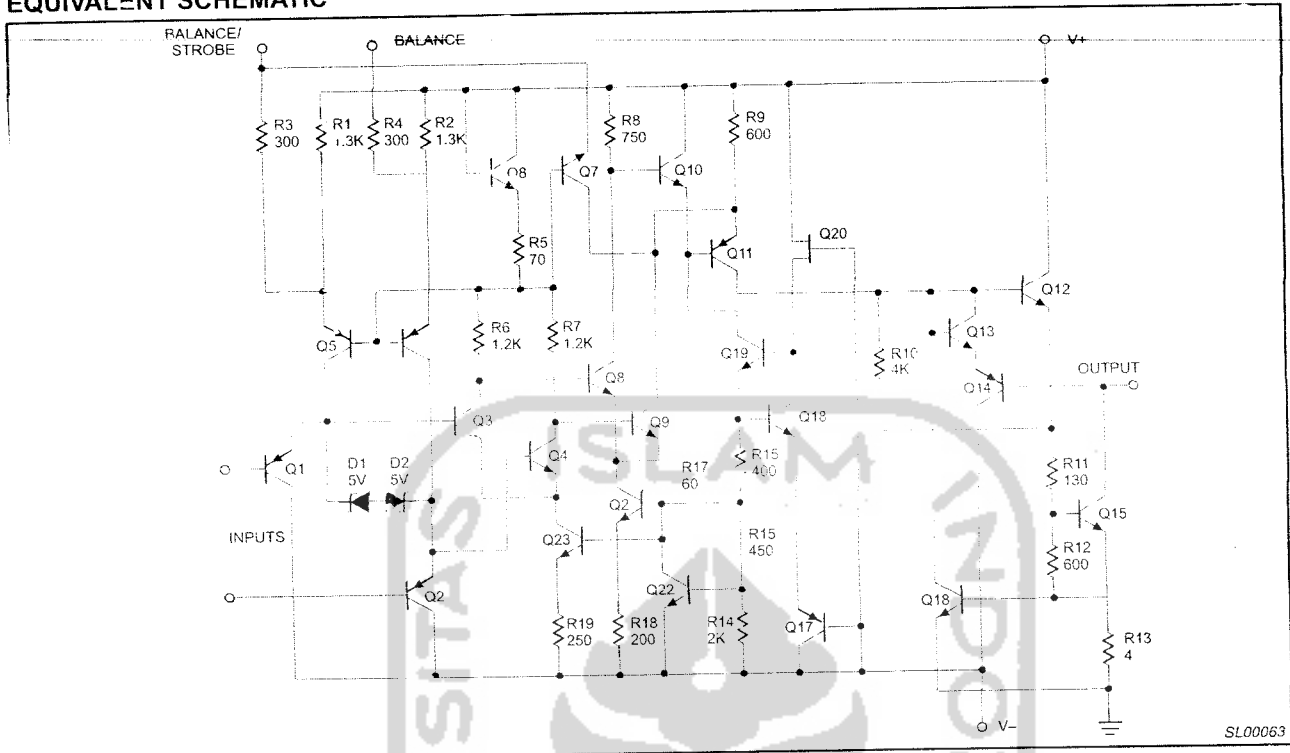


Figure 2. Equivalent Schematic

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| SYMBOL             | PARAMETER  | RATING      | UNIT |
|--------------------|--|-------------|------|
| V <sub>S</sub>     | Total supply voltage   | 36          | V    |
|                    | Output to negative supply voltage:   |             |      |
|                    | LM111/LM211  | 50          | V    |
|                    | LM311/LM311B   | 40          | V    |
|                    | Ground to negative supply voltage  | 30          | V    |
|                    | Differential input voltage   | ±30         | V    |
| V <sub>IN</sub>    | Input voltage <sup>1</sup>   | ±15         | V    |
| P <sub>D</sub> MAX | Maximum power dissipation, T <sub>amb</sub> = 25 °C (still-air) <sup>2</sup> |             |      |
|                    | N package  | 1190        | mW   |
|                    | D package  | 780         | mW   |
| I                  | Output short-circuit duration  | 10          | sec  |
| T <sub>amb</sub>   | Operating ambient temperature range  |             |      |
|                    | LM111  | -55 to +125 | °C   |
|                    | LM211  | -25 to +85  | °C   |
|                    | LM311/LM311B   | 0 to +70    | °C   |
| T <sub>stg</sub>   | Storage temperature range  | -65 to +150 | °C   |
| T <sub>sld</sub>   | Lead soldering temperature (10 sec max)                                      | 230         | °C   |

NOTES:

- 1. This rating applies for ±15 V supplies. The positive input voltage limit is 30 V above the negative supply. The negative input voltage limit is equal to the negative supply voltage or 30 V below the positive supply, whichever is less.
- 2. Derate above 25 °C, at the following rates:
  - N package at 9.5 mW/°C
  - D package at 6.2 mW/°C

## Voltage comparator

## LM111/211/311/311B

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS<sup>1, 2, 3, 6</sup>

Over temperature range unless otherwise specified.

| SYMBOL               | PARAMETER                           | TEST CONDITIONS  | LM111/LM211 |                     |      | LM311 |                     |      | LM311B                 |      |                        | UNIT |
|----------------------|-------------------------------------|--|-------------|---------------------|------|-------|---------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|
|                      |                                     |  | Min         | Typ                 | Max  | Min   | Typ                 | Max  | Min                    | Typ  | Max                    |      |
| V <sub>OS</sub>      | Input offset voltage <sup>3</sup>   | T <sub>amb</sub> = 25 °C;<br>R <sub>S</sub> ≤ 50 kΩ  |             | 0.7                 | 3.0  |       | 2.0                 | 7.5  |                        | 2.0  | 7.5                    | mV   |
| I <sub>OS</sub>      | Input offset current <sup>3</sup>   | T <sub>amb</sub> = 25 °C   |             | 4.0                 | 10   |       | 6.0                 | 50   |                        | 6    | 25                     | nA   |
| I <sub>BIAS</sub>    | Input bias current                  | T <sub>amb</sub> = 25 °C   |             | 60                  | 100  |       | 100                 | 250  |                        | 100  | 200                    | nA   |
| A <sub>V</sub>       | Voltage gain                        | T <sub>amb</sub> = 25 °C   |             | 200                 |      |       | 200                 |      |                        | 200  |                        | V/mV |
|                      | Response time <sup>4</sup>          | T <sub>amb</sub> = 25 °C   |             | 200                 |      |       | 200                 |      |                        | 500  |                        | ns   |
| V <sub>SAT</sub>     | Saturation voltage                  | LM111/211 V <sub>IN</sub> ≤ -5 mV;<br>I <sub>OUT</sub> = 50 mA<br>LM311/B V <sub>IN</sub> ≤ -10 mV;<br>I <sub>OUT</sub> = 50 mA<br>T <sub>amb</sub> = 25 °C  |             | 0.75                | 1.5  |       | 0.75                | 1.5  |                        | 0.75 | 1.5                    | V    |
| I <sub>BAL/STR</sub> | Strobe on current                   | T <sub>amb</sub> = 25 °C   |             | 3.0                 |      |       | 3.0                 |      |                        | 3.0  |                        | mA   |
| I <sub>LEAKAGE</sub> | Output leakage current <sup>6</sup> | LM111/211 V <sub>IN</sub> ≥ 5 mV;<br>V <sub>OUT</sub> = 35 V<br>LM311/B V <sub>IN</sub> ≥ 10 mV;<br>V <sub>OUT</sub> = 35 V<br>T <sub>amb</sub> = 25 °C,<br>I <sub>STROBE</sub> = 3 mA<br>(V <sub>-</sub> = V <sub>GND</sub> = -5 V) |             | 0.2                 | 10   |       | 0.2                 | 50   |                        | 0.2  | 50                     | nA   |
| V <sub>OS</sub>      | Input offset voltage <sup>3</sup>   | R <sub>S</sub> ≤ 50 kΩ   |             |                     | 4.0  |       |                     | 10   |                        |      | 10                     | mV   |
| I <sub>OS</sub>      | Input offset current <sup>3</sup>   |  |             |                     | 20   |       |                     | 70   |                        |      | 50                     | nA   |
| I <sub>BIAS</sub>    | Input bias current                  |  |             |                     | 150  |       |                     | 300  |                        |      | 250                    | nA   |
| V <sub>IN</sub>      | Input voltage range                 | V = ±15 V (Pin 7 may go to 5 V)  | -14.5       | 13.8<br>to<br>-14.7 | 13.0 | -14.5 | 13.8<br>to<br>-14.7 | 13.0 | V <sub>-</sub><br>+0.5 |      | V <sub>+</sub><br>-1.5 | V    |
| V <sub>OL</sub>      | Saturation voltage <sup>6</sup>     | V <sub>+</sub> ≥ 4.5 V, V <sub>-</sub> = 0 V<br>LM111/211 V <sub>IN</sub> ≤ -6 mV;<br>I <sub>SINK</sub> ≤ 8 mA<br>LM311/B V <sub>IN</sub> ≤ -10 mV;<br>I <sub>SINK</sub> ≤ 8 mA  |             | 0.23                | 0.4  |       | 0.23                | 0.4  |                        | 0.23 | 0.4                    | V    |
| I <sub>OH</sub>      | Output leakage current              | V <sub>IN</sub> ≥ 5 mV;<br>V <sub>OUT</sub> = 35 V   |             | 0.1                 | 0.5  |       |                     |      |                        |      |                        | μA   |
| I <sub>CC</sub>      | Positive supply current             | T <sub>amb</sub> = 25 °C   |             | 5.1                 | 6.0  |       | 5.1                 | 7.5  |                        | 1.6  | 3.5                    | mA   |
| I <sub>EE</sub>      | Negative supply voltage             | T <sub>amb</sub> = 25 °C   |             | 4.1                 | 5.0  |       | 4.1                 | 5.0  |                        |      |                        | mA   |

