

**PRARANCANGAN ALAT PEMOTONG RUMPUT  
OTOMATIS SKALA MINI**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Mesin**



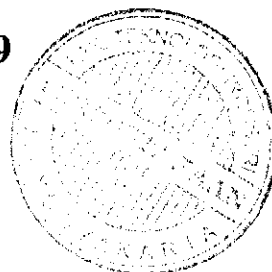
oleh:

**Nama : Sugeng Adiguna Sutowo**

**No. Mahasiswa : 01 525 016**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2009**



LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING  
PRAPERANCANGAN ALAT PEMOTONG RUMPUT  
OTOMATIS SKALA MINI

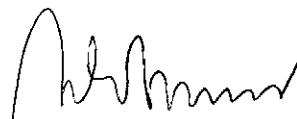
TUGAS AKHIR



Yogyakarta, 20 Juli 2009

**Dosen Pembimbing**

**Tugas Akhir**



**AGUNG NUGROHO ADI, ST.MT.**

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PRAPERANCANGAN ALAT PEMOTONG RUMPUT OTOMATIS SKALA MINI TUGAS AKHIR

oleh:  
Sugeng Adiguna Sutowo  
01 525 016

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan teknik mesin Fakultas Teknologi  
Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 24 Agustus 2009

Tim Penguji :

Agung Nugroho Adi,ST.,MT.

(.....)

Ketua

Muhammad Ridlwan,ST.,MT.

(.....)

Anggota I

Ferriawan Yudhanto ,ST.,MT.

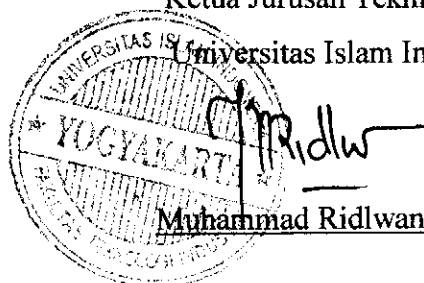
(.....)

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Universitas Islam Indonesia



Muhammad Ridlwan,ST.,MT.

## Halaman Persembahan



*Kupersembahkan Kepada :*

Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya  
Nabi Muhammad. SAW sebagai *Sayyidul anam*

*Ayah Lestari dan Bunda Kasirafi*

Tak pernah letih kau menuang kasih  
Tiada letih doamu memberi  
Menuntun setiap langkahku  
Janganlah terhenti semua yang kau beri  
Janganlah terhenti doamu mengalir

*Semua Kakakku*

Terima kasih bantuan, dukungan dan bimbingannya

*Purwanti*

Tetaplah menjadi pelita hatiku

*Bapak Agung Nugroho Adi, ST, MT.*

Sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa meluangkan waktu  
dan banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama Tugas Akhir

*Dosen dan staff Jurusan Teknik Mesin FTI - UII*

Yang dengan tulus ikhlas membantu, mendidik dan membimbingku

*Sahabat senasib sepenanggungan*

Terima kasih teman

*Teman teman Kost*

## Halaman Motto

*Akal dan belajar itu seperti raga dan jiwa, tanpa raga, jiwa hanyalah udara tanpa makna, tanpa jiwa, raga adalah kerangka tanpa makna.*

*(Khalil Gibran)*

*“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai ( dari suatu urusan ) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap “*

*( Qs. Al Insyrah 6-8 )*

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

## Kata Pengantar



**Assalaamu'alaikum Wr.Wb.**

*Alhamdulillah* rabbil'alamiin, Puji dan syukurku kehadiran Allah SWT atas segala karunia dan hidayah yang telah diberikan, sehingga dengan ridha-Nya penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Tak lupa shalawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, yang selalu kita tunggu shafaatnya di *yaummul akhir*.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Kelancaran dan keberhasilan pembuatan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan serta bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dengan selesainya laporan Tugas Akhir, penyusun menyampaikan terima kasih sedalam – dalamnya kepada :

1. Allah SWT, – Sang Maha Pengasih dan Penyayang. Yang selalu memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada semua umat-Nya.
2. Nabi Muhammad SAW, atas segala perjuangan dan amanahnya.
3. Kedua orang tua tercinta Bapak Lestari, ibu Kasirah yang selalu memberikan do'a dan dukungan baik moril maupun materil, serta nasehat - nasehatnya dan kakakku mas Tutiyanto, mas Tutiyono, mas Trinyoto, mas Tumrapno, ayuku Tuthandayani serta adeku Toprayogo, Topranoto, Tosaputro atas do'a, kasih sayang dan bekal serta motivasi dalam menempuh pendidikan, yang senantiasa sabar.
4. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Muhammad Ridwan, ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

6. Bapak Agung Nugroho Adi, ST, MT. Sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa meluangkan waktu dan banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama Tugas Akhir dan dalam penyusunan laporan akhir.
7. Dosen - dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
8. Karyawan Jurusan Teknik Mesin dan Seluruh karyawan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
9. Untung Setya Aji, Dwi Wiyanto, Kurniawan Adi yang selama ini membantu dalam proses pembuatan alat.
10. Teman - temanku Panca Nugraha, Tertian Secundari, Aris Riyanto, Fandi Ahmad, Imam Suprastya dan sekeluarga, Nurrahman Budi, Suwandi dan teman - temanku yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan laporan Tugas Akhir.
11. Semua pihak langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan laporan tugas akhir yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan tidak sempurna dalam penyusunan laporan Tugas Akhir, untuk itu penulis menerima kritikan dan saran dari pembaca.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun dan pembacanya. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, *Amiin Yarobhal' alamin.*

**Wassalamu'alaikum Wr.Wb.**

Yogyakarta, 20 Agustus 2009

Penyusun

Sugeng Adiguna Sutowo

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pembagian port berdasarkan fungsinya.....	15
Tabel 3.2 Kombinasi logika pada kaki mikrokontroler.....	20
Tabel 4.1 Hasil pengukuran keluaran sensor Infra Red.....	24
Tabel 4.2 Hasil pengujian rangkaian.....	25
Tabel 4.3 Hasil keseluruhan pengujian sistem.....	26





## Abstraksi

Perkembangan teknologi saat ini sudah semakin pesat pada berbagai bidang, khususnya pada bidang robotika, sehingga semakin lama robot akan dapat melakukan pekerjaan yang dapat meringankan beban manusia. Sistem yang dapat bekerja otomatis saat ini sangat dibutuhkan dalam berbagai bidang. Pemotong rumput otomatis dengan menggunakan mikrokontroler merupakan salah satu sistem yang dapat bekerja secara otomatis.

Laporan ini menjelaskan mengenai perancangan alat beroda tiga ( satu di kanan, satu di kiri dan satu di belakang ) yang akan membawa pemotong rumput sehingga dapat berfungsi secara otomatis. Pemotong rumput otomatis merupakan sebuah alat yang sederhana dengan menggunakan sensor untuk membaca lingkungan. Keluaran dari sensor dihubungkan dengan mikrokontroler untuk menentukan keluaran dalam bentuk logika high atau low. Keluaran dihubungkan dengan port input pada mikrokontroler ATmega 8535 yang digunakan sebagai pengolah data. Kemudian keluaran mikrokontroler dihubungkan dengan driver motor yang akan mengendalikan dua buah motor penggerak dalam alat ini.

Pengujian pemotong rumput otomatis digunakan untuk membuktikan apakah pemotong rumput otomatis yang digunakan dapat sesuai dengan yang direncanakan. Sedangkan pengujian pemotong rumput otomatis dimaksudkan untuk memperoleh beberapa parameter yang dapat menunjukkan kemampuan pemotong rumput otomatis dalam menjalankan fungsi operasionalnya.

Dari hasil pengujian pemotongan rumput hampir sama dengan pemotong rumput biasa yang memakai operator dan gerak pemotong rumput otomatis yang dihasilkan adalah masih acak.

**Kata Kunci : Driver Motor, Port, Sensor, Mikrokontroler**

## Daftar Isi

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing.....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji.....	iii
Halaman Persembahan.....	iv
Halaman Motto.....	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstraksi.....	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar.....	xiii
Bab I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	2
Bab II DASAR TEORI.....	4
2.1 Mikrokontroler.....	4
2.1.1 Arsitektur Atmega8535.....	5
2.1.2 Fitur Atmega8535.....	6
2.1.3 Konfigurasi Pin Atmega8535.....	6
2.2 Sensor.....	7
2.2.1 Macam-macam sensor eksternal.....	8
2.2.2 Infra Red.....	8
2.3 Motor DC.....	9
2.4 Driver Motor L298.....	9

Bab III PERANCANGAN ALAT.....	11
3.1 Gambaran Umum Sistem.....	11
3.2 Perancangan Pemotong rumput otomatis.....	11
3.3 Perancangan Mekanik.....	12
3.4 Elektronik.....	14
3.5 Perancangan Perangkat Lunak.....	15
3.5.1 Rangkaian Sensor.....	15
3.5.2 Rangkaian Driver Motor L298.....	16
3.6 Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler.....	18
3.6.1 Program Inisialisasi Mikrokontroler ATmega8535.....	18
3.6.2 Program Utama.....	19
3.6.3 Subrutin Cek Infra Red.....	20
3.6.4 Subrutin Jalan.....	20
 Bab IV PENGUJIAN ALAT DAN PEMBAHASAN.....	 22
4.1 Metode Pengujian.....	22
4.2 Pengujian Pemotong Rumput Otomatis Pada Area Rumput.....	22
4.2.1 Gerak Zig - Zag.....	23
4.3 Pengujian Rangkaian Sensor.....	23
4.4 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler.....	24
4.5 Pengujian Rangkaian Driver dan Motor.....	24
4.6 Pengujian Sistem.....	26
4.7 Hasil Pengujian.....	26
 Bab V PENUTUP.....	 27
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran.....	27
 Daftar Pustaka	
LAMPIRAN 1	
LAMPIRAN 2	
LAMPIRAN 3	
LAMPIRAN 4	



LAMPIRAN 5

LAMPIRAN 6

LAMPIRAN 7

LAMPIRAN 8



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok diagram fungsional ATmega8535 .....	5
Gambar 2.2 Pin ATmega8535 .....	7
Gambar 2.3 Motor DC Power window .....	9
Gambar 2.4 Konfigurasi L298 .....	10
Gambar 2.5 Blok diagram L298 .....	10
Gambar 3.1 Diagram Blok System .....	11
Gambar 3.2 Platform dilihat dari sisi atas .....	12
Gambar 3.3 Hasil Akhir Perancangan Pemotong Rumput Otomatis .....	12
Gambar 3.4 Susunan Roda .....	13
Gambar 3.5 Assembly dari Motor serta Roda .....	14
Gambar 3.6 DiagramElektronik untuk Pemotong Rumput Otomatis .....	14
Gambar 3.7 Rangkaian Infra Red dan IC 555 .....	16
Gambar 3.8 Logika memutar motor .....	17
Gambar 3.9 Rangkaian Driver Motor .....	18
Gambar 3.10 Flowchart inisialisasi mikrokontroler .....	19
Gambar 3.11 Flowchart Program Utama .....	19
Gambar 3.12 Flowchart Subrutin cek Infra Red .....	20
Gambar 3.13 Flowchart Subrutin Jalan .....	21
Gambar 4.1 Gerak zig-zag pada area rumput .....	23
Gambar 4.2 Hasil Pemotong Rumput Otomatis .....	26

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Halaman yang luas merupakan aset tapi kadang justru kita terbebani dengan biaya, waktu dan tenaga untuk mengurusnya. Perangkat ini ditujukan bagi mereka yang ingin waktunya tidak terbuang sia-sia hanya untuk mengurus halaman saja. Karena hal itu memotong rumput akan membuang waktu, sedang waktu tersebut dapat digunakan untuk kegiatan atau pekerjaan lainnya.

Mesin pemotong rumput kebanyakan dikendalikan secara manual dengan bantuan manusia sebagai operatornya. Semakin berkembangnya teknologi dalam bidang robotika, alat pembawa pemotong rumput otomatis yang tanpa operator dapat dikerjakan. Pemotong rumput otomatis nantinya bekerja berdasarkan program yang telah dibuat dan *download* ke dalam mikrokontroler. Untuk dapat berjalan, pemotong rumput otomatis dilengkapi dengan sistem penggerak yaitu roda.

Semakin beragam alat pemotong rumput, banyak dipakai dipemukiman, beberapa diantaranya yaitu pada pemukiman yang memiliki halaman yang berumput, digunakan untuk meratakan rumput yang sudah terlalu tinggi atau merapikan dan juga dipakai pada instansi olahraga yaitu lapangan sepak bola dan lapangan golf.

## 1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana merancang dan mewujudkan alat pemotong rumput otomatis.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada perancangan adalah :

1. Batasan difokuskan pada perancangan dan pembuatan alat pemotong rumput otomatis yang mampu berjalan sesuai dengan jalurnya.

2. Proses pembuatan alat ini dibatasi menggunakan sensor, mikrokontroler dan motor DC.
3. Pembuatan pemotong rumput otomatis ini hanya berbentuk *prototype* dibatasi pada pembuatan berbentuk kotak persegi dengan dimensi ukuran 350 mm dan tinggi 100 mm.
4. Alat ini dapat bergerak ke segala arah.
5. Pengendalian alat ini menggunakan mikrokontroler jenis ATmega 8535.
6. Area yang digunakan adalah area rumput yang berbentuk persegi.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat pemotong rumput otomatis dan membandingkan pemotong rumput tidak otomatis dalam memotong dan merapikan rumput.

#### **1.5 Manfaat Tugas Akhir**

Tugas Akhir ini akan memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi robotika pada umumnya. Pada khususnya dapat membantu meringankan manusia dalam pekerjaan rumah sehingga dapat memanfaatkan waktu dengan lebih efektif.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari masing-masing bab yaitu bagian pendahuluan berisikan halaman judul, lembar pengesahan dosen pembimbing, lembar pengesahan dosen penguji, halaman motto, kata pengantar, abstraksi, daftar isi, daftar tabel dan juga daftar gambar.

Bab I Pendahuluan berisikan tentang latar belakang masalah yang akan diteliti, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari Tugas Akhir dan sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini.

Bab II Landasan Teori berisikan menguraikan tentang teori-teori yang menjadi acuan dalam pembuatan Tugas Akhir, diantaranya teori tentang mikrokontroler, sensor, dan tentang motor DC.

Bab III Perancangan Sistem berisikan tentang proses perancangan dan pembuatan pemotong rumput otomatis dengan mikrokontroler, sensor.

Bab IV Hasil Pengujian dan Pembahasan berisikan pembahasan metode pengujian pemotong rumput.

Bab V Penutup berisikan kesimpulan mengenai semua uraian yang telah dijabarkan pada bab-bab sebelumnya dan juga dilengkapi saran-saran agar pemotong rumput otomatis yang dibuat dapat bermanfaat bagi semuanya. Bagian akhir ini memuat daftar pustaka, yaitu sumber acuan yang digunakan dalam pelaksanaan dan pembuatan laporan Tugas Akhir dan lampiran.





