



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

## **APLIKASI MIKROKONTROLER AVR ATMEGA8535 PADA MINIATUR SICURITYRUANGAN MENGGUNAKAN PINTU OTOMATIS DENGAN TAMPILAN LCD (HADWARE)**

**TUGAS AKHIR**



**ANGGORO  
BP. 06 073 002**

**POLITEKNIK  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG  
2010**

**APLIKASI MIKROKONTROLER AVR ATMEGA8535 PADA MINIATUR  
SECURITY RUANGAN MENGGUNAKAN PINTU OTOMATIS DENGAN  
TAMPILAN LCD (HARDWARE)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Ahli Madya pada  
Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik

UNIVERSITAS ANDALAS  
Politeknik Universitas Andalas Padang


Oleh:


**ANGGORO**  
**BP. 06 073 002**

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

  
**Herisajani, ST. M.Kom**

  
**A Fadli, ST**

**NIP. 19660103 199003 1 001**

**NIP. 19590419 198803 1 002**


Disahkan oleh:

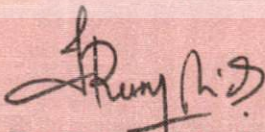
**Ketua Jurusan**


**Ketua Program Studi**

**Teknik Elektro**

**Teknik Listrik**

  
**Andrizal, ST, MT**

  
**Zas Ressy Aidha SST., MT**

  
**NIP. 19681005 199303 1 001**

**NIP. 19710207 200003 2 002**

**APLIKASI MIKROKONTROLER AVR ATMEGA8535 PADA MINIATUR SECURITY  
RUANGAN MENGGUNAKAN PINTU OTOMATIS DENGAN TAMPILAN LCD  
(HARDWARE)**

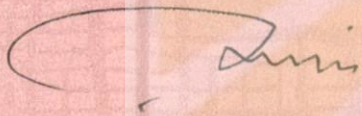
Oleh

**ANGGORO**  
**BP. 06 073 002**

Tugas Akhir ini telah diuji dan dipertanggungjawabkan di depan tim penguji  
sidang Tugas Akhir Diploma III Politeknik Universitas Andalas  
Pada hari Jumat 27 Agustus 2010

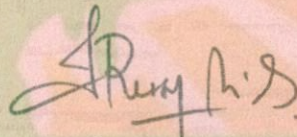
**Tim Penguji,**

**Ketua**



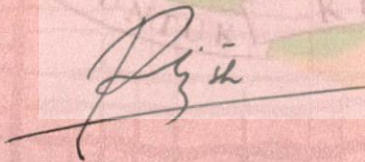
**Herisajani, ST., M.Kom**  
**NIP. 19660103 199003 1 001**

**Sekretaris**



**Zas Ressay Aidha SST., MT**  
**NIP. 19710207 200003 2 002**

**Anggota**



**Drs. Roswaldi, SK, SST., M.Kom**  
**NIP. 19580615 198603 1 002**

**Anggota**



**IR. Julsam, M.Kom**  
**NIP. 19601017 199003 1 001**

*"dengarkanlah suara hatimu karena disanalah kamu akan mendapatkan ketenangan jiwa"*

*Alhamdulillah, akhirnya 26 Januari 2011 pukul 14.00 perjuangan panjang ku ini menemukan titik terangnya....., Ucapan syukur akan kebesaran Allah Swt yang tlah memberikan kesempatan pada diriku tuk menjalani dan merasakan semua ini... Terima kasih Tuhan, terima kasih atas pembelajaran yang diberikan pada hambaMu ini, dan ampunilah hambamu ini yg "terkadang harus memilih jalan yang salah untuk menemukan suatu kebenaran". Tak ada yang harus disesalkan, jangan pernah larut dalam suatu masalah, hidup itu saat ini, yang lalu biarlah berlalu jadikan sebagai pedoman, masa depan hanya impian.... Setiap org kan mencari takdirnya sendiri... Jalan panjang dan berliku, penuh halangan dan rintangan yang mengiringi penulisan kuliah dan skripsi ini tlah membuatku bertambah yakin akan kebesarannya... "sabar dan ikhlas", dua kata yang makin aku pahami maknanya, gampang mengucapkan tapi susah diamalkan...*

*Hasil karya ini kupersembahkan bagi semua yang ada di alam ini dan pernah menjadi bagian dalam hidupku :*

*Kedua orang tuaku yg sangat aku sayangi, terima kasih tlah melahirkan, membesarkan, mendidik dan memberikan kasih sayang serta do'a dan dukungannya, maafkanlah anakmu ini yg sempat melupakan kalian.. Kakakku (Fatma), adikku (Titi), terima kasih atas dukungan dan do'a kalian, Da Caaik dan keluarga, Sayangku Sri wahyuni yang selalu menemani. Thanks ya.....*

*Pak Herisajani. ST., M.kom dan Pak A. Fadli, terima kasih atas kesediaannya tuk meluangkan waktu membimbing dan berbagi ilmu serta berdiskusi dengan diri ini, terimakasih atas semuanya pak, banyak hal yang bisa saya ambil dari ini semua..*

*Buk Zas ressy aidha. SST., MT, Drs. Roswaldi, SK, SST. M.Kom , IR. Julsam, M.Kom, yang tlah berkenan hadir diruang sidang dan memberikan masukan serta mendiskusikan tentang tulisan dan tugas akhir ini.*

*Kawan kawan BP 06 semuanya dan junior2 07 yang selokal khusus untuk yang mada-madanyo. Ni Da makasih alah manjadi tampek bautang bilo wak ndak do pitih...thanks ...*

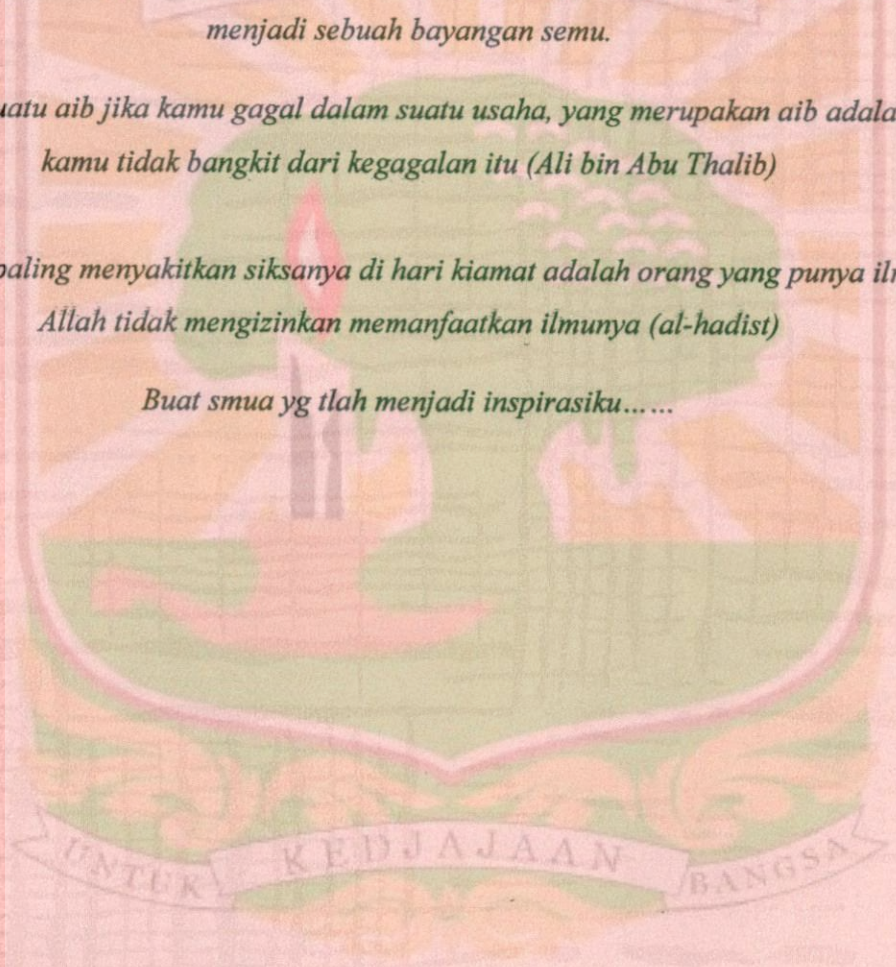
*"Ketika ingin tetap meneruskan hidup berarti harus siap untuk disakiti dan menyakiti, ku persembahkan juga tulisan ini buat orang2 yg pernah aku sakiti dan menyakiti diriku, jangan pernah ada dendam dan jangan pernah ada niat tuk memutuskan silaturahmi..."*

*Untuk ribuan tujuan yang harus dicapai, untuk jutaan impian yang akan dikejar, untuk sebuah pengharapan, agar hidup jauh lebih bermakna, karena tragedi terbesar dalam hidup bukanlah kematian tapi hidup tanpa tujuan. Teruslah bermimpi untuk sebuah tujuan, pastinya juga harus diimbangi dengan tindakan nyata, agar mimpi dan juga angan, tidak hanya menjadi sebuah bayangan semu.*

*Bukanlah suatu aib jika kamu gagal dalam suatu usaha, yang merupakan aib adalah jika kamu tidak bangkit dari kegagalan itu (Ali bin Abu Thalib)*

*Orang yang paling menyakitkan siksanya di hari kiamat adalah orang yang punya ilmu tapi Allah tidak mengizinkan memanfaatkan ilmunya (al-hadist)*

*Buat semua yg tlah menjadi inspirasiku.....*



## ABSTRAK

Aplikasi mikrokontroler AVR ATMEGA8535 pada miniatur security ruangan menggunakan pintu otomatis dengan tampilan LCD ini dirancang dan dapat digunakan untuk mensimulasikan serta memberikan perlindungan terhadap dokumen-dokumen dari pihak yang tidak bertanggung jawab, yang disimulasikan dengan menggunakan CD room, sensor Photo Dioda dan led Super Break sebagai pendeteksi halangana untuk mengetahui halangan masuk pada tempat yang dirahasiakan. Pintu dikontrol secara otomatis menggunakan mikrokontroler ATmega8535. Tugas yang akan diperintahkan oleh kontroler adalah mengintruksikan dua buah pintu yang dipasang sedemikian rupa sehingga tampak samar dan tersembunyi pada dinding lorong untuk menutup secara otomatis selama waktu tertentu. Apabila waktunya telah habis, pintu akan membuka secara otomatis dan kembali sedemikian kala. Lamanya waktu penutupan ini dapat diset melalui program. sewaktu pintu menutup, alarm akan terus berbunyi sebagai indikator ruangan telah dilindungi. Hasilnya juga dapat dilihat pada tampilan LCD. Jadi, pada alat ini tidak diperlukan lagi kehadiran manusia sebagai operator membuka pintu apabila pintu telah menutup.

*Keyword : AVR ATmega8535, GP2D12, UVtron C3704, Motor Servo.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang merupakan salah satu syarat mendapatkan gelar ahli madya di Politeknik Negeri Padang. Tugas akhir ini berjudul “ *Aplikasi Mikrokontroler AVR ATmega8535 pada Miniatur Security ruangan menggunakan Pintu Otomatis dengan tampilan LCD (Hardware)*”

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan dan masukan yang sangat berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan rasa hormat dan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung antara lain :

1. Kepada kedua orang tua penulis yang telah memberikan segalanya dalam mewujudkan impian ini serta dukungan yang sangat besar pengaruhnya bagi penulis.
2. Bapak Ir. Aidil Zamri, MT selaku direktur Politeknik Negeri Padang.
3. Bapak Ir. Takdir Alamsyah selaku PD I Politeknik Negeri Padang.
4. Bapak Emrizal, SE selaku PD II Politeknik Negeri Padang.
5. Bapak surfa Yondri ST, SST.,M.kom selaku PD III politeknik Negeri Padang.
6. Bapak Andrizal ST.,MT selaku ketua jurusan elektro Politeknik negeri Padang.
7. Ibu Zas Ressay Aidha SST, MT selaku kepala Program studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Padang.
8. Bapak Herisajani, ST selaku Pembimbing I.

9. Bapak A. Fadli, ST selaku Pembimbing II.
10. Seluruh staf pengajar pada jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang.
11. Rekan seperjuangan local III B EL reg, terimakasih atas kekompakannya dan dukacita yang kita alami bersama-sama saat pembuatan tugas akhir ini.

Penulis mengharapkan saran dan ktitikan yang dapat membangun sehingga terciptanya kesempurnaan dalam enulisan laporan tugas akhir ini dimasa yang akan datang.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya. semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan karuniaNya pada kita semua. Amin.

Padang, Juli 2010

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>BAB I</b> <b>PENDAHULUAN</b>	
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	2
1.3    Tujuan.....	2
1.4    Pembatasan Masalah.....	3
1.5    Metodologi penelitian.....	3
1.6    Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II</b> <b>LANDASAN TEORI</b>	
2.1    Mikrokontroler ATmega8535.....	6
2.2    Motor DC.....	11
2.3    Resistor.....	21
2.4    Kapasitor.....	23
2.5    Rangkaian penguat.....	25

2.6	Led break dan photo dioda.....	27
2.7	Rangkaian sensor dan komparator.....	31
2.8	Catu daya.....	33
2.9	Filter.....	35
2.10	Relay.....	36

**BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

3.1	Perancangan dan Pembuatan perangkat keras.....	38
3.1.1	Perancangan konstruksi pintu otomatis pengaman ruangan.....	38
3.1.2	Rangkaian system minimum ATmega8535.....	46
3.1.3	Rangkaian sensor dan rangkaian pembanding.....	48
3.1.4	Rangkaian Driver.....	51
3.1.5	Langkah kerja dan perangkat keras.....	52
3.1.6	Gambar kontruksi akhir alat.....	56
3.2	Perancangan dan pembuatan perangkat lunak.....	56
3.2.1	Software utama.....	57
3.2.2	Deskripsi kerja alat.....	58
3.2.3	Flowchart secara keseluruhan.....	59

**BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA**

4.1	Pengujian alat.....	61
4.2	Analisa.....	63

<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN</b>	
5.1	Kesimpulan.....	70
5.2	Saran.....	72

<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>UNIVERSITAS ANDALAS</b>	<b>74</b>
-----------------------	----------------------------	-----------

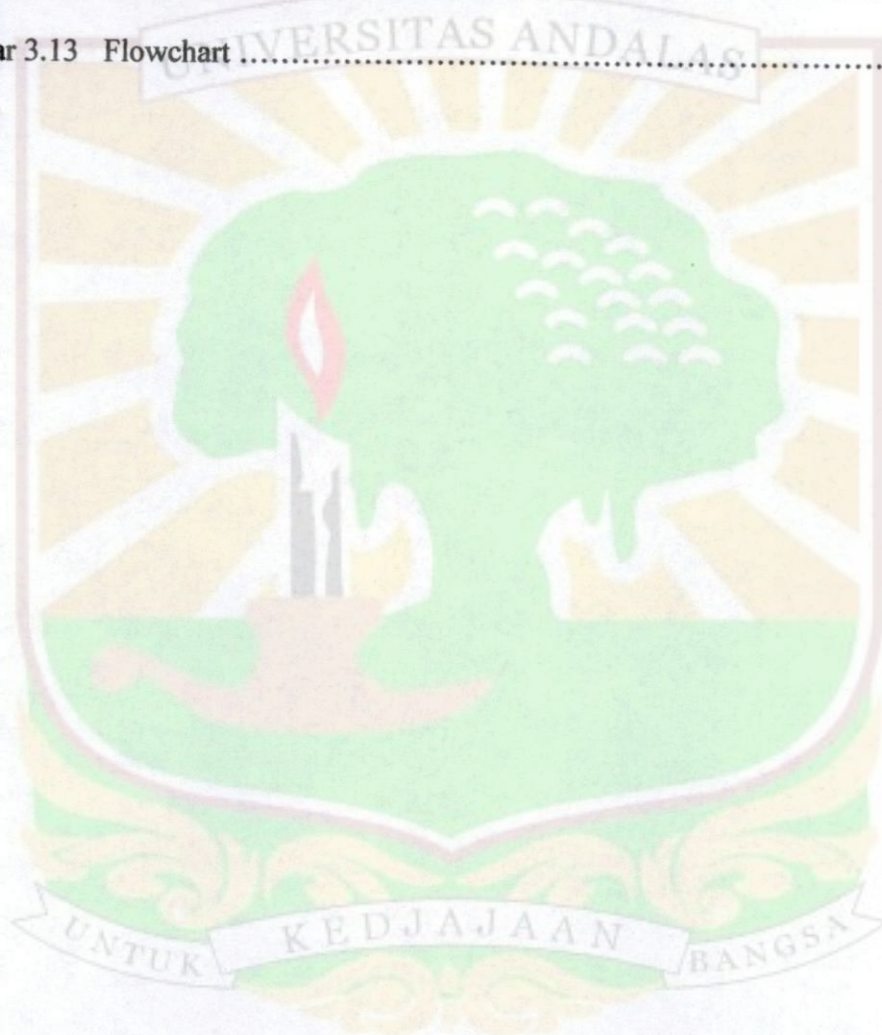
**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konfigurasi pin ATmega8535.....	6
Gambar 2.2	Bentuk fisik mikrokontroler AVR ATmega8535.....	10
Gambar 2.3	Motor DC.....	11
Gambar 2.4	Resistor.....	22
Gambar 2.5	Bentuk fisik kapasitor.....	23
Gambar 2.6	Bentuk fisik IC L298.....	25
Gambar 2.7	Konfigurasi Pin IC L298 .....	26
Gambar 2.8	Konfigurasi pin LED Bright.....	27
Gambar 2.9	Bentuk fisik LED Bright.....	27
Gambar 2.10	IC LM 324 .....	31
Gambar 2.11	Rangkaian sensor garis menggunakan IC LM 324 .....	32
Gambar 2.12	Penyearah dengan tap tengah.....	33
Gambar 2.13	Gelombang sinus penyearah.....	34
Gambar 2.14	Kontak relay .....	37
Gambar 3.1	Rancangan alat.....	39
Gambar 3.2	Instalasi rangkaian elektrik.....	39
Gambar 3.3	Diagram blok pintu otomatis.....	41
Gambar 3.4	Rangkaian keseluruhan pintu otomatis.....	43
Gambar 3.5	Rangkaian sistim minimum ATmega8535 .....	47
Gambar 3.6	Rangkaian sensor dan pembanding .....	49
Gambar 3.7	Rangkaian Regulator .....	50

Gambar 3.8	IC driver L298 .....	51
Gambar 3.9	Rangkaian driver pada PCB .....	52
Gambar 3.10	Kontruksi akhir alat .....	56
Gambar 3.11	Tampilan code vision AVR .....	57
Gambar 3.12	Tampilan ponyprog 2000 .....	58
Gambar 3.13	Flowchart .....	60



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi khusus port B.....	7
Tabel 2.2	Fungsi khusus port C.....	7
Tabel 2.3	Fungsi khusus port D.....	8
Tabel 2.4	Skala clock timer/ counter 1.....	21
Tabel 3.1	Daftar komponen mekanik.....	40
Tabel 3.2	Daftar komponen elektronik.....	40
Tabel 4.1	Pengujian respon sensor pada alat.....	62
Tabel 4.2	Pengujian tegangan rangkaian komparator .....	62
Tabel 4.3	Pengujian rangkaian driver motor DC .....	63



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A List Program

Lampiran B Data sheet mikrokontroler ATmega8535

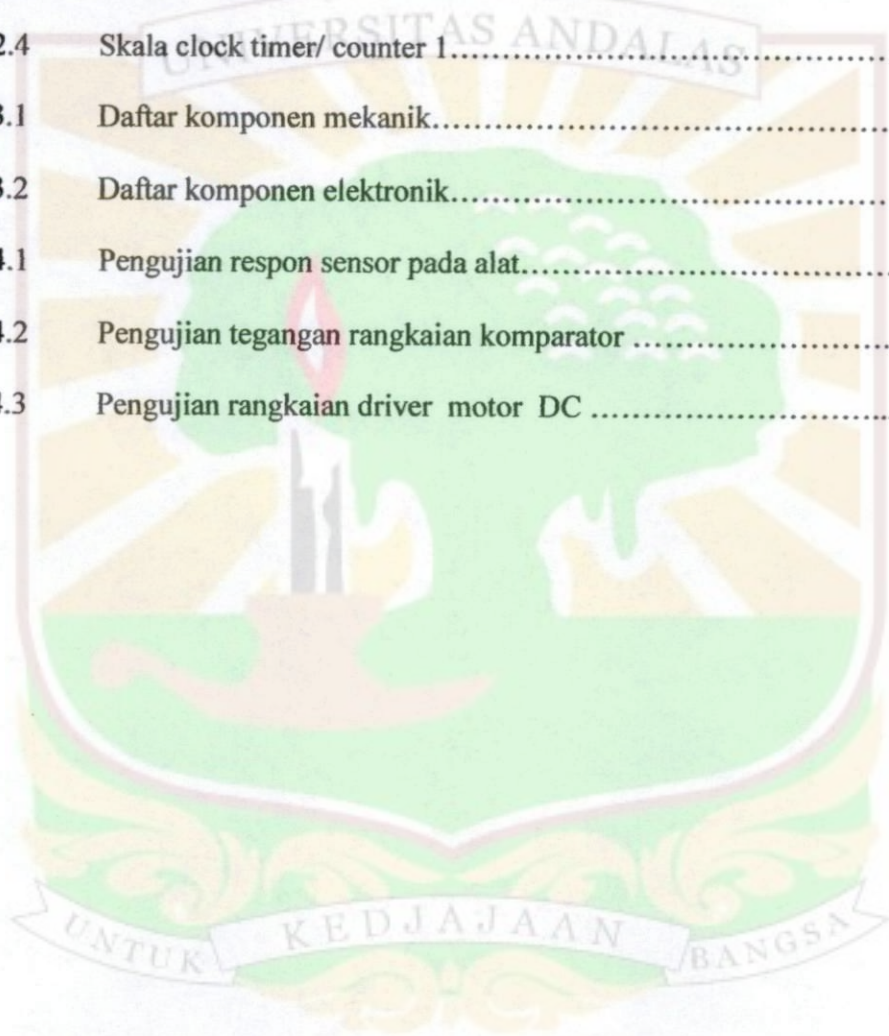
Lampiran C Data sheet L298

Lampiran D Data sheet LM 324



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi khusus port B.....	7
Tabel 2.2	Fungsi khusus port C.....	7
Tabel 2.3	Fungsi khusus port D.....	8
Tabel 2.4	Skala clock timer/ counter 1.....	21
Tabel 3.1	Daftar komponen mekanik.....	40
Tabel 3.2	Daftar komponen elektronik.....	40
Tabel 4.1	Pengujian respon sensor pada alat.....	62
Tabel 4.2	Pengujian tegangan rangkaian komparator .....	62
Tabel 4.3	Pengujian rangkaian driver motor DC .....	63



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A List Program

Lampiran B Data sheet mikrokontroler ATmega8535

Lampiran C Data sheet L298

Lampiran D Data sheet LM 324





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Hampir setiap masyarakat atau kelompok mempercayakan penyimpanan barang, surat-surat berharga dan uang pada badan perbankan. bank merupakan salah satu lembaga yang sangat berperan penting dalam perokonomian bangsa. Semua pelaku ekonomi menyimpan uangnya dalam bank, baik dalam jumlah kecil atau dalam skala besar. Tidak hanya uang, bank juga dapat menyimpan surat-surat berharga seperti surat kepemilikan rumah, gedung, akta tanah, tanda kepemilikan kendaraan bermotor dan lain sebagainya. Karena permasalahan tersebut pada tahun 2008 telah dibuat tugas akhir pintu otomatis berbasis mikrokontroler AT89S51 oleh Alwi Kurniawan, fakultas teknik, jurusan teknik elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta. [www.google.co.id / Etd.eprint.ums.ac.id](http://www.google.co.id/Etd.eprint.ums.ac.id)

Setelah membaca dan melihat secara seksama, penulis melihat ada beberapa kelemahan dan kekurangan diantaranya; hanya menggunakan mikrokontroler AT89S51 dimana mikrokontroler tersebut sedikit lambat. Dan tidak menggunakan dan menampilkan berupa tanda peringatan pada ruangan operatornya. Sehingga operator tidak dapat melihat dan mengetahui keadaan kamar atau lorong dalam keadaan aman atau tidak.

Oleh sebab itu penulis terpanggil untuk mengembangkan alat yang telah ada tersebut dengan melakukan beberapa penambahan dan penyempurnaan diantaranya, menggunakan mikrokontroler ATmega8535 yang dapat melakukan intruksi dengan cepat, dimana mikrokontroler ATmega8535 dilengkapi dengan RISC (*Reduce Instruction Set Compute*). Serta menggunakan tampilan LCD dan alarm, sehingga operator dapat mengetahui keadaan ruangan pada tampilan LCD tersebut.

### **1.2 Perumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah di paparkan, maka masalah yang timbul dari pembuatan alat adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana semua rangkaian dapat digunakan untuk mengontrol pintu agar bekerja secara otomatis.
2. Bagaimana mengatur tata letak sensor agar cepat memberi respon disaat ada halangan.
3. Bagaimana merancang dan membuat pintu bekerja secara otomatis.

### **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dari pembuatan alat ini, antara lain:

1. Merancang dan membuat alat yang dapat mensimulasikan pengamanan ruangan dari orang yang tidak berkepentingan.

2. Membuat rangkaian kontrol untuk mengontrol motor agar pintu bekerja dengan otomatis.
3. Mengetahui cara kerja *LED break* merah dan photo dioda sebagai sensor halangan yang dihubungkan ke mikrokontroler.
4. Mengetahui kecepatan Mikrokontroler dalam pengolahan data untuk motor DC.
5. Mengetahui cara kerja LCD yang digunakan sebagai tampilan keadaan ruangan.

#### **1.4 Pembatasan masalah**

Dikarenakan banyaknya pembahasan pada pintu otomatis ini, maka penulis mambatasi masalah pada:

1. Mikrokontroler AVR ATmega8535 sebagai alat kontrol pintu otomatis.
2. Sensor halangan yang terbuat dari *LED bright* dan photo dioda.
3. Pengontrolan motor DC sebagai motor untuk menggerakkan pintu otomatis dengan tampilan LCD.

#### **1.5 Metodologi Penelitian**

Agar tercapai sasaran atau target yang diinginkan maka langkah-langkah atau metodologi yang harus disajikan adalah :

1. Studi Literatur

Teknik penulisan laporan yang dilakukan dengan mempelajari buku-buku yang berhubungan dengan tugas akhir.

## 2. Studi Lapangan

Metodologi penulisan laporan dengan berdiskusi bersama anggota tim dan pembimbing untuk menyelesaikan permasalahan yang ada secara praktis dan efisien.

## 3. Metodologi Percobaan

Merupakan metodologi penulisan laporan dari hasil percobaan alat yang dibuat sebagai tugas akhir.

## 4. Pembuatan laporan

Metodologi pembuatan laporan ini harus disetujui oleh pembimbing tugas akhir.

### 1.6 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa bagian utama yaitu:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan pendahuluan yang menjelaskan mengenai latar belakang perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir.

## **BAB II      LANDASAN TEORI**

Bab ini berisikan teori-teori dasar yang menunjang dalam pengerjaan tugas akhir.

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

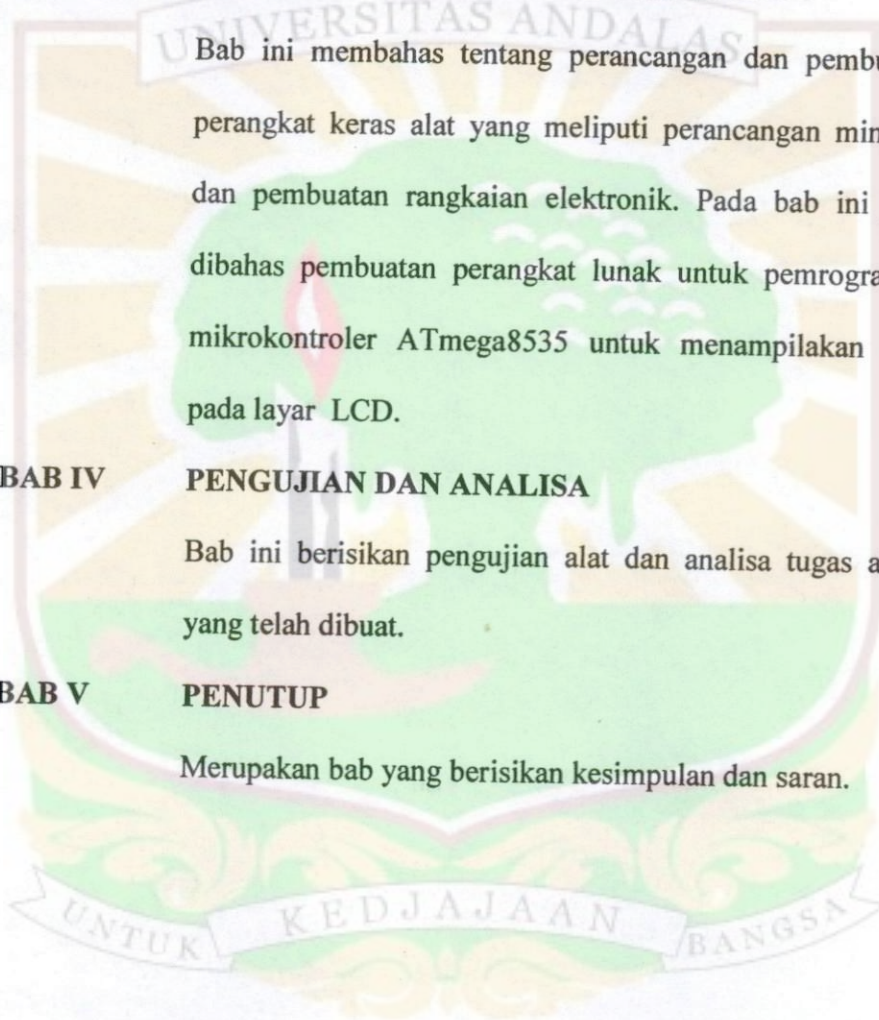
Bab ini membahas tentang perancangan dan pembuatan perangkat keras alat yang meliputi perancangan miniatur dan pembuatan rangkaian elektronik. Pada bab ini juga dibahas pembuatan perangkat lunak untuk pemrograman mikrokontroler ATmega8535 untuk menampilkan data pada layar LCD.