## NOTES:

- This rating applies for ±15 V supplies. The positive input voltage limit is 30 V above the negative supply. The negative input voltage limit is equal to the negative supply voltage or 30 V below the positive supply, whichever is less.
- These specifications apply for V<sub>S</sub> = ±15 V and 0 °C < T<sub>amb</sub> < 70 °C unless otherwise specified. With the LM211, however, all temperature specifications are limited to -25 °C ≤ T<sub>amb</sub> ≤ +85 °C, and for the LM111 is limited to -55 °C < T<sub>amb</sub> < +125 °C. The offset voltage, offset current, and bias current specifications apply for any supply voltage from a single 5 V supply up to ±15 V supplies.
- The offset voltages and offset currents given are the maximum values required to drive the output within a volt of either supply with 1 mA load. Thus, these parameters define an error band and take into account the worst case effects of voltage gain and input impedance.
- The response time specified is for a 100 mV input step with 5 mV over-drive.
- Do not short the strobe pin to ground; it should be current driven at 3 mA to 5 mA.
- LM311B, all parameters are at V<sub>+</sub> = 3 V ±10%; V<sub>-</sub> = GND = 0 V.

# Voltage comparator

# LM111/211/311/311B

## TYPICAL APPLICATIONS

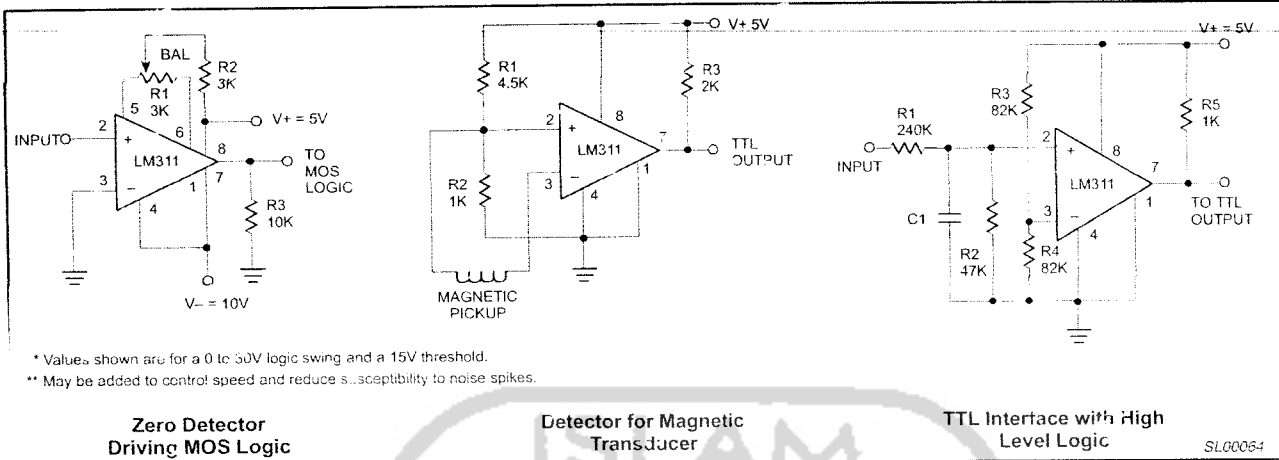


Figure 3. Typical Applications



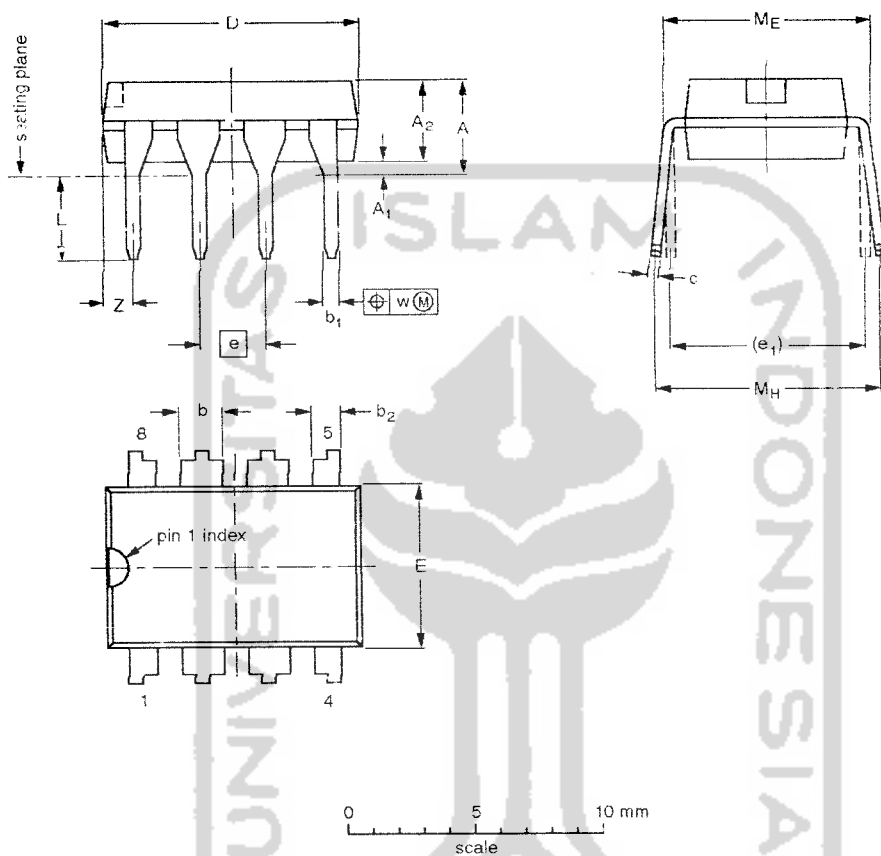


Voltage comparator

LM111/211/311/311B

DIP8: plastic dual in-line package; 8 leads (300 mil)