## BAB II DASAR TEORI

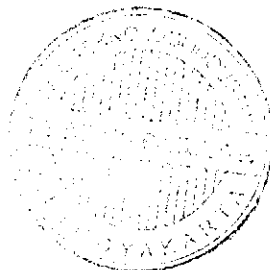
### 2.1 MIKROKONTROLER

Mikrokontroler adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Mikrokontroler merupakan suatu rangkaian terintegrasi (IC) yang bekerja untuk aplikasi-aplikasi pengendalian. Untuk mendukung fungsi pengendaliannya, maka suatu mikrokontroler memiliki bagian-bagian sebagai berikut :

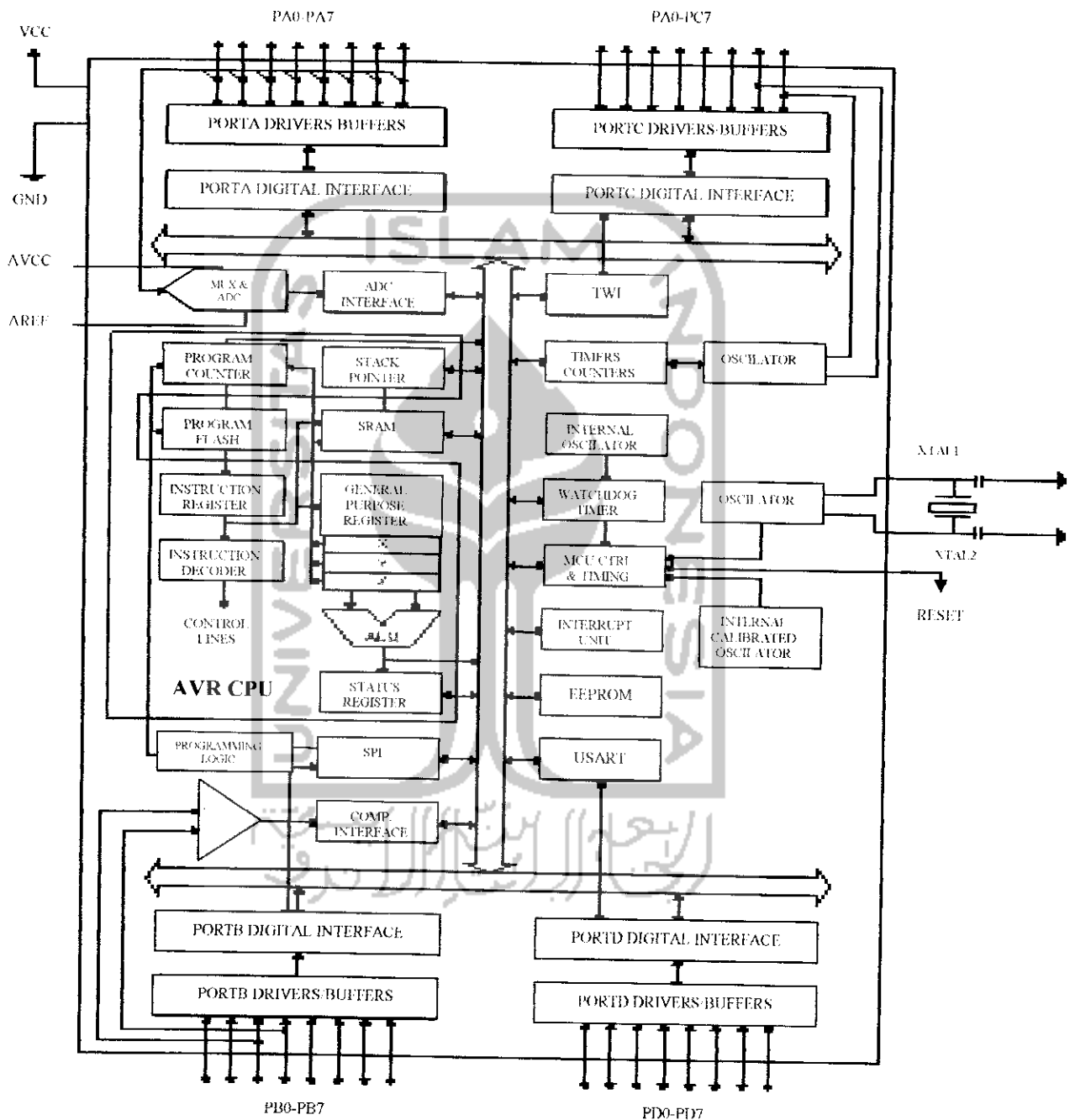
1. *Central Processing Unit (CPU)*
2. *EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)*
3. *System Random Access Memory (SRAM)*
4. *Pewaktu / Pencacah*
5. *Unit I/O (Serial/Parallel)*

Kemampuan digital mikrokontroler ini adalah menirukan fungsi otak manusia. Mikrokontroler ini berbeda halnya dengan mikroprosesor yang terdiri dari *Central Processing Unit (CPU)* dan register-register, tanpa memori, tanpa I/O, dan komponen yang dibutuhkan oleh suatu sistem supaya dapat bekerja.

Apabila mikroprosesor ini dikombinasikan dengan I/O dan memori (SRAM dan EEPROM) akan menghasilkan sebuah mikrokontroler, dimana kombinasi dari komponen - komponen ini sudah terdapat dalam satu rangkaian yang terintegrasi (*Integrated Circuit*).



### 2.1.1 Arsitektur ATmega8535



Gambar 2.1 Blok diagram fungsional ATmega8535

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATmega8535 memiliki bagian sebagai berikut :

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.

3. Tiga buah *Timer Counter* dengan kemampuan perbandingan.
4. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
5. *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
6. SRAM sebesar 512 *byte*.
7. Memori *Flash* sebesar 8 kb dengan kemampuan *Read While Write*.
8. Unit interupsi internal dan eksternal.
9. Port antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi.
11. Antarmuka komparator analog.
12. Port USART untuk komunikasi serial.

### 2.1.2 Fitur ATmega8535

Adapun kapabilitas detail dari ATmega8535 adalah sebagai berikut :

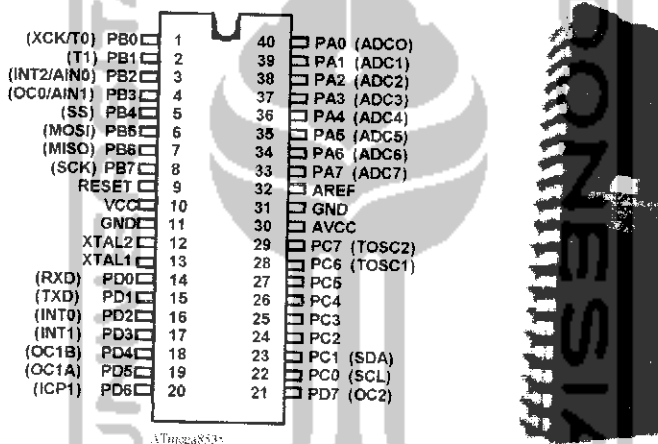
1. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis *RISC* dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
2. Kapabilitas memori *flash* 8 KB, SRAM sebesar 512 *byte*, dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memori*) sebesar 512 *byte*.
3. ADC internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 *channel*.
4. Portal komunikasi serial (*USART*) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
5. Enam pilihan mode *sleep* untuk menghemat penggunaan daya listrik.

### 2.1.3 Konfigurasi Pin ATmega8535

Konfigurasi pin ATmega8535 dilihat pada gambar 2.2 Dari gambar tersebut maka dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega8535 sebagai berikut :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi untuk pin masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *ground*.
3. Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
4. Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu *Timer Counter*, komparator analog, dan SPI.

5. Port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Oscillator*.
6. Port D (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu komparator analog, interupsi *eksternal*, dan komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock eksternal*.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.



Gambar 2.2 Pin ATmega8535

## 2.2 Sensor

Sensor merupakan suatu unsur mekatronik atau sistem pengukuran yang memperoleh suatu parameter fisik dan merubahnya ke dalam suatu isyarat yang dapat diproses oleh sistem, dengan cara bereaksi terhadap suatu perubahan dalam peristiwa fisik (misal, temperatur, jarak kekuatan).

Sensor adalah piranti yang mentransformkan (mengubah) suatu nilai (isyarat atau energi) fisik ke nilai fisik yang lain serta menghubungkan antara fisik nyata dan industri electric dan piranti elektronika. Di dunia industri berguna untuk monitoring, controlling, dan proteksi. Sering disebut juga dengan *transducer*.

Tidak terbatas pada pengukuran besaran fisik saja, tetapi juga pada kimia, dan biologi.

### 2.2.1 Macam-macam sensor eksternal:

a. Sensor optik

Menggunakan pancaran cahaya untuk mendeteksi kehadiran benda. Biasanya digunakan *optical transducer* seperti LDR, *photo dioda*, *photo transistor*.

b. Sensor panas

Mendeteksi panas dan mengubahnya ke bentuk sinyal listrik, misalnya lempeng bimetal, thermistor, NTC, PYC.

c. Sensor peraba

Digunakan untuk mengetahui adanya kontak dengan benda lain. Misalnya sensor *piezo resistive*, sensor matriks, sensor pneumatik.

Sensor dapat melakukan pengukuran terhadap parameter-parameter fisik seperti suhu, posisi, tekanan, intensitas cahaya dan lain-lain. Fungsi dari sensor adalah sebagai pengindera dari perubahan, magnetuda atau frekuensi dari besaran yang diukur, dan untuk menyediakan keluaran berupa besaran listrik yang dapat diproses oleh bagian atau rangkaian lain.

### 2.2.2 Infra Merah

Infra merah adalah suatu gelombang cahaya yang tidak tampak oleh mata, yang frekuensinya berkisar dari 200 KHz sampai dengan 400 KHz. Komponen untuk memancarkan infra merah banyak dijual di pasaran dalam bentuk Led infra merah. Led infra merah ini terbuat dari bahan gallium arsenide padat yang akan memancarkan cahaya dalam radian flux jika diberi bias maju.

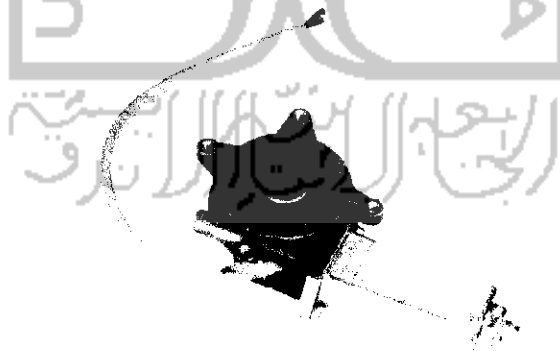
Operasi dasar dari Led infra merah pada dasarnya mencakup dua aspek, yaitu cahaya sebagai bentuk energi dan energi *disupply* ke hubungan p-n yang mengakibatkan meningkatnya arus carrier. Cahaya dapat digunakan untuk meningkatkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi, dimana dapat berfungsi sebagai arus carrier. Energi yang cukup harus *disupply* dengan radiasi sehingga electron dapat bergerak dari suatu pita ke pita lain, jika radiasi mempunyai energi yang kecil maka *electron* tidak dapat ditingkatkan sehingga tidak ada arus yang mengalir.

### 2.3 Motor DC

Motor adalah mesin yang menggunakan energi elektrik dan energi magnetik untuk menghasilkan energi mekanis yang berupa kecepatan atau putaran, dalam hal ini energi elektrik yang diubah berbentuk arus searah (DC).

Pada prinsipnya mesin arus searah dapat berlaku sebagai motor arus searah maupun sebagai generator arus searah. Perbedaannya hanya terletak pada konversi dayanya. Generator arus searah adalah suatu mesin arus searah yang mengubah daya masukan mekanik menjadi daya keluaran elektrik, sedangkan sebaliknya motor arus searah mengubah daya masukan elektrik menjadi daya keluaran mekanik.

Prinsip kerja motor arus searah berdasarkan pada penghantar yang membawa arus ditempatkan dalam suatu medan magnetik, sehingga penghantar tersebut akan mengalami gaya. Gaya ini akan menimbulkan torsi yang akan menghasilkan rotasi mekanik, yang akhirnya motor tersebut dapat bergerak atau berputar. Besarnya gaya yang diberikan untuk menggerakkan motor adalah berubah sebanding dengan kekuatan medan magnetik, besarnya arus yang mengalir pada penghantar dan panjang penghantar.

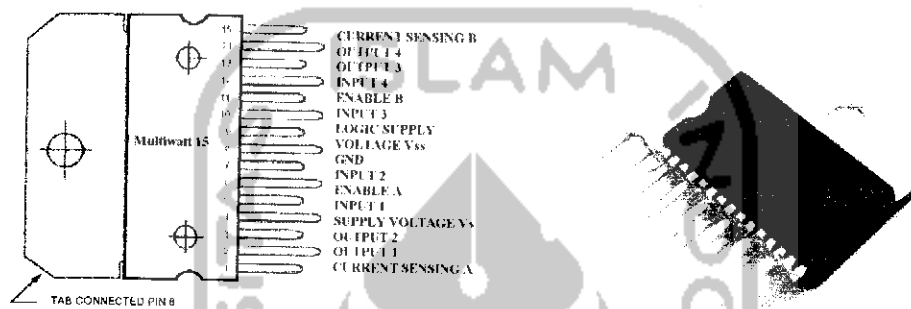


Gambar 2.3 Motor DC (Power window)

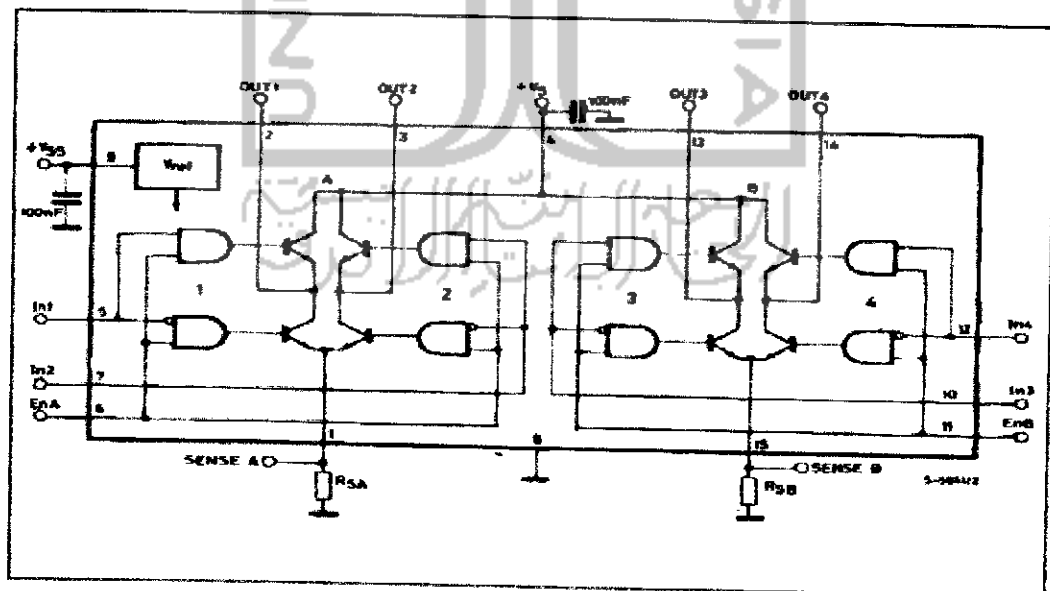
### 2.4 Driver Motor L298

L298 adalah suatu IC yang digunakan untuk menjalankan motor. Konfigurasi pin L298 dapat dilihat pada Gambar 2.7. *Feature* yang dimiliki L298 adalah

1. Tegangan kerja sampai dengan 46 volts
2. Mampu memberikan arus sampai 4 A
3. Tegangan saturasi yang rendah
4. Proteksi terhadap panas yang berlebih
5. Logika 0 (low) tegangan sampai 1,5 volt



Gambar 2.4 Konfigurasi L298



Gambar 2.5 Blok diagram L298

## BAB III PERANCANGAN ALAT

### 3.1 Gambaran Umum Sistem

Perangkat lunak yang akan dibangun adalah suatu pemotong rumput otomatis menggunakan ATmega8535 dan sensor *Infra Red*. Input untuk system yang akan dibuat ini berupa *Infra Red*. Untuk pengolahannya digunakan mikrokontroler ATmega8535 sedangkan untuk outputnya berupa motor yang difungsikan untuk menggerakkan roda. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Prinsip kerja dari pemotong rumput otomatis menggunakan ATmega8535 dan sensor *Infra Red* yaitu berjalan secara otomatis. Pendeteksian objek menggunakan *Infra Red* jika terdeteksi adanya objek didepannya maka akan berhenti selama beberapa saat. Pendeteksian kondisi atau keadaan terbuka menggunakan sensor *Infra Red* dan *Limit Switch*, sensor *limit switch* yang digunakan 2 buah, dipasang di depan kanan dan kiri untuk mendeteksi objek yang ada didepannya.