## **BAB IV     PENGUJIAN DAN ANALISA**

Bab ini berisikan pengujian alat dan analisa tugas akhir yang telah dibuat.

## **BAB V      PENUTUP**

Merupakan bab yang berisikan kesimpulan dan saran.

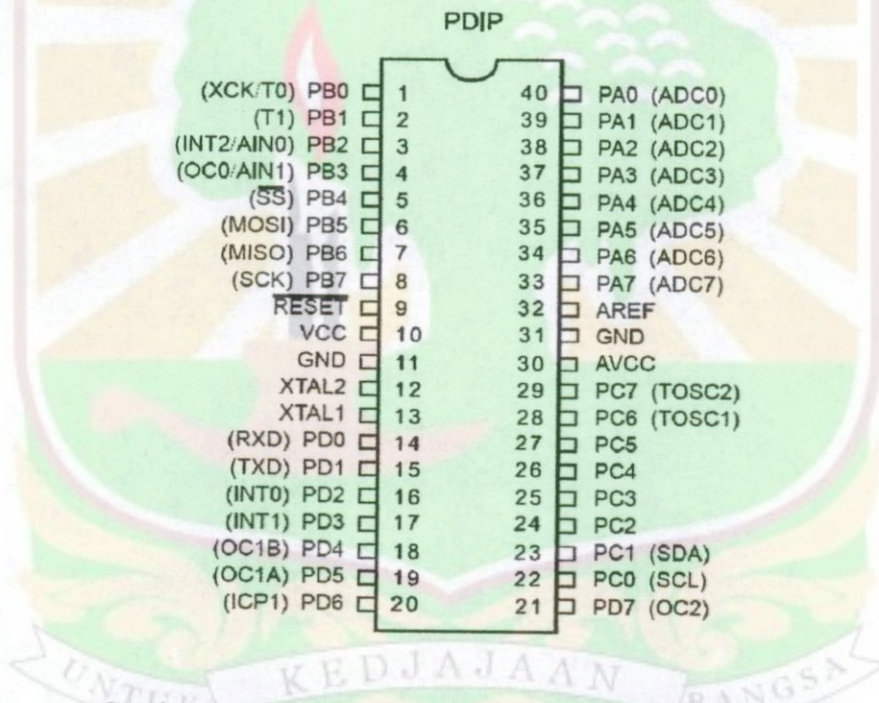


## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Mikrokontroler Atmega8535

Mikrokontroler adalah IC yang dapat diprogram berulang kali, baik ditulis atau dihapus. Biasanya digunakan untuk pengontrolan otomatis dan manual pada perangkat elektronika (Agus Bejo, 2007).



Gambar 2.1 Konfigurasi pin ATmega8535 (www.ATMEL.com)

Konfigurasi *pin* ATmega8535 dengan kemasan 40 pin DIP (*Dual Inline Package*) dapat dilihat pada gambar 2.1. dari gambar diatas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing *pin* ATmega8535 sebagai berikut:

1. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merukan *pin* *Ground*.

3. *Port A (PortA0...PortA7)* merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* masukan ADC.
4. *Port B (PortB0...PortB7)* merupakan *pin input/output* dua arah dan dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 2.1 Fungsi khusus Port B

Pin	Fungsi Khusus
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/ Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/ Slave Input)
PB4	SS (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/ Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 T1 (Timer/Counter External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

5. *Port C (PortC0...PortC7)* merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Fungsi khusus Port C

Pin	Fungsi khusus
PC7	TOSC2 ( Timer Oscillator Pin2)

PC6	TOSC1 ( <i>Timer Oscillator Pin1</i> )
PC5	<i>Input/Output</i>
PC4	<i>Input/Output</i>
PC3	<i>Input/Output</i>
PC2	<i>Input/Output</i>
PC1	SDA ( <i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i> )
PC0	SCL ( <i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i> )

6. Port D (PortD0...PortD7) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Fungsi khusus Port D

<b>Pin</b>	<b>Fungsi khusus</b>
PD7	OC2 ( <i>Timer/Counter Output Compare Match Output</i> )
PD6	ICP ( <i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i> )
PD5	OC1A ( <i>Timer/Counter1 Output Compare A Match Output</i> )
PD4	OC1B ( <i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i> )
PD3	INT1 ( <i>External Interrupt 1 Input</i> )
PD2	INT0 ( <i>External Interrupt 0 Input</i> )
PD1	TXD ( <i>USART Output Pin</i> )
PD0	RXD ( <i>USART Input Pin</i> )

7. RESET merupakan *pin* yang digunakan untuk *me-reset* mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan *pin* masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan *pin* masukan tegangan untuk ADC.
10. AREFF merupakan *pin* masukan tegangan referensi ADC.

Beberapa tahun terakhir, mikrokontroler sangat banyak digunakan terutama dalam pengontrolan elektronika dan pengontrolan robot. Seiring perkembangan elektronika, mikrokontroler dibuat semakin kompak dan bahasa pemrogramannya juga ikut berubah. Salah satunya adalah mikrokontroler AVR ATmega8535 yang menggunakan teknologi RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) dimana program berjalan lebih cepat karena hanya membutuhkan satu *siklus clock* untuk mengeksekusi program.

Selain itu mikrokontroler AVR ATmega8535 telah dilengkapi dengan *ADC internal*, *EEPROM internal*, *Timer/Counter*, *I2C*, dll. Sehingga dengan fasilitas yang lengkap, programmer dan desainer dapat menggunakannya untuk berbagai aplikasi sistem elektronika seperti robot, otomasi industri, komunikasi, dan berbagai aplikasi lainnya (Heryanto, Hari M, 2008).



Gambar 2.2 Bentuk fisik mikrokontroler AVR ATmega8535(Photo1)

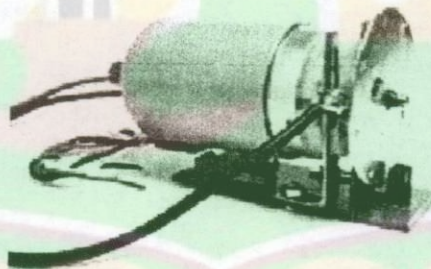
Pemrograman mikrokontroler ATmega8535 dapat menggunakan *low level language (assembly)* dan *high level language (C, Basic, Pascal, JAVA,dll)* tergantung *compiler* yang digunakan (Widodo Budiharto, 2006). Bahasa *Assembler* mikrokontroler AVR memiliki kesamaan instruksi, sehingga jika pemrograman satu jenis mikrokontroler AVR sudah dikuasai, maka akan dengan mudah menguasai pemrograman keseluruhan mikrokontroler jenis mikrokontroler AVR, namun bahasa *assembler* relatif lebih sulit dipelajari dari pada bahasa C.

Dengan menggunakan bahasa *assembly*, untuk pembuatan suatu proyek yang besar akan memakan waktu yang lama serta penulisan programnya akan panjang. Sedangkan bahasa C memiliki keunggulan dibanding bahasa *assembler* yaitu *independent* terhadap *hardware* serta

lebih mudah untuk menangani *project* yang besar. Bahasa C memiliki keuntungan-keuntungan yang dimiliki bahasa *assembler* (bahasa mesin), hampir semua operasi yang dapat dilakukan oleh bahasa mesin, dapat dilakukan dengan bahasa C dengan penyusunan program yang lebih sederhana dan mudah. Bahasa C terletak diantara bahasa pemrograman tingkat tinggi dan *assembly* (Agus Bejo,2007).

## 2.2 Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang desain awalnya diperkenalkan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu (E. Pitowarno, 2006).

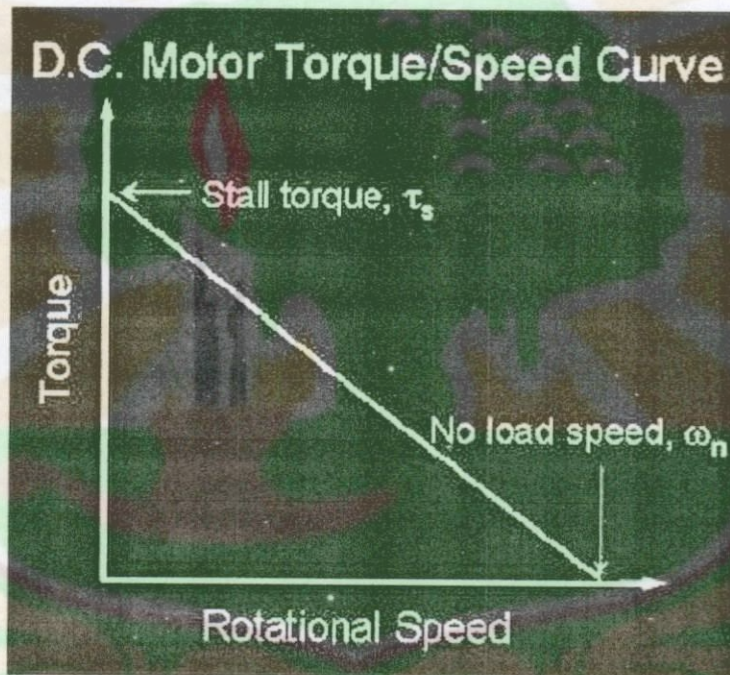


Gambar 2.3 Sebuah motor DC (Innovative Electronics)

Pada alat ini, motor DC digunakan untuk menggerakkan pintu otomatis. Digunakan rangkaian H-Bridge IC L298 untuk menguatkan *output* dari mikrokontroler ke motor DC, penguatan ini dilakukan karena keluaran dari mikrokontroler tidak cukup kuat untuk mengontrol motor DC. Karena alasan itulah IC L298 ini digunakan.

## Karakteristik Motor DC

Karakteristik yang dimiliki suatu motor DC dapat digambarkan melalui kurva daya dan kurva torsi/kecepatannya, dari kurva tersebut dapat dianalisa batasan-batasan kerja dari motor serta daerah kerja optimum dari motor tersebut.



Gambar 2.4. Karakteristik Motor DC

Dari grafik diatas terlihat hubungan antara torsi dan kecepatan untuk suatu motor dc tertentu. dari grafik terlihat bahwa torsi berbanding terbalik dengan kecepatan putaran, dengan kata lain terdapat *tradeoff* antara besar

torsi yang dihasilkan motor dengan kecepatan putaran motor. Dua karakteristik penting terlihat dari grafik yaitu:

a. *Stall torque*, ( $\tau_s$ ), menunjukkan titik pada grafik dimana torsi maksimum, tetapi tidak ada putaran pada motor.

b. *No load speed*, ( $\omega_n$ ), menunjukkan titik pada grafik dimana terjadi kecepatan putaran maksimum, tetapi tidak ada beban pada motor

Analisa terhadap grafik dilakukan dengan menghubungkan kedua titik tersebut dengan sebuah garis, dimana persamaan garis tersebut dapat ditulis didalam fungsi torsi atau kecepatan sudut

$$\tau_{\text{motor}} = \tau_s - \frac{\omega \tau_s}{\omega_n} \quad \dots\dots (2.1)$$

$$\omega_{\text{motor}} = \left( \tau_s - \tau \right) \frac{\omega_n}{\tau_s} \quad \dots\dots (2.2)$$

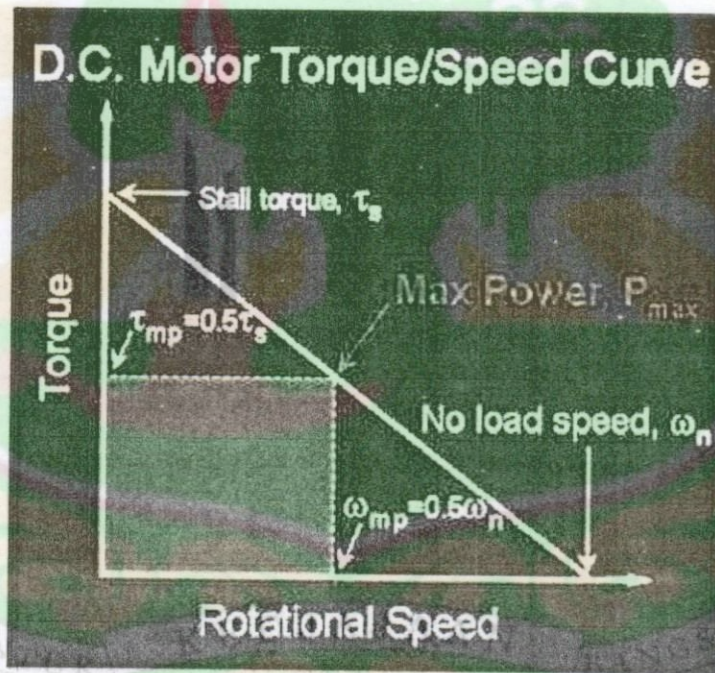
Dengan mensubstitusikan persamaan (torsi dan kecepatan) kedalam persamaan (daya) diperoleh:

$$P_{\text{motor}}(\omega) = -\left( \frac{\tau_s}{\omega_n} \right) \omega^2 + \tau_s \omega \quad \dots\dots (2.3)$$

$$P_{\text{motor}}(\tau) = -\left( \frac{\omega_n}{\tau_s} \right) \tau^2 + \omega_n \tau \quad \dots\dots (2.4)$$

Dari kedua persamaan tersebut dapat dilihat bahwa daya output maksimum terjadi saat dan

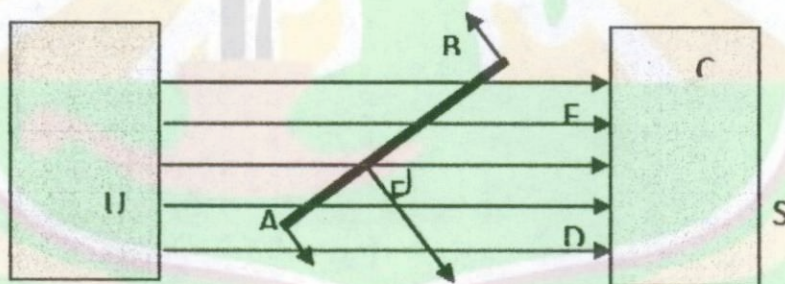
Dari persamaan (daya) terlihat bahwa daya merupakan perkalian antara torsi dan kecepatan sudut, dimana didalam grafik ditunjukkan oleh luas daerah segiempat dibawah kurvatorsi/kecepatan.



Gambar 2.5. Daerah daya motor DC ([www.elektromotor.com](http://www.elektromotor.com))

## Cara Kerja Motor DC

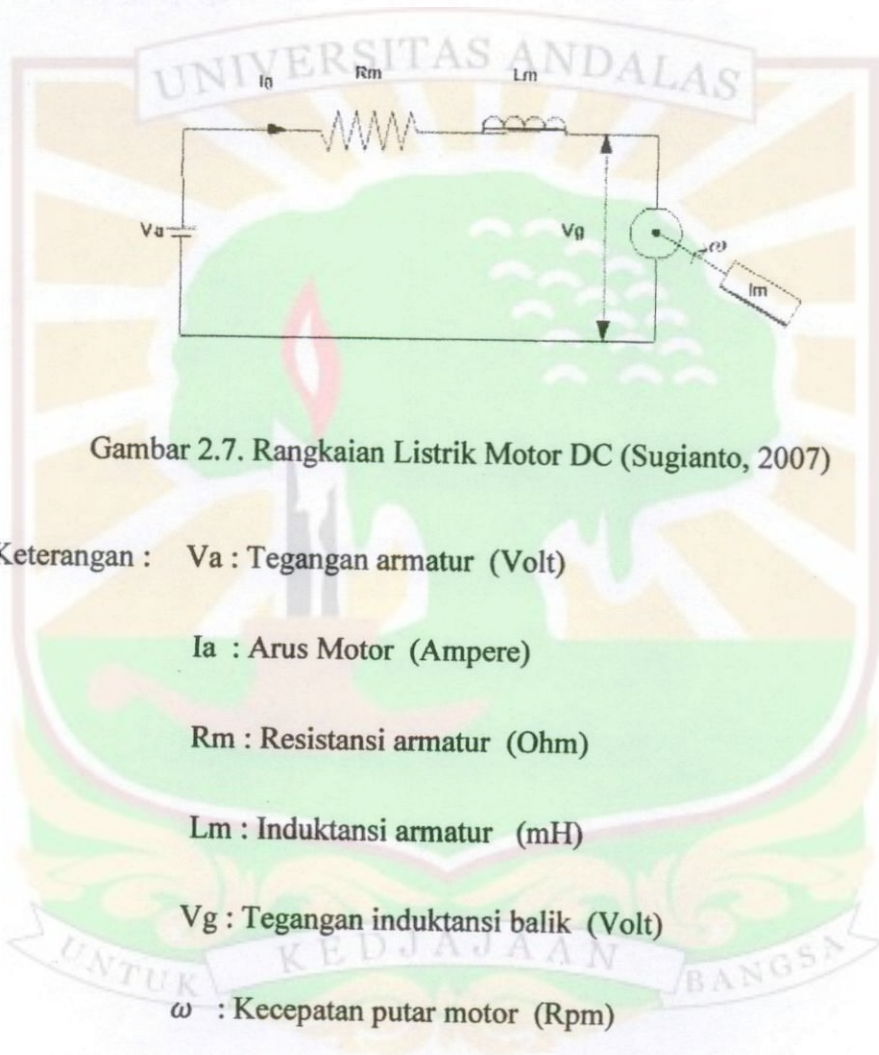
Motor DC terdapat dalam berbagai ukuran dan kekuatan, masing-masing didisain untuk keperluan yang berbeda-beda namun secara umum memiliki berfungsi dasar yang sama yaitu mengubah energi elektrik menjadi energi mekanik. Sebuah motor DC sederhana dibangun dengan menempatkan kawat yang dialiri arus di dalam medan magnet. kawat yang membentuk *loop* ditempatkan sedemikian rupa diantara dua buah magnet permanen. Bila arus mengalir pada kawat, arus akan menghasilkan medan magnet sendiri yang arahnya berubah-ubah terhadap arah medan magnet permanen sehingga menimbulkan putaran.



Gambar 2.6. Prinsip kerja motor DC (rangkain listrik, 1990)

Pada gambar diatas sebuah *loop* ABCD berada dalam satu medan magnet. Jika arah flux magnet  $B$  berasal dari kutub U ke kutub S dari magnet permanen dan pada loop dialiri arus listrik dengan arah ABCD maka pada sisi AB akan terjadi gaya  $F_1$  yang mengarah kebawah, dan pada sisi CD juga terjadi gaya  $F_2$  yang mengarah keatas sesuai dengan aturan tangan

kanan. Gaya  $F_1$  dan  $F_2$  tersebut menyebabkan *loop* berputar berlawanan dengan arah jarum jam. Proses tersebut terjadi terus-menerus dan merupakan dasar dari pembentukan sebuah motor.



Gambar 2.7. Rangkaian Listrik Motor DC (Sugianto, 2007)

Keterangan :  $V_a$  : Tegangan armatur (Volt)

$I_a$  : Arus Motor (Ampere)

$R_m$  : Resistansi armatur (Ohm)

$L_m$  : Induktansi armatur (mH)

$V_g$  : Tegangan induktansi balik (Volt)

$\omega$  : Kecepatan putar motor (Rpm)

$\Theta$  : Sudut Putaran poros motor

Persamaan tegangan  $V_a$  adalah :

$$V_a = L \frac{di_a}{dt} + Ri_a + K_b \omega \quad \dots\dots (2.5)$$

Dengan  $K_b$  adalah konstanta yang diukur dari tegangan yang dihasilkan oleh motor ketika berputar setiap satuan kecepatan (Volt.det/rad). Magnitud dan polaritas  $K_b$  adalah fungsi dari kecepatan *angular*,  $\omega$  dan arah putar poros motor. Persamaan diatas dikenal sebagai persamaan DC motor secara umum. Dalam domain waktu dapat dituliskan :

$$V_a = L \frac{di_a(t)}{dt} + Ri_a(t) + V_b, \text{ dengan } V_b = K_b \Theta (t) \quad \dots\dots (2.6)$$

Sesuai dengan hukum Kirchoff,  $V = I \cdot R$  atau  $I = V / R$  dan dengan menggunakan transformasi laplace, persamaan arus motor dalam gambar diatas.

$$I_a = L \frac{V_a(s) - sK_b\Theta(s)}{R + sL} \quad \dots\dots (2.7)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan diatas kedalam persamaan umum torsi output motor terhasil  $r(t) = K_m I_a(t)$ , dengan  $K_m$  adalah konstanta proporsional torsi motor.

Dengan mengabaikan  $L_a$ , persamaan tegangan pada rangkaian jangkar (*armatur*) dituliskan :

$$E_a = i_a R_a + e_b$$

Berdasarkan sistim dasar motor DC magnet permanen diatas dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$E_b = C n \Phi$$

Dimana C adalah konstanta ,  $\Phi$  adalah *fluks* magnet dan n adalah kecepatan putaran (Rpm).

Fungsi transfer motor DC seperti yang diterangkan diatas adalah penting untuk menyatakan model matematik motor secara menyeluruh. Namun sayangnya dalam aplikasi jarang diperoleh data-data secara lengkap. Produsen motor biasanya hanya memberikan informasi ddalam bentuk grafik antara torsi dengan arus motor, torsi dengan tegangan, torsi dengan kecepatan (rpm) dan beberapa informasi yang lebih bersifat *visual* daripada data-data yang konkrit seperti yang dideskripsikan diatas. Sehingga hampir tidak mungkin melakukan pemodelan motor secara ideal dalam desain sistim kontrol. Kecuali motor yang digunakan adalah hasil desain motor sendiri. Akibatnya, pada kebanyakan proses perancangan banyak dilakukan asumsi-asumsi yang bersifat menyederhanakan model matematika. Parameter yang tidak diketahui biasanya dikompensasikan atau diselesaikan melalui rekayasa sistim kontrolnya.

Metode *Pulsa with modulation* atau PWM dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor dan untuk menghindarkan rangkaian

mengkonsumsi daya berlebih. PWM dapat mengatur kecepatan motor karena tegangan yang diberikan dalam selang waktu tertentu saja. PWM ini dapat dibangkitkan melalui *software*. Lebar pulsa PWM dinyatakan dalam Duty Cycle. Misalnya duty cycle 10 %, berarti lebar pulsa adalah 1/10 bagian dari satu perioda penuh (E. Pitowarno, 2006).

Berikut adalah rumusan frekuensi sinyal keluaran pin *output compare* OC1A/OC1B dengan menggunakan timer/counter1 (A.Bejo, 2008):

1. Mode Phase Correct PWM

$$f_{OC1A\_PCP} = \frac{f_{OSC}}{2 * N * (1+TOP)} \dots\dots(2.11)$$

$$f_{OC1B\_PCP} = \frac{f_{OSC}}{2 * N * (1+TOP)} \dots\dots(2.12)$$

$$D = \frac{OCR1x}{TOP} * 100 \% \dots\dots(2.13)$$

$f_{OC1A\_FastPWM}$  = frekuensi output OC1A mode PCP

$f_{OC1B\_FastPWM}$  = frekuensi output OC1A mode PCP

$f_{OSC}$  = frekuensi kristal/ osilator

D = *duty cycle*

N = skala clock (Tabel 2.1)

TOP = nilai maksimum counter (TCNT1)

2. Mode CTC

$$f_{OC1A\_CTC} = \frac{f_{OSC}}{2 * N * (1 + OCR1A)} \dots\dots(2.14)$$

$$f_{OC1B\_CTC} = \frac{f_{OSC}}{2 * N * (1 + OCR1B)} \quad \dots\dots(2.15)$$

$f_{OC1A\_CTC}$  = frekuensi output OC1A mode CTC

$f_{OC1B\_CTC}$  = frekuensi output OC1B mode CTC

$f_{OSC}$  = frekuensi Kristal/ osilator

$N$  = skala clock (Tabel 2.1)

$OCR1A$  = isi register OCR1A

$OCR1B$  = isi register OCR1B

### 3. Mode Fast PWM

$$f_{OC1A\_FastPWM} = \frac{f_{OSC}}{N * (1 + TOP)} \quad \dots\dots(2.16)$$

$$f_{OC1B\_FastPWM} = \frac{f_{OSC}}{N * (1 + TOP)} \quad \dots\dots(2.17)$$

$f_{OC1A\_FastPWM}$  = frekuensi output OC1A mode fast PWM

$f_{OC1B\_FastPWM}$  = frekuensi output OC1B mode fast PWM

$N$  = skala clock (Tabel 2.1)

$D$  = duty cycle

$TOP$  = nilai maksimum counter (TCNT1)

Table 2.4 Skala clock timer/ counter1

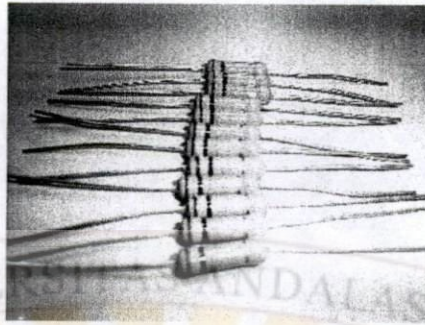
CS12	CS11	CS10	Deskripsi
0	0	0	Tidak ada <i>clock, timer/counter</i> berhenti.
0	0	1	Skala clock = 1, (clock timer = clock osilator)
0	1	0	Skala clock = 8, (clock timer = 1/8 clock osilator)
0	1	1	Skala clock = 64, (clock timer = 1/64 clock osilator)
1	0	0	Skala clock = 256, (clock timer = 1/256 clock osilator)
1	0	1	Skala clock = 1024, (clock timer = 1/1024 clock osilator)
1	1	0	Sumber clock eksternal pada pin T0, clock pada transisi turun.
1	1	1	Sumber clock eksternal pada pin T0, Clock pada transisi naik.

Sumber : Data sheet ATmega8535

### 2.3 Resistor

Hampir semua rangkaian elektronika pada umumnya menggunakan komponen yang disebut resistor atau tahanan listrik. Dalam prakteknya, ada juga yang menyebut *Werstand*. Resistor dalam gambar skema dinyatakan dalam huruf R. Fungsi dari resistor dalam suatu rangkaian adalah:

- Untuk menghambat arus listrik.
- Mengatur besarnya arus yang mengalir.
- Membagi arus listrik dalam suatu rangkaian.



Gambar 2.4 Resistor

Untuk menentukan resistansi sebuah kapasitor, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$R = V / I$$

R = Resistansi (Ohm)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Seluruh resistor memiliki tingkat daya. Karena resistor dialiri listrik, terjadi disipasi daya berupa panas sebesar:

$$P = I^2 \cdot R, \text{ atau}$$

$$P = V^2 / R \text{ (dalam watt)}$$

Ukuran fisik resistor menunjukkan besarnya tingkat daya disipasi yang dapat diberikan pada resistor tersebut. Makin besar resistor, makin besar daya maksimum yang dapat diberikan pada resistor. Umumnya dipasar tersedia resistor dengan daya disipasi 0,125 watt, 0,25 watt, 0,5 watt, 1 watt, 5 watt, 10 watt, dan 20 watt. Resistor dengan daya disipasi 5 watt, 10 watt, dan 20 watt umumnya berbentuk kubik memanjang

berwarna putih. Ada juga yang berbentuk silinder. Nilai resistor berukuran jumbo ini biasanya dicetak langsung di badan resistor. Contohnya: 500 ohm 5 watt. Jadi, kita tidak perlu menerjemahkan kode warna (Widodo, B, 2004).

#### 2.4 Kapasitor

Dalam bidang elektronika, kapasitor disebut juga kondensator, sama juga halnya dengan resistor. Kapasitor termasuk komponen pasif. Fungsi kapasitor adalah untuk menyimpan arus listrik untuk sementara waktu.

Ada berbagai jenis kapasitor yang dijual dipasaran seperti kapasitor yang memiliki polaritas yaitu polaritas positif (+) dan polaritas negatif (-) sebagai mana gambar dibawah ini.



Gambar 2.5 Bentuk fisik kapasitor

Tanda tersebut menyatakan polaritas yang harus dihubungkan dengan sumber daya yang pemasangannya tidak boleh terbalik. Kapasitor

tersebut dinyatakan sebagai kapasitor elektrolit. Dalam bidang elektronika, satuan kapasitor ditulis dengan farad. (Rusmadi, Dedi: 2007).