SOT97-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

| UNIT   | A max. | A <sub>1</sub> min. | A <sub>2</sub> max. | b              | b <sub>1</sub> | b <sub>2</sub> | c              | D <sup>(1)</sup> | E <sup>(1)</sup> | e    | e <sub>1</sub> | L            | M <sub>E</sub> | M <sub>H</sub> | w     | Z <sup>(1)</sup> max. |
|--------|--------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------|----------------|--------------|----------------|----------------|-------|-----------------------|
| mm     | 4.2    | 0.51                | 3.2                 | 1.73<br>1.14   | 0.53<br>0.38   | 1.07<br>0.89   | 0.36<br>0.23   | 9.8<br>9.2       | 6.48<br>6.20     | 2.54 | 7.62           | 3.60<br>3.05 | 8.25<br>7.90   | 10.0<br>8.3    | 0.254 | 1.15                  |
| inches | 0.17   | 0.020               | 0.13                | 0.068<br>0.045 | 0.021<br>0.015 | 0.042<br>0.035 | 0.014<br>0.009 | 0.39<br>0.36     | 0.26<br>0.24     | 0.10 | 0.30           | 0.14<br>0.12 | 0.32<br>0.31   | 0.39<br>0.33   | 0.01  | 0.045                 |

Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

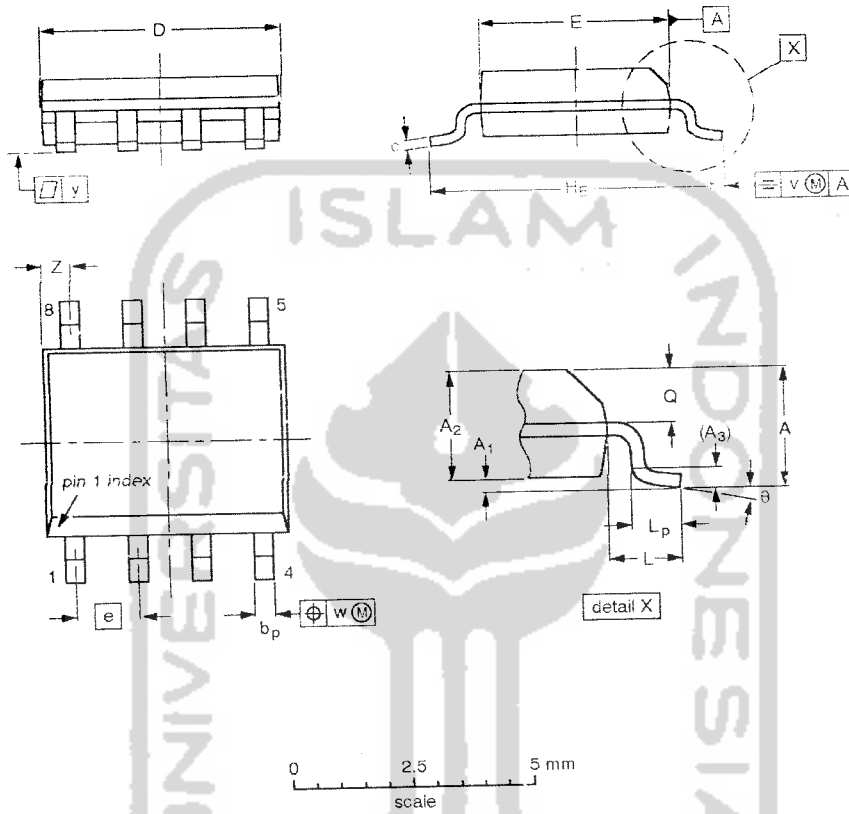
| OUTLINE VERSION | REFERENCES |        |          | EUROPEAN PROJECTION | ISSUE DATE           |
|-----------------|------------|--------|----------|---------------------|----------------------|
|                 | IEC        | JEDEC  | EIAJ     |                     |                      |
| SOT97-1         | 050G01     | MO-001 | SC-504-8 |                     | 95-02-04<br>99-12-27 |

Voltage comparator

LM111/211/311/311B

SO8: plastic small outline package; 8 leads; body width 3.9 mm

SOT96-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

| UNIT   | A max. | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | b <sub>p</sub> | c                | D <sup>(1)</sup> | E <sup>(2)</sup> | e     | H <sub>E</sub> | L     | L <sub>p</sub> | Q              | v    | w    | y     | Z <sup>(1)</sup> | θ        |
|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|-------|----------------|-------|----------------|----------------|------|------|-------|------------------|----------|
| mm     | 1.75   | 0.25<br>0.10   | 1.45<br>1.25   | 0.25           | 0.49<br>0.36   | 0.25<br>0.19     | 5.0<br>4.8       | 4.0<br>3.8       | 1.27  | 6.2<br>5.8     | 1.05  | 1.0<br>0.4     | 0.7<br>0.6     | 0.25 | 0.25 | 0.1   | 0.7<br>0.3       | 8°<br>0° |
| inches | 0.069  | 0.010<br>0.004 | 0.057<br>0.049 | 0.01           | 0.019<br>0.014 | 0.0100<br>0.0075 | 0.20<br>0.19     | 0.16<br>0.15     | 0.050 | 0.244<br>0.228 | 0.041 | 0.039<br>0.016 | 0.028<br>0.024 | 0.01 | 0.01 | 0.004 | 0.028<br>0.012   |          |

Notes

1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.
2. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

| OUTLINE VERSION | REFERENCES |        |      | EUROPEAN PROJECTION | ISSUE DATE           |
|-----------------|------------|--------|------|---------------------|----------------------|
|                 | IEC        | JEDEC  | EIAJ |                     |                      |
| SOT96-1         | 076E03     | MS-012 |      |                     | 97-05-22<br>99-12-27 |

## Voltage comparator

LM111/211/311/311B

## Data sheet status

| Data sheet status [1] | Product status [2] | Definitions  |
|-----------------------|--------------------|--|
| Objective data        | Development        | This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice.  |
| Preliminary data      | Qualification      | This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product.                                     |
| Product data          | Production         | This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Changes will be communicated according to the Customer Product/Process Change Notification (CPCN) procedure SNW-SQ-650A. |

1) Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.

2) The product status of the device(s) described in this data sheet may have changed since this data sheet was published. The latest information is available on the Internet at URL <http://www.semiconductors.philips.com>.

## Definitions

**Short-form specification** — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

**Limiting values definition** — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

**Application information** — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors make no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

## Disclaimers

**Life support** — These products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

**Right to make changes** — Philips Semiconductors reserves the right to make changes, without notice, in the products, including circuits, standard cells, and/or software, described or contained herein in order to improve design and/or performance. Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no license or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

## Contact information

For additional information please visit  
<http://www.semiconductors.philips.com>. Fax: +31 40 27 24825

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2001  
 All rights reserved. Printed in U.S.A.

Date of release: 12-01

For sales offices addresses send e-mail to:  
[sales.addresses@www.semiconductors.philips.com](mailto:sales.addresses@www.semiconductors.philips.com).