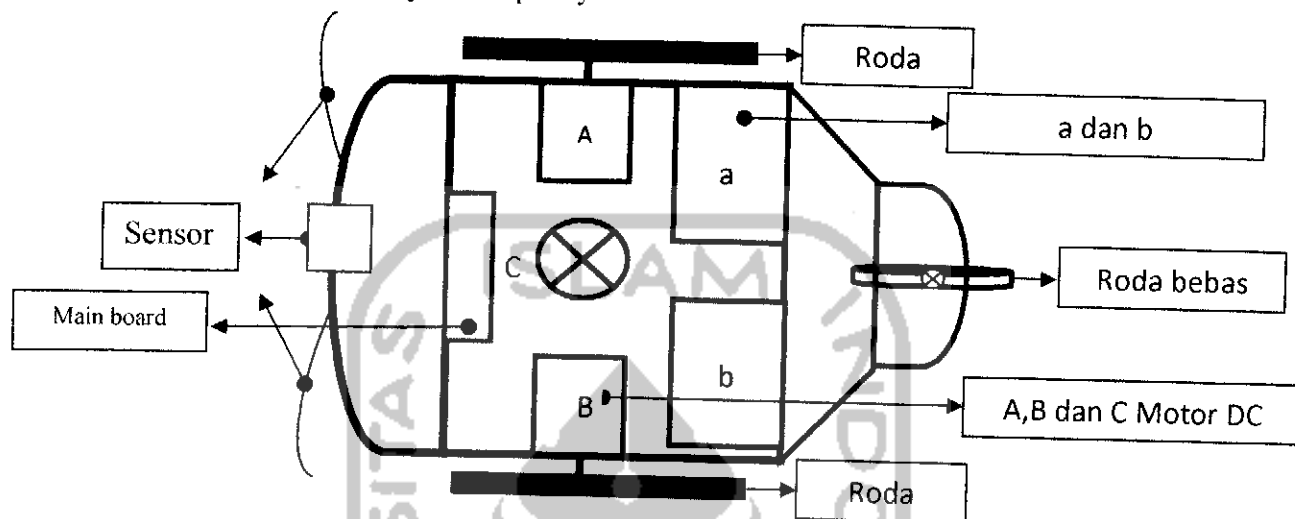
### 3.2 Perancangan Pemotong Rumput Otomatis

Perancangan pemotong rumput otomatis terdiri dari tiga tahap perancangan yaitu perancangan mekanik, perancangan elektronik, dan perangkat lunak. (Desain Pemotong Rumput Otomatis Terlampir)

Jenis dalam aplikasi ini adalah gerak otomatis seperti yang digunakan pada robot. Untuk mendeteksi keadaan objek didepannya menggunakan *Infra Red* yang dibuat yaitu 1 dan mempunyai 2 roda yang maju dan mundur dengan system gerak. Penggerak dilakukan dengan 2 buah motor DC (Power window).



Infra Red yang dipasang disisi depan : yaitu *Infra Red* yang fungsinya digunakan untuk mendeteksi objek didepannya.



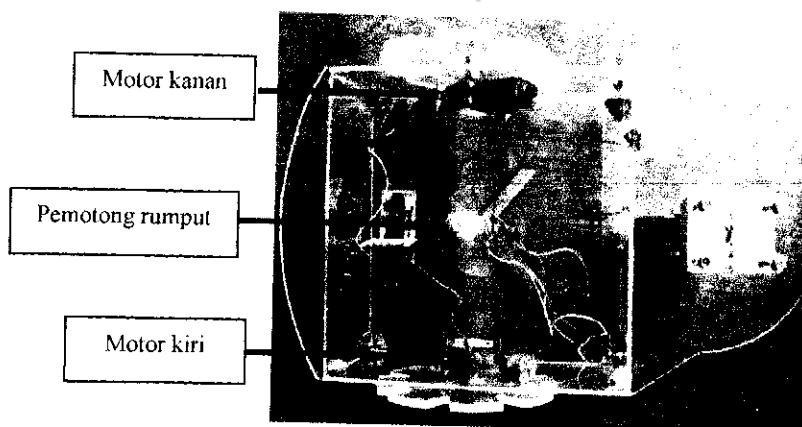
Gambar 3.2 Platform dilihat dari sisi atas

### 3.2.1 Alat dan Bahan yang Digunakan

Alat yang digunakan diantaranya: gergaji triplek, bor tangan, penggaris, jangka, spidol. Sedangkan bahan yang digunakan diantaranya: *Sterfoam* (gabus), *Acrylic*.

### 3.3 Perancangan Mekanik

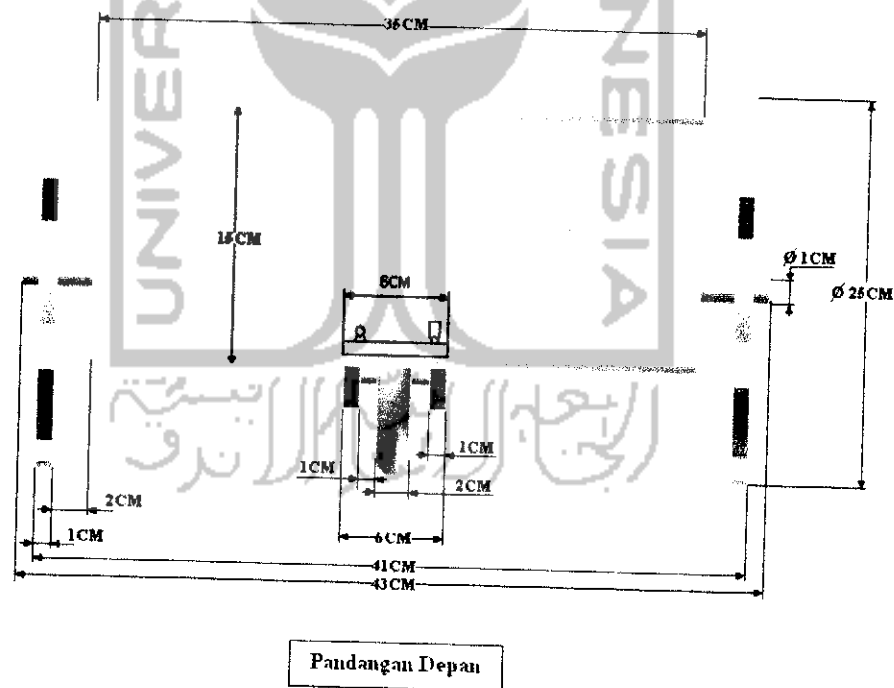
Gambar 3.3 menunjukkan bentuk akhir dari perancangan pemotong rumput otomatis yang nantinya akan membawa pemotong rumput.



Gambar 3.3 Hasil akhir perancangan pemotong rumput otomatis

Pemotong rumput otomatis menggunakan penggerak motor DC (Power window). Masing-masing motor DC dituntut untuk dapat menggerakkan masing-masing roda, yaitu searah jarum jam (*cw*) dan berlawanan arah jarum jam (*ccw*). Selanjutnya, kombinasi gerak dari kedua roda juga dituntut dapat menghasilkan gerak berbelok. Gerak berbelok pada pemotong rumput otomatis dibuat menyerupai gerakan dari sebuah tank, yaitu pergerakan kedua roda saling berlawanan pada saat yang bersamaan. Bila motor kanan bergerak maju maka motor kiri bergerak mundur begitu juga sebaliknya.

Hasil dari pemotongan akan lebih maksimal bila pemotong rumput otomatis berjalan relatif pelan namun dengan tenaga yang besar. Gambar 3.4 menunjukkan rangkaian transmisi roda dengan dua as poros tetap yang digunakan pada pemotong rumput otomatis.



Gambar 3.4 Susunan roda

Dengan rangkaian tersebut diharapkan dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Untuk menghindari terjadinya slip antara roda dengan bidang sentuhnya (rumput) maka pada roda dibuat bercelah. Gambar 3.5 menunjukkan As baut roda yang dipasang pada roda. Teknik penyambungan roda dengan

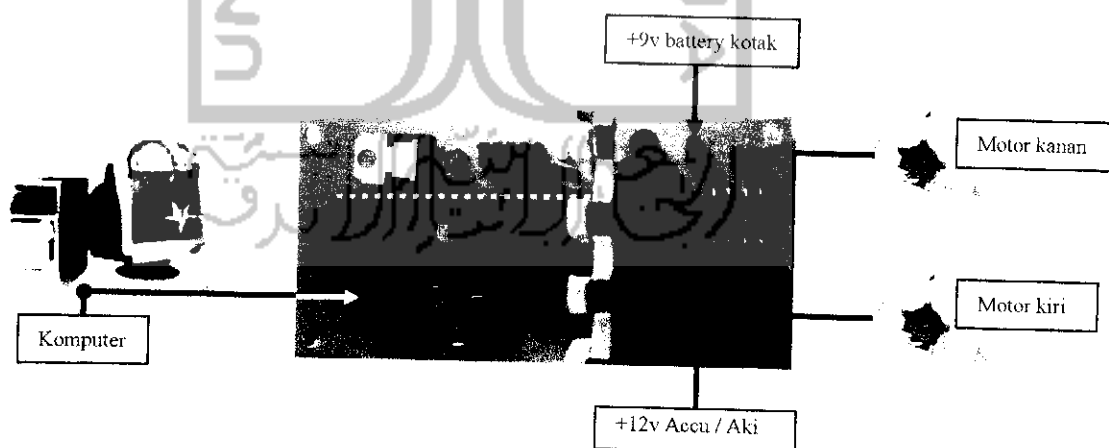
menggunakan as baut berukuran 12 mm dihubungkan dengan motor DC. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Assembly dari motor serta roda*

### 3.4 Elektronik

Rangkaian elektronika pada perancangan pemotong rumput otomatis secara sederhana dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Diagram elektronik untuk pemotong rumput otomatis*

Sesuai dengan gambar diagram, mikrokontroler mendapatkan sinyal masukan dari sensor, kemudian mengolah sinyal tersebut yang selanjutnya mikrokontroler memberikan sinyal pada 2 buah motor DC. Perancangan elektronik ini sendiri membutuhkan 2 sumber daya yang terpisah. Hal ini harus dilakukan karena sumber daya pada mikrokontroler tidak boleh terganggu. Pada

saat motor DC bekerja kebutuhan akan daya cenderung berubah tergantung beban yang diterima untuk masing-masing motor DC. Kondosi inilah yang bisa menyebabkan mikrokontroler reset ketika berjalan. Untuk itu pemisahan sumber daya harus dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya gangguan. Mikrokontroler ATmega8535 memiliki 3 *port*, namun pada aplikasi ini hanya 2 *port* yang digunakan. Komputer merupakan perangkat keras dalam proses pemrograman di mana penulisan dengan menggunakan *BASCOM-8535* dan *download* dilakukan menggunakan kabel parallel.

Rangkaian mikrokontroler ini berperan sangat penting dalam navigasi pemotong rumput otomatis karena berfungsi sebagai pengendali utama navigasi dari pemotong rumput otomatis ini, seperti halnya otak pada manusia. Rangkaian mikrokontroler ini terhubung dengan rangkaian sensor dan driver motor melalui *port - port* yang tersedia. Program yang dibuat dalam bahasa *BASCOM-AVR* dan telah di-*compile* kemudian di-*download* ke dalam mikrokontroler. Selanjutnya mikrokontroler akan mengeksekusi program tersebut dengan memperhatikan keadaan input dari rangkaian sensor. Kemudian mikrokontroler akan memberikan sinyal keluaran yang akan mengendalikan rangkaian driver motor sehingga pemotong rumput otomatis tersebut dapat bergerak maju atau mundur sesuai dengan apa yang telah diprogram.

### 3.5 Perancangan Perangkat Lunak

#### 3.5.1 Rangkaian Sensor

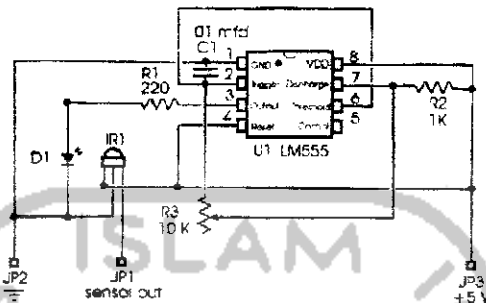
Rangkaian sensor yang digunakan yaitu dan *Infra Red* Pembagian port berdasarkan fungsinya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pembagian port berdasarkan fungsinya.

Port	Fungsi
PC.0	Infra Red

Dari Tabel 3.1, port yang berkedudukan sebagai sensor hanya dipakai Port C. Port ini digunakan untuk menerima output dari rangkaian dan *Infra Red*. Rangkaian sensor ditunjukkan pada Gambar 3.7. Pembuatan rangkaian *Infra Red* menggunakan IC 555, IC 555 suatu IC yang didesain untuk pembuatan automasi

menggunakan *Infra Red*. Untuk penjelasan masing – masing kaki di dasar teori pada BAB II.