Dari definisi di atas dapat dirumuskan berikut:

$$C=Q/ V$$

Dengan:

C= kapasitas kapasitor (Farad)

Q= muatan yang tersimpan (coulomb)

V= beda potensial (volt)

Pada kapasitor apabila di pasang pada rangkaian listrik, pasti mendapatkan muatan berbeda. Satu positif lainnya negatif. Apabila kedua plat diberikan muatan  $q+$  dan  $q-$ , beda potensial  $v$ , luas permukaan  $A$ , dan jarak antara plat adalah  $d$ , maka kapasitasnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$E=q/A\epsilon_0$  dengan memasukkan rumus  $E=v/d$  dan diperoleh

$$C= \epsilon_0 A/d$$

Dengan:

C= kapasitas kapasitor (Farad)

q= muatan yang tersimpan (coulomb)

v= beda potensial (volt)

$\epsilon_0$ = permitivitas ruang hampa ( $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-2} \text{ m}^{-2}$ )

d= luas plat ( $\text{m}^2$ )

## 2.5 Rangkaian Penguat

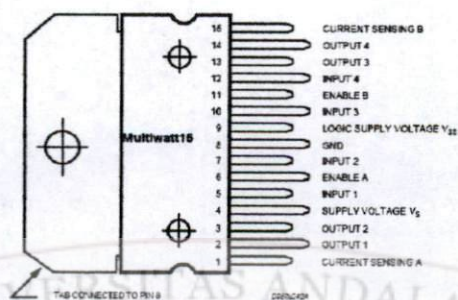
*Output* mikrokontroler yang hanya beberapa volt saja tidak cukup kuat untuk mengontrol motor dc, karena itu perlu untuk dikuatkan. Penguatan *output* mikrokontroler dapat dilakukan menggunakan rangkaian penguat. Rangkaian penguat ini dapat dibuat menggunakan transistor atau IC yang sudah terintegrasi rangkaian penguat.

Pada alat ini, penulis menggunakan IC L298 yang telah memiliki dua buah rangkaian penguat untuk digunakan menguatkan *output* mikrokontroler dengan pertimbangan agar rangkaian lebih sederhana dan lebih mudah diperbaiki ketika terjadi kerusakan. Dalam hal instalasi, rangkaian penguat berbasis IC L298 ini tidak sulit digunakan, cukup dihubungkan ke mikrokontroler dan diberi tegangan minimal sebesar 7 volt dengan arus minimal 2 ampere rangkaian penguat berbasis L 298 sudah dapat digunakan. Selain itu *supply* IC L 298 dapat diberi tegangan sampai 50 Volt (Data Sheet L298).



© solarbotics Ltd. WWW.SOLARBOTICS.COM

Gambar 2.6 Bentuk fisik IC L298 ([www.solarbotic.com](http://www.solarbotic.com))

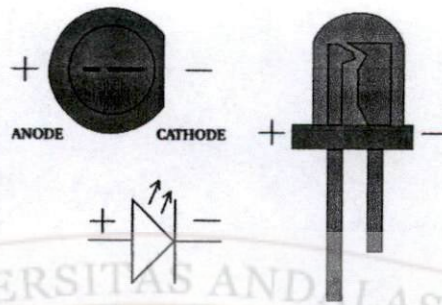


Gambar 2.7 Konfigurasi pin IC L298(www.solarbotic.com)

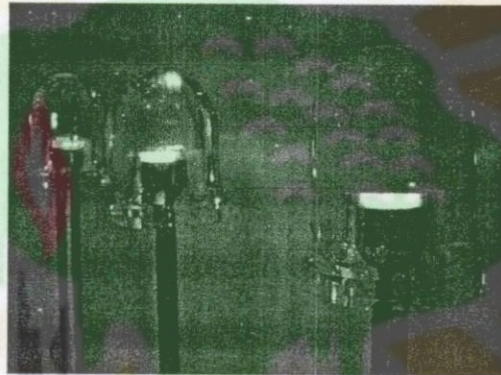
Untuk menjalankan motor, kirimkan logika dari mikrokontroler ke rangkaian penguat dengan ketentuan sebagai berikut ; pin *enable* A dan *enable* B pada IC L298 harus diberi logika 1. Current sensing A dan current sensing B dihubungkan ke *ground*. Input 1 dan input 2 masing-masing berlogika 1 dan 0, output 1 dan *output* 2 dihubungkan ke motor.

## 2.6 Led bright dan photo dioda

Led super bright dan photo dioda dapat digunakan sebagai sensor halangan. Photo dioda bekerja jika mendapat cahaya. Prinsip kerjanya yaitu led bright memancarkan cahaya ke photo dioda sehingga photo dioda menjadi aktif. Bentuk fisik dan dimensi led super bright dengan photo dioda pada umumnya sama, yang membedakannya, led super bright dapat memancarkan cahaya, sedangkan photo dioda tidak dapat menghasilkan bercahaya.



Gambar 2.8 Konfigurasi pin led bright



Gambar 2.9 Bentuk fisik led bright

Cahaya dari led super *bright* ini diterima oleh photo dioda dengan logika adalah *high*. Jika mendeteksi adanya halangan, maka photo dioda akan berlogika *low* dan jika tidak ada halangan maka photo dioda akan berlogika *high*. Logika *high* dan *low* inilah yang dibaca oleh mikrokontroler untuk mengambil keputusan. Disamping itu digunakan rangkaian op-amp IC LM 324 sebagai penguat keluaran photo dioda. Salah satu bentuk perkembangan teknologi saat ini adalah sistim sensor yang digunakan yaitu sensor infra merah atau *infrared*.

Untuk mencegah LED bright dari kerusakan , maka kita perlu memperhatikan penggunaan resistor. Dengan menggunakan resistor yang

tepat dapat memaksimalkan kerja LED bright ini. Untuk perhitungan pemasangan resistor dapat mengikuti persamaan berikut ini :

$$R = V / I$$

Nilai tegangan (V) adalah tegangan sumber (Vs) dikurangi nilai tegangan LED bright (VL) (nilai tegangan LED bright diasumsikan 2,2 Volt). Arus yang boleh melewati LED kira-kira 20 mA (0,02 A). Jika tegangan sumber sebesar 12 volt, besar tegangan VL nya adalah 12 volt – 2,2 volt = 9,8 volt.

$$R = 9,8 / 0,02 = 490 \text{ ohm}$$

Setiap perangkat yang dialiri listrik menimbulkan panas . Untuk pemasangan resistor , sebaiknya memilih resistor dengan tahanan diatas 490 ohm untuk menghindari panas dan menghindari resistor dari kerusakan akibat terlalu panas.

Seluruh resistor memiliki tingkatan daya, karena resistor dialiri listrik, terjadi disipasi daya berupa panas sebesar :

$$P = I^2 \cdot R \text{ atau}$$

$$P = V^2 / R \text{ (dalam watt)}$$


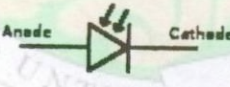
Ukuran fisik resistor menunjukkan besarnya tingkat daya disipasi yang dapat diberikan pada resistor tersebut. Makin besar resistor , makin besar daya maksimum yang dapat diberikan pada resistor. Umumnya dipasaran resistor dengan daya disipasi 0,125 watt, 0,25 watt, 0,5 watt , 1 watt, 5 watt, 10 watt, dan 20 watt. Resistor dengan daya disipasi 5 watt, 10

watt dan 20 watt, umumnya berbentuk kubik memanjang berwarna putih. Ada juga yang berbentuk silinder. Nilai resistansi resistor berukuran jumbo ini biasanya dicetak langsung di badan resistor. Contohnya : 500 ohm, 5 watt, jadi kita tidak perlu menterjemahkan kode warna ( Widodo, B, 2004).

Infrared memiliki sifat-sifat cahaya :

- a. Tidak tampak dari pandangan manusia.
- b. Tidak dapat menembus materi yang tak tembus pandang.
- c. Dapat ditimbulkan oleh komponen yang menghasilkan panas.

Tabel 2.5. Komponen-komponen elektronik sensor cahaya

Simbol	Nama komponen	Fungsi
	<i>LED bright</i>	Memancarkan cahaya ke photo dioda
	Photo dioda	Mendeteksi adanya halangan

Berbeda dengan LED biasa, LED *infrared* pada penggunaannya dapat diaktifkan dengan menggunakan :

- a. Tegangan DC
- b. Untuk transmisi / sensor jarak dekat

- c. Tegangan AC (30-40 KHz)
- d. Untuk transmisi / sensor jarak jauh

Proses transmisi kode :

**1. UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)**

Komunikasi terjadi antara dua mikrokontroler / IC – IC yang mempunyai kemampuan UART dengan band rate dan bentuk komunikasi data yang sama.

**2. Kode remote kontrol yang ada dipasaran**

Sistim pengkodean setiap remote kontrol mempunyai bentuk yang tidak sama antara perusahaan yang satu dengan yang lain. Untuk mempelajari sistem pengkodean dari remote kontrol yang ada dipasaran maka :

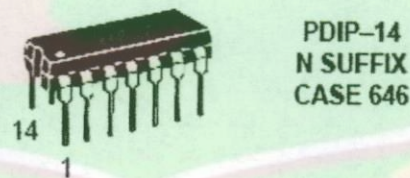
Mencari data-data sistem pengkodean remote kontrol tersebut.

Merancang alat perekam data-data tersebut untuk dipancar ulang (*Universal remote control*) atau dipelajari.

Sebaliknya pada saat sinar infra merah yang dipancarkan LED infra merah terhalang menuju photo dioda, tidak mendapat bias tegangan dari cahaya tersebut, akibatnya tegangan pada photo dioda menjadi 0 volt. Dengan demikian output rangkaian berlogika 0 karena sisa tegangan sebesar 0,1 volt.

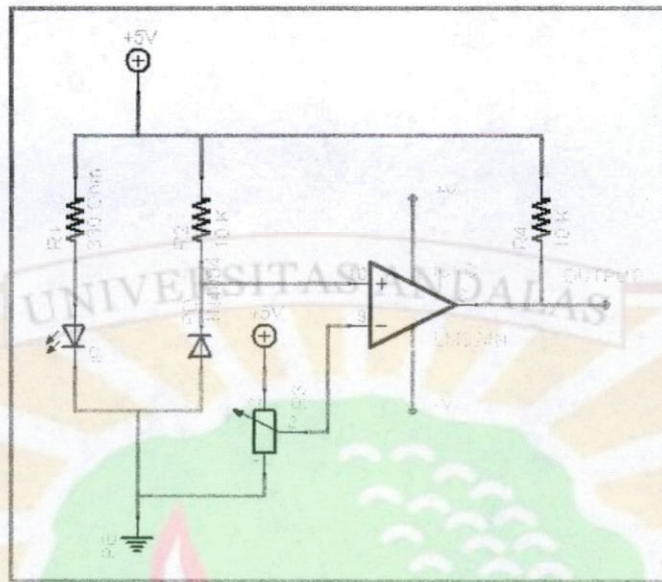
## 2.7 Rangkaian sensor dan komparator

Rangkaian komparator berfungsi untuk membandingkan *input* yang diterima dari sensor dengan tegangan *referensi*. Jika *input* dari sensor lebih besar dari input tegangan *referensi*, maka *output* akan berlogika *high*. Sebaliknya, jika tegangan *referensi* lebih besar dari *input* sensor, maka *output* akan berlogika *low*. Komparator *konvensional* umumnya dapat menggunakan IC LM 324 atau LM 339 yang merupakan sebuah penguat operasional (*op-amp*) (W. Budiharto, 2004). Perbedaan *input* positif dan *input* negatif menyebabkan keluaran pada pin *output*. Perbedaan ini diatur menggunakan potensiometer dimana penerapan pada alat dipasang sensor *Led super bright* dan *Photo diode*.



Gambar 2.10 IC LM 324 ([www.national.com](http://www.national.com))

Sensor *analog* dalam aplikasi selalu berhadapan dengan berbagai macam gangguan. Selain itu sensor memiliki impedansi dan jangkauan tegangan *output* yang tidak selalu kompatibel dengan perangkat data yang digunakan. Sensor garis yang *output*-nya *analog* perlu dikuatkan agar jangkauannya maksimal. Untuk itu diperlukan perlakuan penyalarsan sinyal antara sensor dengan mikrokontroler (H. Andrianto, 2008).



Gambar 2.11. Rangkaian sensor garis menggunakan IC LM 324  
(National Cemiconduktor Corporation)

Op-amp sifatnya bekerja secara *linier*. Oleh karena itu, op-amp menyesuaikan keluaran arus sehingga perbedaan tegangan diantara 2 *input* mendekati 0.

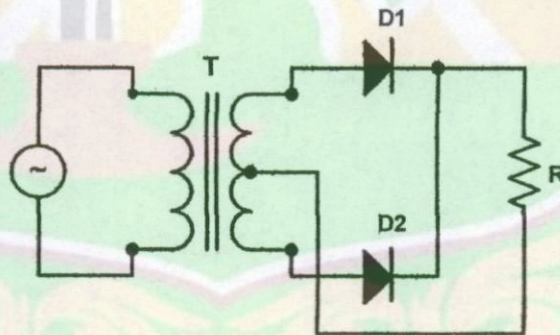
**-V = +V**

Salah satu contoh penguat operational yang populer adalah IC LM324. IC yang banyak dipakai, berbentuk chip IC 14 kaki dalam kemasan *dual inline package* (DIP). Didalam IC tersebut terdapat beberapa puluh transistor yang membentuk konfigurasi penguat.(Budiharto, Widodo, 2004).

**2.8 Catu Daya akan menghantar hanya jika diberi tegangan bias maju.**

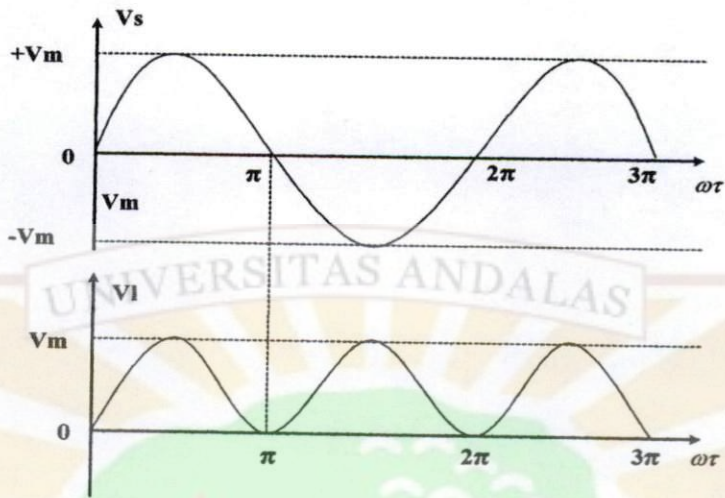
Ada beberapa macam rangkaian penyearah, yang mana masing-masing jenis rangkaian memberikan hasil yang berbeda-beda terhadap tegangan searah (DC) yang dihasilkan, salah satunya penyearah gelombang penuh tap tengah (*Center Tap*)

Penyearah ini menggunakan transformator yang mempunyai cabang tengah (*center tap*), sehingga jumlah lilitan diatas dan dibawah adalah sama banyak dan jumlah dioda yang digunakan adalah sebanyak 2 buah. Adapun bentuk rangkaian penyearah ini adalah :



Gambar 2.15. Penyearah Dengan tap tengah (Rangkaian elektronika dasar, 2001)

Bentuk gelombang dari rangkaian penyearah dengan tap tengah adalah sebagai berikut :



Gambar 2.16 Gelombang sinus penyearah dengan tap tengah (Rangkaian elektronika dasar, 2001)

Rangkaian penyearah dengan tap tengah menggunakan dua buah dioda untuk Mendapatkan penyearah gelombang penuh. Selama setengah siklus positif dari tegangan sekunder. Dioda D1 mendapatkan pra tegangan maju, sedangkan dioda D2 mendapatkan pra tegangan balik. Sedangkan pada setengah siklus negatif pada dioda D1 menjadi *reverse* dan dioda D2 menjadi *forward*.

Sedangkan besar tegangan dan arus DC rata-rata dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} \quad \text{..... (2.18)}$$

$$I_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{V_{dc}}{R} \quad \text{..... (2.19)}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad \text{..... (2.20)}$$

$$I_{rms} = I_m / \sqrt{2} = V_{rms} / R \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

$V_{dc}$  : Tegangan DC (volt)

$V_{rms}$  : Tegangan efektif (volt)

$I_m$  : Arus maks (ampere)

$V_m$  : Tegangan maks (volt)

### 2.9. Filter

Untuk menghasilkan tegangan DC yang tetap dapat dipasang berupa kapasitor yang berfungsi untuk menyaring tegangan *ripple* (tegangan DC yang masih berubah-ubah). Untuk mengetahui besarnya *ripple* faktor gelombang outputnya adalah :

$$V_{rip} = I_{dc} / f \cdot C \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

$V_{rip}$  : Tegangan ripple (volt)

$I_{dc}$  : Arus searah (ampere)

$f$  : Frekwensi (Hz)

$C$  : Kapasitansi (mF)

## 2.10. Relay

Relay adalah suatu rangkaian saklar magnetik yang bekerja bila mendapatkan catu daya dari suatu rangkaian trigger. Relay memiliki tegangan arus nominal yang harus dipenuhi output rangkaian penemudinya.

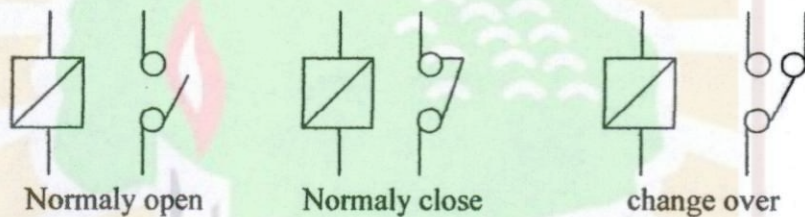
Konstruksi dari suatu relay terdiri dari dua buah lilitan kawat (koil) yang dililitkan pada inti besi lunak. Jika lilitan kawat mendapatkan aliran arus listrik, maka inti besi lunak menghasilkan medan magnet dan menarik saklar kontak. Saklar kontak mengalami gaya tarik magnet sehingga berpindah posisi ke kutub lain terlepas dari kutub awalnya. Keadaan ini akan bertahan selama arus mengalir pada kumparan relay. Relay akan kembali pada posisi semula yaitu *normali open* atau *normali close*, bila tidak ada lagi arus yang mengalir padanya.

Jenis relay yang digunakan pada rangkaian haruslah disesuaikan dengan tegangan yang digunakan dalam rangkaian. Jika rangkaian menggunakan tegangan sebesar 12 volt maka relay yang digunakan haruslah bernilai sama, yaitu sebesar 12 volt. Jika digunakan relay yang nilainya melebihi dengan tegangan yang digunakan maka relay yang dipakai akan hangus sehingga rangkaian tidak dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan.

Besarnya gaya magnet yang ditetapkan oleh medan yang ada pada celah udara pada jangkar dan inti magnet, dan banyaknya lilitan kumparan

kuat arus yang mengalir atau disebut dengan imperial lilitan pelawan magnet yang berada pada sirkuit pemagnet. Untuk memperbesar kuat medan magnet magnet dibentuk suatu sirkuit. Pemagnet ditutup oleh inti besi, letak jangkar semakin dekat dengan inti besi.

Berikut ini memperlihatkan beberapa bentuk kontak dari sebuah relay :



Gambar 2.17. Kontak relay (Rangkaian elektronika dasar, 2001)

Seperti yang ditunjukkan pada gambar diatas bahwa kontak-kontak atau kutub-kutub dari relay umumnya memiliki tiga dasar pemakaian yaitu :

1. Bila kumparan dialiri arus listrik maka kontaknya akan menutup dan disebut sebagai kontak normal open (NO).
2. Bila kumparan dialiri arus listrik maka kontaknya akan membuka dan disebut sebagai kontak *normaly close* (NC)
3. Tukar sambung change over / CO, relay jenis ini memiliki kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi ini dan membuat kontak dengan yang lain bila relay dialiri arus listrik.

## BAB III

### PEMBUATAN PINTU OTOMATIS

Pembuatan pintu otomatis meliputi konstruksi keseluruhan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak sebagai satu kesatuan sistem.

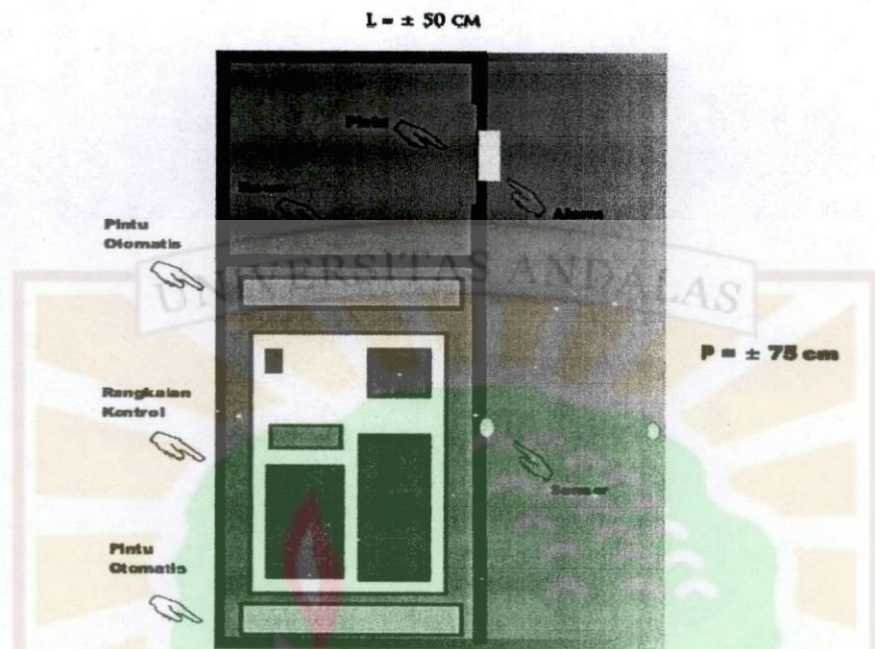
#### 3.1 Perancangan dan pembuatan perangkat keras.

Perancangan dan pembuatan perangkat keras mencakup perancangan konstruksi mekanik dan bagian elektronik dari pintu pengaman serta langkah-langkah pembuatannya.

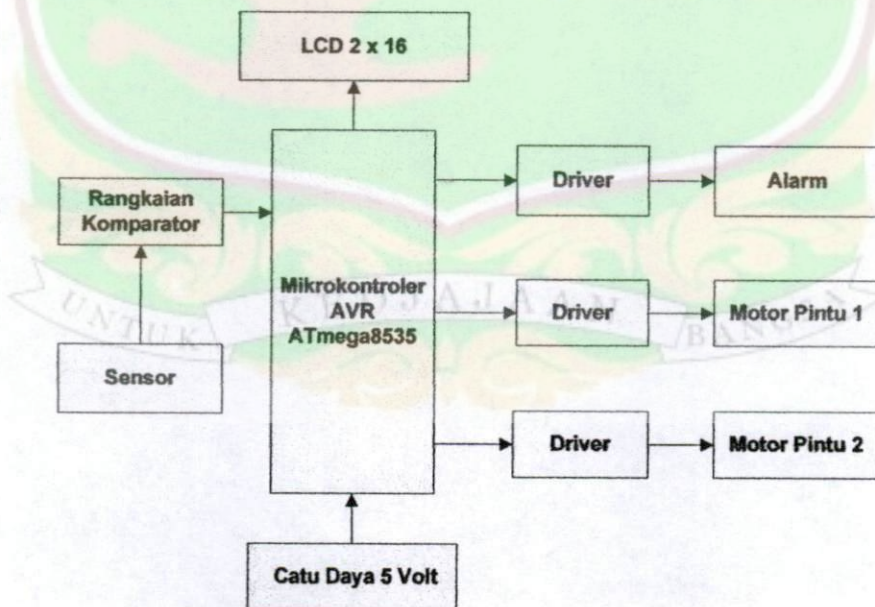
##### 3.1.1 Perancangan konstruksi pintu otomatis pengaman ruangan

Perancangan dan pembuatan perangkat keras melingkupi perancangan konstruksi mekanik dan pembuatan rangkaian elektronik dari pintu otomatis pengaman serta langkah-langkah pembuatannya.

Sebelum pada tahapan pembuatan alat, penulis merasa perlu mendesain bentuk jadi miniatur pintu otomatis pengaman sebagai mana gambar perancangan alat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Rancangan Alat

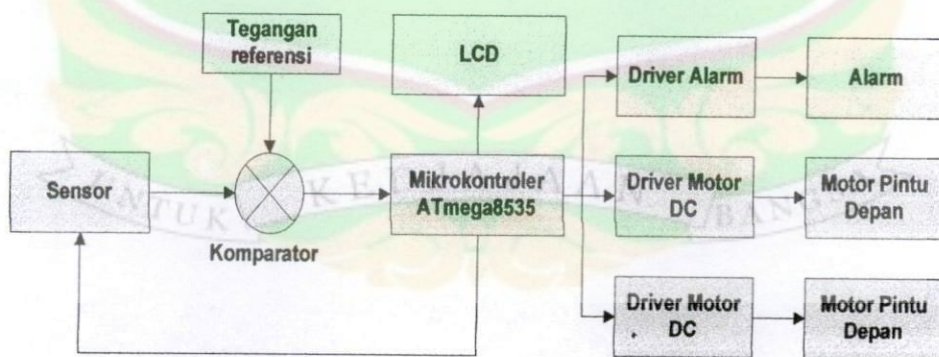


Gambar 3.2 Instalasi Rangkaian Elektronik

Sensor dihubungkan ke rangkaian komparator, pada komparator data yang diberikan oleh sensor *LED bright* dan photo dioda dibandingkan sehingga tegangan keluaran komparator cukup besar, kemudian dihubungkan ke mikrokontroler untuk diproses. Setelah diproses, logika pemrograman dikeluarkan melalui port D dan dikuatkan menggunakan rangkaian *driver* sebelum di hubungkan ke motor dc untuk menggerakkan pintu otomatis.