Document order number:

9397 750 09216

*Let's make things better.*

Philips  
 Semiconductors



**PHILIPS**



# Data Sheet

# Ultrasonic transducers

RS stock numbers 307-351, 307-367

A range of two transducers operating at 40kHz approximately and designed for ultrasonic transmission and reception. The ultrasonic transmitter, 307-351 is capable of emitting 106dB (0dB =  $2 \times 10^{-4}$   $\mu$ bar) and the receiver 307-367 has a sensitivity of -65dB (0dB = 1/ $\mu$ bar/V/metre).

These units can be used for the transmission of continuous wave ultrasonic sound or for pulsed sound applications

## Characteristics

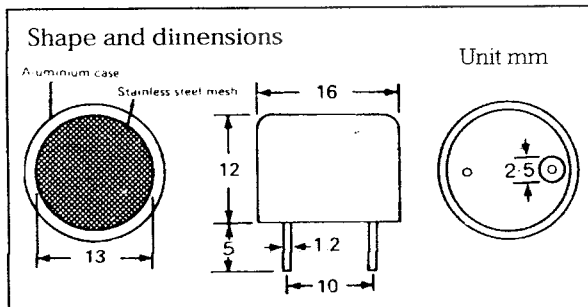
| Item                                      | Unit             | 307-351     | 307-367     |
|---|------------------|-------------|-------------|
| Transmitting sensitivity                  | Sv               | dB*1        | 106         |
| Receiving sensitivity                     | Mv               | dB*2        | -65         |
| Resonant frequency (transmitting)         | F <sub>rsv</sub> | kHz*3       | 40±1        |
| Resonant frequency (receiving)            | F <sub>rmv</sub> | kHz*4       | 40±1        |
| Directional angle                         | $\theta^{1/2}$   | °           | 20          |
| Maximum input voltage                     | V <sub>rms</sub> | 20          | -           |
| Impedance                                 | $\Omega$         | Approx. 500 | Approx. 30k |
| Capacitance                               | pF               | 1100±20%    |             |
| Pulse rise time                           | msec.            | 2.0         | 0.5         |
| Maximum input voltage for pulse operation | V <sub>p.p</sub> | 60          | -           |
| Temperature range                         | °C               | -20 to +60  |             |
| Transmitting selectivity                  | Q <sub>sv</sub>  | Approx. 70  | -           |
| Receiving selectivity                     | Q <sub>mv</sub>  | -           | Approx. 60  |

\*1 0dB =  $2 \times 10^{-4}$   $\mu$ bar

\*2 0dB = 1V/ $\mu$ bar

\*3 Frequency where transmitting sensitivity is maximum

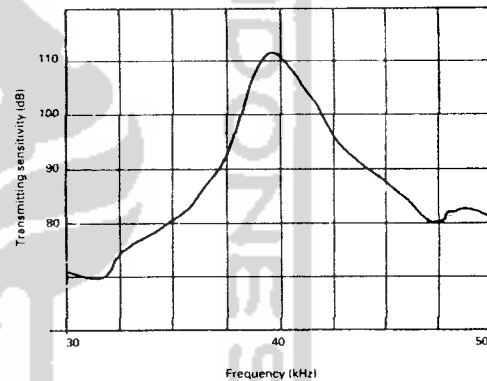
\*4 Frequency where receiving sensitivity is maximum



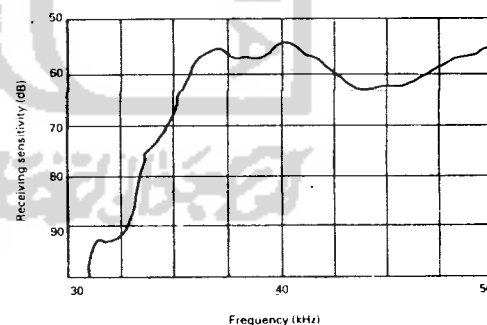
## Applications

- Burglar alarm systems
- Proximity switches
- Liquid level meters
- Anti-collision devices
- Counters for moving objects
- TV remote control systems.

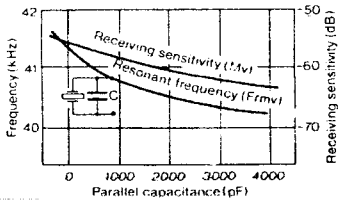
### Frequency response (transmitting)



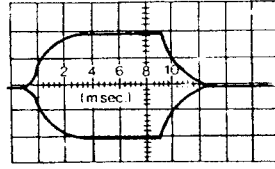
### Frequency response (receiving)



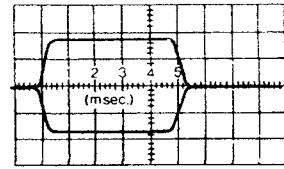
Effect of parallel capacitance



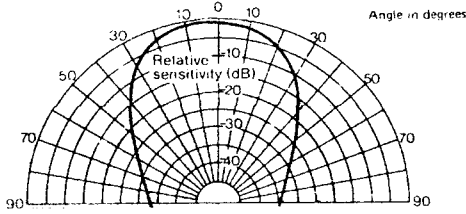
Pulse response (transmitting)



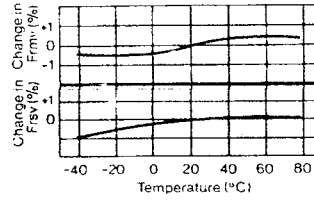
Pulse response (receiving)



Directional radiation pattern



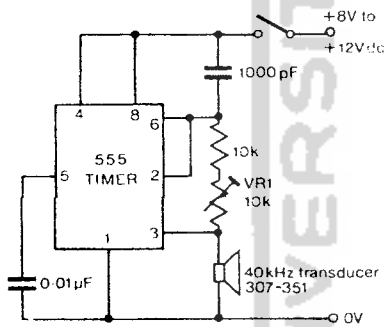
Temperature characteristics TRANSMITTER & RECEIVER



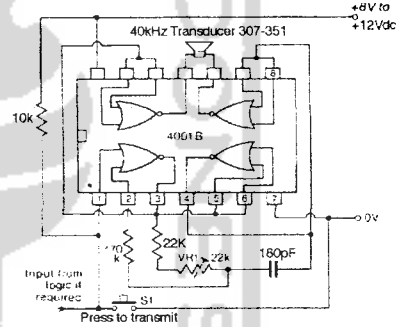
The following circuits show how the transducers may be used in remote control applications. Either of the transmitter circuits may be used with the receiver. The frequency of oscillation is adjusted by means of VR1 for maximum sensitivity. The CMOS circuit allows direct interfacing with logic circuitry. In the receiver VR2 is adjusted for maximum sensitivity.

Note: The relay energises when a signal is received from the transmitter.

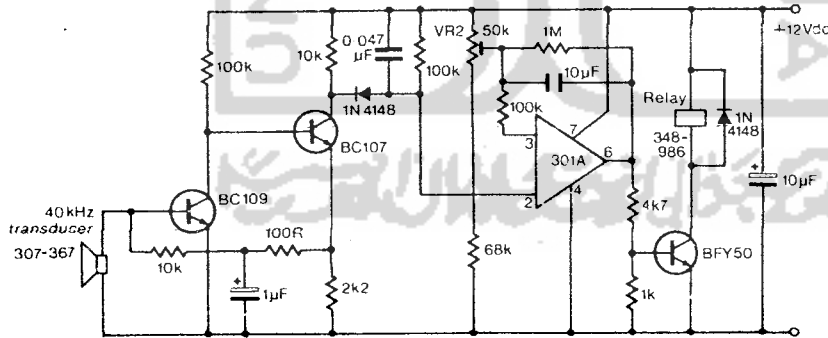
Transmitter using 555 timer i.c.