Gambar 3.7 Rangkaian *Infra Red* dan IC 555

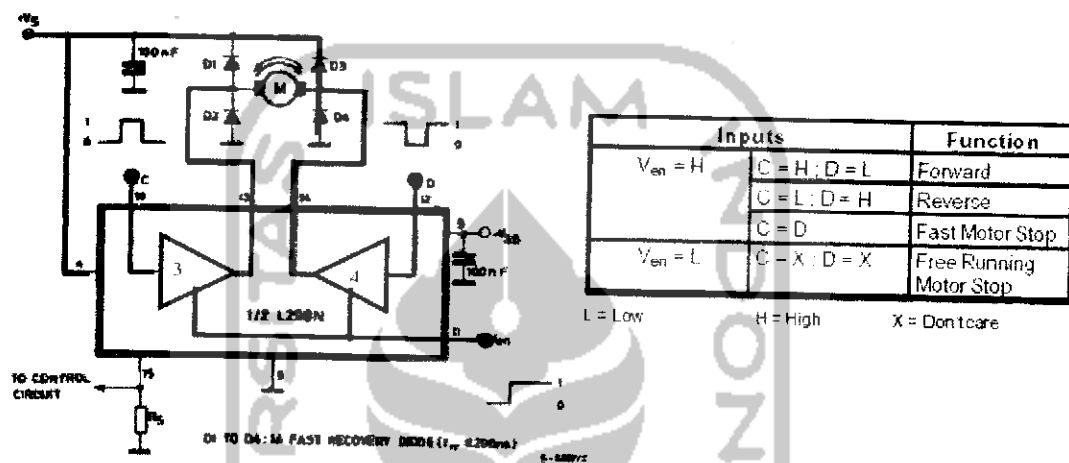
Rangkaian diambil dari data sheet IC 555. Keluaran dari sensor IC 555 dihubungkan dengan kaki mikrokontroler ATmega8535 di kaki 16 dan 17. Sensitifitas penerimaan sensor dengan mengatur potensiometer yang dihubungkan pada kaki 2 IC 555, ketika terdeteksi gerakan objek yang mengeluarkan *Infra Red* logika dikaki input mikrokontroler berlogika 1 (high) sedangkan ketika tidak terdeteksi gerakan dikaki input mikrokontroler berlogika 0 (low).

### 3.5.2 Rangkaian Driver Motor L298

Motor adalah suatu alat yang dapat mengubah daya listrik menjadi tenaga mekanik dalam bentuk putaran. Dengan demikian pengaturan putaran motor mempunyai arti suatu usaha untuk mengatur gerakan putaran motor. Pada alat penggerak, putaran motor digunakan untuk berjalan. Putaran motor dapat ditinjau dari dua aspek: arah putaran motor (satu arah atau dua arah) dan kecepatan (konstan atau tidak konstan).

Untuk mengaktifkan atau menggerakkan motor, dibutuhkan arus yang cukup besar. Karena arus yang disediakan oleh port mikrokontroler tidak cukup untuk mengaktifkan motor maka diperlukan *driver* untuk menggerakkan motor, yaitu menggunakan IC L298. IC L298 ini merupakan suatu IC khusus untuk keperluan antarmuka dari sistem digital dengan arus lemah ke sistem yang membutuhkan tegangan dan arus yang lebih tinggi yang diterapkan khusus untuk aplikasi motor. L298 dapat menggerakkan maksimal 2 motor.

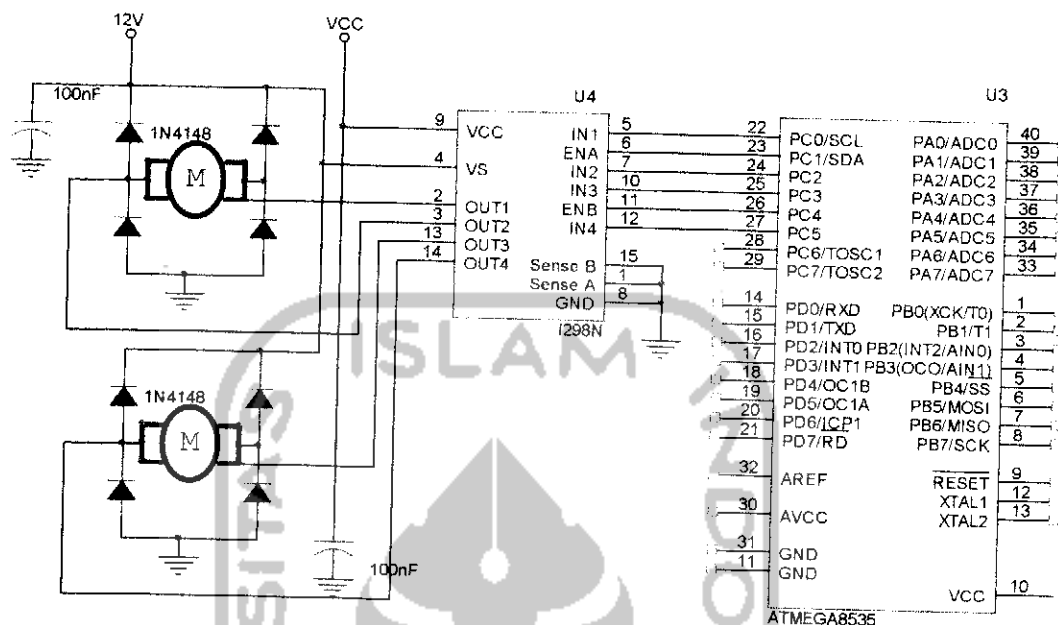
Masukan IC L298 dihubungkan dengan port mikrokontroler, keluaran IC L298 dihubungkan ke motor,  $V_s$  (kaki 4 L298) dihubungkan ke sumber tegangan 12 Vdc,  $V_{cc}$  (kaki 9) dihubungkan ke sumber level tegangan input, sedangkan Sens A, Sens B dan 'GND' dihubungkan ke *ground*.



Gambar 3.8 logika memutar motor

Blok diagram dari L298 dapat dilihat pada gambar 3.8, untuk menjalankan motor menggunakan L298 yaitu dengan memberi logika high di pin  $V_{en}$ ,  $V_{en}$  dihubungkan ke kaki PD2 (kaki 16 mikrokontroler) dan PD3 (kaki 17 mikrokontroler). Untuk memutar motor forward maka C yang dihubungkan ke mikrokontroler kaki 22/25 diberi logika high dan D yang dihubungkan ke mikrokontroler kaki 24/27 diberi logika low sedangkan untuk memutar motor reverse dengan membalik keadaan pada kaki C dan D. Untuk menghentikan motor dilakukan dengan memberi logika yang sama pada input C dan D, selain itu juga dapat dilakukan dengan memberi logika low pada  $V_{en}$ .

Gambar rangkaian L289 dapat dilihat pada gambar 3.9 IC L298 harus ditambah dengan dioda yang dipasang dengan bias negatif (*reverse bias*) pada keluaran dan com. Dioda ini berfungsi melindungi transistor yang ada dalam L298 dari tegangan induksi balik yang timbul dari lilitan motor saat diputar/ dihentikan dan diputar balik.



Gambar 3.9 Rangkaian Driver Motor

### 3.6 Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler

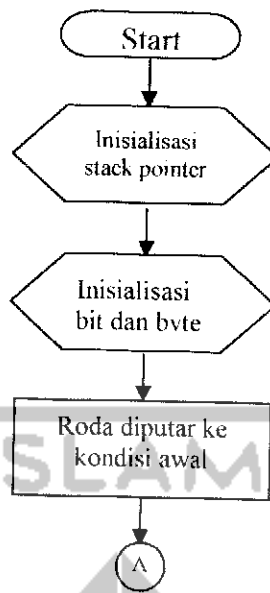
Agar sistem bekerja dengan sebagaimana mestinya, maka diperlukan perangkat lunak yang mengatur kerja dari keseluruhan rangkaian. Pertama-tama yang dibuat adalah diagram alir (*Flowchart*) dan kemudian dilakukan pembuatan program. Pembuatan program ditulis dengan bahasa mesin (*assembly*) mikrokontroler ATmega8535, dan program tersebut disimpan dalam memori flash. Pada mikrokontroler ATmega8535 terdapat memori program sebesar 8 kbyte flash, EEPROM 512 byte dan memori data 512 byte RAM.

Untuk langkah-langkah jalannya program :

1. Inialisasi mikrokontroler.
2. Pendeteksian objek.

#### 3.6.1 Program Inialisasi Mikrokontroler ATmega 8535

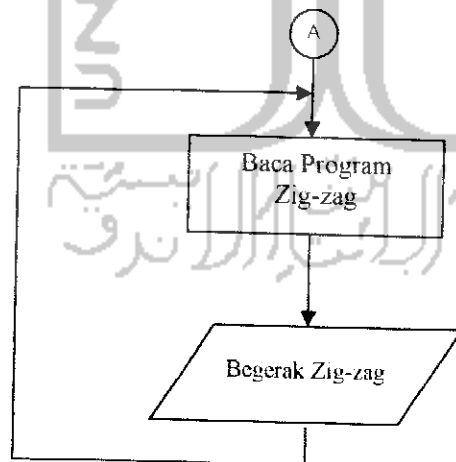
Program inialisasi mikrokontroler meliputi inialisasi bit, inialisasi alamat *vector* interupsi, seting peralatan pada kondisi awal, dan inialisasi penyimpanan program di flash memori. Fowchart inialisasi mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 *flowchart inisialisasi mikrokontroler*

### 3.6.2 Program Utama

Program utama berisi program untuk menjalankan program zig-zag, program yang dibuat untuk menjalankan gerak alat pemotong sesuai dengan yang diinginkan. Flowchart program utama dapat dilihat pada Gambar 3.11.

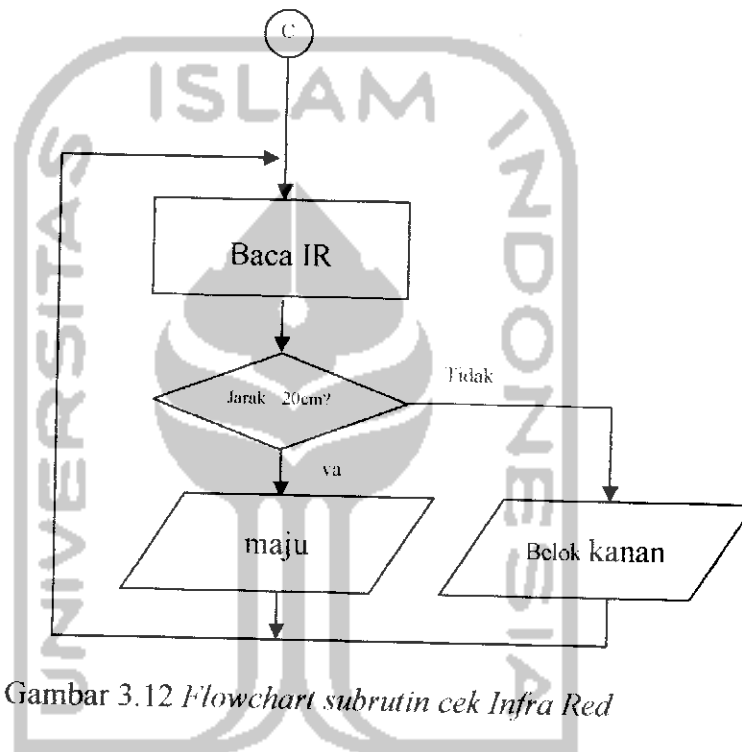


Gambar 3.11 *Flowchart Program Utama*



### 3.6.3 Subrutin cek\_Infra Red

Subrutin cek\_Infra Red berisi program untuk membaca keluaran dari Infra Red. Subrutin ini dipanggil ketika akan berhenti, untuk memastikan tidak ada lagi gerakan manusia yang lewat. Flowchart subrutin cek\_Infra Red dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.12 Flowchart subrutin cek Infra Red

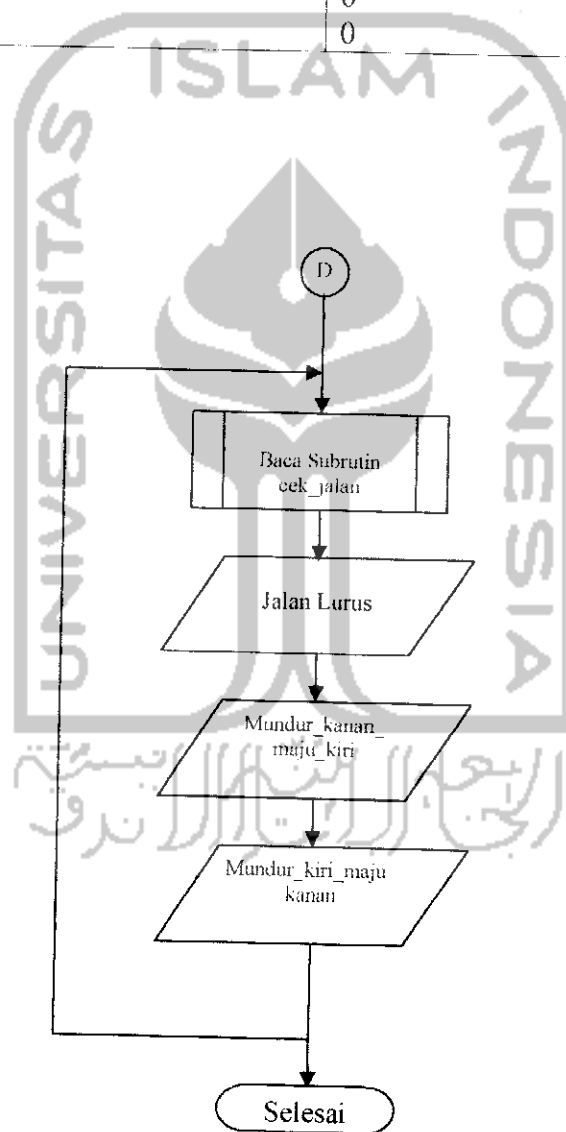
### 3.6.4 Subrutin Jalan

Subrutin jalan berisi program menggerakkan 2 buah motor yang digunakan untuk menggerakkan kombinasi logika pada kaki mikrokontroler untuk menggerakkan ditunjukkan pada Tabel 3.2. Sedangkan flowchart dari subrutin jalan ditunjukkan pada Gambar 3.12.

Tabel 3.2 Kombinasi logika pada kaki mikrokontroler

No	Pin Mikrokontroler	Logika	Keadaan
1.	PD3 PD4 PD6 PD5	0 0 0 0	Berhenti
2.	PD3 PD4 PD6	1 0 0	Kanan

3.	PD5	0	Kiri
	PD3	0	
	PD4	0	
	PD6	1	
	PD5	0	
4.	PD3	0	Berhenti
	PD4	0	
	PD6	0	
	PD5	0	
	PD5	0	



Gambar 3.13 Flowchart subrutin jalan

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN PEMOTONG RUMPUT OTOMATIS**

#### **4.1 Metode Pengujian**

Berdasarkan spesifikasi yang telah dijelaskan sebelumnya, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap pemotong rumput otomatis. Tujuan pengujian ini untuk membuktikan apakah pemotong rumput otomatis yang diinginkan telah berjalan sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya. Hasil pengujian akan dimanfaatkan untuk menyempurnakan pemotong rumput otomatis dan sekaligus digunakan dalam pengembangan lebih lanjut.