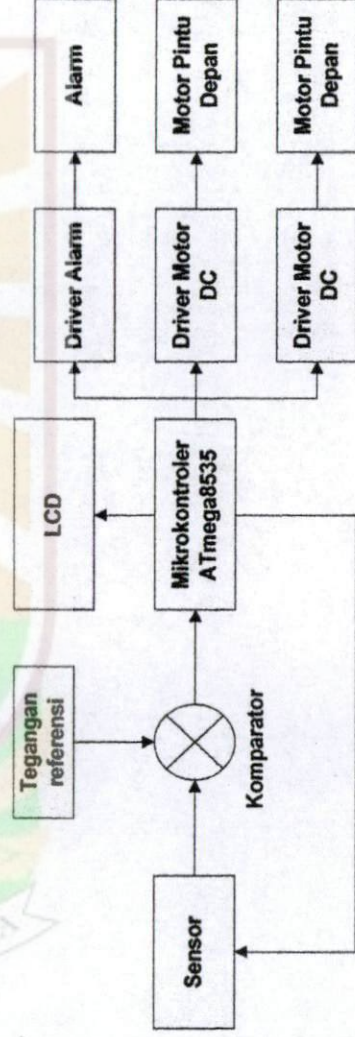
Tabel 3.1 Daftar komponen mekanik

No.	Nama Komponen	Seri	Banyak
1	CD Rom	52 X	2 buah
2	Siku Fiber	110 cm	20 buah
3	Fiber	2 mm	1 kayu
4	Profil	L	3 meter
5	Karpet	tebal 3 mm	1 meter
6	Lem Fiber	Transparan	2 botol



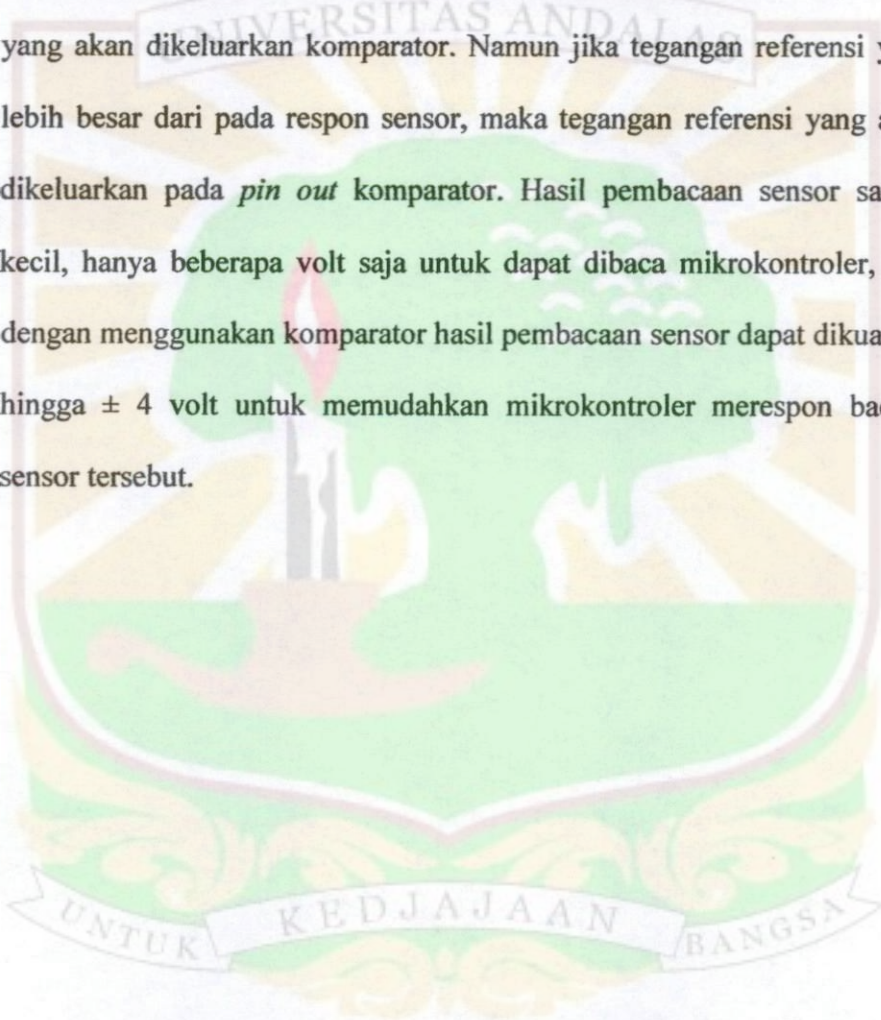
Gambar 3.3 Diagram Blok Pintu Otomatis

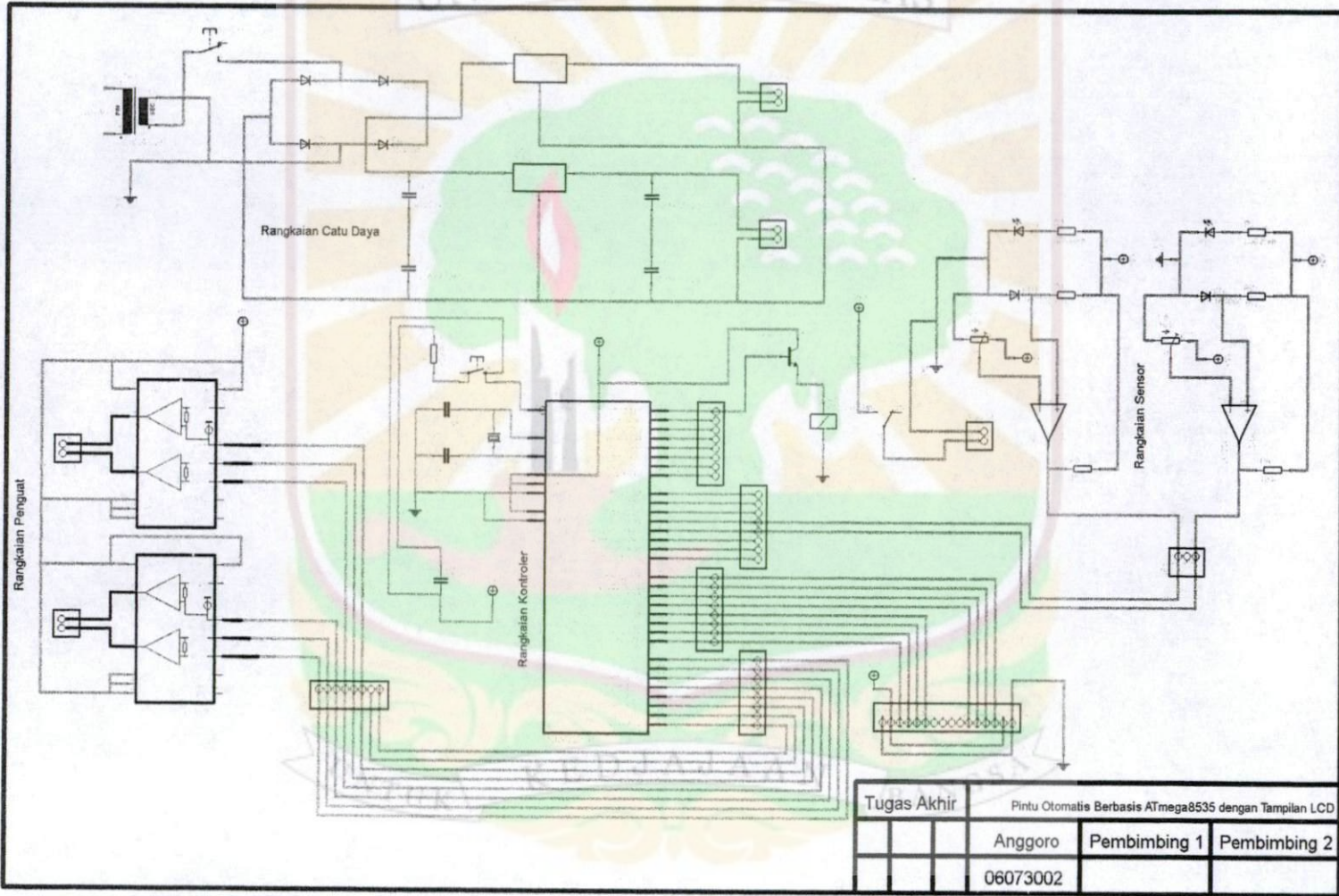
12.	Resistor	560 ohm	1 buah
13.	Resistor	10 Kohm	2 buah
14.	Trofo CT	1 Ampere	1 buah
15.	Dioda	1/2 watt	7 buah
16.	Swict omron	4 kaki	1 buah
17.	Kapasitor	47 uF/ 16 Volt	1 buah
18.	Kapasitor	220 uF/25 Volt	3 buah
19.	Kapasitor	2200 uF/50 Volt	1 buah
20.	kapasitor	3700 uF/50 Volt	1 buah
21.	Kapasitor	4700 uF/50 Volt	1 buah
22.	Kapasitor	33 pF	2 buah
22.	PCB	Polos	2 buah
23.	PCB	Matrix	1 buah
24.	Regulator	AN7805	2 buah
25.	Komparator	LM324	1 buah
26.	Soket	14 pin	1 buah
27.	Kabel Jumper	Pelangi	2 Meter
28.	Spicer	Kecil	13 buah
29.	spicer	Besar	4 buah
30.	Alarm	Kecil	1 buah
31.	H-Brihge	L 298	1 buah
32.	Kristal	4.00 MHz	1 buah
33.	LCD	2 x 16	1 buah
34.	Regulator	AN7808	1 buah



Gambar 3.3 Diagram Blok Pintu Otomatis

Tegangan referensi sebesar 5 volt dapat diubah menggunakan trimpot 10 KOhm. Tegangan referensi diperlukan untuk membandingkan antara tegangan yang dikeluarkan oleh sensor dengan tegangan referensi. Jika tegangan sensor lebih besar dari pada tegangan referensi, maka sensor yang akan dikeluarkan komparator. Namun jika tegangan referensi yang lebih besar dari pada respon sensor, maka tegangan referensi yang akan dikeluarkan pada *pin out* komparator. Hasil pembacaan sensor sangat kecil, hanya beberapa volt saja untuk dapat dibaca mikrokontroler, jadi dengan menggunakan komparator hasil pembacaan sensor dapat dikuatkan hingga  $\pm 4$  volt untuk memudahkan mikrokontroler merespon bacaan sensor tersebut.





Gambar 3.4 Rangkaian Keseluruhan

## Keterangan

1. Mikrokontroler ATmega8535 berfungsi sebagai kontroler pintu otomatis pengaman ruangan. Mikrokontroler diprogram sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan sistem. Bahasa yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler adalah bahasa C.
2. Sensor merupakan perpaduan antara Led super break dengan photo dioda. Sensor ini dihubungkan ke komparator menggunakan op-amp LM 324. Tujuannya agar hasil pembacaan sensor mudah dibaca, respon yang dikeluarkan sensor yang hanya beberapa mili volt saja sulit untuk diprogram dari mikrokontroler, karena itu perlu untuk dikuatkan agar bacaan sensor tersebut lebih mudah direspon mikrokontroler. Keluaran dari sensor dapat dimaksimalkan menggunakan rangkaian komparator ini.
3. Untuk menggerakkan motor DC, diperlukan rangkaian penguat. Rangkaian driver sebagai rangkaian penguat yang penulis gunakan menggunakan IC L 298. L 298 sudah mencukupi sebagai driver disamping mudah digunakan, juga cukup kuat untuk mengontrol motor dc sampai maksimal 50 volt.
4. Motor yang digunakan sebagai penggerak adalah motor dc yang biasa terdapat pada CD Rom. DC Rom ini dimodifikasi sedemikian

rupa menjadi sebuah pintu mini yang dapat dikontrol dari mikrokontroler AVR dan diposisikan pada miniatur alat.

5. Alat ini dilengkapi dengan LCD 2 x 16 sebagai tanda security ruangan. Jika sensor mendeteksi halangan, LCD akan menampilkan pesan pada monitor dan demikian pula sebaliknya jika tidak mendeteksi halangan.
6. Jika sensor membaca bahwa ada yang melintasi ruangan, dengan otomatis alarm akan berbunyi dan pintu menutup. Alarm dikendalikan dari mikrokontroler menggunakan relay sebagai penguat tegangan.
7. Tegangan yang diberikan ke mikrokontroler sebesar 5 volt dan ke rangkaian driver minimal 7 volt dengan arus sekurang-kurangnya 2000 mA. Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan seperti diatas, digunakan IC regulator sebagai penstabil tegangan.

Rangkaian elektronik dapat dibuat menggunakan beberapa jenis *software* komputer, seperti *protel 99*, *protel DXP*, *eagle* dan keluarganya, dan sebagainya. Penulis menggunakan *eagle* versi 5.0 untuk melakukan perancangan rangkaian PCB, baik untuk dicetak ke PCB maupun sebagai rangkaian skematik pada laporan alat.

### 3.1.2 Rangkaian sistem minimum ATmega8535

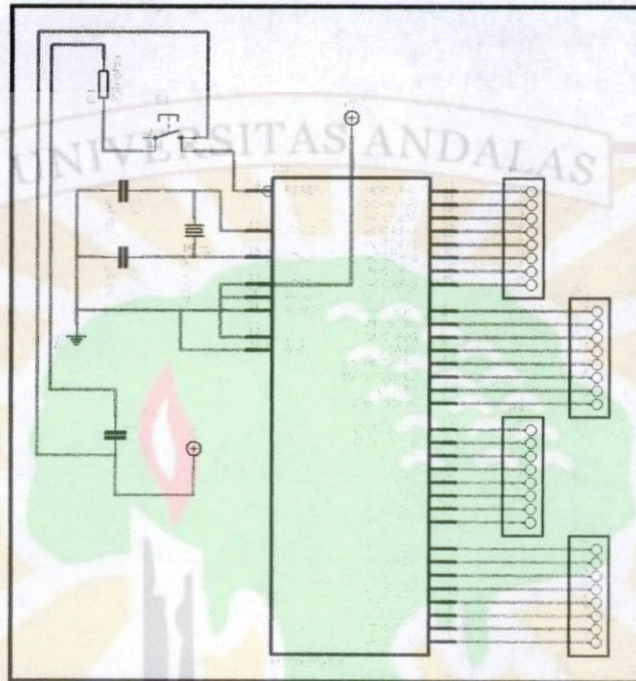
Mikrokontroler disebut sebagai *one chip solution* karena sudah dilengkapi dengan fitur utama komputer seperti CPU, RAM, EEPROM, I/O, Timer, Interrupt kontroler, dan sebagainya. Mikrokontroler dapat digunakan untuk pengontrolan seperti pengontrolan temperatur, penampil display LCD, pemroses sinyal digital, pengontrolan mesin-mesin industri dan sebagainya. Dengan mikrokontroler, dapat dibuat berbagai aplikasi elektronika seperti pintu pengaman otomatis yang sedang penulis kerjakan.

Chip mikrokontroler ini dapat diprogram menggunakan port paralel dan serial. Selain itu, dapat beroperasi hanya dengan 1 chip dan beberapa komponen dasar seperti Kristal, kapasitor, dan resistor.

Mikrokontroler ATmega8535 dipilih sebagai kontroler untuk mengontrol sistem karena sudah dilengkapi dengan ADC internal dengan lebar 10 bit dan memiliki kecepatan lebih tinggi dari pada mikrokontroler pendahulunya seperti MCS-51. Untuk dapat mengendalikan pintu pengaman, harus di isikan perangkat lunak (*software*) ke dalam *chip* mikrokontroler tersebut.

Mikrokontroler tidak dapat berdiri sendiri, harus dibuat rangkaian tambahan yang dapat dijadikan sebagai pendukung diantaranya berisikan *power supply*, pembangkit frekuensi, tombol reset, beberapa kapasitor,

konektor sebagai I/O dan beberapa komponen tambahan lainnya seperti rangkaian sistem minimum dibawah ini.



Gambar 3.5 Rangkaian Sistem Minimum ATmega8535

Untuk mengisi program ke mikrokontroler dapat digunakan teknik programmer menggunakan *software ponyprog2000* yang telah mendukung chip mikrokontroler AVR. Sebagai downloader dapat dibuat rangkaian programmer seperti gambar dibawah ini. Rangkaian ini dihubungkan ke PB.5, PB.6, PB.7, Reset, Gnd dan Vcc mikrokontroler. Untuk informasi lebih lengkap mengenai downloader ini, dapat mengunjungi situs [www.atmel.com](http://www.atmel.com).

### 3.1.3 Rangkaian Sensor dan Rangkaian Pembanding

Rangkaian sensor dan rangkaian pembanding dapat dibuat menggunakan Led bright dan Photo dioda sedangkan pembanding menggunakan IC LM 324.

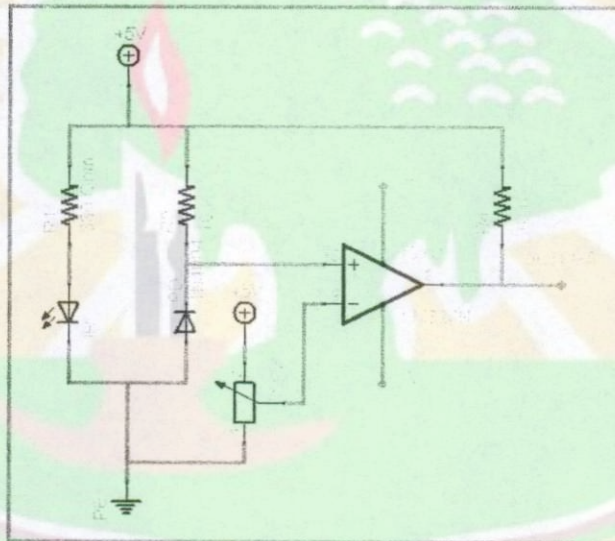
Tegangan yang dikeluarkan sensor sangat kecil, yaitu hanya beberapa milivolt saja, tegangan ini sangat sulit dibaca oleh mikrokontroler. Karena itu, tegangan ini dikuatkan menggunakan komparator/ pembanding sehingga tegangan yang dikeluarkan sensor yang hanya beberapa mili volt saja dapat dikuatkan menjadi 0 sampai 5 volt dc. Dengan tegangan yang telah dikuatkan ini, respon dari sensor dapat dengan mudah dibaca oleh mikrokontroler.

Pada prinsipnya, IC pembanding ini berguna untuk membandingkan antara *output* sensor dengan tegangan referensi. Jika *output* sensor lebih besar dari pada tegangan referensi, maka sensor yang akan dikuatkan dan tegangan hasil penguatan ini dikirimkan ke mikrokontroler. Jika tegangan referensi yang lebih besar dari pada *output* sensor, maka tegangan referensi yang akan dikuatkan untuk dikirimkan ke mikrokontroler. Untuk mengatur tegangan referensi ini, dapat menggunakan trimpot 10 KOhm.

Led break dan photo dioda dapat digunakan sebagai sensor karena photo dioda sangat sensitif terhadap rangsangan cahaya. Jika photo dioda mendapat cahaya, maka anoda dan katoda akan terhubung, jika photo

dioda tidak mendapatkan cahaya, maka anoda dan katodanya terputus sehingga tegangan tidak dapat mengalirkan tegangan diantara kutup ini.

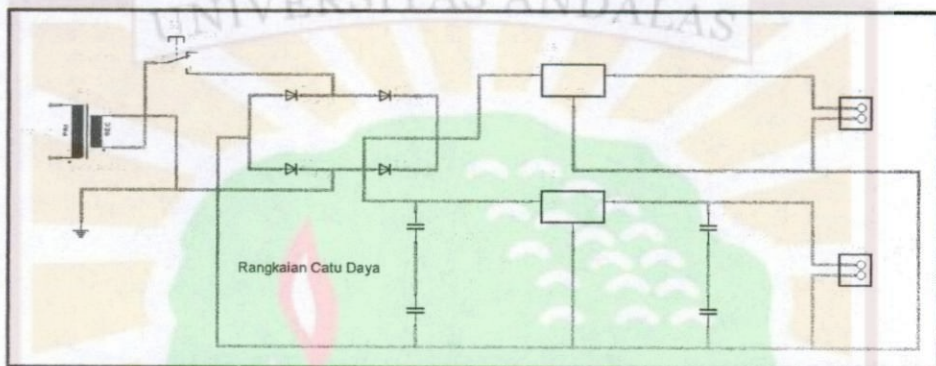
Sebagai pemicu rangsangan cahaya ini, digunakan led bright. led bright dipilih karena tegangan yang dibutuhkannya untuk mengeluarkan cahaya amat kecil sehingga menghemat energi dan intensitas cahayanya lebih tinggi dibandingkan cahaya tampak. Untuk lebih jelasnya tentang rangkaian sensor dan komparator, seperti gambar rangkaian dibawah ini.



Gambar 3.6 Rangkaian sensor dan pembanding

Led bright mengeluarkan cahaya sehingga kutup anoda dan katoda photo dioda menjadi terhubung yang menyebabkan arus mengalir diantara kutup ini. Jika ada sesuatu yang menghalangi cahaya dari Led bright, menyebabkan terputusnya arus pada kutup anoda ke katoda yang berakibat pembanding memberikan logika nol ke mikrokontroler. Namun jika tidak ada halangan, kutup anoda dan katoda pada photo dioda akan terus

mengalirkan tegangan yang berarti sensor memberikan logika 1 kemikrokontroler. Logika 1 atau 0 inilah yang dijadikan acuan oleh mikrokontroler untuk mengambil keputusan, membuka pintu atau menutupnya.



Gambar 3.7 Rangkaian catu daya

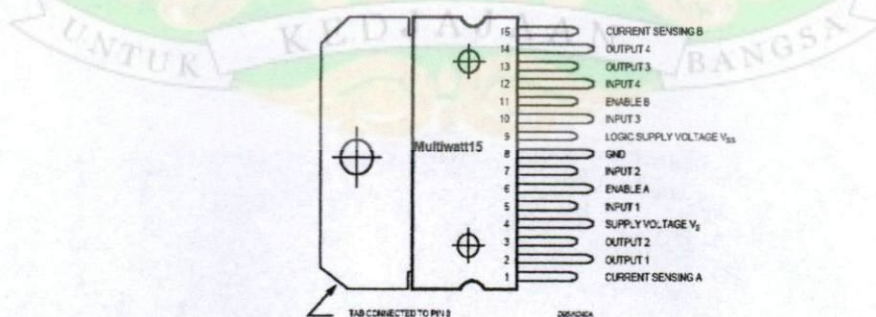
Untuk menggunakan komparator/pembanding ini diperlukan tegangan sumber sebesar  $\pm 5$  volt dc. Tegangan sebesar  $\pm 5$  volt dc ini dapat dengan menggunakan IC regulator 7805 yang telah disearahkan terlebih dahulu.

Pada umumnya, perangkat elektronika seperti IC menggunakan tegangan sebesar  $\pm 5$  volt dc walaupun ada IC yang dapat menampung tegangan *supply* lebih dari ini, tetapi dengan mempertimbangkan keamanan agar IC tidak jebol, penulis menggunakan tegangan  $\pm 5$  volt dc. Tegangan yang berlebih dapat menyebabkan kerusakan pada IC tersebut. Oleh karena itu, ada baiknya kita mengenal IC yang digunakan terlebih dahulu sebelum membuat suatu rangkaian.

### 3.1.4 Rangkaian Penguat

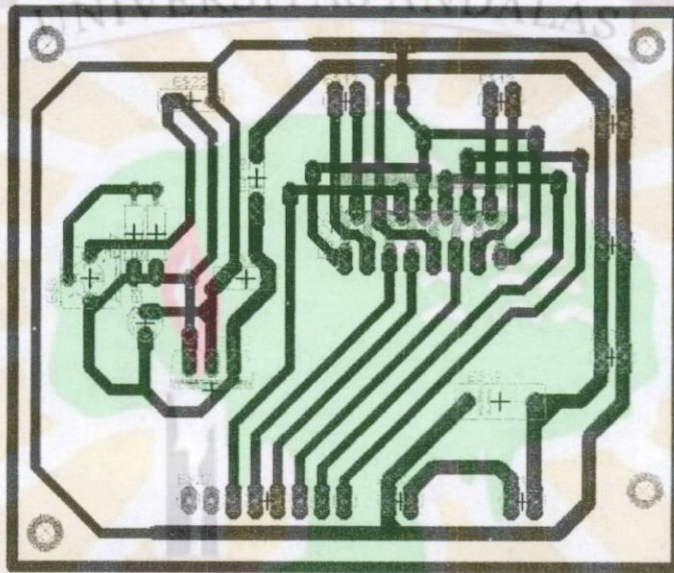
Rangkaian penguat digunakan untuk mengontrol motor dc yang terdapat pada pintu. Motor dc dengan tegangan  $\pm 12$  volt membutuhkan rangkaian tambahan agar dapat dikendalikan oleh mikrokontroler. Tegangan mikrokontroler yang hanya beberapa volt saja tidak mencukupi untuk mengendalikan motor dc  $\pm 12$  volt ini, karena itu harus dikuatkan terlebih dahulu menggunakan rangkaian penguat ini.

Rangkaian yang dapat digunakan sebagai penguat bermacam-macam, tergantung apa yang akan kita kendalikan. Bahannya juga bermacam-macam, dapat menggunakan transistor yang dikombinasikan dengan beberapa dioda, transistor dan relay atau menggunakan IC yang telah terintegrasi rangkaian penguat didalamnya. Penulis menggunakan IC H-Bright L 298 yang telah dilengkapi dua buah rangkaian penguat *internal* dengan mempertimbangkan kesederhanaan instalasi agar lebih mudah diperbaiki jika terjadi kerusakan.



Gambar 3.8 IC driver L298

IC L298 sangat sederhana tanpa mengurangi fungsi kerja alat, disamping itu, IC L298 ini mendukung sampai tegangan  $\pm 50$  volt dc. IC H-Bright ini dapat digunakan dengan baik mulai dari tegangan  $\pm 7$  volt dengan arus minimum 1700 mA.



Gambar 3.9 Rangkaian Driver L298 pada PCB

Pemberian nilai logika pada IC L298 ini dengan meng-*input*-kan data 0 dan 1 pada masing-masing *input*-nya dengan syarat tidak dibenarkan pemberian logika sama-sama 1 ke *input* IC driver, jika hal ini terjadi, dapat mengakibatkan kerusakan pada rangkaian *internal* IC tersebut.

### 3.1.5 Langkah Kerja Perangkat Keras

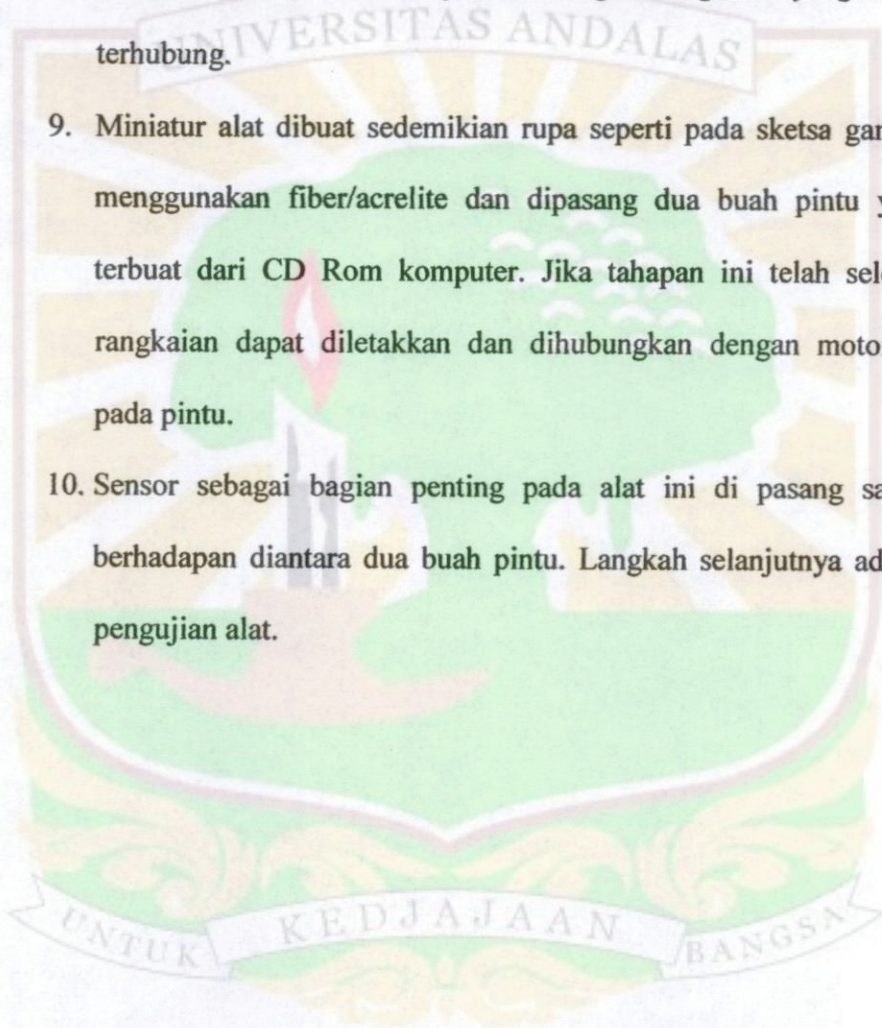
Langkah kerja pembuatan perangkat keras pintu otomatis dibagi menjadi beberapa tahap. Tahap-tahap pembuatannya adalah sebagai berikut:

1. Perancangan konstruksi alat diawali dengan membuat sketsa gambar alat secara garis besar agar memudahkan pengamatan sewaktu alat dibuat. Selain itu, langkah pembuatan sketsa ini diperlukan untuk memudahkan audience memahami rancangan alat. Dalam hal ini, penulis menggunakan *software* CorelDraw untuk merancang sketsa gambar.
2. Dengan menggunakan *software* eagle 5.0, pembuatan rangkaian dimungkinkan untuk dilakukan, baik digunakan untuk rangkaian cetak ke PCB ataupun dalam bentuk rangkaian skematik pada laporan. Jika dibandingkan pembuatan rangkaian menggunakan spidol atau lugos, pembuatan rangkaian menggunakan *software* komputer lebih mudah dilakukan dan jika terjadi kesalahan dapat dihapus sebelum mencetak rangkaian ke PCB. Untuk melakukan pencetakan ke rangkaian PCB, penulis menggunakan teknik sablon, yaitu salah satu teknik memindahkan rangkaian yang telah diprint dengan cara menyablon rangkaian ke papan PCB tersebut.
3. Rangkaian yang telah disablon, dilarut menggunakan larutan ferrit clorida agar tembaga pada rangkaian yang tidak dipakai hilang dari papan PCB. Rangkaian dilarut pada larutan ini lebih kurang 5 sampai 10 menit sampai tembaga yang tidak digunakan sebagai jalur rangkaian tidak ada lagi dan yang tinggal hanyalah jalur-jalur rangkaian.

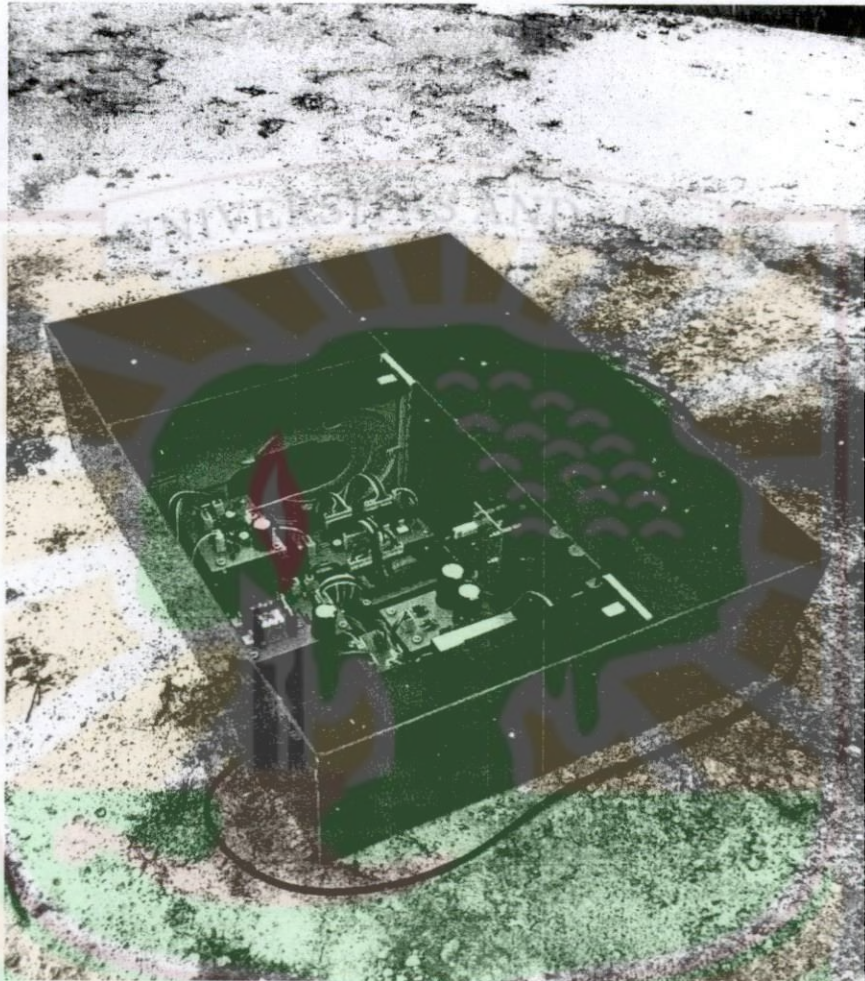
4. Rangkaian yang telah selesai dilarut, di cuci dengan air bersih kemudian dibor sebelum dipasang komponen. Bor yang digunakan berdiameter 0.8 mm untuk kaki komponen dan 1.0 mm untuk kaki komponen yang lebih besar.
5. Rangkaian diampelas agar bekas-bekas penyablonan bersih dari papanj PCB. Rangkaian yang bersih lebih mudah di solder dari pada rangkaian kotor yang masih meninggalkan noda-noda penyablonan.
6. Sebelum memasang komponen pada papan PCB, sebaiknya dipastikan bahwa jalur rangkaian tidak ada yang terputus. Terputusnya jalur rangkaian dapat mengakibatkan rangkaian tidak berfungsi dengan baik dan tentu saja kita harus mengulang lagi dari awal jika hal ini terjadi. Untuk memastikan tidak adanya rangkaian yang terputus dapat menggunakan buzzer atau multimeter.
7. Jika rangkaian tidak ada yang terputus, langkah selanjutnya dapat memasang komponen pada papan PCB. Penyolderan harus dilakukan dengan sangat teliti untuk mencegah terjadi hubungan singkat pada rangkaian.
8. Tahapan selanjutnya melakukan pemeriksaan rangkaian menggunakan multimeter. Rangkaian yang telah di periksa dapat dijalankan dengan mengalirkan tegangan tertentu kedalam

rangkaian. Jika rangkaian berfungsi dengan baik, langkah selanjutnya membuat kedudukan rangkaian pada sepotong fiber/acrelite yaitu dengan memasang seluruh rangkaian yang telah dibuat dan di uji coba menjadi satu bagian rangkaian yang saling terhubung.