Transmitter using CMOS gate i.c. 4001B



Receiver



The information provided in RS technical literature is believed to be accurate and reliable; however, RS Components assumes no responsibility for inaccuracies or omissions, or for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. No responsibility is assumed by RS Components for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. Specifications shown in RS Components technical literature are subject to change without notice.

## CD4069UBC Inverter Circuits

### General Description

The CD4069UB consists of six inverter circuits and is manufactured using complementary MOS (CMOS) to achieve wide power supply operating range, low power consumption, high noise immunity, and symmetric controlled rise and fall times.

This device is intended for all general purpose inverter applications where the special characteristics of the MM74C901, MM74C907, and CD4049A Hex Inverter/Bufferers are not required. In those applications requiring larger noise immunity the MM74C14 or MM74C914 Hex Schmitt Trigger is suggested.

All inputs are protected from damage due to static discharge by diode clamps to  $V_{DD}$  and  $V_{SS}$ .

### Features

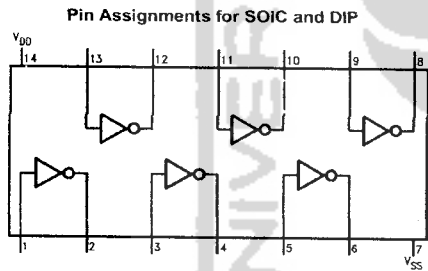
- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- High noise immunity:  $0.45 V_{DD}$  typ.
- Low power TTL compatibility: Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- Equivalent to MM74C04

### Ordering Code:

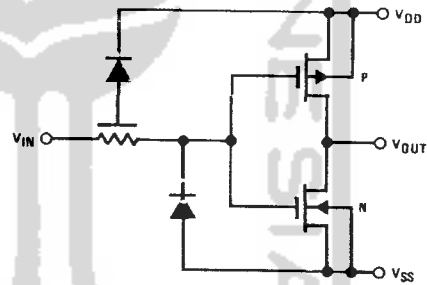
| Order Number | Package Number | Package Description   |
|--------------|----------------|---|
| CD4069UBCM   | M14A           | 14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow Body |
| CD4069UBCSJ  | M14D           | 14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide                     |
| CD4069UBCN   | N14A           | 14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide            |

Device also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix "X" to the ordering code.

### Connection Diagram



### Schematic Diagram



**Absolute Maximum Ratings** (Note 1)

(Note 2)

|                                     |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| DC Supply Voltage ( $V_{DD}$ )      | -0.5V to +18 $V_{DC}$          |
| Input Voltage ( $V_{IN}$ )          | -0.5V to $V_{DD} + 0.5 V_{DC}$ |
| Storage Temperature Range ( $T_S$ ) | -65°C to +150°C                |
| Power Dissipation ( $P_D$ )         |                                |
| Dual-In-Line                        | 700 mW                         |
| Small Outline                       | 500 mW                         |
| Lead Temperature ( $T_L$ )          |                                |
| (Soldering, 10 seconds)             | 260°C                          |

**Recommended Operating Conditions** (Note 2)

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| DC Supply Voltage ( $V_{DD}$ )        | 3V to 15 $V_{DC}$     |
| Input Voltage ( $V_{IN}$ )            | 0V to $V_{DD} V_{CC}$ |
| Operating Temperature Range ( $T_A$ ) | -40°C to +85°C        |

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. They are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Recommended Operating Conditions" and Electrical Characteristics table provide conditions for actual device operation.

Note 2:  $V_{SS} = 0V$  unless otherwise specified.

**DC Electrical Characteristics** (Note 3)

| Symbol   | Parameter                          | Conditions  | -40°C |       | +25°C |            |       | -85°C |      | Units   |
|----------|------------------------------------|---|-------|-------|-------|------------|-------|-------|------|---------|
|          |                                    |   | Min   | Max   | Min   | Typ        | Max   | Min   | Max  |         |
| $I_{DD}$ | Quiescent Device Current           | $V_{DD} = 5V,$<br>$V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$<br>$V_{DD} = 10V,$<br>$V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$<br>$V_{DD} = 15V,$<br>$V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$ |       | 1.0   |       |            | 1.0   |       | 7.5  | $\mu A$ |
|          |                                    |   |       | 2.0   |       |            | 2.0   |       | 15   | $\mu A$ |
|          |                                    |   |       | 4.0   |       |            | 4.0   |       | 30   | $\mu A$ |
|          |                                    |   |       |       |       |            |       |       |      |         |
| $V_{OL}$ | LOW Level Output Voltage           | $ I_O  < 1 \mu A$<br>$V_{DD} = 5V$<br>$V_{DD} = 10V$<br>$V_{DD} = 15V$  |       | 0.05  |       | 0          | 0.05  |       | 0.05 | V       |
|          |                                    |   |       | 0.05  |       | 0          | 0.05  |       | 0.05 | V       |
|          |                                    |   |       | 0.05  |       | 0          | 0.05  |       | 0.05 | V       |
| $V_{OH}$ | HIGH Level Output Voltage          | $ I_O  < 1 \mu A$<br>$V_{DD} = 5V$<br>$V_{DD} = 10V$<br>$V_{DD} = 15V$  | 4.95  |       | 4.95  |            | 4.95  |       |      | V       |
|          |                                    |   | 9.95  |       | 9.95  |            | 9.95  |       |      | V       |
|          |                                    |   | 14.95 |       | 14.95 |            | 14.95 |       |      | V       |
| $V_{IL}$ | LOW Level Input Voltage            | $ I_O  < 1 \mu A$<br>$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$<br>$V_{DD} = 10V, V_O = 9V$<br>$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$   |       | 1.0   |       |            | 1.0   |       | 1.0  | V       |
|          |                                    |   |       | 2.0   |       |            | 2.0   |       | 2.0  | V       |
|          |                                    |   |       | 3.0   |       |            | 3.0   |       | 3.0  | V       |
| $V_{IH}$ | HIGH Level Input Voltage           | $ I_O  < 1 \mu A$<br>$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$<br>$V_{DD} = 10V, V_O = 1V$<br>$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$  | 4.0   |       | 4.0   |            | 4.0   |       |      | V       |
|          |                                    |   | 8.0   |       | 8.0   |            | 8.0   |       |      | V       |
|          |                                    |   | 12.0  |       | 12.0  |            | 12.0  |       |      | V       |
| $I_{OL}$ | LOW Level Output Current (Note 4)  | $V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$<br>$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$<br>$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$   | 0.52  |       | 0.44  | 0.88       |       | 0.36  |      | mA      |
|          |                                    |   | 1.3   |       | 1.1   | 2.25       |       | 0.9   |      | mA      |
|          |                                    |   | 3.6   |       | 3.0   | 8.8        |       | 2.4   |      | mA      |
| $I_{OH}$ | HIGH Level Output Current (Note 4) | $V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$<br>$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$<br>$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$  | -0.52 |       | -0.44 | -0.88      |       | -0.36 |      | mA      |
|          |                                    |   | -1.3  |       | -1.1  | -2.25      |       | -0.9  |      | mA      |
|          |                                    |   | -3.6  |       | -3.0  | -8.8       |       | -2.4  |      | mA      |
| $I_{IN}$ | Input Current                      | $V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$<br>$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$   |       | -0.30 |       | $-10^{-5}$ | -0.30 |       | -1.0 | $\mu A$ |
|          |                                    |   |       | 0.30  |       | $10^{-5}$  | 0.30  |       | 1.0  | $\mu A$ |

Note 2:  $V_{SS} = 0V$  unless otherwise specified.

Note 4:  $I_{OH}$  and  $I_{OL}$  are tested one output at a time.