Metode pengujian dipilih berdasarkan fungsi operasional dan beberapa parameter yang ingin diketahui dari pemotong rumput otomatis tersebut. Data yang diperoleh dari metode pengujian yang dipilih tersebut dapat memberikan informasi yang cukup untuk keperluan penyempurnaan pemotong rumput otomatis.

Dalam Tugas Akhir ini pengujian pemotong rumput otomatis digunakan untuk membuktikan apakah pemotong rumput otomatis yang digunakan dapat sesuai dengan yang direncanakan.

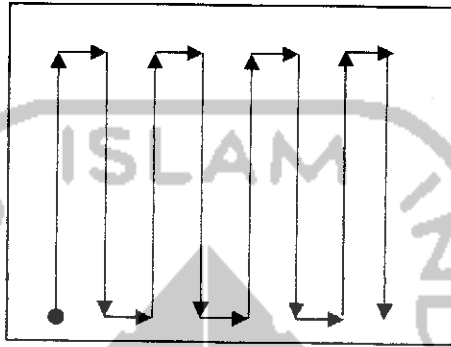
Pengujian pemotong rumput otomatis dimaksudkan untuk memperoleh beberapa parameter yang dapat menunjukkan kemampuan pemotong rumput otomatis dalam menjalankan fungsi operasionalnya.

#### **4.2 Pengujian Pemotong Rumput Otomatis Pada Area Rumput**

Pengujian pemotong rumput otomatis yang dilakukan tanpa menggunakan sensor dilanjutkan dengan menggunakan sensor. Pengujian pemotong rumput otomatis dilakukan dengan satu metode pergerakan, yaitu gerak zig-zag. Dengan pengujian ini akan diketahui apakah pemotong rumput otomatis benar-benar dapat bergerak  $90^\circ$  atau tidak.

#### 4.2.1 Gerak Zig-Zag

Gerak pemotong rumput otomatis dijalankan sesuai dengan program zig-zag yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 4.1 Gerak zig-zag pada area rumput

Gambar 4.1 memperlihatkan alur gerak zig-zag (tanpa adanya halangan) yang seharusnya terjadi pada saat dilakukan pengujian pemotong rumput otomatis. Pemotong rumput otomatis mulai berjalan pada pojok kiri bawah dan tidak berakhir di manapun karena kontrol program menggunakan *loop*.

#### 4.3 Pengujian Rangkaian Sensor

Sensor yang digunakan yaitu Infra Red. Sensor Infra Red digunakan untuk mendeteksi gerakan objek yang memancarkan gelombang inframerah khususnya benda didepan atau disekitarnya.

Dalam pengujian rangkaian sensor Infra Red sebelum mengukur tegangan output sensor ketika terdeteksi adanya gerakan dari objek yang memancarkan gelombang inframerah maka di ukur dulu berapa tegangan pada sensor infra rednya bila sensitivitasnya (potensiometer yang terhubung dipin 2) pada keadaan maksimum dan minimum dimana pada keadaan maksimum adjust sensitivitasnya diset tegangan ground sedang pada keadaan minimum adjust sensitivitasnya diset sama dengan tegangan pada tegangan yang keluar dari pin 7.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran keluaran sensor Infra Red

No	Port A	Kondisi	Tegangan
1	PC.2	Ada Gerakan	4,95 volt
2	PC.2	Tidak ada gerakan	1,44 volt

Dari hasil pengujian sensor keluaran IC 555 yang mengolah hasil dari Infra Red motion detector maka dapat disimpulkan bahwa IC 555 dan Infra Red berfungsi dengan baik. Tegangan output sebesar 0,08 volt sudah memenuhi atau mewakili input pada mikrokontroler sebagai logika rendah, sedangkan tegangan 4,95 volt juga sudah memenuhi untuk logika tinggi. Mikrokontroler beroperasi pada level TTL. Syarat logika 0 (rendah) level TTL yaitu tegangan 0 - 0,8 volt dan logika 1 (tinggi) level TTL adalah tegangan 2- 5 volt. Penggunaan Infa Red untuk aplikasi ini digunakan untuk mendeteksi gerakan objek yang ada didepannya digunakan untuk pengaturan kapan roda berhenti dan mundur.

#### 4.4 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan pemroses utama dalam perancangan alat ini. Pengujian rangkaian mikrokontroler dilakukan dengan cara memberikan logika *high* dan *low* pada keempat port masukan dan keluarannya, kemudian membaca kondisi logika pada masing masing port.

Dari hasil pengujian, pada semua port mempunyai logika sesuai dengan yang diprogram, sehingga rangkaian mikrokontroler ini dapat digunakan sebagai pemroses utama.

#### 4.5 Pengujian Rangkaian Driver dan Motor

Motor digunakan sebagai penggerak untuk memutar roda. Untuk menjalankan motor dibutuhkan rangkaian *driver* berupa L298. Rangkaian driver ini akan bekerja ketika ada masukan tinggi dan rendah (5 Vdc) pada bagian masukan IC L298 akan memberikan tegangan ke motor dengan tegangan keluaran bisa sampai 46 volt. Dalam rangkaian ini menggunakan tegangan 12 volt untuk menggerakkan motor.

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan kondisi berbeda pada port-  
port I/O mikrokontroler ATMEGA8535 yang mengatur *masukan driver* dan  
melihat arah putaran motor. Hasil pengujian Rangkaian driver motor ditunjukkan  
pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian rangkaian.

Motor	Pin Mikrokontroler	Logika	Keadaan
1,2	PD3 PD4 PD6 PD5	0 0 0 0	Berhenti
1,2	PD3 PD4 PD6 PD5	1 0 1 0	Jalan Lurus
1,2	PD3 PD4 PD6 PD5	1 0 0 0	Kiri maju
1,2	PD3 PD4 PD6 PD5	0 0 1 0	Kanan maju
1,2	PD3 PD4 PD6 PD5	0 1 0 1	Jalan mundur
1,2	PD3 PD4 PD6 PD5	1 0 0 1	Mundur Kanan Maju kiri
1,2	PD3 PD4 PD6 PD5	0 1 1 0	Mundur Kiri Maju kanan
1,2	PD3 PD4 PD6 PD5	0 0 0 0	Berhenti

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa L298 dapat digunakan untuk memutar  
motor.

#### 4.6 Pengujian Sistem

Pengujian sistem adalah kerja semua rangkaian kendali. Seluruh rangkaian dihubungkan sesuai dengan fungsinya. Hasil pengamatan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

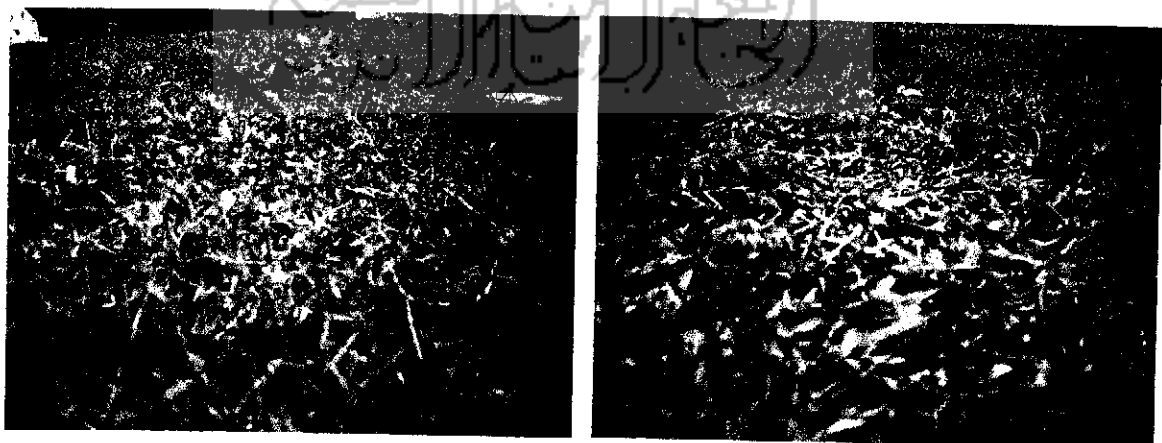
Tabel 4.3 Hasil keseluruhan pengujian sistem.

infra red ke	Jarak Objek	Keadaan Jalan
1	20 cm ± 60 cm	Diam Lurus

Dari hasil pengujian dapat diketahui roda dapat berhenti jika sensor Infra Red mendeteksi objek dengan jarak maksimal 60 centimeter.

#### 4.7 Hasil Pengujian

Hasil disini merupakan dari pengujian sensor dengan pengujian pemotong rumput otomatis. Sensor dan pemotong rumput otomatis dirakit menjadi satu serta *pemotong rumput* yang dipasang pada pemotong rumput otomatis. Kemudian diuji pada area rumput.



Sebelum dipotong

Setelah dipotong

Gambar 4.2 Hasil Pemotong Rumput Otomatis.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pada perancangan sistem dan dari hasil pengujian untuk pemotong rumput otomatis maka dalam pembuatan sistem kendali ini dapat disimpulkan :

1. Pemotong rumput otomatis dapat bekerja dengan baik walaupun masih perlu penyempurnaan.
2. Infra red dapat dipakai sebagai sensor pendeteksi, akan tetapi tentu saja terlalu banyak kelemahan dan keterbatasan, diantaranya jarak jangkauan maksimal adalah 60 cm dan keluaran yang dihasilkan sangat terpengaruh dengan jarak terhadap benda di sekitarnya.
3. Hasil pemotongan rumput indikatornya sama dengan yang biasa digunakan, sedangkan Comparasinya tidak searah.

#### **5.2 Saran**

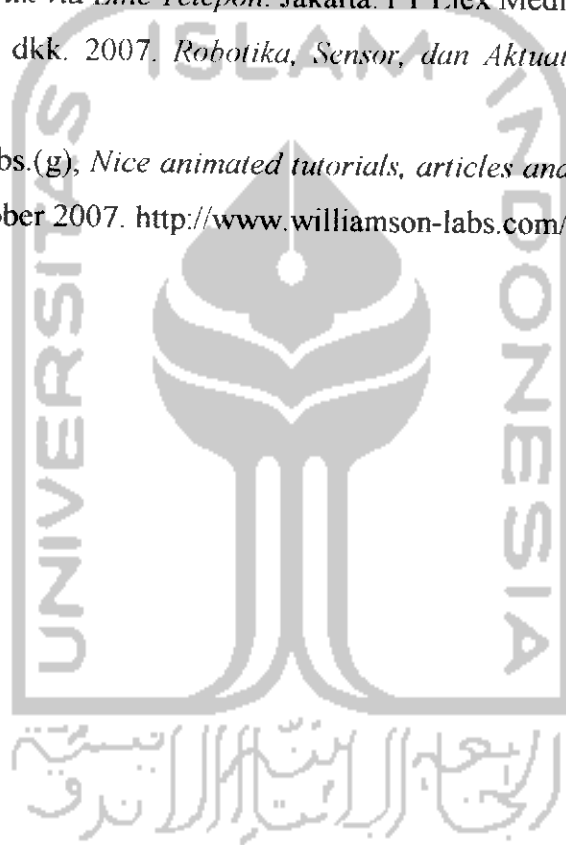
1. Penambahan sensor sehingga alat pemotong rumput dapat berjalan lancar sesuai jalur.
2. Dibuat lebih ramping.
3. Kendala yang sering terjadi adalah pada Accu, Accu sering *low batt*. Sehingga dibutuhkan Accu yang tahan lama.

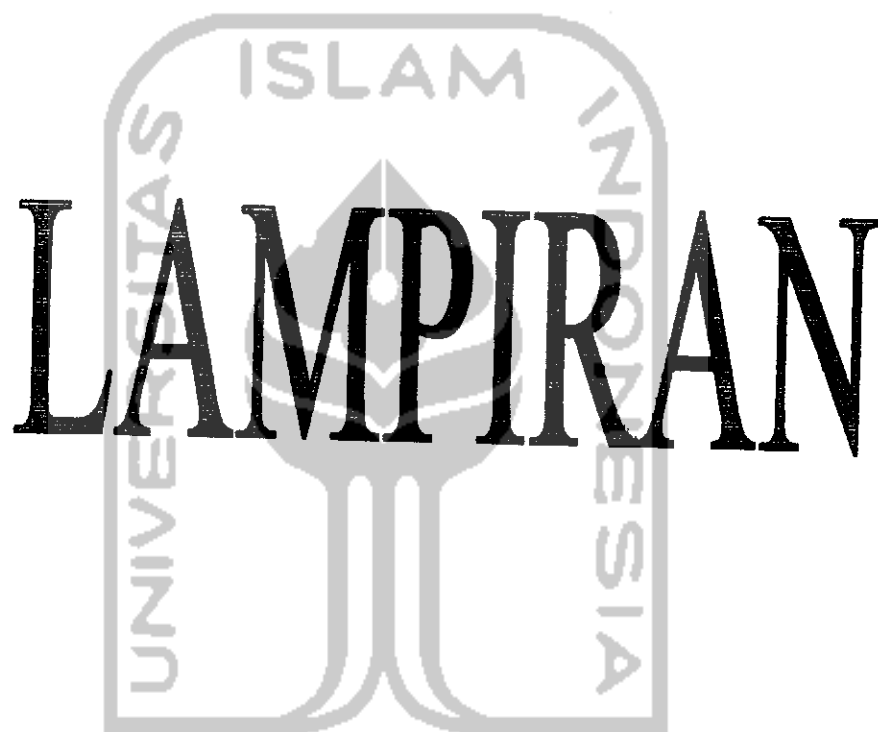


## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.(a), WinAVR. *An open source C compiler for AVR*. Diakses 02 Oktober 2007. <http://sourceforge.net/projects/winavr>
- Anonim.(b), PonyProg. *A widely used programmer. Support for newer chips is added periodically. Can also program PICs and EEPROMS*. Diakses 02 Oktober 2007. <http://www.lancos.com/prog.html>
- Andrew, *Small Robot Sensors*. di akses 02 Oktober 2007. [http://www.andrew.cmu.edu/user/rjg/websensors/robot\\_sensors2.html](http://www.andrew.cmu.edu/user/rjg/websensors/robot_sensors2.html)
- Anonim.(c), *Well Come to Robocut. Robocut Kit*. Diakses 14 Oktober 2007. [http://www.robotshop.se/micro/wwwrc\\_us/top.htm](http://www.robotshop.se/micro/wwwrc_us/top.htm)
- Anonim.(d), Atmel Corp. *Makers of the AVR microcontroller*. Diakses 14 Oktober 2007. [http://www.atmel.com/www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2502.pdf](http://www.atmel.com/www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2502.pdf)
- Anonim.(1), *Power window*. diakses tanggal 04 April 2008. [http://www.electroboter.com/imgres3\\_files/PowerWindow3.htm/](http://www.electroboter.com/imgres3_files/PowerWindow3.htm/)
- Anonim.(2), *Line Follower ROBOT Award winner from VingPeaw Competition 2543, the robot built with 2051, L2931D, and four IR sensors. Simple circuit and platform, quick tracking and Easy to understand program using C language*. Diakses 04 April 2008. <http://www.kmitl.ac.th/~kswichit/LFrobot/LFrobot.htm>.
- Agus Bejo (2008). *C & AVR, Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler Atmega8535*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Dwi Wiyanto, Maret 2009. *Tugas Akhir. Perancangan dan Pembuatan Robot Vacuum Cleaner Berskala Mini*. Yogyakarta.
- Paijo.(e), September 2004. *Pemotong rumput belum otomatis*. Diakses 02 Oktober 2007. <http://paijo1965.wordpress.com/2007/02/06/pemotong-rumput-“paijo”/>
- Risanuri Hidayat.(f), *sensor. Presentasi / makalah seminar*. Diakses tanggal 28 Juli 2007. [www.te.ugm.ac.id/~risanuri/nie/SENSOR.ppt](http://www.te.ugm.ac.id/~risanuri/nie/SENSOR.ppt)