9. Miniatur alat dibuat sedemikian rupa seperti pada sketsa gambar menggunakan fiber/acrelite dan dipasang dua buah pintu yang terbuat dari CD Rom komputer. Jika tahapan ini telah selesai, rangkaian dapat diletakkan dan dihubungkan dengan motor dc pada pintu.
10. Sensor sebagai bagian penting pada alat ini di pasang saling berhadapan diantara dua buah pintu. Langkah selanjutnya adalah pengujian alat.



### 3.1.6 Gambar Kontruksi Akhir Alat



Gambar 3.10 Kontruksi akhir alat

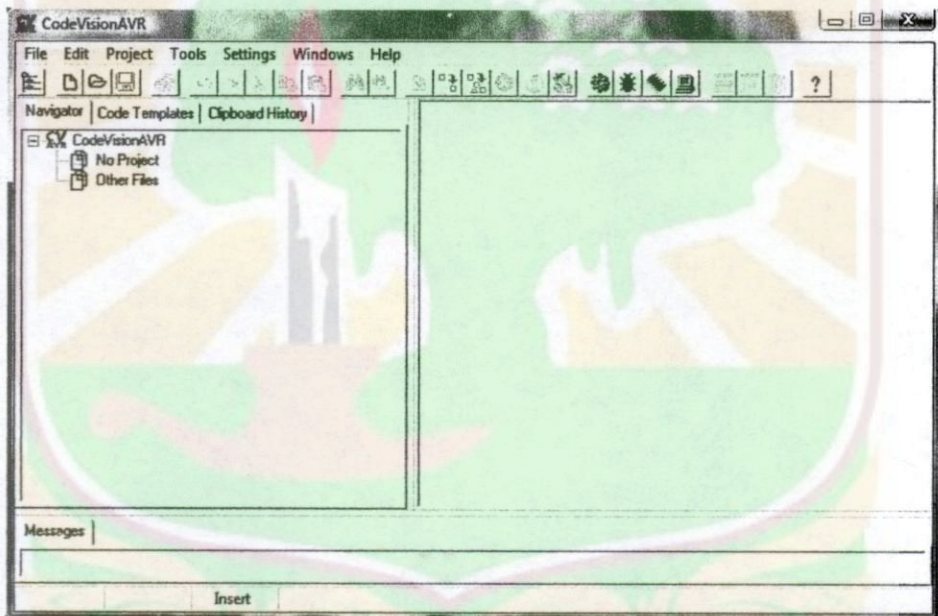
### 3.2 Perancangan dan pembuatan perangkat lunak.

Perancangan dan pembuatan perangkat lunak meliputi pemrograman mikrokontroler untuk melakukan pembacaan data dari sensor, pemrograman rangkaian driver, serta pemrograman LCD sebagai indikator.

### 3.2.1 Software Utama

*Software* utama adalah *software* yang digunakan untuk penulisan program, kompailer serta *download* program ke mikrokontroler. *Software* yang sangat penting tersebut adalah CodeVision AVR dan PonyProg2000.

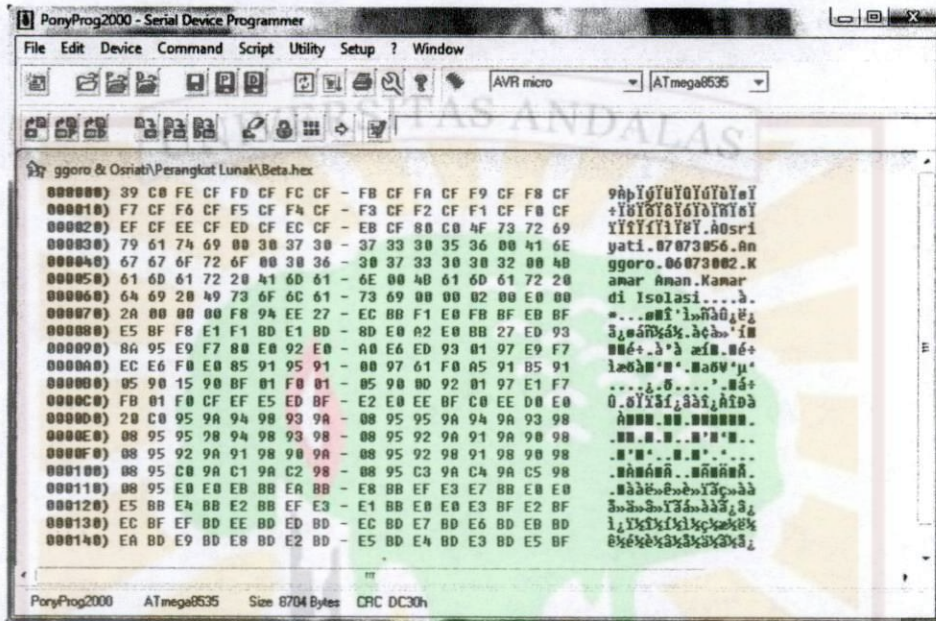
CodeVision AVR digunakan sebagai tempat penulisan program dan kompailer, sedangkan PonyProg2000 digunakan sebagai *download* program ke mikrokontroler.



Gambar 3.11 Tampilan CodeVision AVR

Code Vision AVR ini dapat mengimplementasikan hampir semua instruksi bahasa C yang sesuai dengan arsitektur Mikrokontroler AVR, bahkan terdapat beberapa keunggulan tambahan untuk memenuhi keunggulan spesifik dari mikrokontroler AVR. Hasil kompilasi objek

Code Vision AVR dapat digunakan sebagai *source debug* dengan AVR studio 4.0 dari Atmel.



Gambar 3.12 Tampilan PonyProg2000

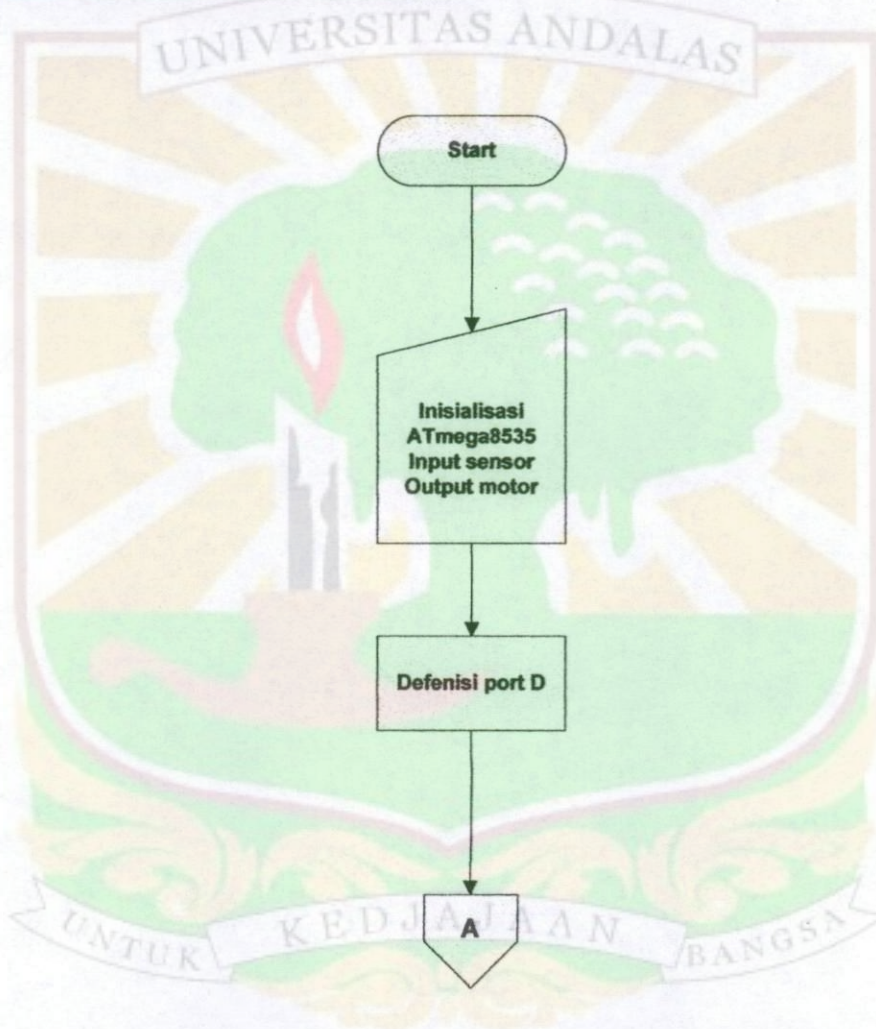
### 3.2.2 Deskripsi Kerja Alat

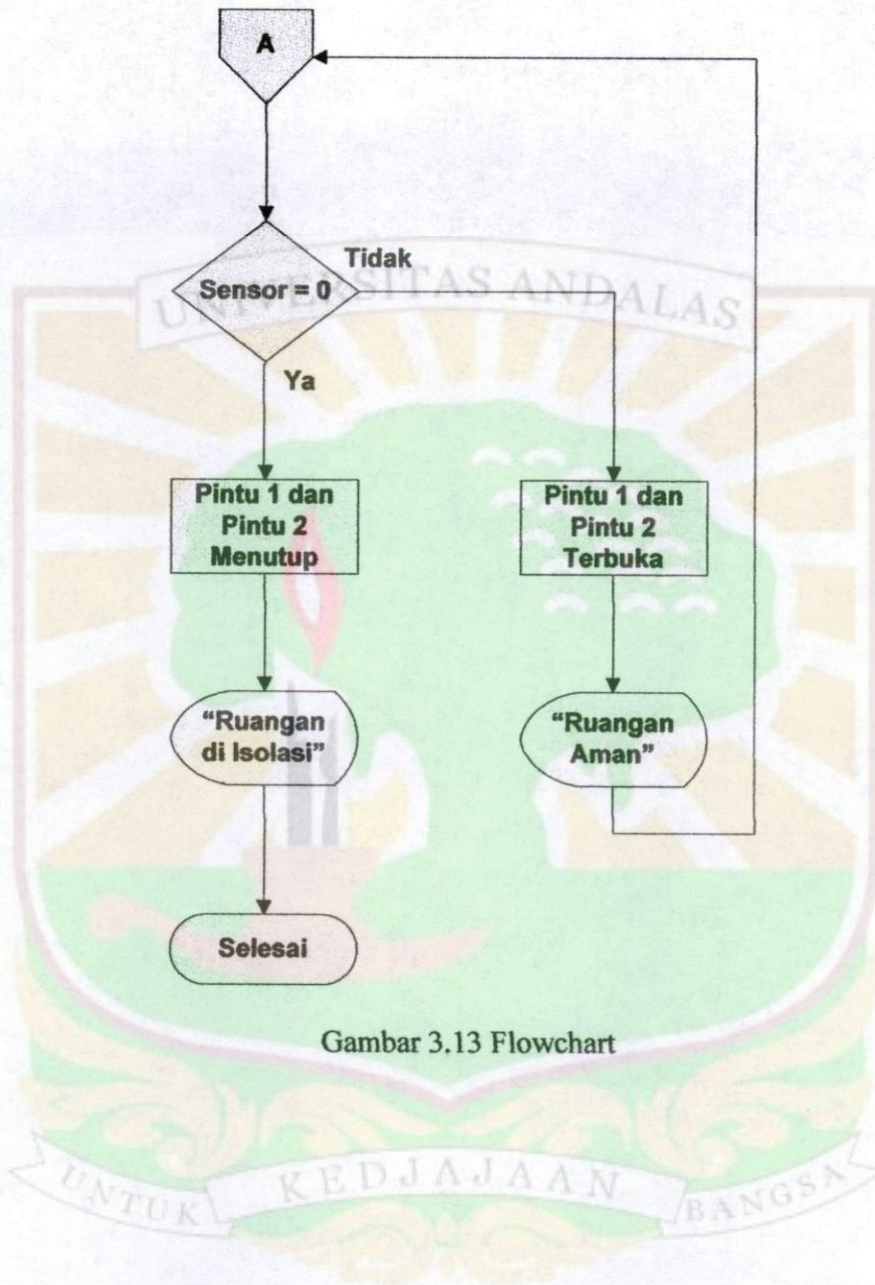
Alat ini bekerja apabila suatu benda menghalangi sensor. Sensor akan mengirimkan logika 0 (*low*) ke mikrokontroler jika tidak ada halangan dan berlogika 1 (*high*) jika mendeteksi halangan. Respon dari sensor ini dikuatkan oleh rangkaian komparator/pembanding ke mikrokontroler dan diteruskan ke rangkaian penguat untuk memerintahkan pintu menutup. Namun, jika sensor tidak mendeteksi apapun, pintu selalu membuka.

Sewaktu pintu bekerja, secara bersamaan mikrokontroler mengirimkan data ke LCD untuk memberikan respon bahwa pintu telah

diaktifkan. Selain itu, alarm juga ikut berbunyi bersamaan dengan tampilnya pemberitahuan pada layar LCD bahwa kamar sudah diisolasi.

### 3.2.3 Flowchart secara keseluruhan





Gambar 3.13 Flowchart

## BAB IV

### PENGUJIAN DAN ANALISA

#### 4.1. Pengujian Alat

Pintu otomatis ini adalah sebuah perangkat yang diharapkan mampu memberikan perlindungan terhadap kamar dari yang tidak berkepentingan sehingga apa saja yang tersimpan didalam kamar tersebut aman. Untuk mengetahui keadaan alat yang telah dibuat maka diperlukan beberapa pengujian.

Pengujian dilakukan dengan cara , mengaktifkan semua rangkaian dengan cara memberikan sumber tegangan pada rangkaian sumber atau adaptor. Jika rangkaian telah beroperasi maka pada LCD menampilkan kamar dalam keadaan aman. Pengujian selanjutnya adalah dengan cara memberi halangan pada sensor LED *bright* dengan photo diode. Jika halangan menghalangi cahaya dari sensor maka rangkaian pada sensor akan mengirimkan intruksi ke mikrokontroler untuk melakukan perintah ke motor DC untuk menggeser pintu pada posisi menutup. Pada pengujian ini yang dilihat adalah berapa kecepatan dari mikrokontroler untuk melakukan perintah ke motor DC. Disini penulis melakukan dengan lima kali pengujian untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Setelah melakukan beberapa pengujian, diambil kesimpulan bahwa pintu otomatis ini dapat bekerja dengan baik dengan tingkat kesalahan yang jarang terjadi.

#### 4.2. Tabulasi data pengujian

Tabel 4.1 Pengujian respon sensor pada alat

No.	Sensor	Jika ada halangan			Waktu (detik)
		Sensor	Pintu depan	Pintu belakang	
1	Percobaan 1	Aktif	Menutup	Menutup	0.84
2	Percobaan 2	Aktif	Menutup	Menutup	0.76
3	Percobaan 3	Aktif	Menutup	Menutup	0.78
4	Percobaan 4	Aktif	Menutup	Menutup	0.82
5	Percobaan 5	Aktif	Menutup	Menutup	0.84

Pengujian selanjutnya adalah melakukan pengujian pada rangkaian komparator. Pada pengujian rangkaian komparator adalah dengan cara memasang volt meter pada masukan dan keluaran pada rangkaian. Pengujian dilakukan 5 kali untuk mendapatkan hasil yang akurat. Setelah melakukan pengujian maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 4.2 Pengujian tagangan rangkaian komparator

No	V in (mVolt)	V out (Volt)	R (Kohm)	Ket
1	24	3,8	10	
2	15	4,2	10	
3	34	5,0	10	
4	20	4,4	10	
5	22	4,6	10	

Keterangan : V in : Tegangan masuk komparator (mVolt)

V out : Tegangan keluaran komparator (volt)

R : Resistansi yang dapat diatur (Kohm)

Pengujian selanjutnya adalah melakukan Pengujian rangkaian driver motor DC. Pada pengujian Pengujian rangkaian driver motor DC adalah dengan cara memasang volt meter pada masukan dan keluaran pada rangkaian serta mengukur tegangan masuk rangkaian penguat. Pengujian dilakukan 5 kali untuk mendapatkan hasil yang akurat. Setelah melakukan pengujian maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 4.3 Pengujian rangkaian driver motor DC

No	Keadaan sensor	Vp in (Volt)	Vp out (volt)	Vdc (Volt)	Idc (Ampere)
1	Aktif	4,0	11,5	12	1,7
2	Aktif	4,6	11,8	12	2
3	Aktif	4,8	12,0	12	2,4
4	Aktif	4,8	12,1	12	1,8
5	Aktif	4,6	12,0	12	2,5

Keterangan : Vp in : Tegangan masuk penguat (volt)

Vp out : Tegangan keluaran penguat (volt)

Vdc : Tegangan motor DC (volt)

Idc : Arus pada motor DC (ampere)

## 4.3 Analisa

### 4.3.1 Analisa rangkaian

#### a. Analisa rangkaian AVR Atmega8535

Mikrokontroler yang digunakan adalah AVR ATmega8535. Mikrokontroler ini dipilih karena memiliki kecepatan yang lebih cepat dari pada pendahulunya yaitu keluarga MCS-51. Dalam hal ini, penulis membutuhkan kecepatan pengolahan data secepat mungkin agar respon yang dikirimkan oleh sensor sampai pintu menutup dapat dilakukan dalam waktu yang singkat.

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C. Bahasa C ini memiliki kelebihan dari bahasa yang umum digunakan untuk pemrograman mikrokontroler keluarga MCS-51 (*assembly*) disamping beberapa kelemahan yang dimilikinya. Kekurangan yang dimiliki bahasa C ini adalah hasil kompiler program yang lebih besar dari pada bahasa mesin (*assembly*) sehingga membutuhkan alokasi memori mikrokontroler yang lebih besar. Namun jika menggunakan mikrokontroler ATmega8535 yang memiliki tempat penyimpanan memori yang lebih besar, ini bukanlah suatu masalah.

Keuntungan menggunakan bahasa C adalah bahasa C sangat fleksible karena dapat menangani pemrograman tingkat mesin dan juga tingkat bahasa tinggi. Dan dalam pembuatan

program yang cukup besar, membangun program berbasis bahasa C lebih menghemat waktu dari pada menggunakan bahasa tingkat mesin (*assembly*).

#### **b. Analisa rangkaian sensor dan pembanding**

Sebagai sensor yang sangat berperan penting untuk mendeteksi halangan adalah kombinasi antara *LED bright* dengan photo dioda dengan penguatan respon dari sensor menggunakan rangkaian komparator/ pembanding antara sensor dan mikrokontroler. *LED bright* dan photo dioda diposisikan sejajar agar tidak terjadi kesalahan pembacaan.

Pembanding digunakan untuk meningkatkan respon dari sensor agar dapat dengan jelas dibaca oleh mikrokontroler karena tegangan yang dikeluarkan sensor yang sangat kecil. Pembanding yang digunakan adalah IC LM324 yang mempunyai keluaran 4 saluran, dipilih karena harganya yang murah, mudah didapat dipasaran dan referensi tentang sensor ini yang tidak begitu sulit dicari.

#### **c. Analisa rangkaian penguat**

Rangkaian penguat untuk mengendalikan motor DC pada pintu otomatis menggunakan IC yang sudah terintegrasi 2 buah penguat *internal* L298. L298 dipilih karena bentuknya yang kecil, mudah digunakan dan dapat dihubungkan langsung ke

mikrokontroler tanpa perantara. Tegangan yang digunakan untuk mengaktifkan IC L298 minimal 7 Volt DC. Logika yang diberikan ke IC L298 dari mikrokontroler adalah 1 dan 0 dengan mengaktifkan pin *enable* yang terdapat pada IC tersebut. Pin *enable* yang tidak aktif tidak akan dapat menghidupkan L298 walaupun logika telah diberikan. Pengaktifan pin *enable* ini cukup dengan mengirimkan logika 1 pada pin tersebut.

LCD sangat membantu dalam hal ini. Dengan menggunakan LCD, kita dapat dengan mudah mengamati apakah alat bekerja dengan baik atau tidak sama sekali. Mikrokontroler digunakan untuk mengirimkan data ke LCD jika terjadi perubahan pada alat, misalnya pintu membuka atau pintu menutup, LCD akan menampilkan perubahan tersebut. Alat ini juga dilengkapi dengan alarm sebagai indikator bahwa pintu tertutup. Pengaktifan alarm ini dengan mengirimkan logika 1 (*high*) dari mikrokontroler ke alarm. Alarm ini dapat bekerja dari tegangan  $\pm 3$  volt sampai  $\pm 24$  volt.

### 4.3.2 Analisa data percobaan

#### a. Analisa data respon sensor

Tampak dari tabel 4.1 bahwa pintu otomatis menutup dalam waktu kurang dari 1 detik, yaitu dalam waktu 0,76 sampai 0,84 detik, inilah alasan mengapa penulis menggunakan sensor jenis ini, disamping harganya yang murah, mudah didapat, juga memiliki respon yang cukup cepat ditambah dengan kecepatan mikrokontroler ATmega8535 yang dapat mengeksekusi program dalam satu siklus *clock* saja.

Keluaran dari sensor adalah logika 1 atau 0 yang dijadikan acuan oleh mikrokontroler untuk membaca data. Jika logika yang diberikan oleh mikrokontroler bernilai 1, maka pintu akan membuka yang berarti tidak adanya suatu benda pun yang menghalangi sensor. Ketika logika 1 ini, LCD menampilkan pesan bahwa ruangan aman. Sebaliknya, jika logika dari sensor adalah 0, suatu benda telah menghalangi sensor dan mikrokontroler akan menuliskan ruangan di isolasi dan dua buah pintu ditutup bersamaan.

#### b. Analisa data rangkaian komparator

Dapat dilihat pada tabel 4.2 pengujian yang dilakukan adalah sebanyak 5 kali, untuk mendapatkan nilai pengujian yang tepat dan signifikan. Tegangan yang dikeluarkan sensor sangat

kecil, yaitu hanya beberapa milivolt saja, ( 15 – 24 mV) tegangan ini sangat sulit dibaca oleh mikrokontroler. Karena itu, tegangan ini dikuatkan menggunakan komparator/ pembanding sehingga tegangan yang dikeluarkan sensor yang hanya beberapa mili volt saja dapat dikuatkan menjadi 0 sampai 5 volt dc. Pada pengujian kita mendapatkan hasil pengukuran sebesar 3,8 V – 5 V. Dengan tegangan yang telah dikuatkan ini, respon dari sensor dapat dengan mudah dibaca oleh mikrokontroler.

Pada prinsipnya, IC pembanding ini berguna untuk membandingkan antara *output* sensor dengan tegangan referensi. Jika *output* sensor lebih besar dari pada tegangan referensi, maka sensor yang akan dikuatkan dan tegangan hasil penguatan ini dikirimkan ke mikrokontroler. Jika tegangan referensi yang lebih besar dari pada *output* sensor, maka tegangan referensi yang akan dikuatkan untuk dikirimkan ke mikrokontroler. Untuk mengatur tegangan referensi ini, dapat menggunakan trimpot 10 KOhm.

#### c. Analisa data *driver* motor DC

Rangkaian penguat digunakan untuk mengontrol motor dc yang terdapat pada pintu. Motor DC dengan tegangan  $\pm 12$  volt membutuhkan rangkaian tambahan agar dapat dikendalikan oleh mikrokontroler. Tegangan mikrokontroler yang hanya beberapa volt saja tidak mencukupi untuk mengendalikan motor DC  $\pm 12$

volt ini, karena itu harus dikuatkan terlebih dahulu menggunakan rangkaian penguat ini. Pada hasil pengujian didapatkan tegangan keluaran pada mikrokontroler adalah sebesar 4 V – 4,8 V DC. Tegangan tersebut tidak dapat memutar motor dengan sempurna, dengan demikian Penulis menggunakan IC *H-Bright* L 298 yang telah dilengkapi dua buah rangkaian penguat *internal* dengan mempertimbangkan kesederhanaan instalasi agar lebih mudah diperbaiki jika terjadi kerusakan. Dengan demikian maka didapatkan tegangan keluaran IC adalah sebesar 11,5 V – 12,2 Vdc. Dengan tegangan yang sebesar itu maka motor dapat bekerja secara sempurna untuk menggerakkan pintu otomatis. Arus minimum yang didapatkan adalah sebesar 1,7 A dan arus maksimum adalah sebesar 2,4 A.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dengan melakukan pengujian pada pintu otomatis maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pintu otomatis ini dibuat dalam bentuk miniatur dengan tidak mengurangi prinsip kerja alat yang sesungguhnya. Pintu otomatis disimulasikan menggunakan CD-Rom komputer yang didesain sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk keperluan tersebut.
2. Rangkaian kontrol terdiri dari beberapa macam yaitu, rangkaian penguat dengan menggunakan IC L298, Rangkaian komparator atau rangkaian pembanding dengan menggunakan IC LM324. Rangkaian regulator untuk memberikan tegangan sumber pada setiap alat kerja.
3. *LED bright* merah dan photo dioda yang dikombinasikan sedemikian rupa dapat digunakan sebagai sensor halangan dengan syarat harus menggunakan komparator sebagai pembanding sebelum dihubungkan ke mikrokontroler. Hal ini bertujuan bahwa tegangan logika yang dikeluarkan oleh sensor sangat kecil, hanya beberapa hasil bacaan sensor pada mikrokontroler lebih maksimal.

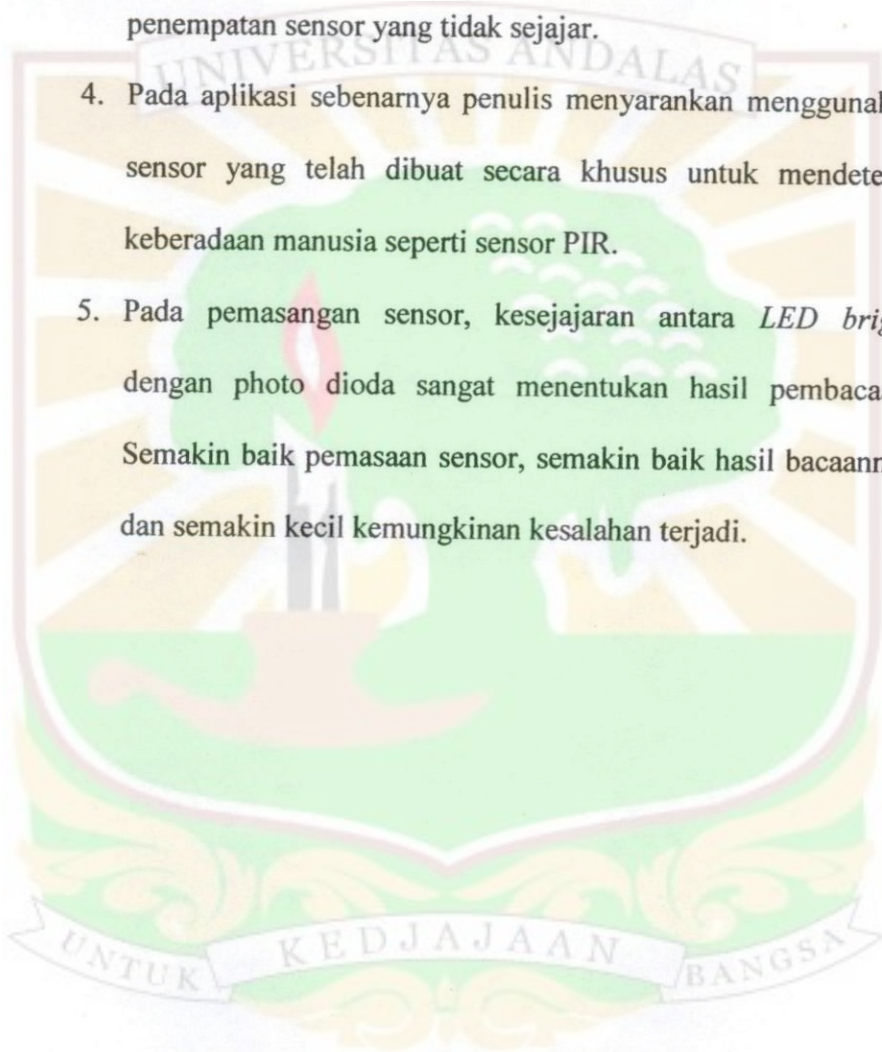
4. Kecepatan dari mikrokontroler AVR ATmega8535 menerima pesan adalah 0,76 sampai 0,84 detik. Sehingga pintu otomatis dapat bekerja dengan cepat mengirimkan tegangan ke motor DC untuk pintu otomatis.
5. Penggunaan LCD juga sangat membantu dalam alat ini yang dapat memudahkan operator mengetahui kondisi yang terjadi perubahan pada pintu, menutup atau membuka dapat diamati dari LCD ini. LCD yang digunakan adalah LCD 2 x 16 byte, yang dapat menampilkan peringatan dalam bentuk kalimat yang telah diprogram sebelumnya.