**AC Electrical Characteristics** (Note 5)

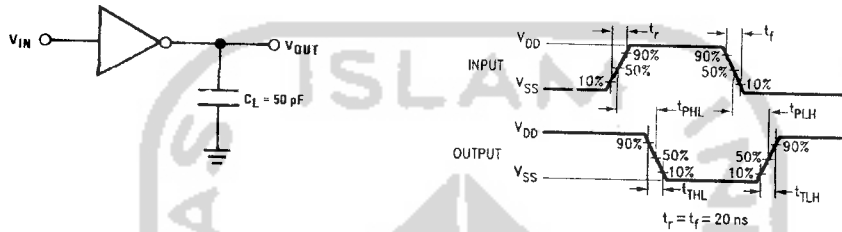
$T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $C_L = 50\text{ pF}$ ,  $R_L = 200\text{ k}\Omega$ ,  $t_r$  and  $t_f \leq 20\text{ ns}$ , unless otherwise specified

| Symbol                 | Parameter                                   | Conditions   | Min | Typ            | Max              | Units |
|------------------------|---|--|-----|----------------|------------------|-------|
| $t_{PHL}$ , $t_{PLH}$  | Propagation Delay Time from Input to Output | $V_{DD} = 5\text{V}$<br>$V_{DD} = 10\text{V}$<br>$V_{DD} = 15\text{V}$ |     | 50<br>30<br>25 | 90<br>60<br>50   | ns    |
| $t_{THL}$ or $t_{TLH}$ | Transition Time                             | $V_{DD} = 5\text{V}$<br>$V_{DD} = 10\text{V}$<br>$V_{DD} = 15\text{V}$ |     | 80<br>50<br>40 | 150<br>100<br>80 | ns    |
| $C_{IN}$               | Average Input Capacitance                   | Any Gate   |     | 6              | 15               | pF    |
| $C_{PD}$               | Power Dissipation Capacitance               | Any Gate (Note 6)  |     | 12             |                  | pF    |

**Note 5:** AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

**Note 6:**  $C_{PD}$  determines the no load AC power consumption of any CMOS device. For complete explanation, see Family Characteristics application note—AN-90.

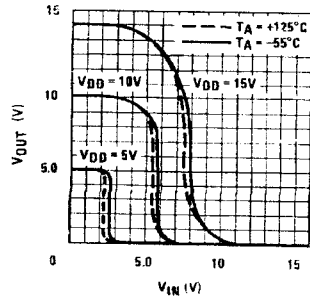
**AC Test Circuits and Switching Time Waveforms**



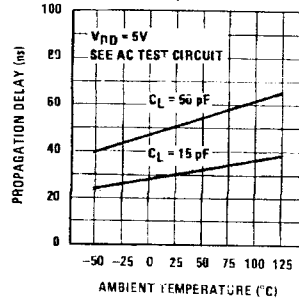


Typical Performance Characteristics

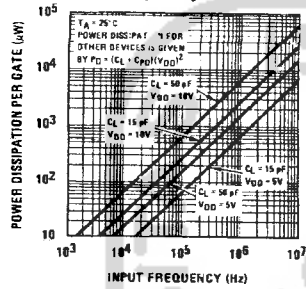
Gate Transfer Characteristics



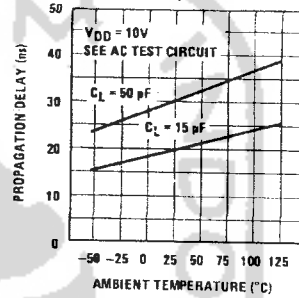
Ambient Temperature



Power Dissipation vs Frequency

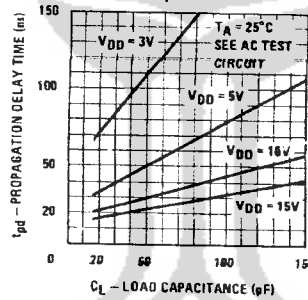


Propagation Delay vs Ambient Temperature



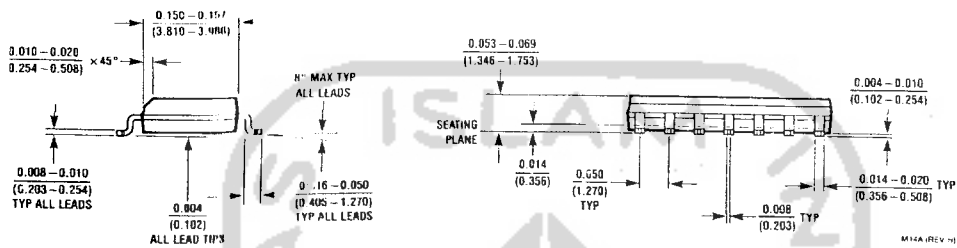
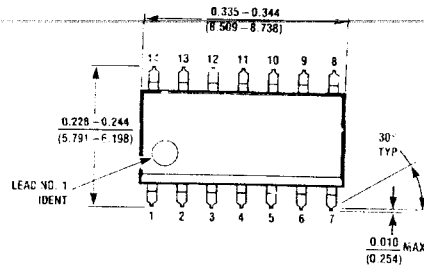
Propagation Delay vs

Propagation Delay Time vs Load Capacitance

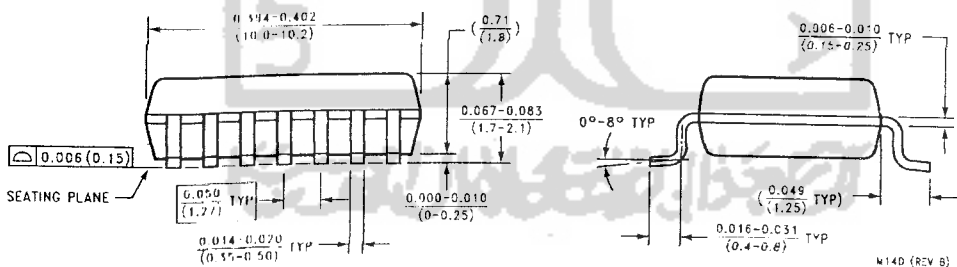
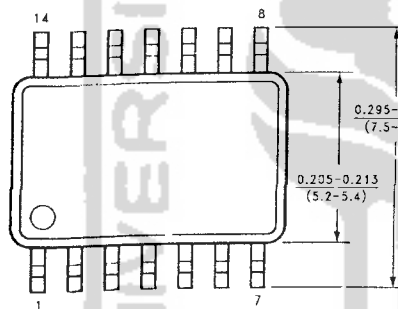