- Malik, Moh. Ibnu. 2006. *Pengantar Membuat Robot*. Yogyakarta: Penerbit Gava Media.
- Sugiyanto, Febuari 2004. *Tugas Akhir.Robot Pengikut Garis Dengan Menggunakan Sensor Infra Merah*. Yogyakarta.
- Suhata, S.T. 2005. *Aplikasi Mikrokontroler sebagai Pengendali Peralatan Elektronik via Line Telepon*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Sigit, Riyanto, dkk. 2007. *Robotika, Sensor, dan Aktuator*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Williamson Labs.(g), *Nice animated tutorials, articles and project ideas*. Diakses 02 Oktober 2007. <http://www.williamson-labs.com//home.htm>



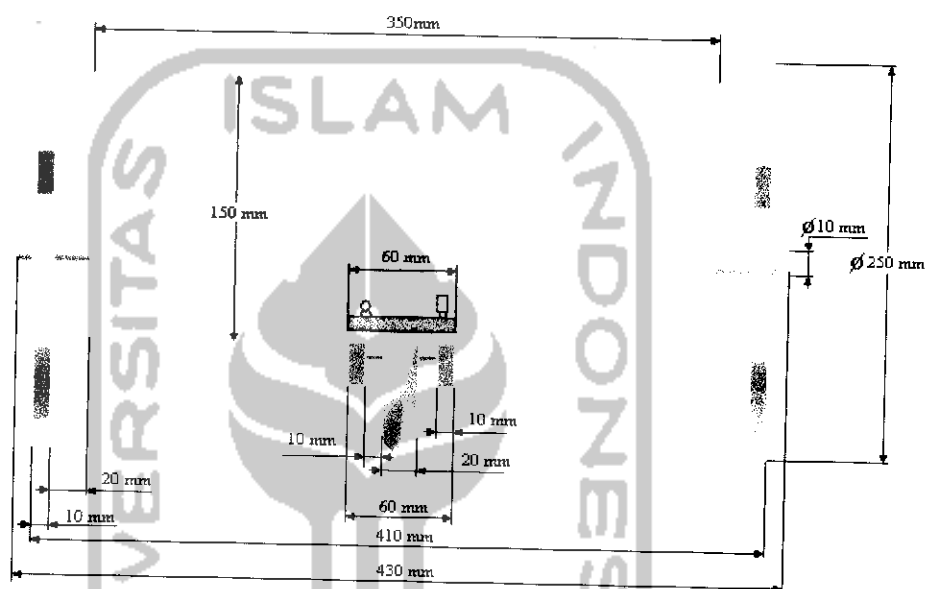
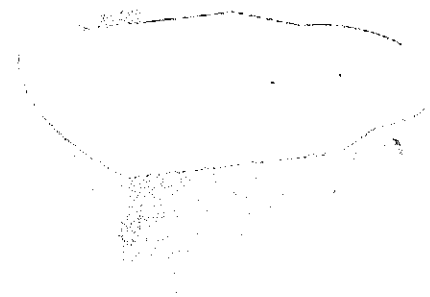


# LAMPIRAN

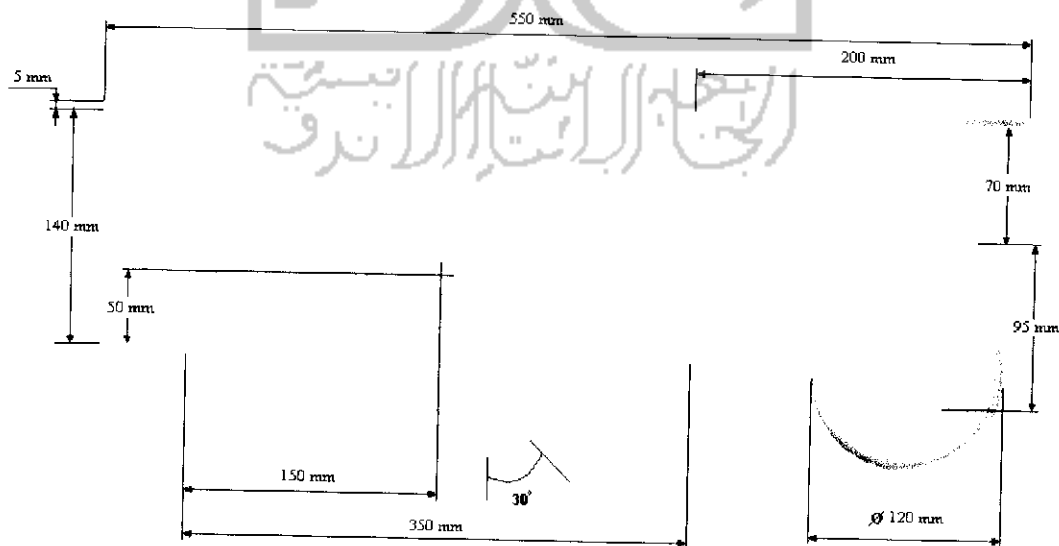
الجامعة الإسلامية  
الابدية لا ت perish



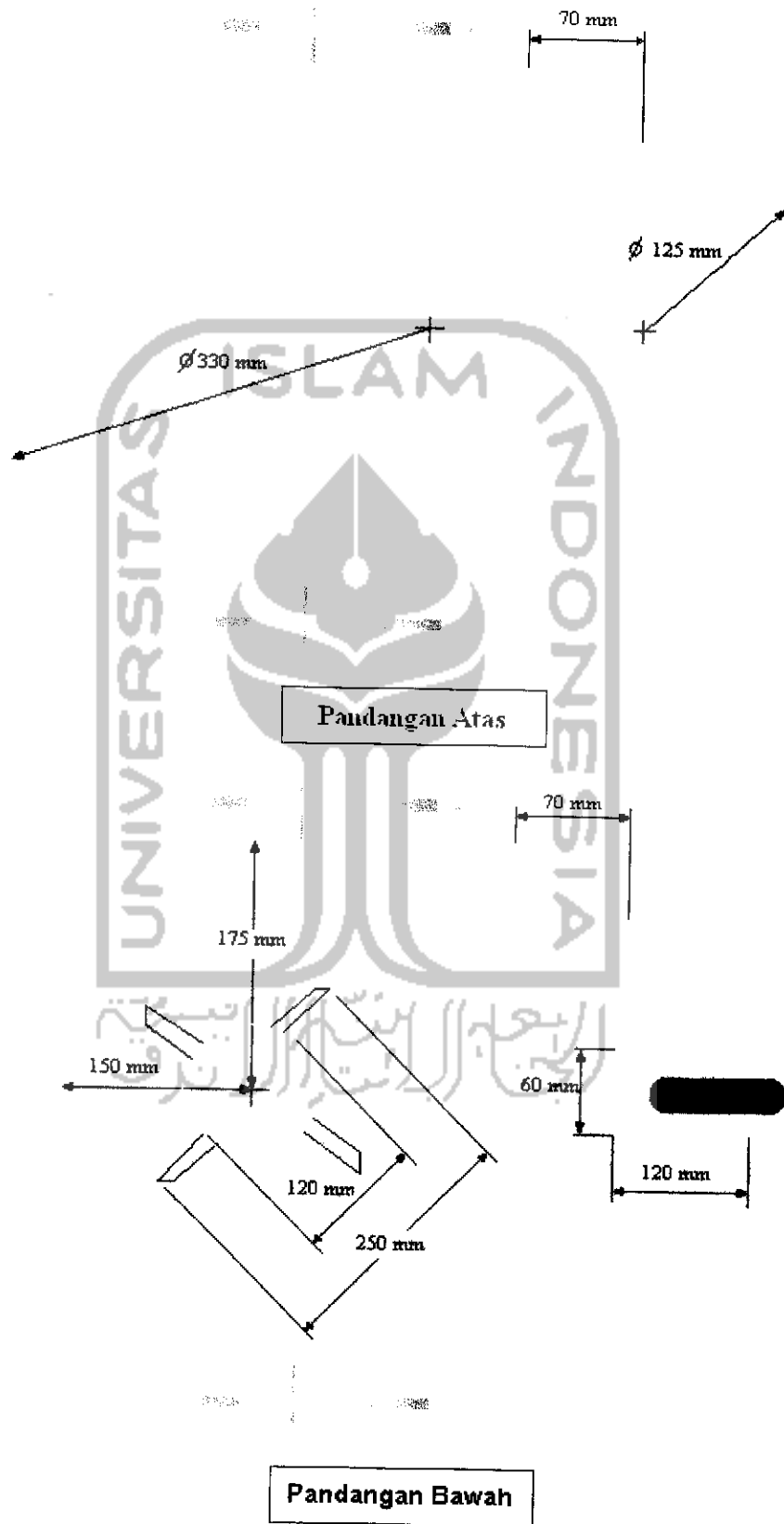
Lampiran Desain Alat Pemotong Rumput Otomatis