## 5.2 Saran

Setelah menyelesaikan alat ini, dapat penulis tarik saran sebagai berikut:

1. Penulis mengharapkan kepada seluruh pembaca agar dapat mengembangkan perangkat lunak pintu pengaman ruangan ini karena penulis merasa *software* pada alat ini masih jauh dari sempurna dan masih dapat dikembangkan.
2. Untuk menjangkau jarak yang lebih jauh, led bright dapat digantikan dengan infra merah. Alat ini menggunakan *LED bright* karena tampilannya yang lebih menarik dari pada *infra red* dengan fungsi yang tidak jauh berbeda.

3. Penulis mengharapkan dalam pembuatan dan pemasangan sensor pada bagian mekanik harus diperhatikan ketelitiannya karena dapat mempengaruhi pembacaan sensor jika penempatan sensor yang tidak sejajar.
4. Pada aplikasi sebenarnya penulis menyarankan menggunakan sensor yang telah dibuat secara khusus untuk mendeteksi keberadaan manusia seperti sensor PIR.
5. Pada pemasangan sensor, kesejajaran antara *LED bright* dengan photo dioda sangat menentukan hasil pembacaan. Semakin baik pemasangan sensor, semakin baik hasil bacaannya dan semakin kecil kemungkinan kesalahan terjadi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bejo, Agus. 2007. **C & AVR'Rahasia Kemudahan Bahasa C Dalam Mikrokontroler ATmega8535'**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Budiharto, Widodo. 2006. **Belajar Sendiri Membuat Robot Cerdas**. Bekasi: Elex Media Komputindo.
- Budiharto, Widodo & Gamayel Rizal. 2006. **Belajar Sendiri 12 Proyek Mikrokontroler Untuk Pemula**. Bekasi: Elex Media Komputindo.
- Budiharto, Widodo & Sigit Firmansyah. 2004. **Elektronika Digital dan Mikroprosesor**. Jakarta: Penerbit Andi.
- Rusmadi, Dedi & Deny Prihadi. 2007. **Belajar Rangkaian Elektronika Tanpa Guru**. Bandung: Del Fajar.
- Sugianto. 2007. **Desain Rangkaian Elektronika dan Layout PCB Dengan Protel 99 SE**. Bekasi: Elex Media Komputindo.
- Wardana, Lingga. 2006. **Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535, Simulasi Harware dan Aplikasi**. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kurniawan, Alwi (2008) **Otomatisasi pintu berbasis mikrokontroler AT89S51**. Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

<http://cnt121.files.wordpress.com>

[www.Atmel/AVR/ATmega8535.com](http://www.Atmel/AVR/ATmega8535.com)



```
1: /*=====
2: With the name of ALLAH SWT
3: This program was produced by the
4: CodeWizardAVR V1.24.6 Professional
5: Automatic Program Generator
6: © Copyright 1998-2005 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
7: http://www.hpinfotech.com
8: e-mail:office@hpinfotech.com
9:
10: Project : Pintu Pengaman Otomatis
11: Version : Beta
12: Date   : 7/15/2010
13: Author : Anggoro
14: Company : Electrical Engineering
15: Comments:
16: LCD, Driver, Comparator and Alarm
17:
18:
19: Chip type           : ATmega8535
20: Program type       : Application
21: Clock frequency    : 4.000000 MHz
22: Memory model       : Small
23: External SRAM size : 0
24: Data Stack size    : 128
25: =====*/
26:
27: #include <mega8535.h>
28: #include <delay.h>
29:
30: #define Enable_Pintu_1 PORTD.5
31: #define Aktif_Pintu_1A PORTD.4
32: #define Aktif_Pintu_1B PORTD.3
33:
34: #define Enable_Pintu_2 PORTD.2
35: #define Aktif_Pintu_2A PORTD.1
36: #define Aktif_Pintu_2B PORTD.0
37:
38: #define Enable_Alarm PORTB.0
39: #define Aktif_Alarm_1A PORTB.1
40: #define Aktif_Alarm_1B PORTB.2
41:
42: #define Enable_Lamp PORTB.3
43: #define Aktif_Lamp_A PORTB.4
44: #define Aktif_Lamp_B PORTB.5
45:
46: #define Sensor_A PIND.6
47: #define Sensor_B PIND.7
48:
49: // Alphanumeric LCD Module functions
50: #asm
51: .equ _lcd_port=0x15 ;PORTC
52: #endasm
53: #include <lcd.h>
54:
55: // Declare your global variables here
56:
57: void Buka_Pintu_1()
58: {
59: Enable_Pintu_1=1;
60: Aktif_Pintu_1A=0;
61: Aktif_Pintu_1B=1;
62: }
63: void Tutup_Pintu_1()
64: {
65: Enable_Pintu_1=1;
66: Aktif_Pintu_1A=1;
67: Aktif_Pintu_1B=0;
68: }
69: void Stop_Pintu_1()
70: {
71: Enable_Pintu_1=0;
72: Aktif_Pintu_1A=0;
73: Aktif_Pintu_1B=0;
74: }
75:
76: void Buka_Pintu_2()
77: {
78: Enable_Pintu_2=1;
79: Aktif_Pintu_2A=1;
80: Aktif_Pintu_2B=0;
81: }
82: void Tutup_Pintu_2()
83: {
84: Enable_Pintu_2=1;
```



Date: 8/23/2010

```

85:   Aktif_Pintu_2A=0;
86:   Aktif_Pintu_2B=1;
87:   }
88:   void Stop_Pintu_2()
89:   {
90:   Enable_Pintu_2=0;
91:   Aktif_Pintu_2A=0;
92:   Aktif_Pintu_2B=0;
93:   }
94:
95:   void Alarm()
96:   {
97:   Enable_Alarm=1;
98:   Aktif_Alarm_1A=1;
99:   Aktif_Alarm_1B=0;
100:  }
101:
102:   void Light()
103:   {
104:   Enable_Lamp=1;
105:   Aktif_Lamp_A=1;
106:   Aktif_Lamp_B=0;
107:   }
108:
109:
110: void main(void)
111: {
112: // Declare your local variables here
113:
114: // Input/Output Ports initialization
115: // Port A initialization
116: // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
117: // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
118: PORTA=0x00;
119: DDRA=0x00;
120:
121: // Port B initialization
122: // Func7=In Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out Func0=Out
123: // State7=T State6=T State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
124: PORTB=0x00;
125: DDRB=0x3F;
126:
127: // Port C initialization
128: // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
129: // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
130: PORTC=0x00;
131: DDRC=0x00;
132:
133: // Port D initialization
134: // Func7=In Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out Func0=Out
135: // State7=T State6=T State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
136: PORTD=0x00;
137: DDRD=0x3F;
138:
139: // Timer/Counter 0 initialization
140: // Clock source: System Clock
141: // Clock value: Timer 0 Stopped
142: // Mode: Normal top=FFh
143: // OCO output: Disconnected
144: TCCR0=0x00;
145: TCNT0=0x00;
146: OCR0=0x00;
147:
148: // Timer/Counter 1 initialization
149: // Clock source: System Clock
150: // Clock value: Timer 1 Stopped
151: // Mode: Normal top=FFFFh
152: // OClA output: Discon.
153: // OClB output: Discon.
154: // Noise Canceler: Off
155: // Input Capture on Falling Edge
156: // Timer 1 Overflow Interrupt: Off
157: // Input Capture Interrupt: Off
158: // Compare A Match Interrupt: Off
159: // Compare B Match Interrupt: Off
160: TCCR1A=0x00;
161: TCCR1B=0x00;
162: TCNT1H=0x00;
163: TCNT1L=0x00;
164: ICR1H=0x00;
165: ICR1L=0x00;
166: OCR1AH=0x00;
167: OCR1AL=0x00;
168: OCR1BH=0x00;

```

Date: 8/23/2010

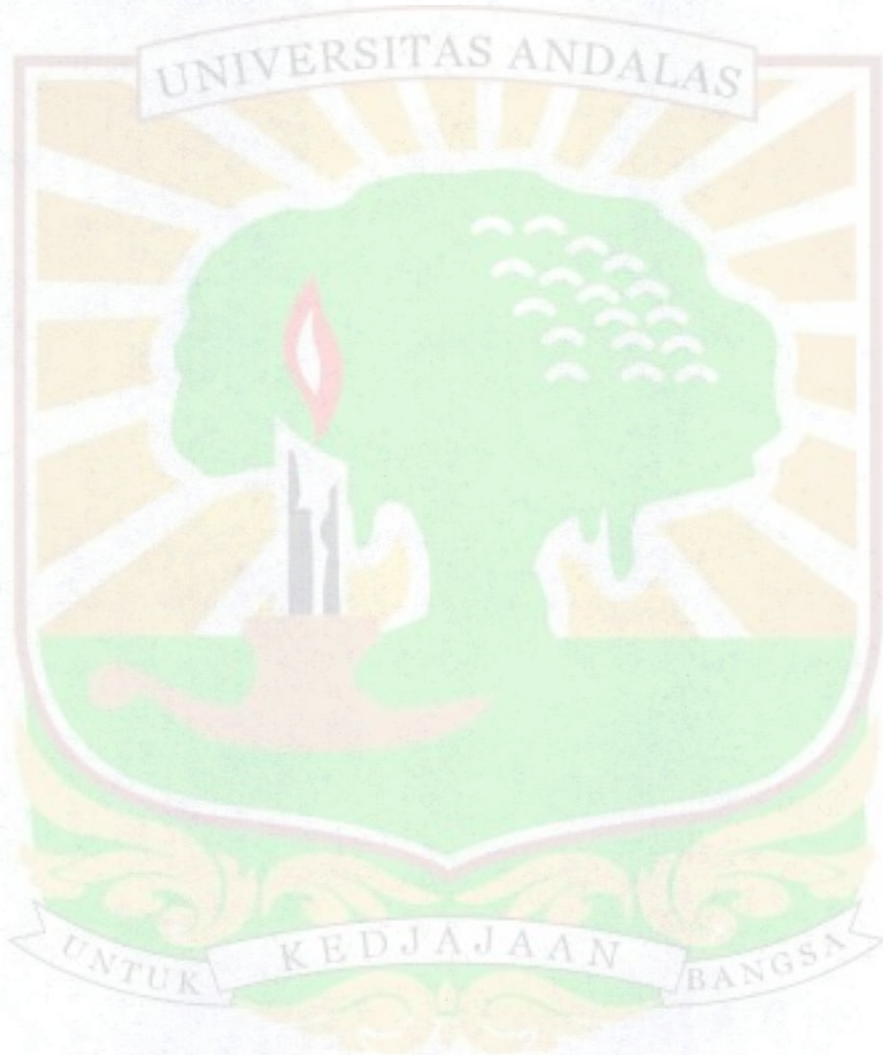
```

169: OCR1BL=0x00;
170:
171: // Timer/Counter 2 initialization
172: // Clock source: System Clock
173: // Clock value: Timer 2 Stopped
174: // Mode: Normal top=FFh
175: // OC2 output: Disconnected
176: ASSR=0x00;
177: TCCR2=0x00;
178: TCNT2=0x00;
179: OCR2=0x0D;
180:
181: // External Interrupt(s) initialization
182: // INT0: Off
183: // INT1: Off
184: // INT2: Off
185: MCUCR=0x00;
186: MCUCSR=0x00;
187:
188: // Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
189: TIMSK=0x00;
190:
191: // Analog Comparator initialization
192: // Analog Comparator: Off
193: // Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
194: ACSR=0x80;
195: SFIOR=0x00;
196:
197: // LCD module initialization
198: lcd_init(16);
199: lcd_gotoxy(4,0);
200: lcd_putsf("Osriyati");
201: lcd_gotoxy(4,1);
202: lcd_putsf("07073056");
203: delay_ms(2000);
204: lcd_clear();
205: lcd_gotoxy(5,0);
206: lcd_putsf("Anggoro");
207: lcd_gotoxy(4,1);
208: lcd_putsf("06073002");
209: delay_ms(2000);
210: lcd_clear();
211:
212:     if (Sensor_A==1)
213:     {
214:         Buka_Pintu_1();
215:         Buka_Pintu_2();
216:         delay_ms(400);
217:         Stop_Pintu_1();
218:         Stop_Pintu_2();
219:         delay_ms(300);
220:         //Stop_Pintu_1();
221:         //Stop_Pintu_2();
222:         //delay_ms(300);
223:         lcd_gotoxy(3,1);
224:         lcd_putsf("Kamar Aman");
225:     }
226:
227:     if (Sensor_B==1)
228:     {
229:         lcd_clear();
230:         Buka_Pintu_1();
231:         Buka_Pintu_2();
232:         delay_ms(400);
233:         Stop_Pintu_1();
234:         Stop_Pintu_2();
235:         delay_ms(300);
236:         //Stop_Pintu_1();
237:         //Stop_Pintu_2();
238:         //delay_ms(300);
239:         lcd_gotoxy(3,1);
240:         lcd_putsf("Kamar Aman");
241:     }
241: while (1)
242: {
243:     // Place your code here
244:     if (Sensor_A==0)
245:     {
246:         lcd_clear();
247:         lcd_gotoxy(0,1);
248:         lcd_putsf("Kamar di Isolasi");
249:         Tutup_Pintu_1();
250:         Tutup_Pintu_2();
251:         Alarm();
252:         Light();

```

Date: 8/23/2010

```
253: delay_ms(400);
254: Stop_Pintu_1();
255: Stop_Pintu_2();
256: delay_ms(300);
257: }
258:
259:     if (Sensor_B==0)
260:     {
261:         lcd_clear();
262:         lcd_gotoxy(0,1);
263:         lcd_putsf("Kamar di Isolasi");
264:         Tutup_Pintu_1();
265:         Tutup_Pintu_2();
266:         Alarm();
267:         Light();
268:         delay_ms(400);
269:         Stop_Pintu_1();
270:         Stop_Pintu_2();
271:         delay_ms(300);
272:     }
273: };
274: }
275:
```



## Features

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



**8-bit AVR<sup>®</sup>  
Microcontroller  
with 8K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash**

**ATmega8535  
ATmega8535L**

**Preliminary**

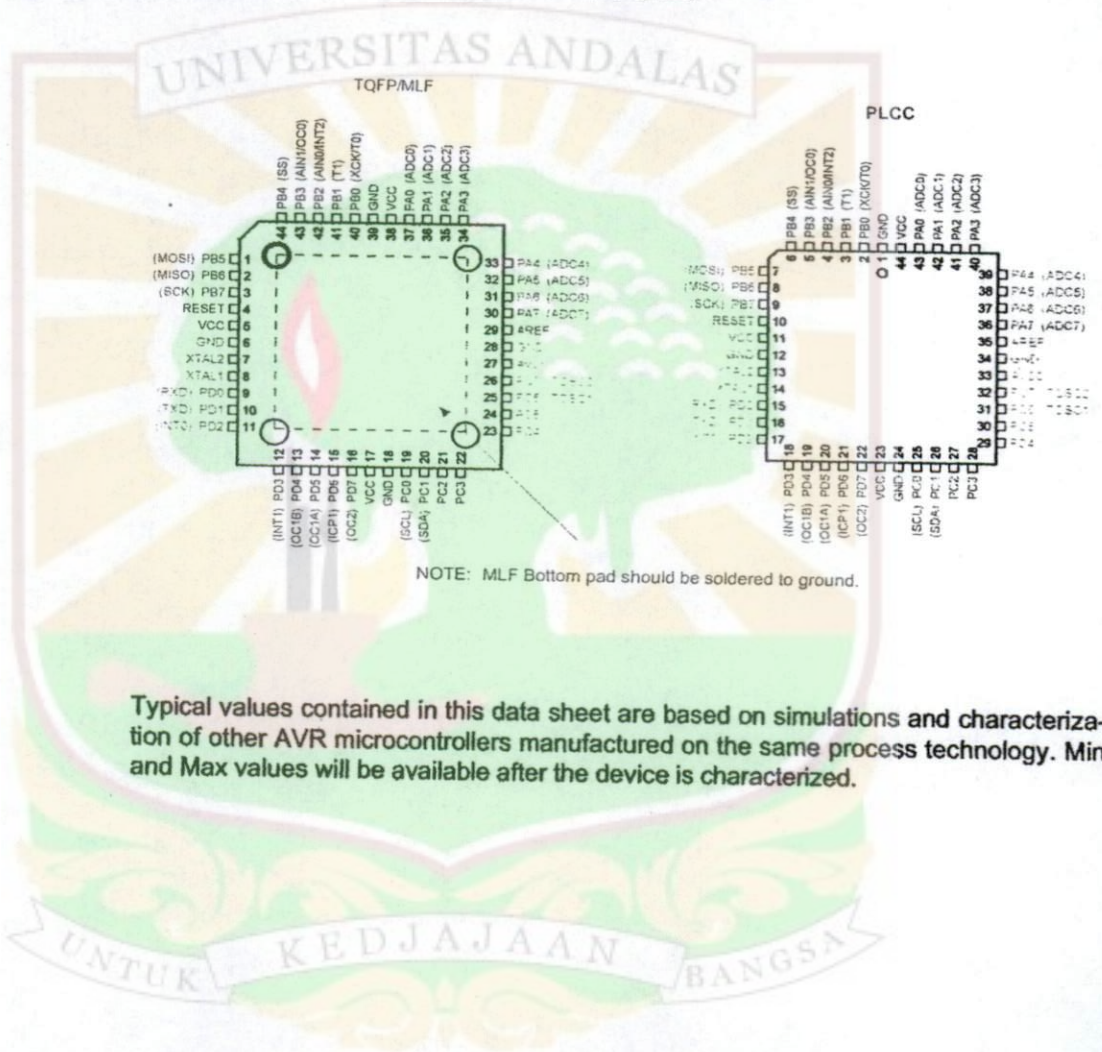
Rev. 2502E-AVR-12/03



# Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535

PDIP	
(XC/KT0) PB0	1
(T1) PB1	2
(INT2/AIN0) PB2	3
(OC0/AIN1) PB3	4
(SS) PB4	5
(MOSI) PB5	6
(MISO) PB6	7
(SCK) PB7	8
RESET	9
VCC	10
GND	11
XTAL2	12
XTAL1	13
(RXD) PD0	14
(TXD) PD1	15
(INT0) PD2	16
(INT1) PD3	17
(OC1B) PD4	18
(OC1A) PD5	19
(ICP1) PD6	20
PA0 (ADC0)	31
PA1 (ADC1)	32
PA2 (ADC2)	33
PA3 (ADC3)	34
PA4 (ADC4)	35
PA5 (ADC5)	36
PA6 (ADC6)	37
PA7 (ADC7)	38
AREF	39
GND	40
AVCC	41
PC7 (TOSC2)	29
PC8 (TOSC1)	28
PC4	27
PC3	26
PC2	25
PC1 (SDA)	24
PC0 (SCL)	23
PD7 (OC2)	22



## Disclaimer

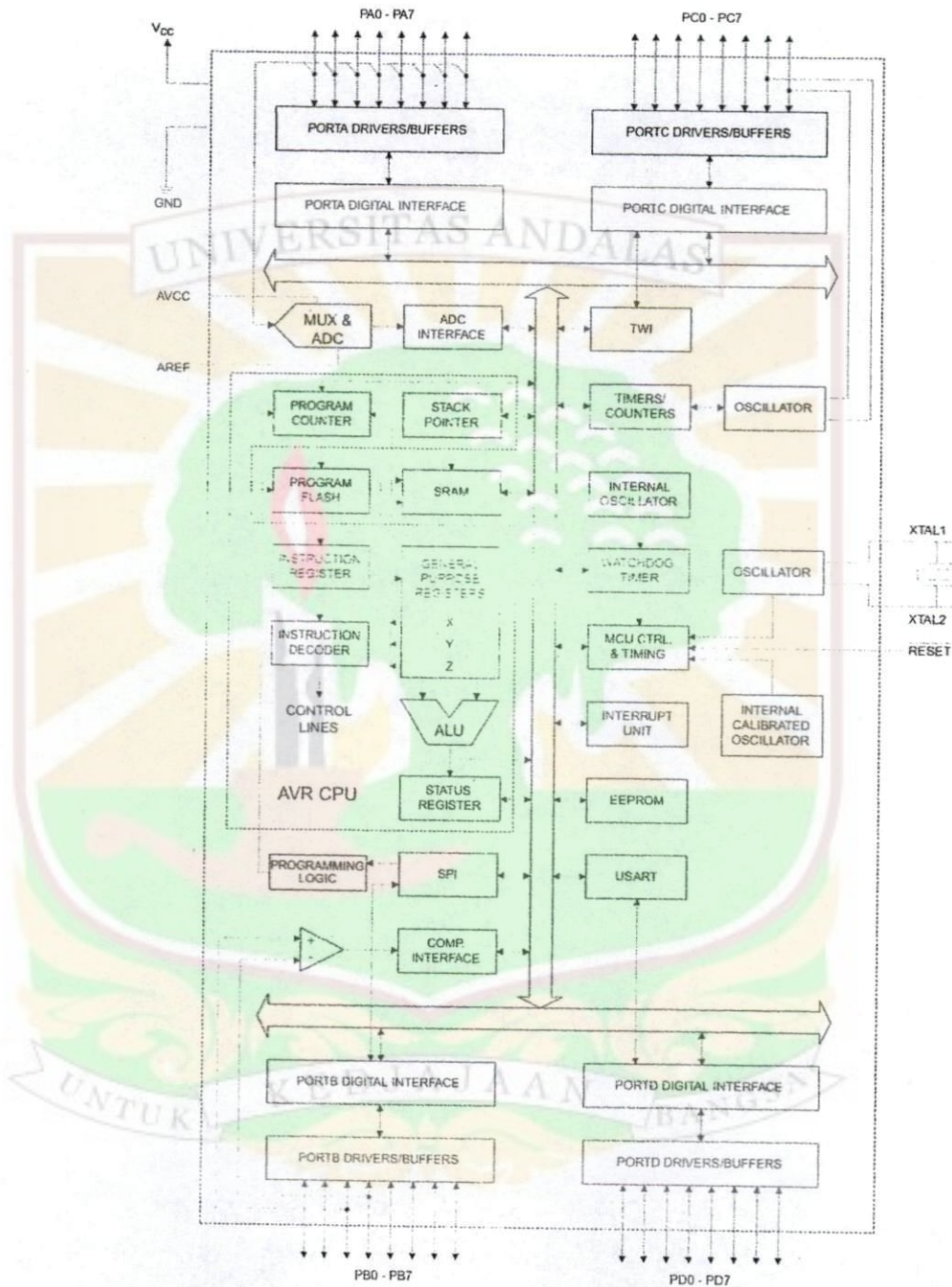
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

## Overview

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

## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



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

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

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

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

### AT90S8535 Compatibility

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

### AT90S8535 Compatibility Mode

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 43 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART - Compatibility" on page 143 for details.

## 4 ATmega8535(L)

## Pin Descriptions

<b>V<sub>CC</sub></b>	Digital supply voltage.
<b>GND</b>	Ground.
<b>Port A (PA7..PA0)</b>	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
<b>Port B (PB7..PB0)</b>	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 58.</p>
<b>Port C (PC7..PC0)</b>	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
<b>Port D (PD7..PD0)</b>	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 62.</p>
<b>RESET</b>	<p>Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
<b>XTAL1</b>	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
<b>XTAL2</b>	Output from the inverting Oscillator amplifier.
<b>AVCC</b>	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V <sub>CC</sub> , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V <sub>CC</sub> through a low-pass filter.
<b>AREF</b>	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.



## About Code Examples

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

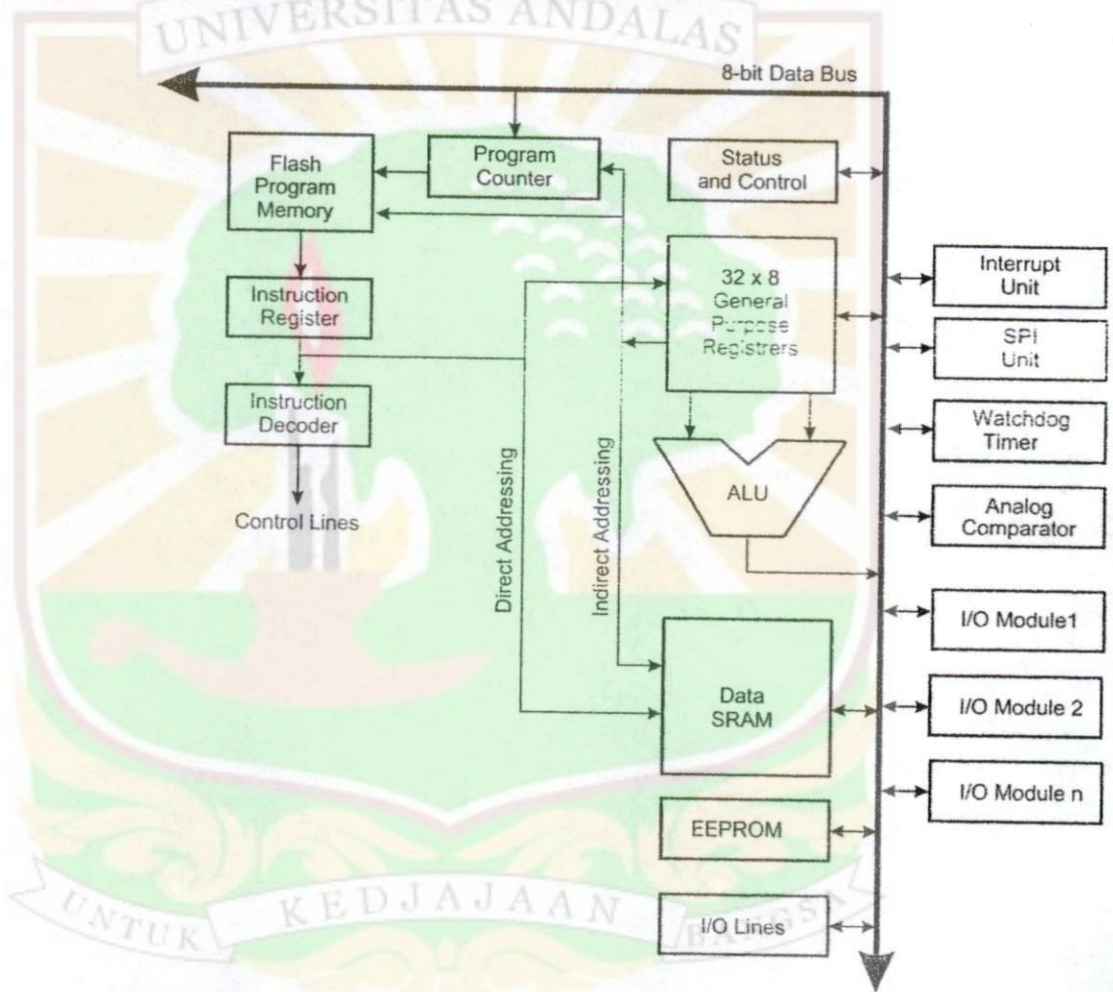
## AVR CPU Core

### Introduction

This section discusses the AVR core architecture in general. The main function of the CPU core is to ensure correct program execution. The CPU must therefore be able to access memories, perform calculations, control peripherals, and handle interrupts.

### Architectural Overview

Figure 3. Block Diagram of the AVR MCU Architecture



In order to maximize performance and parallelism, the AVR uses a Harvard architecture – with separate memories and buses for program and data. Instructions in the program memory are executed with a single level pipelining. While one instruction is being executed, the next instruction is pre-fetched from the program memory. This concept

enables instructions to be executed in every clock cycle. The program memory is In-System Re-Programmable Flash memory.

The fast-access Register File contains 32 x 8-bit general purpose working registers with a single clock cycle access time. This allows single-cycle Arithmetic Logic Unit (ALU) operation. In a typical ALU operation, two operands are output from the Register File, the operation is executed, and the result is stored back in the Register File – in one clock cycle.

Six of the 32 registers can be used as three 16-bit indirect address register pointers for Data Space addressing – enabling efficient address calculations. One of these address pointers can also be used as an address pointer for look up tables in Flash program memory. These added function registers are the 16-bit X-, Y-, and Z-registers, described later in this section.

The ALU supports arithmetic and logic operations between registers or between a constant and a register. Single register operations can also be executed in the ALU. After an arithmetic operation, the Status Register is updated to reflect information about the result of the operation.