**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted

CD4069UBC

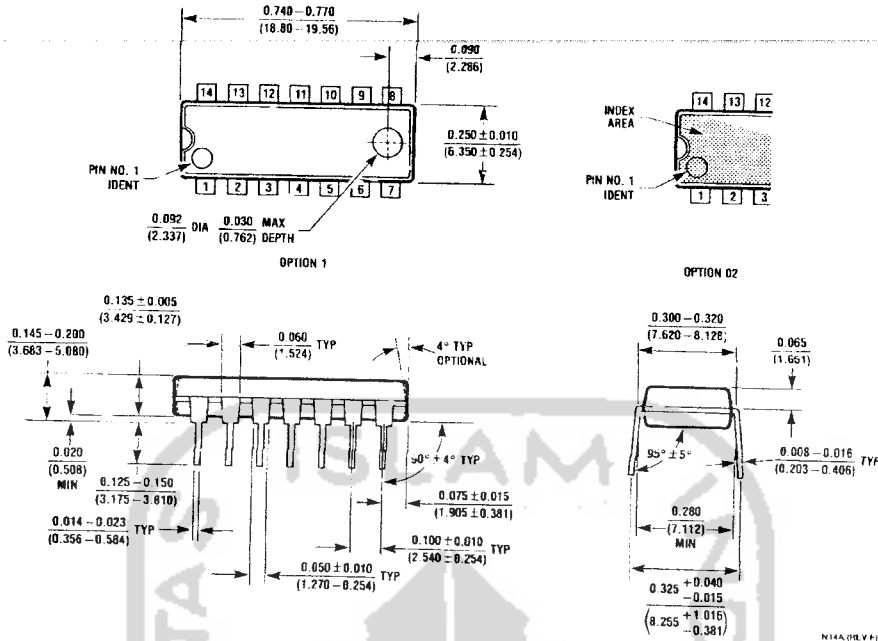


**14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow Body Package Number M14A**



**14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm wide Package Number M14D**

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide Package Number N14A

**LIFE SUPPORT POLICY**

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

[www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

# LM78XX/LM78XXA

## 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

### Features

- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

### General Description

The LM78XX series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

### Ordering Information

| Product Number | Output Voltage Tolerance | Package | Operating Temperature |
|----------------|--------------------------|---------|-----------------------|
| LM7805CT       | ±4%                      | TO-220  | -40°C to +125°C       |
| LM7806CT       |                          |         |                       |
| LM7808CT       |                          |         |                       |
| LM7809CT       |                          |         |                       |
| LM7810CT       |                          |         |                       |
| LM7812CT       |                          |         |                       |
| LM7815CT       |                          |         |                       |
| LM7818CT       |                          |         |                       |
| LM7824CT       |                          |         |                       |
| LM7805ACT      |                          |         |                       |
| LM7806ACT      |                          |         |                       |
| LM7808ACT      |                          |         |                       |
| LM7809ACT      |                          |         |                       |
| LM7810ACT      |                          |         |                       |
| LM7812ACT      |                          |         |                       |
| LM7815ACT      |                          |         |                       |
| LM7818ACT      |                          |         |                       |
| LM7824ACT      |                          |         |                       |

### Block Diagram

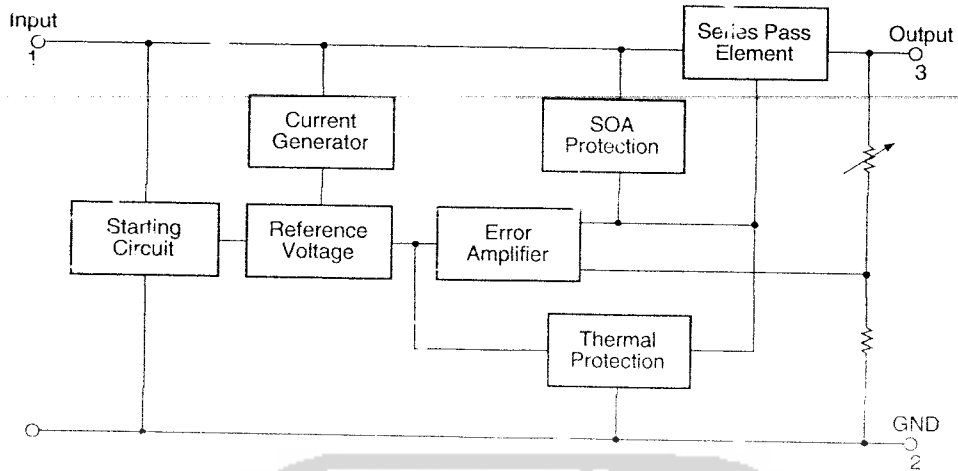


Figure 1.

### Pin Assignment

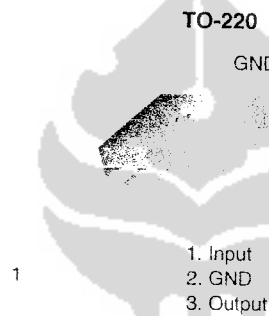


Figure 2.

### Absolute Maximum Ratings

Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. The datasheet specifications should be met, without exception, to ensure that the system design is reliable over its power supply, temperature, and output/input loading variables. Fairchild does not recommend operation outside datasheet specifications.

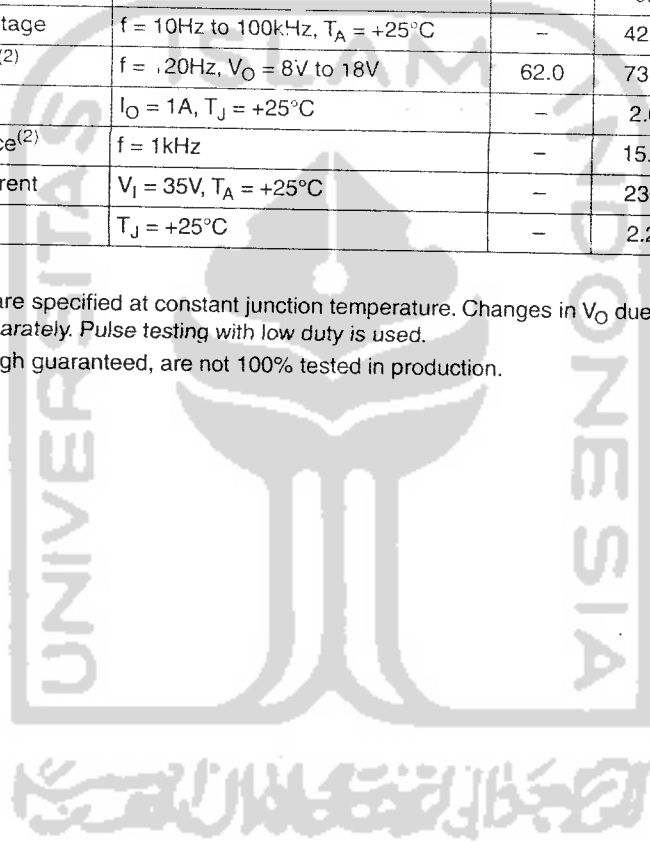
| Symbol          | Parameter                                  |                            | Value       | Unit          |
|-----------------|--|----------------------------|-------------|---------------|
| $V_I$           | Input Voltage                              | $V_O = 5V \text{ to } 18V$ | 35          | V             |
|                 |  | $V_O = 24V$                | 40          | V             |
| $R_{\theta JC}$ | Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220) |                            | 5           | $^{\circ}C/W$ |
| $R_{\theta JA}$ | Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)   |                            | 65          | $^{\circ}C/W$ |
| $T_{OPR}$       | Operating Temperature Range                | LM78xx                     | -40 to +125 | $^{\circ}C$   |
|                 |  | LM78xxA                    | 0 to +125   |               |
| $T_{STG}$       | Storage Temperature Range                  |                            | -65 to +150 | $^{\circ}C$   |

**Electrical Characteristics (LM7805)**Refer to the test circuits.  $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$ ,  $I_O = 500\text{mA}$ ,  $V_I = 10\text{V}$ ,  $C_I = 0.1\mu\text{F}$ , unless otherwise specified.

| Symbol                | Parameter                           | Conditions   | Min.                                  | Typ. | Max. | Unit                   |    |
|-----------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|------|------|------------------------|----|
| $V_O$                 | Output Voltage                      | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$  | 4.8                                   | 5.0  | 5.2  | V                      |    |
|                       |                                     | $5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$ , $P_O \leq 15\text{W}$ ,<br>$V_I = 7\text{V to } 20\text{V}$ | 4.75                                  | 5.0  | 5.25 |                        |    |
| Regline               | Line Regulation <sup>(1)</sup>      | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$  | $V_O = 7\text{V to } 25\text{V}$      | –    | 4.0  | 100                    | mV |
|                       |                                     |  | $V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$      | –    | 1.6  | 50.0                   |    |
| Regload               | Load Regulation <sup>(1)</sup>      | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$  | $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$    | –    | 9.0  | 100                    | mV |
|                       |                                     |  | $I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$ | –    | 4.0  | 50.0                   |    |
| $I_Q$                 | Quiescent Current                   | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$  | –                                     | 5.0  | 8.0  | mA                     |    |
| $\Delta I_Q$          | Quiescent Current Change            | $I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$<br>$V_I = 7\text{V to } 25\text{V}$                               | –                                     | 0.03 | 0.5  | mA                     |    |
|                       |                                     |  | –                                     | 0.5  | 1.3  |                        |    |
| $\Delta V_O/\Delta T$ | Output Voltage Drift <sup>(2)</sup> | $I_O = 5\text{mA}$   | –                                     | –0.8 | –    | mV/ $^{\circ}\text{C}$ |    |
| $V_N$                 | Output Noise Voltage                | $f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$                                  | –                                     | 42.0 | –    | $\mu\text{V}/V_O$      |    |
| RR                    | Ripple Rejection <sup>(2)</sup>     | $f = 120\text{Hz}$ , $V_O = 8\text{V to } 18\text{V}$  | 62.0                                  | 73.0 | –    | dB                     |    |
| $V_{\text{DROP}}$     | Dropout Voltage                     | $I_O = 1\text{A}$ , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$  | –                                     | 2.0  | –    | V                      |    |
| $r_O$                 | Output Resistance <sup>(2)</sup>    | $f = 1\text{kHz}$  | –                                     | 15.0 | –    | $\text{m}\Omega$       |    |
| $I_{\text{SC}}$       | Short Circuit Current               | $V_I = 35\text{V}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$   | –                                     | 230  | –    | mA                     |    |
| $I_{\text{PK}}$       | Peak Current <sup>(2)</sup>         | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$  | –                                     | 2.2  | –    | A                      |    |

**Notes:**

- Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
- These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.



**Electrical Characteristics (LM7809)** (Continued)

Refer to the test circuits.  $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$ ,  $I_O = 500\text{mA}$ ,  $V_I = 15\text{V}$ ,  $C_I = 0.33\mu\text{F}$ ,  $C_O = 0.1\mu\text{F}$ , unless otherwise specified.

| Symbol                | Parameter                           | Conditions  | Min.                                  | Typ. | Max. | Unit                   |    |
|-----------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------------|------|------|------------------------|----|
| $V_O$                 | Output Voltage                      | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | 8.65                                  | 9.0  | 9.35 | V                      |    |
|                       |                                     | $5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$ , $P_O \leq 15\text{W}$ ,<br>$V_I = 11.5\text{V to } 24\text{V}$ | 8.6                                   | 9.0  | 9.4  |                        |    |
| Regline               | Line Regulation <sup>(7)</sup>      | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | $V_I = 11.5\text{V to } 25\text{V}$   | –    | 6.0  | 180                    | mV |
|                       |                                     |   | $V_I = 12\text{V to } 17\text{V}$     | –    | 2.0  | 90.0                   |    |
| Regload               | Load Regulation <sup>(7)</sup>      | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$    | –    | 12.0 | 180                    | mV |
|                       |                                     |   | $I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$ | –    | 4.0  | 90.0                   |    |
| $I_Q$                 | Quiescent Current                   | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | –                                     | 5.0  | 8.0  | mA                     |    |
| $\Delta I_Q$          | Quiescent Current Change            | $I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$  | –                                     | –    | 0.5  | mA                     |    |
|                       |                                     | $V_I = 11.5\text{V to } 26\text{V}$   | –                                     | –    | 1.3  |                        |    |
| $\Delta V_O/\Delta T$ | Output Voltage Drift <sup>(8)</sup> | $I_O = 5\text{mA}$  | –                                     | -1.0 | –    | mV/ $^{\circ}\text{C}$ |    |
| $V_N$                 | Output Noise Voltage                | $f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$                                     | –                                     | 58.0 | –    | $\mu\text{V}/V_O$      |    |
| RR                    | Ripple Rejection <sup>(8)</sup>     | $f = 120\text{Hz}$ , $V_O = 13\text{V to } 23\text{V}$  | 56.0                                  | 71.0 | –    | dB                     |    |
| $V_{\text{DROP}}$     | Dropout Voltage                     | $I_O = 1\text{A}$ , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | –                                     | 2.0  | –    | V                      |    |
| $r_O$                 | Output Resistance <sup>(8)</sup>    | $f = 1\text{kHz}$   | –                                     | 17.0 | –    | m $\Omega$             |    |
| $I_{\text{SC}}$       | Short Circuit Current               | $V_I = 35\text{V}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$  | –                                     | 250  | –    | mA                     |    |
| $I_{\text{PK}}$       | Peak Current <sup>(8)</sup>         | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | –                                     | 2.2  | –    | A                      |    |

**Notes:**

- Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
- These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

**Electrical Characteristics (LM7812)** (Continued)Refer to the test circuits.  $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$ ,  $I_O = 500\text{mA}$ ,  $V_I = 19\text{V}$ ,  $C_I = 0.33\mu\text{F}$ ,  $C_O = 0.1\mu\text{F}$ , unless otherwise specified.

| Symbol                | Parameter                            | Conditions  | Min. | Typ. | Max. | Unit                   |
|-----------------------|--------------------------------------|---|------|------|------|------------------------|
| $V_O$                 | Output Voltage                       | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | 11.5 | 12.0 | 12.5 | V                      |
|                       |                                      | $5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$ , $P_O \leq 15\text{W}$ ,<br>$V_I = 14.5\text{V to } 27\text{V}$ | 11.4 | 12.0 | 12.6 |                        |
| Regline               | Line Regulation <sup>(11)</sup>      | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $V_I = 14.5\text{V to } 30\text{V}$                                       | –    | 10.0 | 240  | mV                     |
|                       |                                      | $V_I = 16\text{V to } 22\text{V}$   | –    | 3.0  | 120  |                        |
| Regload               | Load Regulation <sup>(11)</sup>      | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$  | –    | 11.0 | 240  | mV                     |
|                       |                                      | $I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$   | –    | 5.0  | 120  |                        |
| $I_Q$                 | Quiescent Current                    | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | –    | 5.1  | 8.0  | mA                     |
| $\Delta I_Q$          | Quiescent Current Change             | $I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$  | –    | 0.1  | 0.5  | mA                     |
|                       |                                      | $V_I = 14.5\text{V to } 30\text{V}$   | –    | 0.5  | 1.0  |                        |
| $\Delta V_O/\Delta T$ | Output Voltage Drift <sup>(12)</sup> | $I_O = 5\text{mA}$  | –    | -1.0 | –    | mV/ $^{\circ}\text{C}$ |
| $V_N$                 | Output Noise Voltage                 | $f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$                                     | –    | 76.0 | –    | $\mu\text{V}/V_O$      |
| RR                    | Ripple Rejection <sup>(12)</sup>     | $f = 120\text{Hz}$ , $V_I = 15\text{V to } 25\text{V}$  | 55.0 | 71.0 | –    | dB                     |
| $V_{\text{DROP}}$     | Dropout Voltage                      | $I_O = 1\text{A}$ , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | –    | 2.0  | –    | V                      |
| $r_O$                 | Output Resistance <sup>(12)</sup>    | $f = 1\text{kHz}$   | –    | 18.0 | –    | m $\Omega$             |
| $I_{\text{SC}}$       | Short Circuit Current                | $V_I = 35\text{V}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$  | –    | 230  | –    | mA                     |
| $I_{\text{PK}}$       | Peak Current <sup>(12)</sup>         | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$   | –    | 2.2  | –    | A                      |

**Notes:**

11. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
12. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.