Program flow is provided by conditional and unconditional jump and call instructions, able to directly address the whole address space. Most AVR instructions have a single 16-bit word format. Every program memory address contains a 16- or 32-bit instruction.

Program Flash memory space is divided in two sections, the Boot Program section and the Application Program section. Both sections have dedicated Lock bits for write and read/write protection. The SPM instruction that writes into the Application Flash memory section must reside in the Boot Program section.

During interrupts and subroutine calls, the return address Program Counter (PC) is stored on the Stack. The Stack is effectively allocated in the general data SRAM, and consequently the Stack size is only limited by the total SRAM size and the usage of the SRAM. All user programs must initialize the SP in the reset routine (before subroutines or interrupts are executed). The Stack Pointer SP is read/write accessible in the I/O space. The data SRAM can easily be accessed through the five different addressing modes supported in the AVR architecture.

The memory spaces in the AVR architecture are all linear and regular memory maps.

A flexible interrupt module has its control registers in the I/O space with an additional Global Interrupt Enable bit in the Status Register. All interrupts have a separate Interrupt Vector in the Interrupt Vector table. The interrupts have priority in accordance with their Interrupt Vector position. The lower the Interrupt Vector address, the higher the priority.

The I/O memory space contains 64 addresses for CPU peripheral functions as Control Registers, SPI, and other I/O functions. The I/O Memory can be accessed directly, or as the Data Space locations following those of the Register File, 0x20 - 0x5F.

The high-performance AVR ALU operates in direct connection with all the 32 general purpose working registers. Within a single clock cycle, arithmetic operations between general purpose registers or between a register and an immediate are executed. The ALU operations are divided into three main categories – arithmetic, logical, and bit-functions. Some implementations of the architecture also provide a powerful multiplier supporting both signed/unsigned multiplication and fractional format. See the "Instruction Set" section for a detailed description.

## ALU – Arithmetic Logic Unit



## Status Register

The Status Register contains information about the result of the most recently executed arithmetic instruction. This information can be used for altering program flow in order to perform conditional operations. Note that the Status Register is updated after all ALU operations, as specified in the Instruction Set Reference. This will, in many cases, remove the need for using the dedicated compare instructions, resulting in faster and more compact code.

The Status Register is not automatically stored when entering an interrupt routine and restored when returning from an interrupt. This must be handled by software.

The AVR Status Register – SREG – is defined as:

BR	7	6	5	4	3	2	1	0	
	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bit 7 – I: Global Interrupt Enable**

The Global Interrupt Enable bit must be set for the interrupts to be enabled. The individual interrupt enable control is then performed in separate control registers. If the Global Interrupt Enable Register is cleared, none of the interrupts are enabled independent of the individual interrupt enable settings. The I-bit is cleared by hardware after an interrupt has occurred, and is set by the RETI instruction to enable subsequent interrupts. The I-bit can also be set and cleared by the application with the SEI and CLI instructions, as described in the instruction set reference.

- **Bit 6 – T: Bit Copy Storage**

The Bit Copy instructions BLD (Bit LoaD) and BST (Bit STore) use the T-bit as source or destination for the operated bit. A bit from a register in the Register file can be copied into T by the BST instruction, and a bit in T can be copied into a bit in a register in the Register File by the BLD instruction.

- **Bit 5 – H: Half Carry Flag**

The Half Carry Flag H indicates a Half Carry in some arithmetic operations. Half carry is useful in BCD arithmetic. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 4 – S: Sign Bit,  $S = N \oplus V$**

The S-bit is always an exclusive or between the Negative Flag N and the Two's Complement Overflow Flag V. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 3 – V: Two's Complement Overflow Flag**

The Two's Complement Overflow Flag V supports two's complement arithmetics. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 2 – N: Negative Flag**

The Negative Flag N indicates a negative result in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 1 – Z: Zero Flag**

The Zero Flag Z indicates a zero result in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 0 – C: Carry Flag**

The Carry Flag C indicates a carry in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

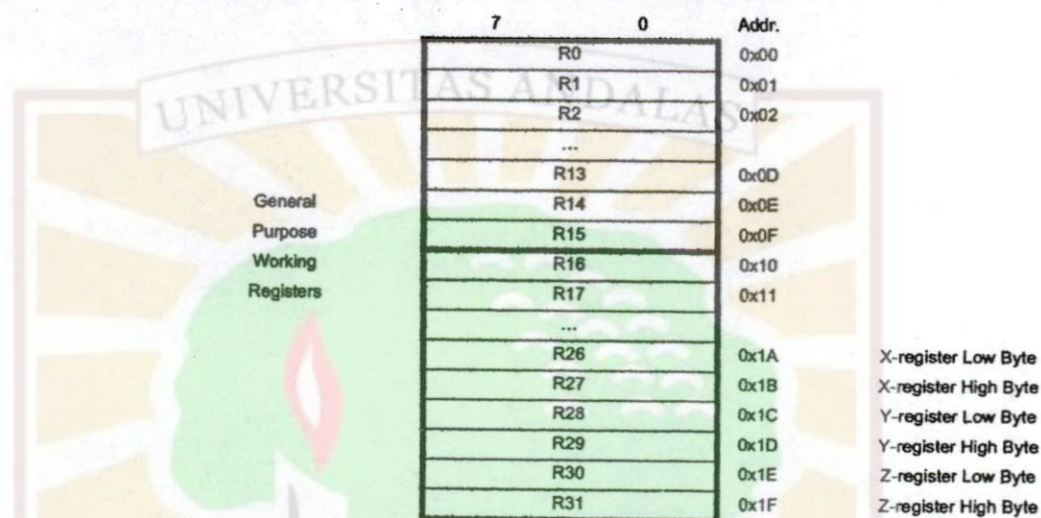
## General Purpose Register File

The Register File is optimized for the AVR Enhanced RISC instruction set. In order to achieve the required performance and flexibility, the following input/output schemes are supported by the Register File:

- One 8-bit output operand and one 8-bit result input
- Two 8-bit output operands and one 8-bit result input
- Two 8-bit output operands and one 16-bit result input
- One 16-bit output operand and one 16-bit result input

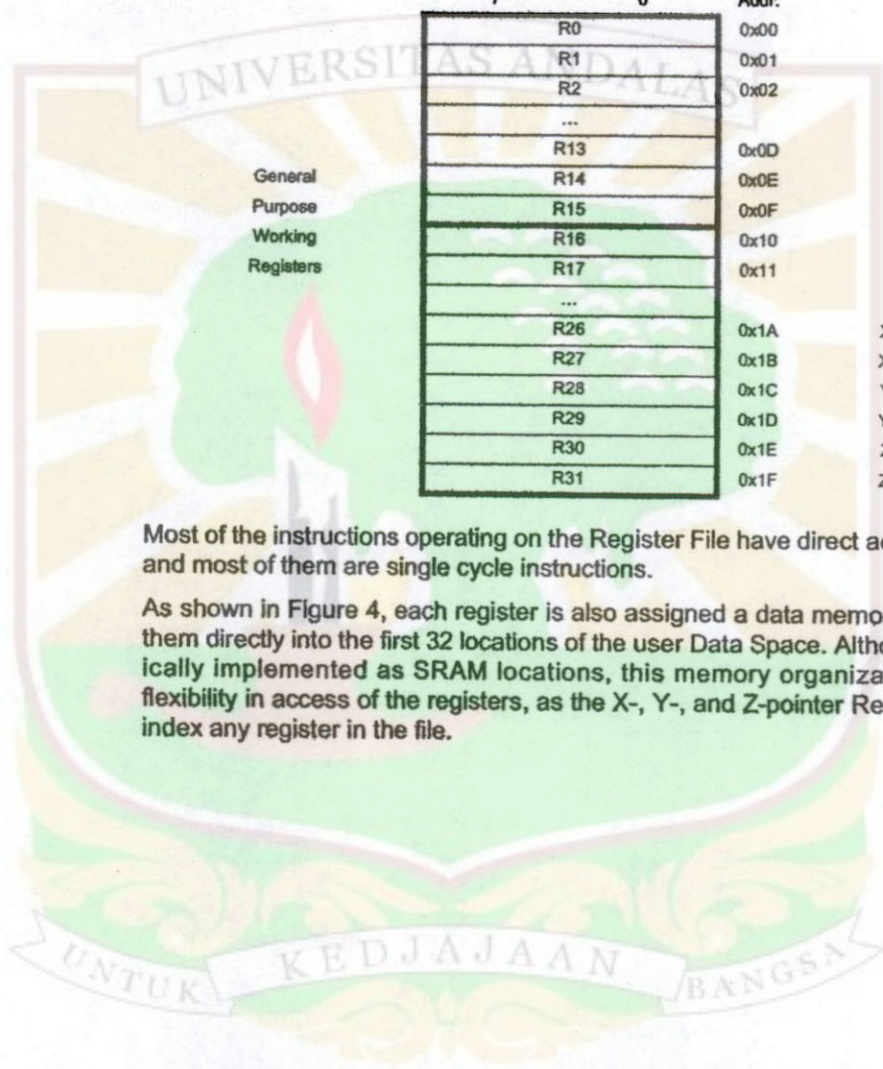
Figure 4 shows the structure of the 32 general purpose working registers in the CPU.

**Figure 4.** AVR CPU General Purpose Working Registers



Most of the instructions operating on the Register File have direct access to all registers, and most of them are single cycle instructions.

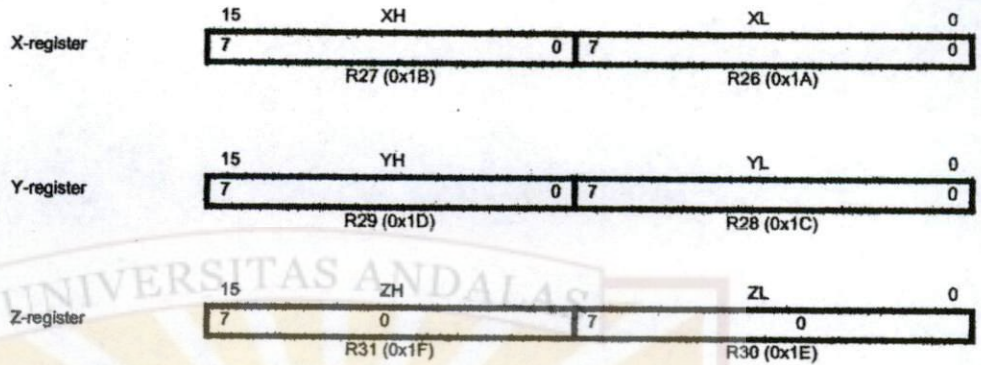
As shown in Figure 4, each register is also assigned a data memory address, mapping them directly into the first 32 locations of the user Data Space. Although not being physically implemented as SRAM locations, this memory organization provides great flexibility in access of the registers, as the X-, Y-, and Z-pointer Registers can be set to index any register in the file.



### The X-register, Y-register, and Z-register

The registers R26..R31 have some added functions to their general purpose usage. These registers are 16-bit address pointers for indirect addressing of the Data Space. The three indirect address registers X, Y, and Z are defined as described in Figure 5.

Figure 5. The X-, Y-, and Z-registers



In the different addressing modes, these address registers have functions as fixed displacement, automatic increment, and automatic decrement (see the instruction set reference for details).

### Stack Pointer

The Stack is mainly used for storing temporary data, for storing local variables and for storing return addresses after interrupts and subroutine calls. The Stack Pointer Register always points to the top of the Stack. Note that the Stack is implemented as growing from higher memory locations to lower memory locations. This implies that a Stack PUSH command decreases the Stack Pointer.

The Stack Pointer points to the data SRAM Stack area where the Subroutine and Interrupt Stacks are located. This Stack space in the data SRAM must be defined by the program before any subroutine calls are executed or interrupts are enabled. The Stack Pointer must be set to point above 0x60. The Stack Pointer is decremented by one when data is pushed onto the Stack with the PUSH instruction, and it is decremented by two when the return address is pushed onto the Stack with subroutine call or interrupt. The Stack Pointer is incremented by one when data is popped from the Stack with the POP instruction, and it is incremented by two when data is popped from the Stack with return from subroutine RET or return from interrupt RETI.

The AVR Stack Pointer is implemented as two 8-bit registers in the I/O space. The number of bits actually used is implementation dependent. Note that the data space in some implementations of the AVR architecture is so small that only SPL is needed. In this case, the SPH Register will not be present.

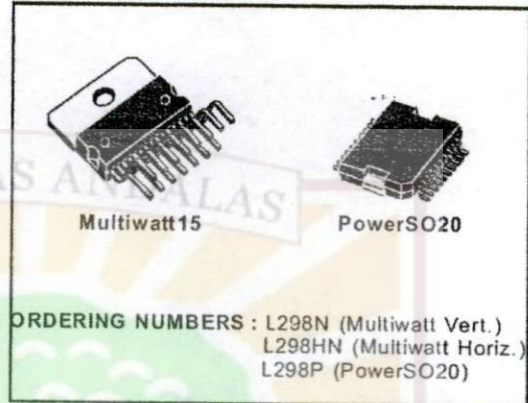
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	SP15	SP14	SP13	SP12	SP11	SP10	SP9	SP8	SPH
	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	SPL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

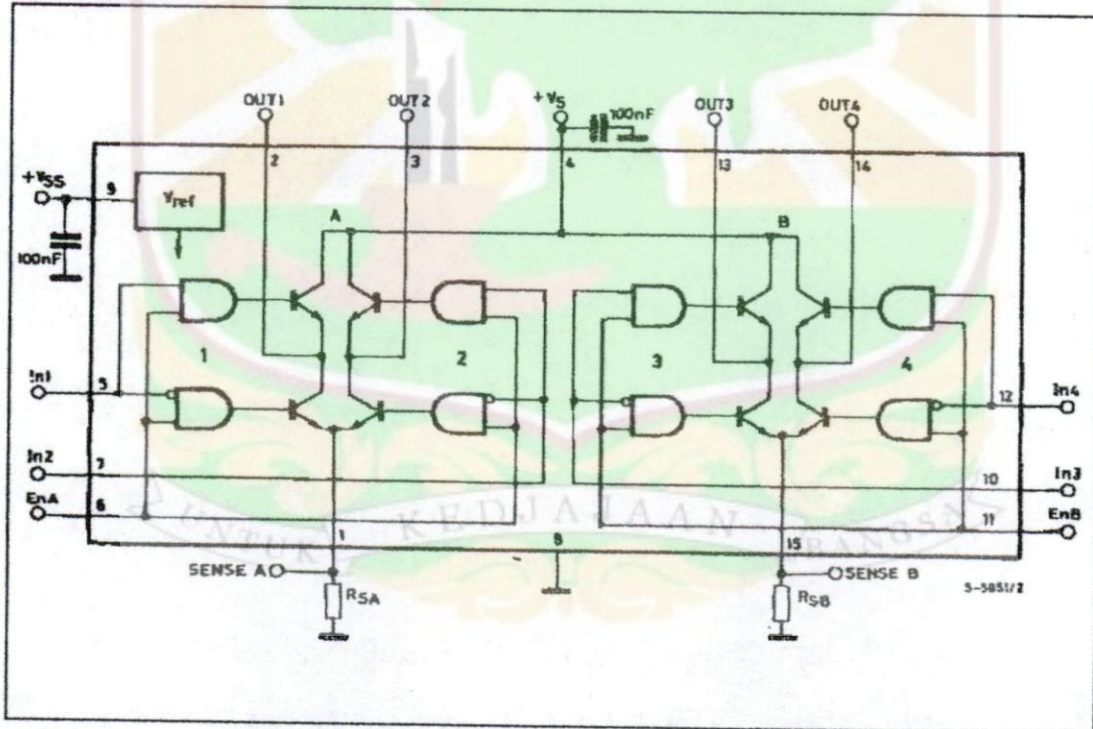
### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

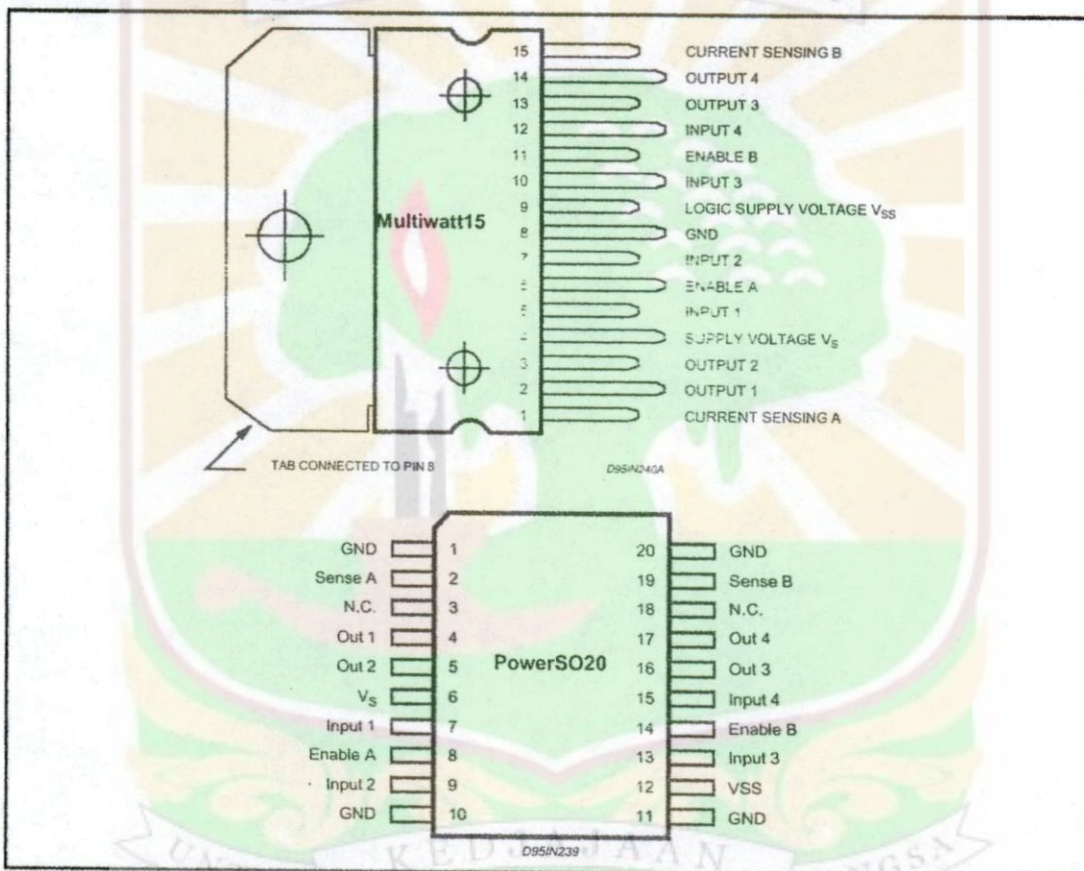
### BLOCK DIAGRAM



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>S</sub>	Power Supply	50	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage	7	V
V <sub>I</sub> , V <sub>en</sub>	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I <sub>O</sub>	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive (t = 100μs)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; t <sub>on</sub> = 10ms)	2.5	A
	-DC Operation	2	A
V <sub>sens</sub>	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P <sub>tot</sub>	Total Power Dissipation (T <sub>case</sub> = 75°C)	25	W
T <sub>op</sub>	Junction Operating Temperature	-25 to 130	°C
T <sub>sig</sub> , T <sub>J</sub>	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	°C

**PIN CONNECTIONS (top view)**



**THERMAL DATA**

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
R <sub>th j-case</sub>	Thermal Resistance Junction-case	Max.	-	3	°C/W
R <sub>th j-amb</sub>	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	°C/W

(\*) Mounted on aluminum substrate



## PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V <sub>S</sub>	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V <sub>SS</sub>	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
-	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>S</sub> = 42V; V<sub>SS</sub> = 5V, T<sub>J</sub> = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V <sub>S</sub>	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V <sub>IH</sub> + 2.5		46	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I <sub>S</sub>	Quiescent Supply Current (pin 4)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>I</sub> = L V <sub>I</sub> = H		13 50	22 70	mA mA
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>en</sub> = L V <sub>I</sub> = L V <sub>I</sub> = H V <sub>I</sub> = X		24 7	36 12 6	mA mA mA
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>IL</sub>	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>I</sub> = L			-10	μA
I <sub>IH</sub>	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>I</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>en</sub> = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
V <sub>en</sub> = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>en</sub> = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = L			-10	μA
I <sub>en</sub> = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>CEsat(H)</sub>	Source Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A I <sub>L</sub> = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
V <sub>CEsat(L)</sub>	Sink Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V <sub>CEsat</sub>	Total Drop	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V <sub>sens</sub>	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T <sub>1</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		1.5		μs
T <sub>2</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.2		μs
T <sub>3</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		2		μs
T <sub>4</sub> (V <sub>i</sub> )	Source Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.7		μs
T <sub>5</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.7		μs
T <sub>6</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.25		μs
T <sub>7</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		1.6		μs
T <sub>8</sub> (V <sub>i</sub> )	Sink Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.2		μs
f <sub>c</sub> (V <sub>i</sub> )	Commutation Frequency	I <sub>L</sub> = 2A		25	40	KHz
T <sub>1</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		3		μs
T <sub>2</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		1		μs
T <sub>3</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.3		μs
T <sub>4</sub> (V <sub>en</sub> )	Source Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)		0.4		μs
T <sub>5</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		2.2		μs
T <sub>6</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Fall Time	0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.35		μs
T <sub>7</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.25		μs
T <sub>8</sub> (V <sub>en</sub> )	Sink Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.1		μs

- 1) Sensing voltage can be -1 V for t ≤ 50 μsec; in steady state V<sub>err</sub> min ≤ -0.5 V.
- 2) See fig. 2.
- 3) See fig. 4.
- 4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

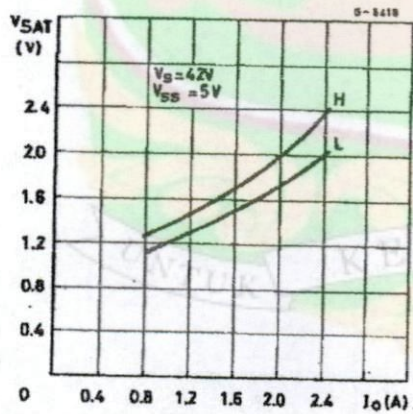
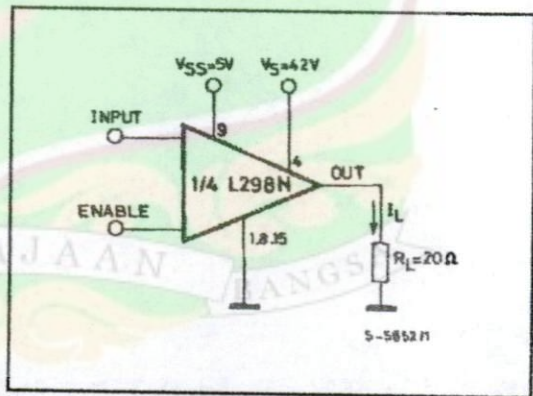


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = H

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

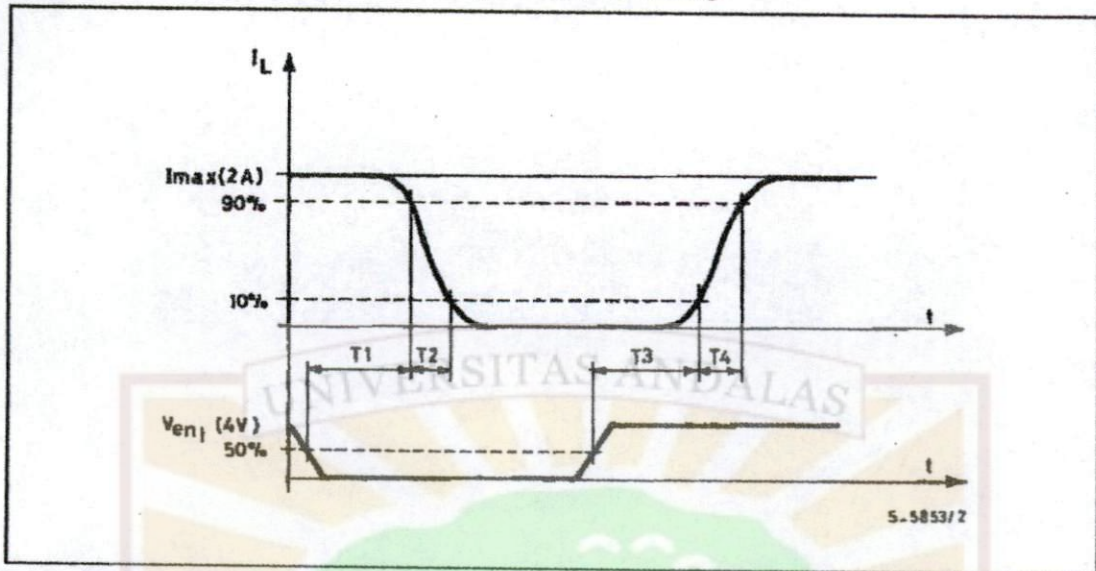
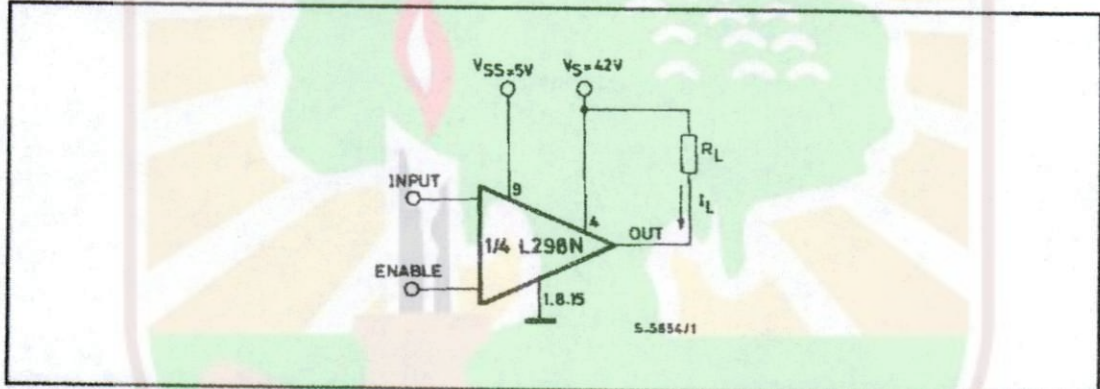


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = L



## LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

### General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

### Unique Characteristics

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

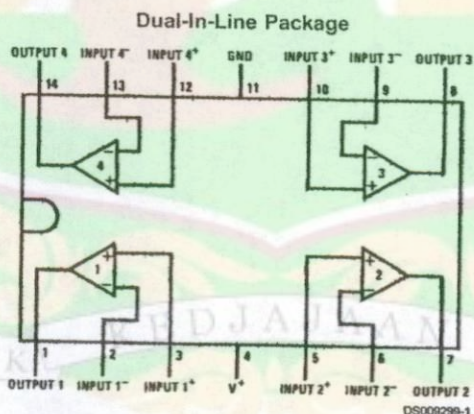
### Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and  $V_{OUT}$  also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

### Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:  
Single supply 3V to 32V  
or dual supplies  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700  $\mu A$ )—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to  $V^+ - 1.5V$

### Connection Diagram



Top View

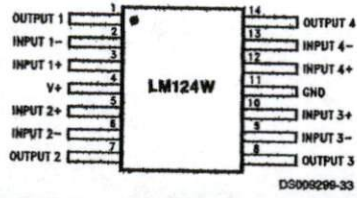
Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)  
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

Note 1: LM124A available per JM3851Q/11006

Note 2: LM124 available per JM3851Q/11005

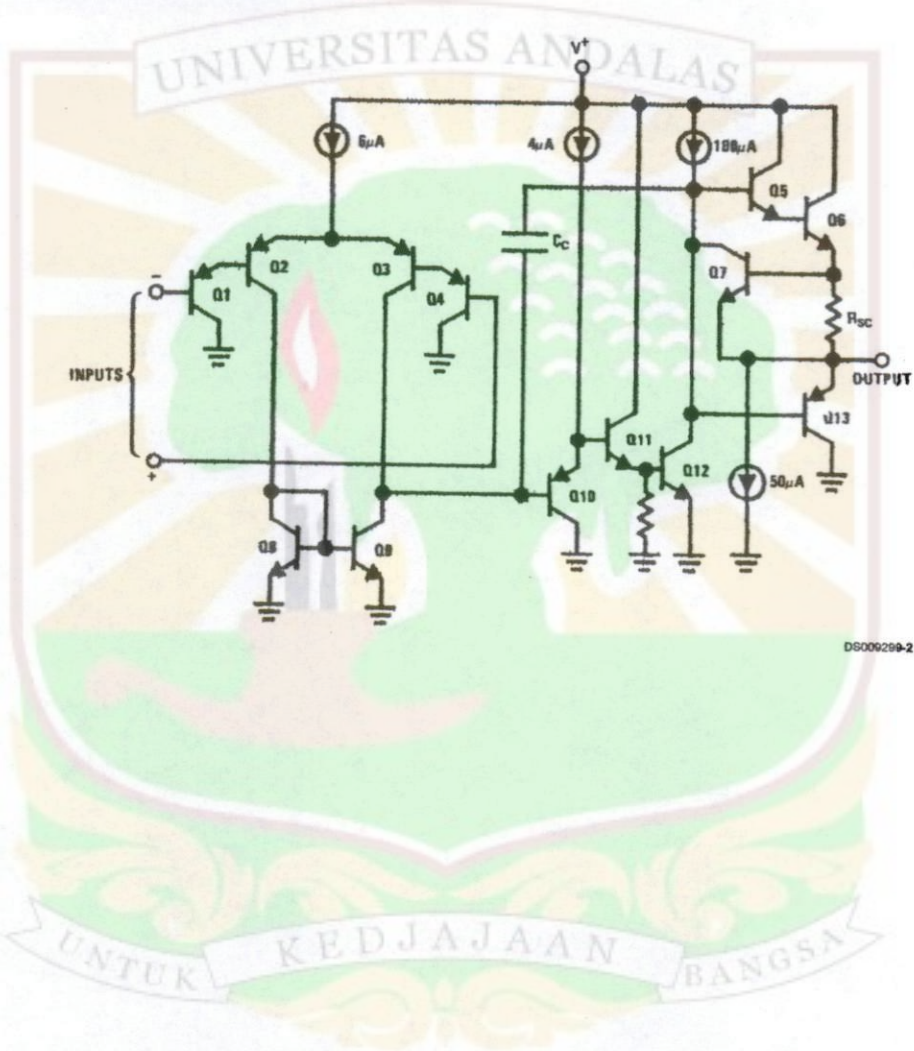
## Connection Diagram (Continued)

Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device



Order Number LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883  
 LM124AWRQML and LM124AWRQMLV (Note 3)  
 See NS Package Number W14B  
 LM124AWGRQML and LM124AWGRQMLV (Note 3)  
 See NS Package Number WG14A

## Schematic Diagram (Each Amplifier)



## Absolute Maximum Ratings (Note 12)

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

	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, $V^+$	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current ( $V_{IN} < -0.3V$ ) (Note 6)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 4)		
Molded DIP	1130 mW	1130 mW
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW
Small Outline Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 5) $V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C
LM324/LM324A	0°C to +70°C	
LM224/LM224A	-25°C to +85°C	
LM124/LM124A	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 13)	250V	250V

## Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$ , (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		1	2		1	3		2	3	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$		20	50		40	80		45	100	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$		2	10		2	15		5	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = 30V, (LM2902, V^+ = 26V),$ $T_A = 25^\circ C$	0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$ ) $V^+ = 5V$		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V, R_L \geq 2k\Omega,$ ( $V_O = 1V$ to $11V$ ), $T_A = 25^\circ C$	50	100		50	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V,$ $T_A = 25^\circ C$	70	85		70	85		65	85		dB

## Electrical Characteristics (Continued)

$V^+ = +5.0V$ , (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^+ = 5V$ to $26V$ ), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	$f = 1$ kHz to $20$ kHz, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V$ , $V_{IN}^- = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 2V$ , $T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 2V$ , $T_A = 25^\circ C$	10	20		10	20		10	20		
	$V_{IN}^- = 1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 200$ mV, $T_A = 25^\circ C$	12	50		12	50		12	50		$\mu A$
Short Circuit to Ground	(Note 5) $V^+ = 15V$ , $T_A = 25^\circ C$		40	60		40	60		40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 8)			4			4			5	mV
$V_{OS}$ Drift	$R_S = 0\Omega$		7	20		7	20		7	30	$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$			30			30			75	nA
$I_{OS}$ Drift	$R_S = 0\Omega$		10	200		10	200		10	300	$\mu A/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	100		40	100		40	200	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$ )	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ( $V_{O\text{Swing}} = 1V$ to $11V$ ) $R_L \geq 2$ k $\Omega$		25			25			15		V/mV
Output Voltage Swing	$V_{OH}$ $V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$ )	$R_L = 2$ k $\Omega$	26		26		26		26		V
		$R_L = 10$ k $\Omega$	27	28		27	28		27	28	
	$V_{OL}$ $V^+ = 5V$ , $R_L = 10$ k $\Omega$		5	20		5	20		5	20	mV
Output Current	Source $V_O = 2V$		10	20		10	20		10	20	mA
	Sink		10	15		5	8		5	8	

## Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$ , (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		2	5		2	7		2	7	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$		45	150		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$		3	30		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = 30V$ , (LM2902, $V^+ = 26V$ ), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$ ) $V^+ = 5V$		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$ , $R_L \geq 2$ k $\Omega$ , ( $V_O = 1V$ to $11V$ ), $T_A = 25^\circ C$	50	100		25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$ , $T_A = 25^\circ C$	70	85		65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^+ = 5V$ to $26V$ ),	65	100		65	100		50	100		dB

## Electrical Characteristics (Continued)

$V^+ = +5.0V$ , (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max			
	$T_A = 25^\circ C$												
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	$f = 1 \text{ kHz to } 20 \text{ kHz}$ , $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)		-120			-120			-120		dB		
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = 1V$ , $V_{IN}^- = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 2V$ , $T_A = 25^\circ C$		20	40		20	40		20	40	mA	
	Sink	$V_{IN}^- = 1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 2V$ , $T_A = 25^\circ C$		10	20		10	20		10	20		
		$V_{IN}^- = 1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 200 \text{ mV}$ , $T_A = 25^\circ C$		12	50		12	50		12	50		
Short Circuit to Ground	(Note 5) $V^+ = 15V$ , $T_A = 25^\circ C$		40	60		40	60		40	60	mA		
Input Offset Voltage	(Note 8)			7			9			10	mV		
$V_{OS}$ Drift	$R_S = 0\Omega$			7			7			7	$\mu V/^\circ C$		
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$					100			150	45	200	nA	
$I_{OS}$ Drift	$R_S = 0\Omega$			10			10			10	$\mu A/^\circ C$		
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	300			40	500		40	500	nA	
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$ )	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V		
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ( $V_{O\text{ Swing}} = 1V \text{ to } 11V$ ) $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$		25			15			15		V/mV		
Output Voltage Swing	$V_{OH}$	$V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$ )				26			26		22	V	
	$V_{OL}$	$V^+ = 5V$ , $R_L = 10 \text{ k}\Omega$				27	28		27	28	23		24
Output Current	Source	$V_O = 2V$				5	20		5	20	5	100	mV
		$V_{IN}^- = +1V$ , $V_{IN}^+ = -1V$ , $V_{IN}^+ = 15V$		10	20		10	20		10	20		
	Sink	$V_{IN}^- = +1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $V^+ = 15V$		$\epsilon$	$\epsilon$		5	8		5	8		

**Note 4:** For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a  $+125^\circ C$  maximum junction temperature and a thermal resistance of  $88 \text{ C/W}$  which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a  $+150^\circ C$  maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

**Note 5:** Short circuits from the output to  $V^+$  can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately  $40 \text{ mA}$  independent of the magnitude of  $V^+$ . At values of supply voltage in excess of  $+15V$ , continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

**Note 6:** This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the  $V^+$  voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than  $-0.3V$  (at  $25^\circ C$ ).

**Note 7:** These specifications are limited to  $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$  for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to  $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$ , the LM324/LM324A temperature specifications are limited to  $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$ , and the LM2902 specifications are limited to  $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$ .

**Note 8:**  $V_O = 1.4V$ ,  $R_S = 0\Omega$  with  $V^+$  from  $5V$  to  $30V$ , and over the full input common-mode range ( $0V$  to  $V^+ - 1.5V$ ) for LM2902,  $V^+$  from  $5V$  to  $26V$ .

**Note 9:** The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

**Note 10:** The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than  $0.3V$  (at  $25^\circ C$ ). The upper end of the common-mode voltage range is  $V^+ - 1.5V$  (at  $25^\circ C$ ), but either or both inputs can go to  $+32V$  without damage ( $+26V$  for LM2902), independent of the magnitude of  $V^+$ .

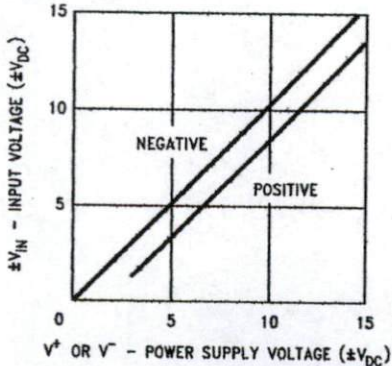
**Note 11:** Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

**Note 12:** Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

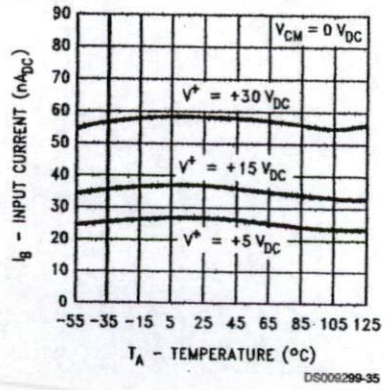
**Note 13:** Human body model,  $1.5 \text{ k}\Omega$  in series with  $100 \text{ pF}$ .

# Typical Performance Characteristics

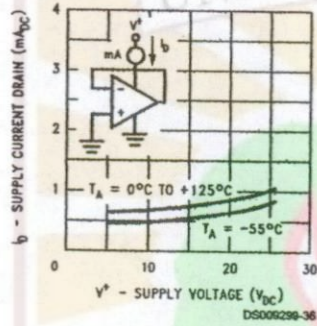
Input Voltage Range



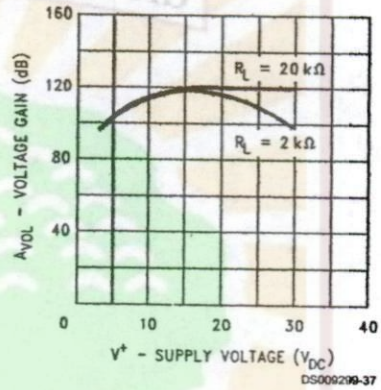
Input Current



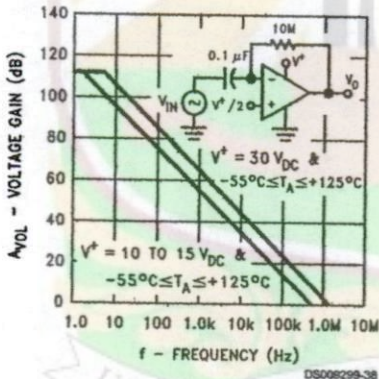
Supply Current



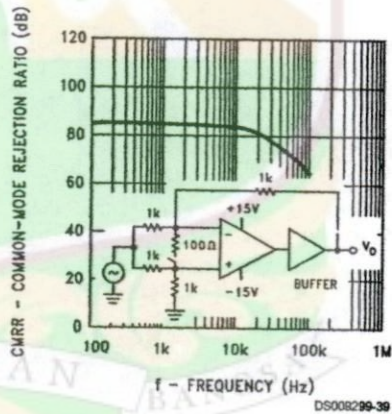
Voltage Gain



Open Loop Frequency Response

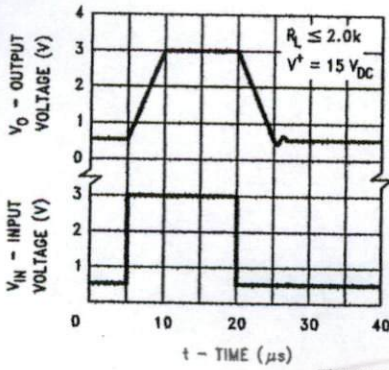


Common Mode Rejection Ratio



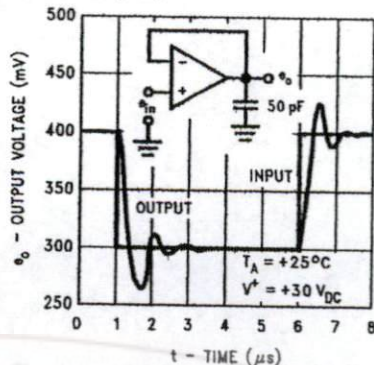
# Typical Performance Characteristics (Continued)

Voltage Follower Pulse Response



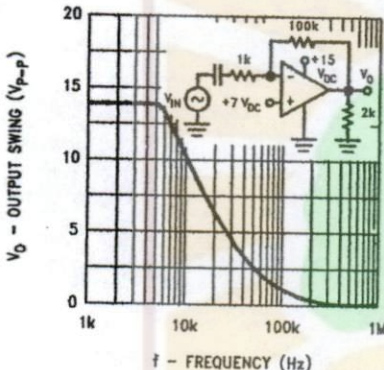
DS009299-40

Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)



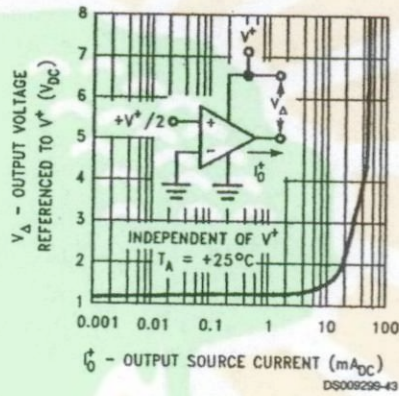
DS009299-41

Large Signal Frequency Response



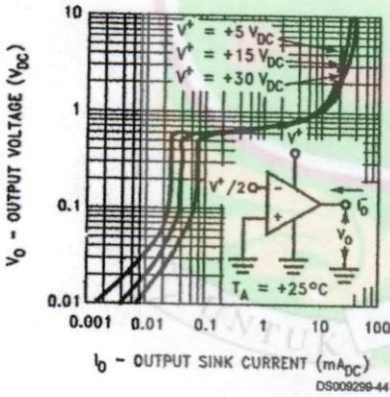
DS009299-42

Output Characteristics Current Sourcing



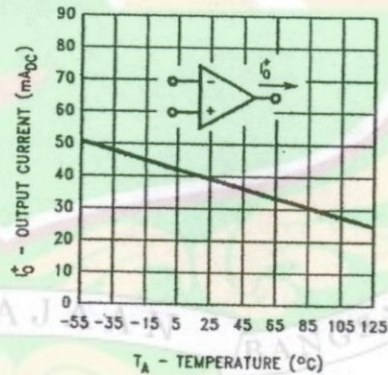
DS009299-43

Output Characteristics Current Sinking



DS009299-44

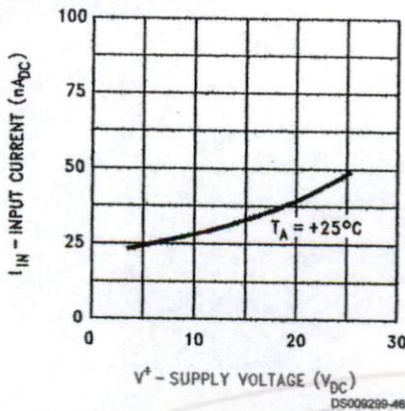
Current Limiting



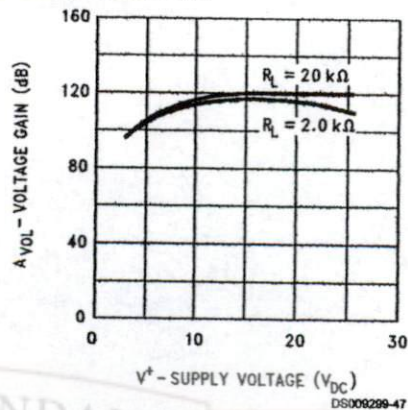
DS009299-45

## Typical Performance Characteristics (Continued)

### Input Current (LM2902 only)



### Voltage Gain (LM2902 only)



## Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0 V<sub>DC</sub>. These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25°C amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3 V<sub>DC</sub>.

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than V<sup>+</sup> without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than -0.3 V<sub>DC</sub> (at 25°C). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from 3 V<sub>DC</sub> to 30 V<sub>DC</sub>.

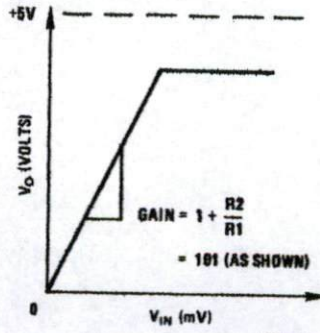
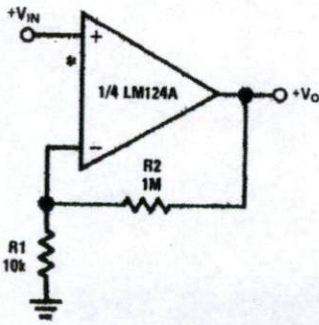
Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of V<sup>+</sup>/2) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

# Typical Single-Supply Applications $(V^+ = 5.0 V_{DC})$

LM124/LM224/LM324/LM2902

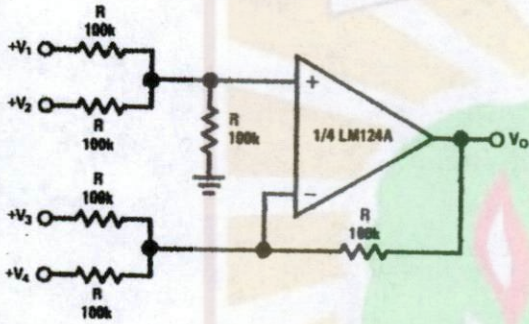
Non-Inverting DC Gain (0V Input = 0V Output)



DS002299-5

\*R not needed due to temperature independent  $I_{IN}$

DC Summing Amplifier  $(V_{IN's} \geq 0 V_{DC} \text{ and } V_O \geq V_{DC})$

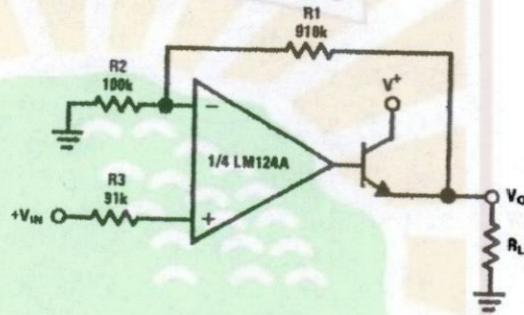


Where:  $V_O = V_1 + V_2 - V_3 - V_4$   
 $(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$  to keep  $V_O > 0 V_{DC}$

DS002299-6

$V_O = 0 V_{DC}$  for  $V_{IN} = 0 V_{DC}$   
 $A_V = 10$

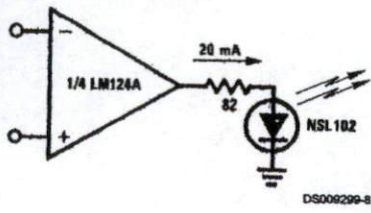
Power Amplifier



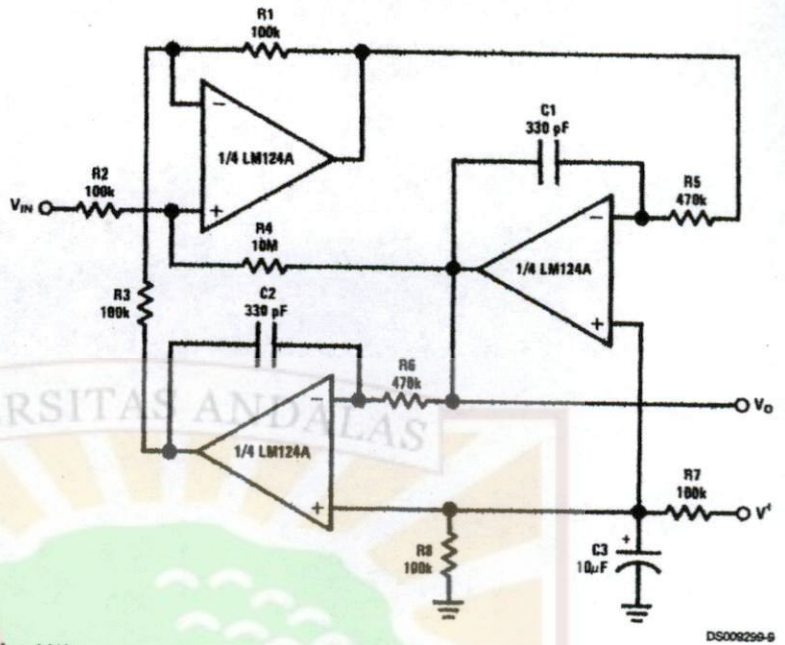
DS002299-7

# Typical Single-Supply Applications $(V^+ = 5.0 V_{DC})$ (Continued)

LED Driver

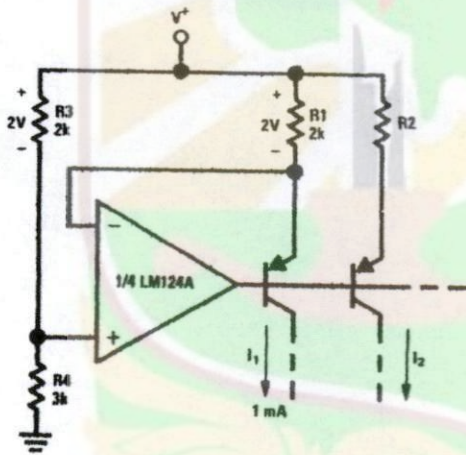


"BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter



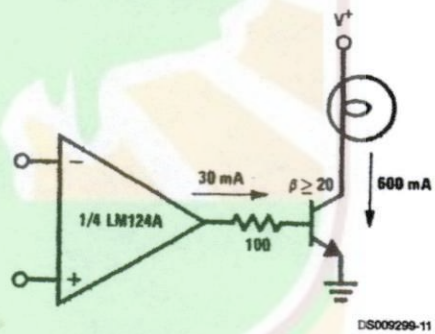
$f_o = 1 \text{ kHz}$   
 $Q = 50$   
 $A_v = 100 \text{ (40 dB)}$

Fixed Current Sources



$$I_2 = \left(\frac{R1}{R2}\right) I_1$$

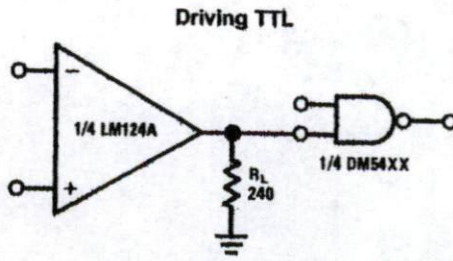
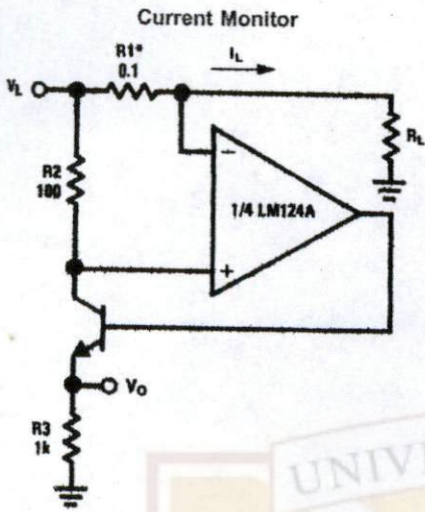
Lamp Driver



UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

# Typical Single-Supply Applications $(V^+ = 5.0 V_{DC})$ (Continued)

LM124/LM224/LM324/LM2902



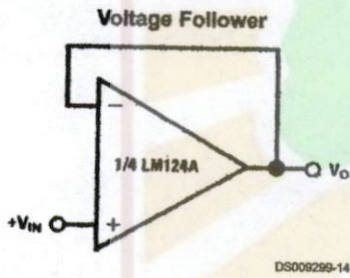
DS009299-13

DS009299-12

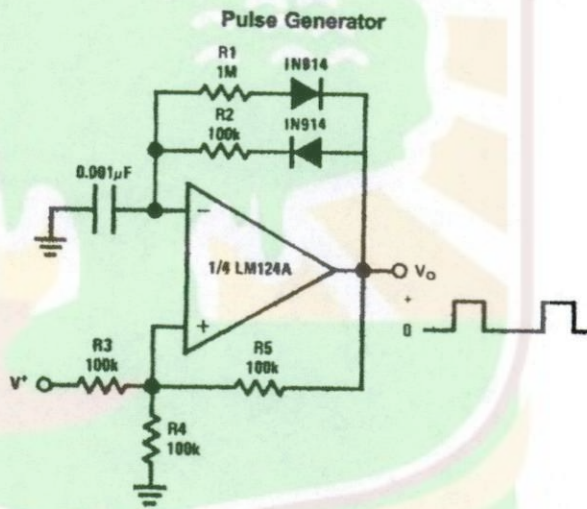
$$V_o = \frac{1V(I_L)}{1A}$$

$$V_L \leq V^+ - 2V$$

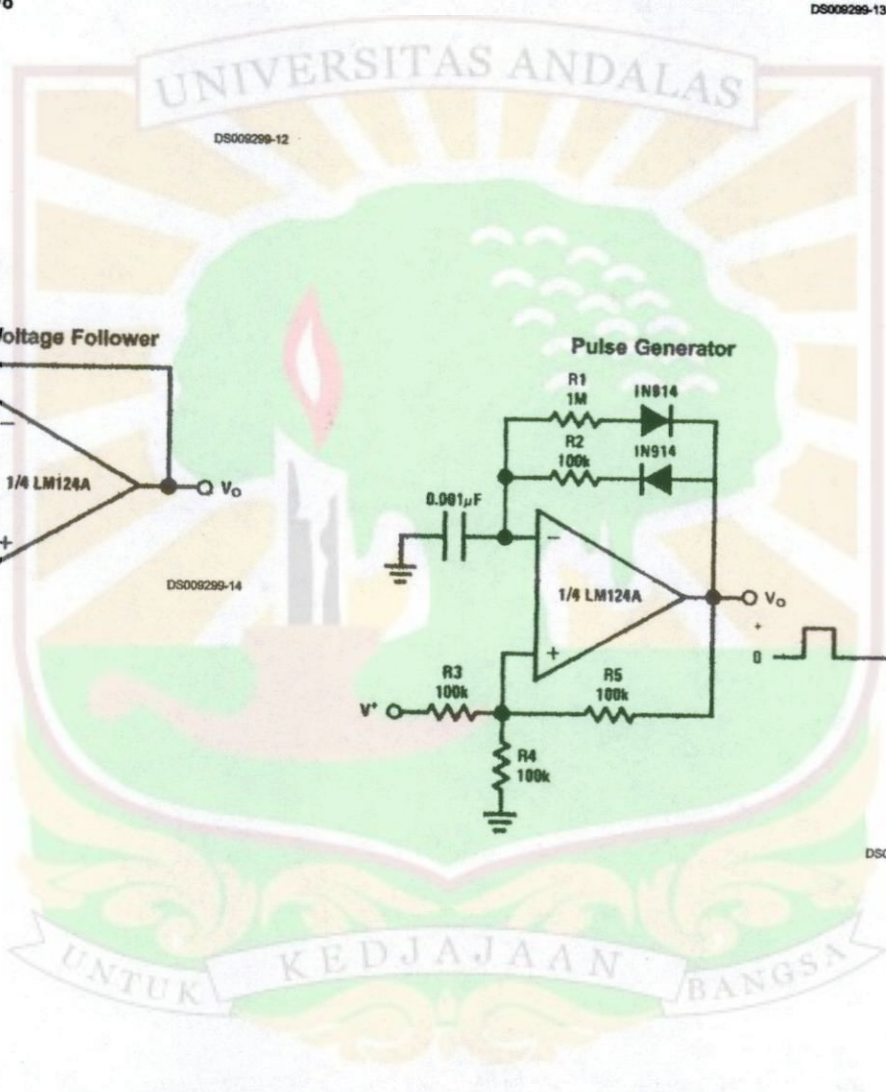
\*(Increase R1 for  $I_L$  small)



DS009299-14

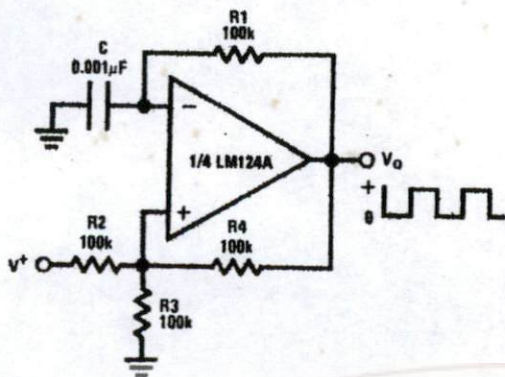


DS009299-15



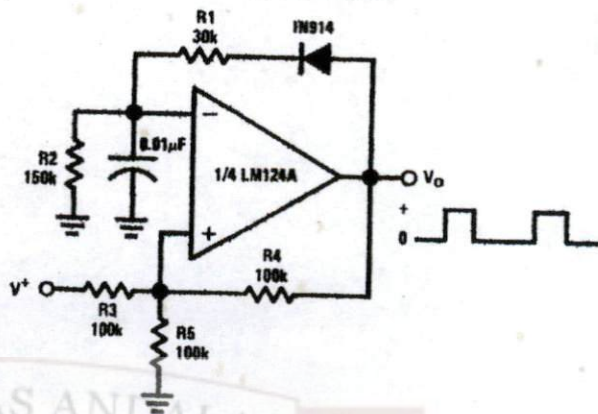
# Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

Squarewave Oscillator



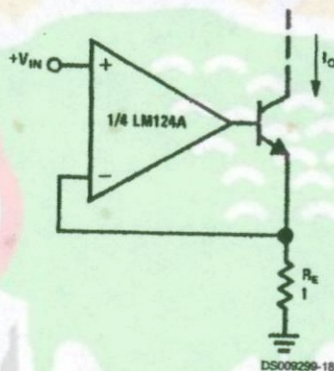
DS009299-16

Pulse Generator



DS009299-17

High Compliance Current Sink



DS009299-18

$I_O = 1 \text{ amp/volt } V_{IN}$   
(Increase  $R_E$  for  $I_O$  small)