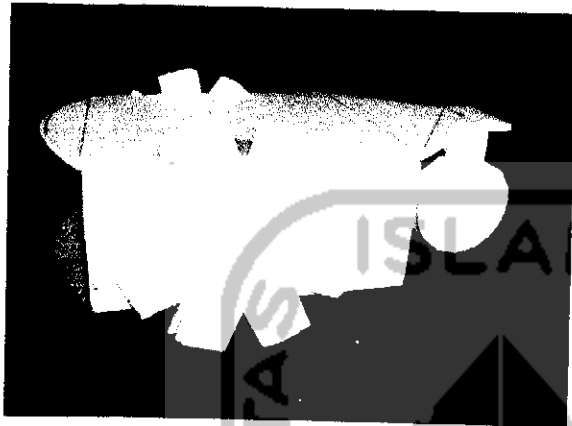
Pandangan Depan



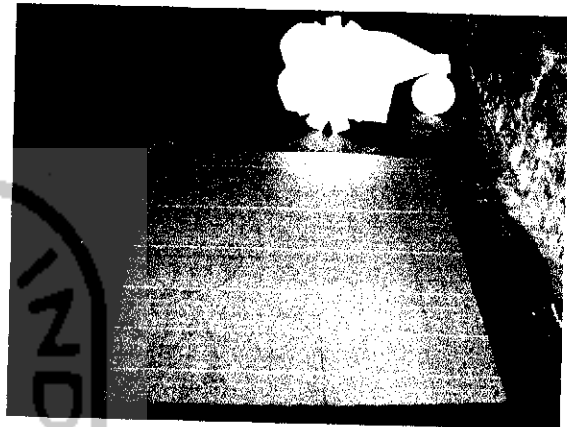
Pandangan Samping



Lampiran 1



Model Awal



Model Awal dan bahan yang akan dipotong



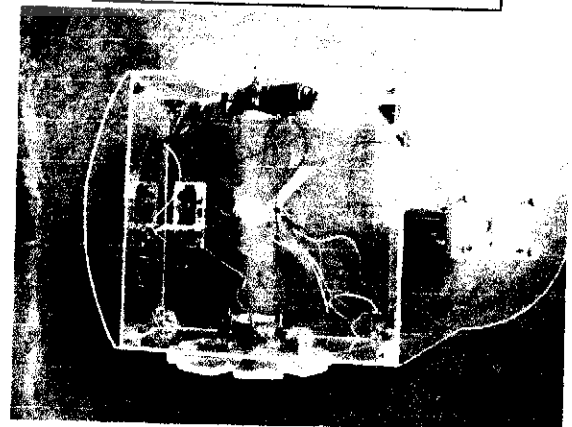
Alat yang dipakai



Proses Pemotongan



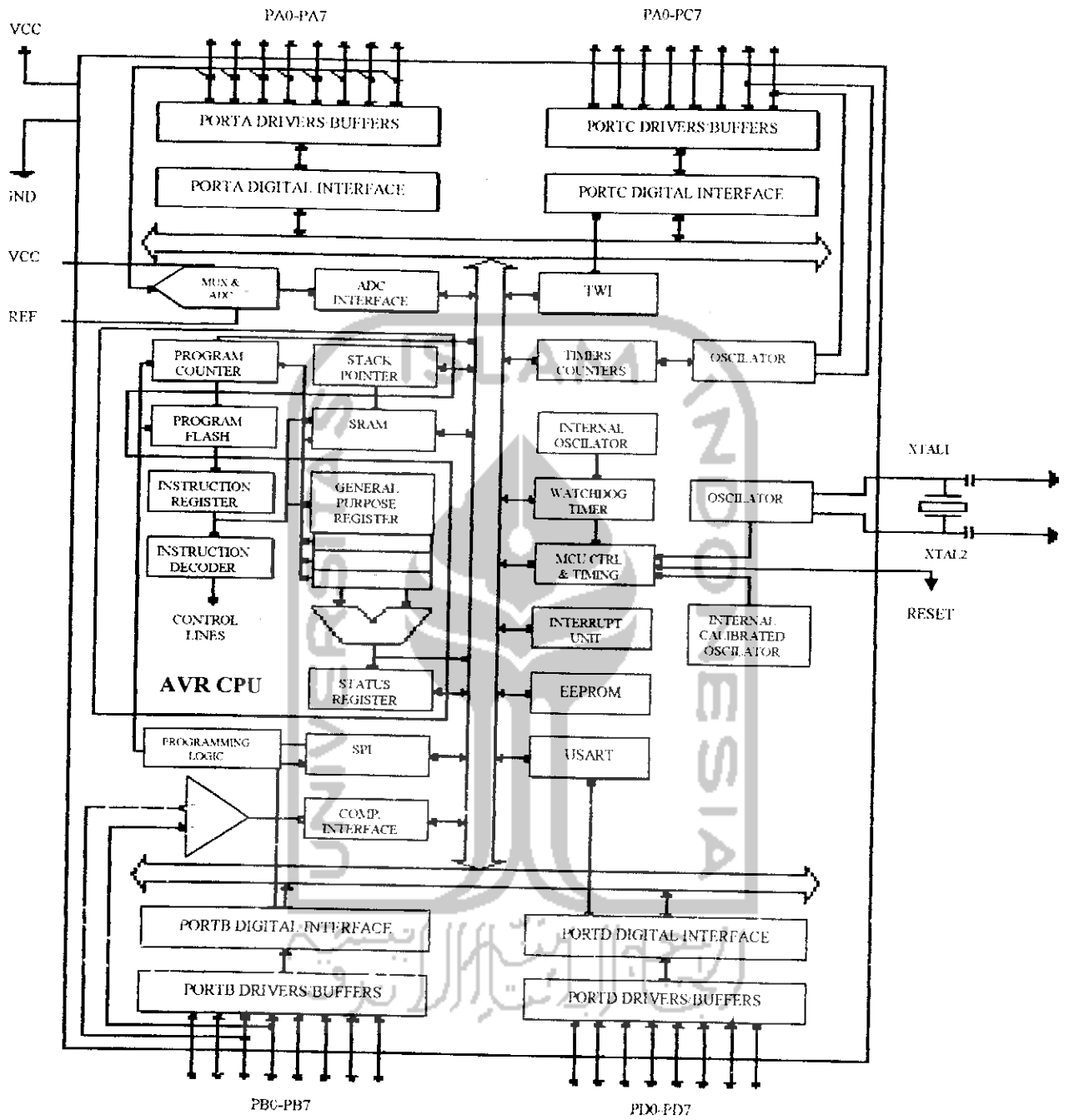
Setelah dirakit



Pemotong Rumput Otomatis

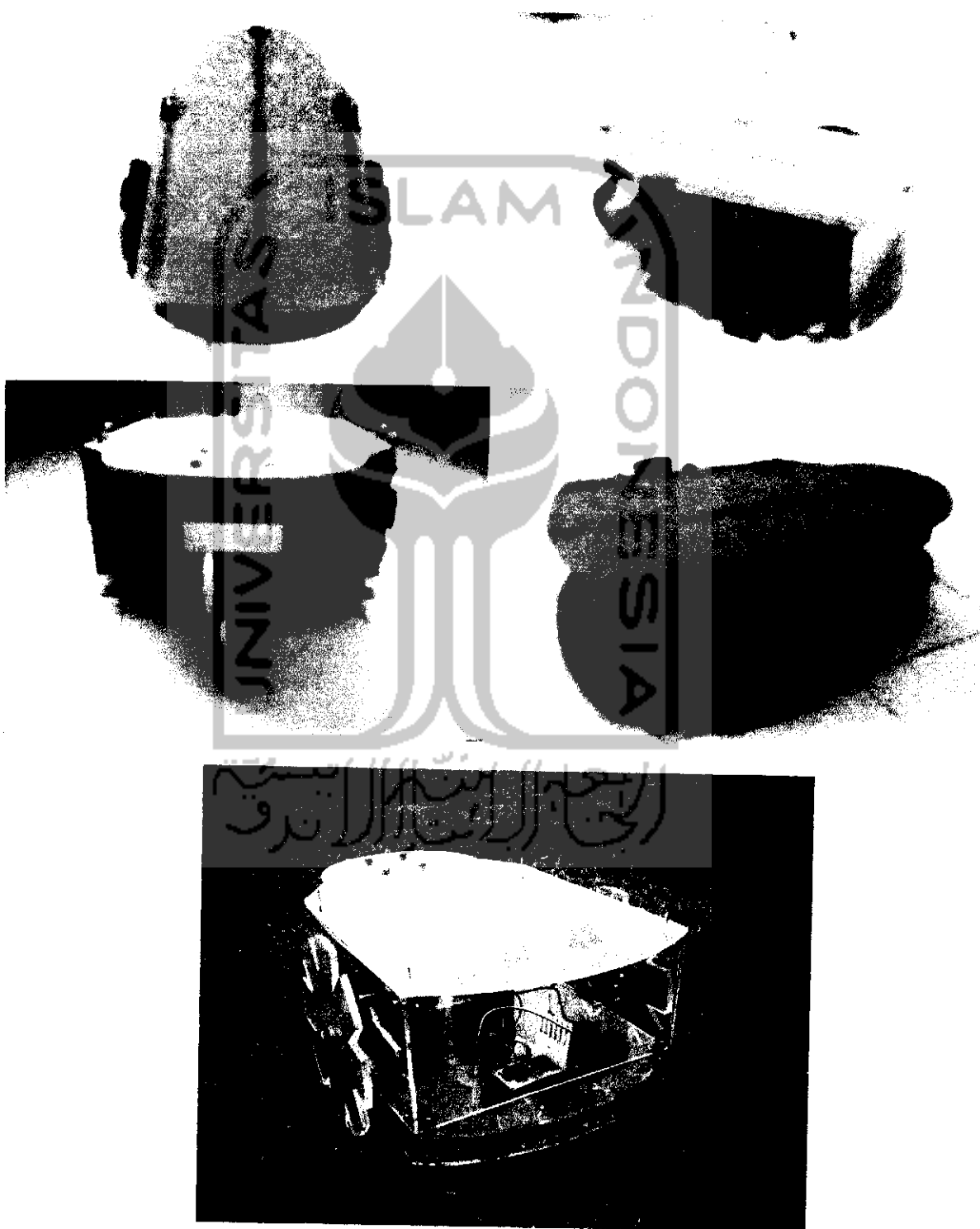
Gambar Proses Pembuatan Pemotong Rumput Otomatis

Lampiran 2



Biok diagram fungsional ATmega8535

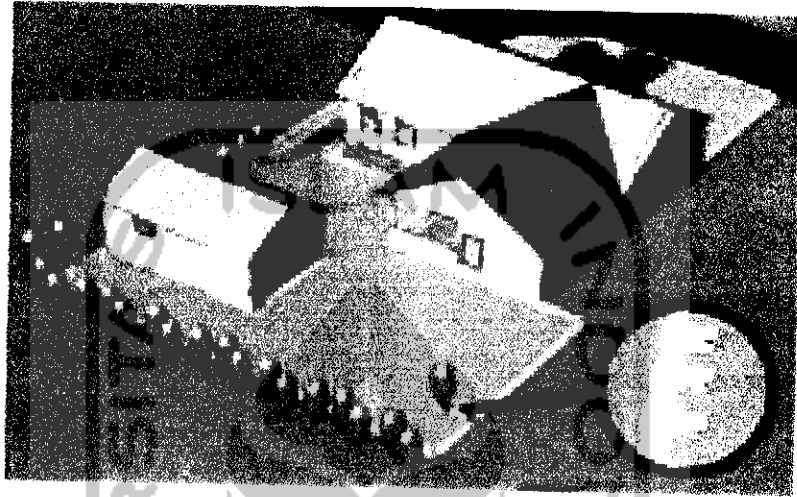
Lampiran 3



Gambar Alat Pemotong Rumput Otomatis

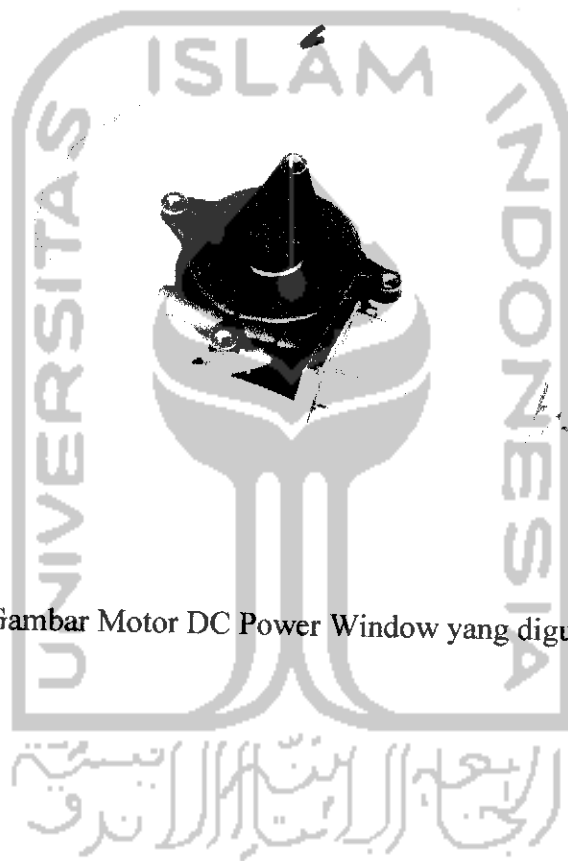


Lampiran 4



Gambar Halaman Berumput





Gambar Motor DC Power Window yang digunakan

## Lampiran 6

Berikut ini listing program inisialisasi :

```
$regfile = "8535def.dat"  
$crystal = 8000000  
$baud = 19200
```

```
Dim X As Byte  
Dim A As Word  
Dim Temp As Byte  
Dim Ir As Byte  
Dim Count As Byte
```

```
Input_1 Alias Portd.3  
Input_2 Alias Portd.4  
Input_3 Alias Portd.6  
Input_4 Alias Portd.5  
Input_ir Alias Pinc.0  
Ls_kanan Alias Pinc.1  
Ls_kiri Alias Pinc.2
```

```
Const Num_samples = 30  
Const Threshold = 15
```

Berikut ini listing program utama :

```
Do  
Gosub Zigzag  
Loop  
End  
Zigzag:  
For X = 1 To 255  
Gosub Routin  
Next  
Return
```

Berikut ini listing program cek Infra Red :

```
Infra_red:  
Count = 0  
Ir = 0  
For Temp = 1 To Num_samples  
If Input_ir = 0 Then  
Count = Count + 1  
Print "Value of the Count variable = " ; Count  
End If  
Next  
If Count >= Threshold Then  
Print "nilai perbandingan= " ; Count  
Ir = 1  
End If  
Return
```

Routin:

```
For A = 1 To 100000  
Gosub Jalan_lurus  
Gosub Infra_red  
If Ir = 1 Then  
Gosub Menghindar
```

`panjang

```

Elseif Ls_kanan = 0 Then
    Gosub Menghindar_ke_kiri
Elseif Ls_kiri = 0 Then
    Gosub Menghindar_ke_kanan
Else
End If
Next
Wait 5
For A = 1 To 6000
    Gosub Mundur_kanan_maju_kiri
    Gosub Infra_red
    If Ir = 1 Then
        Gosub Menghindar
    Elseif Ls_kanan = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kiri
    Elseif Ls_kiri = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kanan
    Else
    End If
Next
Wait 4
For A = 1 To 8000
    Gosub Jalan_lurus
    Gosub Infra_red
    If Ir = 1 Then
        Gosub Menghindar
    Elseif Ls_kanan = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kiri
    Elseif Ls_kiri = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kanan
    Else
    End If
Next
Wait 1
For A = 1 To 6000
    Gosub Mundur_kanan_maju_kiri
    Gosub Infra_red
    If Ir = 1 Then
        Gosub Menghindar
    Elseif Ls_kanan = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kiri
    Elseif Ls_kiri = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kanan
    Else
    End If
Next
'Wait 4
For A = 1 To 8000
    Gosub Jalan_lurus
    Gosub Infra_red
    If Ir = 1 Then
        Gosub Menghindar
    Elseif Ls_kanan = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kiri
    Elseif Ls_kiri = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kanan
    Else
    End If

```



'pendek

'panjang

```

Next
    Wait 5
For A = 1 To 6000
    Gosub Mundur_kiri_maju_kanan
    Gosub Infra_red
    If lr = 1 Then
        Gosub Menghindar
    Elseif Ls_kanan = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kiri
    Elseif Ls_kiri = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kanan
    Else
    End If
Next
    Wait 4
For A = 1 To 8000
    Gosub Jalan_lurus
    Gosub Infra_red
    If Ir = 1 Then
        Gosub Menghindar
    Elseif Ls_kanan = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kiri
    Elseif Ls_kiri = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kanan
    Else
    End If
Next
    Wait 1
For A = 1 To 6000
    Gosub Mundur_kiri_maju_kanan
    Gosub Infra_red
    If Ir = 1 Then
        Gosub Menghindar
    Elseif Ls_kanan = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kiri
    Elseif Ls_kiri = 0 Then
        Gosub Menghindar_ke_kanan
    Else
    End If
Next
    Wait 4
Return

```

'pendek

-----  
Berikut ini listing subrutin program jalan :

```

Berhenti:
Input_1 = 0
Input_2 = 0
Input_3 = 0
Input_4 = 0
Return

```

```

-----
Jalan_lurus:
Input_1 = 1
Input_2 = 0
Input_3 = 1
Input_4 = 0
Return
-----

```

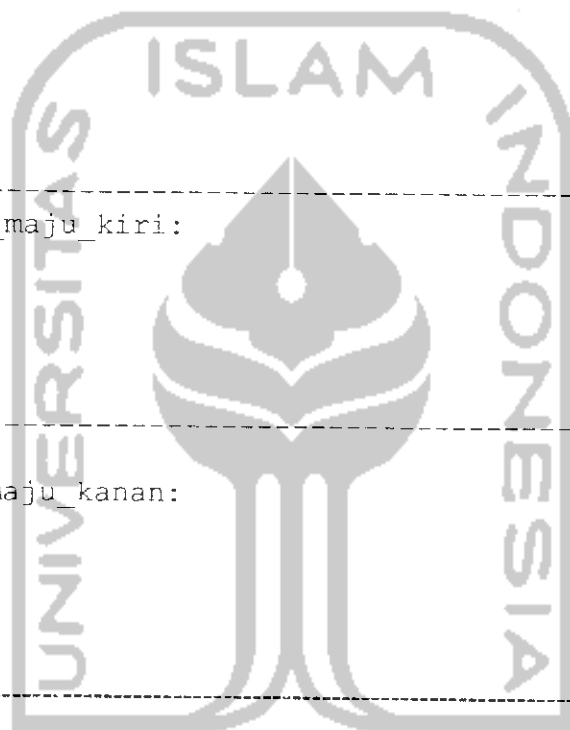
```
Kiri_maju:  
Input_1 = 1  
Input_2 = 0  
Input_3 = 0  
Input_4 = 0  
Return
```

```
-----  
Kanan_maju:  
Input_1 = 0  
Input_2 = 0  
Input_3 = 1  
Input_4 = 0  
Return
```

```
-----  
Jalan_mundur:  
Input_1 = 0  
Input_2 = 1  
Input_3 = 0  
Input_4 = 1  
Return
```

```
-----  
Mundur_kanan_maju_kiri:  
Input_1 = 1  
Input_2 = 0  
Input_3 = 0  
Input_4 = 1  
Return
```

```
-----  
Mundur_kiri_maju_kanan:  
Input_1 = 0  
Input_2 = 1  
Input_3 = 1  
Input_4 = 0  
Return
```



الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

## 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

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

Packages and Packages

- 32 Programmable I/O Lines

- 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF

Operating Voltages

- 2.7 - 5.5V for ATmega8535L

- 4.5 - 5.5V for ATmega8535

Speed Grades

- 0 - 8 MHz for ATmega8535L

- 0 - 16 MHz for ATmega8535



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

ATmega8535  
ATmega8535L

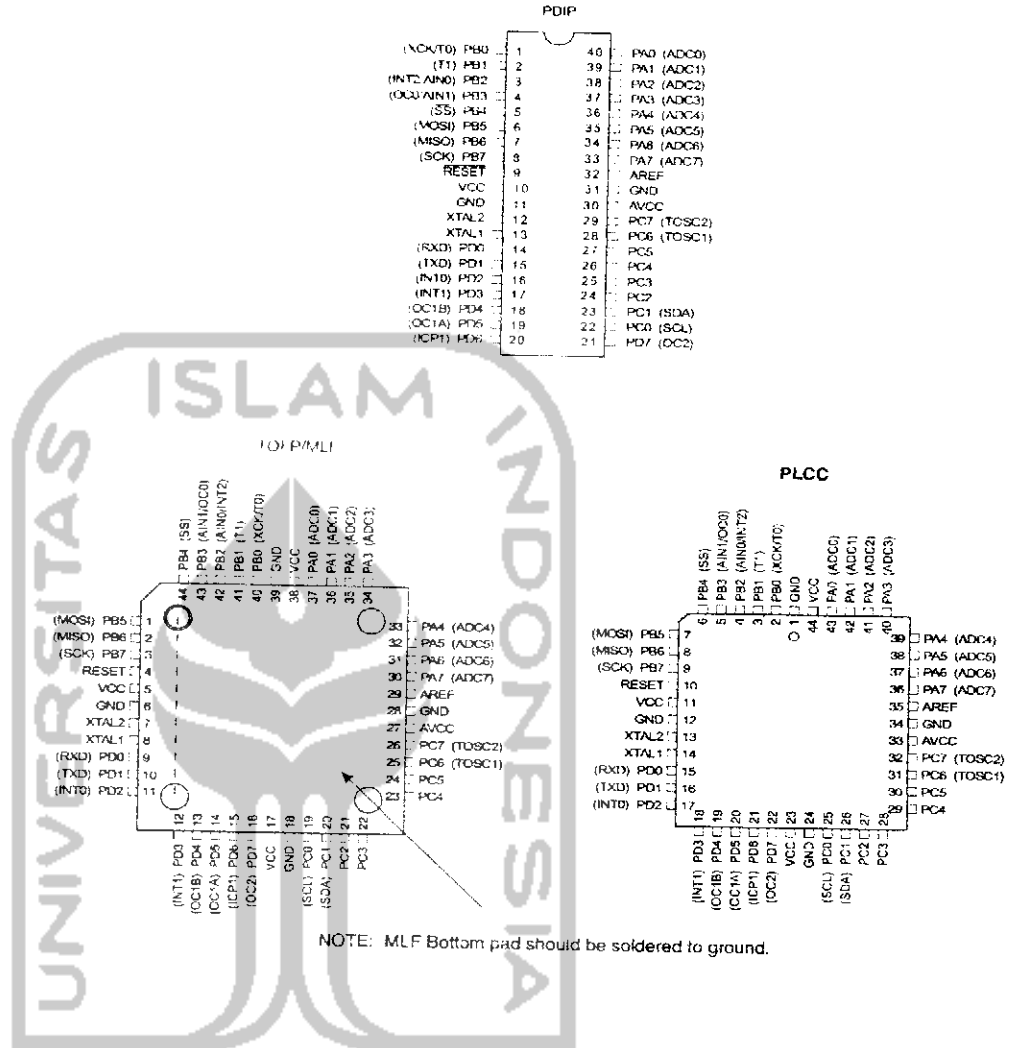
Preliminary  
Summary





# n Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



Disclaimer

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

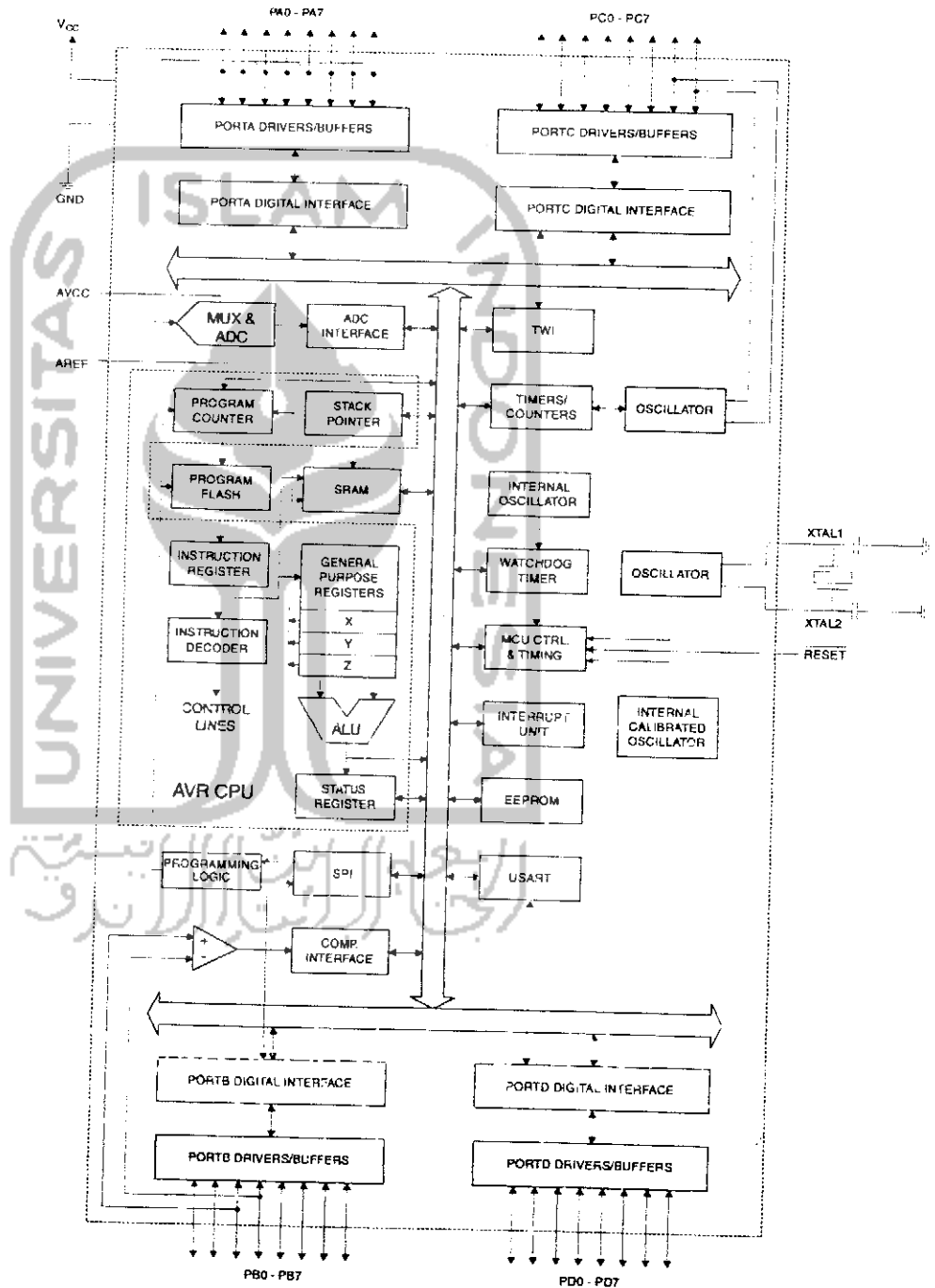


## Overview

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 45 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 146 for details.

## **ATmega8535(L)**

**Descriptions**

	Digital supply voltage.
	Ground.
<b>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>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 60.</p>
<b>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>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 64.</p>
<b><math>\overline{SET}</math></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 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
<b><math>\lambda L1</math></b>	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
<b><math>\lambda L2</math></b>	Output from the inverting Oscillator amplifier.
<b>CC</b>	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to $V_{CC}$ , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to $V_{CC}$ through a low-pass filter.
<b>EF</b>	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.



**sources**

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



Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	10
0x3E (0x5E)	SPH	-	-	-	-	-	-	SP9	SP8	12
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	12
0x3C (0x5C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								85
0x3B (0x5B)	GICR	INT1	INT0	INT2	-	-	-	IVSEL	IVCE	49, 69
0x3A (0x5A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2	-	-	-	-	-	70
0x39 (0x59)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIF0	TOIF0	85, 115, 133
0x38 (0x58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	86, 116, 134
0x37 (0x57)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	-	RWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	228
0x36 (0x56)	TWCR	TWINT	TWFA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	-	TWIE	181
0x35 (0x55)	MCUCR	SM2	SE	SM1	SM0	ISCI1	ISC10	ISC01	ISC00	32, 68
0x34 (0x54)	MCUCSR	-	ISC2	-	-	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	40, 69
0x33 (0x53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS07	CS01	CS00	63
0x32 (0x52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								85
0x31 (0x51)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								30
0x30 (0x50)	SFIOR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	-	ACME	PUD	PSR2	PSR10	59, 88, 135, 203, 223
0x2F (0x4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	110
0x2E (0x4E)	ICCR1B	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	113
0x2D (0x4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 - Counter Register High Byte								114
0x2C (0x4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 - Counter Register Low Byte								114
0x2B (0x4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 - Output Compare Register A High Byte								114
0x2A (0x4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 - Output Compare Register A Low Byte								114
0x29 (0x49)	OCR1BH	Timer/Counter1 - Output Compare Register B High Byte								114
0x28 (0x48)	OCR1BL	Timer/Counter1 - Output Compare Register B Low Byte								114
0x27 (0x47)	ICR1H	Timer/Counter1 - Input Capture Register High Byte								114
0x26 (0x46)	ICR1L	Timer/Counter1 - Input Capture Register Low Byte								114
0x25 (0x45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	128
0x24 (0x44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								130
0x23 (0x43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								131
0x22 (0x42)	ASSR	-	-	-	-	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	131
0x21 (0x41)	WDTCR	-	-	-	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	42
0x20 (0x40)	UBRRH	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UBRRH[11:8]			169
0x1F (0x3F)	UCSRC	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	167
0x1E (0x3E)	EEARH	-	-	-	-	-	-	-	EEAR8	19
0x1D (0x3D)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								19
0x1C (0x3C)	EEDR	EEPROM Data Register								19
0x1B (0x3B)	EFCR	-	-	-	-	EER/E	EEMWE	EWE	EERE	19
0x1A (0x3A)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	66
0x19 (0x39)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	66
0x18 (0x38)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	66
0x17 (0x37)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	66
0x16 (0x36)	DDR_B	ddb7	ddb6	ddb5	ddb4	ddb3	ddb2	ddb1	ddb0	66
0x15 (0x35)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	67
0x14 (0x34)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	67
0x13 (0x33)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	67
0x12 (0x32)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	67
0x11 (0x31)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	67
0x10 (0x30)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	67
0x0F (0x2F)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	67
0x0E (0x2E)	SPDR	SPI Data Register								143
0x0D (0x2D)	SPSR	SPIE	WCOL	-	-	-	-	-	SPI2X	143
0x0C (0x2C)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CFOL	CPHA	SPR1	SPR0	141
0x0B (0x2B)	UCSR	USART I/O Data Register								164
0x0A (0x2A)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	165
0x09 (0x29)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	166
0x08 (0x28)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								169
0x07 (0x27)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	203
0x06 (0x26)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	219
0x05 (0x25)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	221
0x04 (0x24)	ADCH	ADC Data Register High Byte								222
0x03 (0x23)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								222
0x02 (0x22)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								183
0x01 (0x21)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	183
0x00 (0x20)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	-	TWSP1	TWSP0	183

## Register Summary (Continued)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x20	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								181

1. Refer to the USART description for details on how to access UBRRH and UCSRC.
2. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
3. Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.



Instruction Set Summary

Mnemonic	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
<b>ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS</b>					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADDF	Rd,K	Add Immediate to Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SUBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCF	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
WDF	Rd,K	Subtract Immediate from Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \& Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \& K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
XOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
MSB	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z,C,N,V	1
SB	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CLR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \& (0xFF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
BR	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \& Rd$	Z,N,V	1
RCR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \& Rd$	Z,N,V	1
RR	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
LSM	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
LSUM	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
UL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
ULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
ULSUM	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
<b>BRANCH INSTRUCTIONS</b>					
MP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
JP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
CALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
JMP		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RTI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPI	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	$\text{if } (Rd = Rr) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
CP	Rd,Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N,V,C,H	1
CPSC	Rd,Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N,V,C,H	1
CPSE	Rd,K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N,V,C,H	1
BRCC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	$\text{if } (Rr(b)=0) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRSC	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	$\text{if } (Rr(b)=1) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRD	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	$\text{if } (P(b)=0) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRD	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	$\text{if } (P(b)=1) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	$\text{if } (SREG(s) = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	$\text{if } (SREG(s) = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBEQ	k	Branch if Equal	$\text{if } (Z = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBNE	k	Branch if Not Equal	$\text{if } (Z = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBCS	k	Branch if Carry Set	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBOC	k	Branch if Carry Cleared	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBSH	k	Branch if Same or Higher	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBLO	k	Branch if Lower	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBMI	k	Branch if Minus	$\text{if } (N = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBPL	k	Branch if Plus	$\text{if } (N = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	$\text{if } (N \oplus V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	$\text{if } (N \oplus V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	$\text{if } (H = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	$\text{if } (H = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBTS	k	Branch if T Flag Set	$\text{if } (T = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBTC	k	Branch if T Flag Cleared	$\text{if } (T = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	$\text{if } (V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	$\text{if } (V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBIE	k	Branch if Interrupt Enabled	$\text{if } (I = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBID	k	Branch if Interrupt Disabled	$\text{if } (I = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
<b>BIT TRANSFER INSTRUCTIONS</b>					



Emonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
$\vee$	Rd, Rr	Move Between Registers	$Rd \leftarrow Rr$	None	1
$\vee W$	Rd, Rr	Copy Register Word	$Rd+1, Rd \leftarrow Rr+1, Rr$	None	1
	Rd, K	Load Immediate	$Rd \leftarrow K$	None	1
	Rd, X	Load Indirect	$Rd \leftarrow (X)$	None	2
	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (X), X \leftarrow X+1$	None	2
	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X-1, Rd \leftarrow (X)$	None	2
	Rd, Y	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Y)$	None	2
	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Y), Y \leftarrow Y+1$	None	2
	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y-1, Rd \leftarrow (Y)$	None	2
	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Y+q)$	None	2
	Rd, Z	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Z)$	None	2
	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z+1$	None	2
	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z-1, Rd \leftarrow (Z)$	None	2
	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Z+q)$	None	2
	Rd, k	Load Direct from SRAM	$Rd \leftarrow (k)$	None	2
	X, Rr	Store Indirect	$(X) \leftarrow Rr$	None	2
	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(X) \leftarrow Rr, X \leftarrow X+1$	None	2
	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X-1, (X) \leftarrow Rr$	None	2
	Y, Rr	Store Indirect	$(Y) \leftarrow Rr$	None	2
	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Y) \leftarrow Rr, Y \leftarrow Y+1$	None	2
	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y-1, (Y) \leftarrow Rr$	None	2
	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Y+q) \leftarrow Rr$	None	2
	Z, Rr	Store Indirect	$(Z) \leftarrow Rr$	None	2
	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Z) \leftarrow Rr, Z \leftarrow Z+1$	None	2
	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z-1, (Z) \leftarrow Rr$	None	2
	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Z+q) \leftarrow Rr$	None	2
	k, Rr	Store Direct to SRAM	$(k) \leftarrow Rr$	None	2
	Rd, Z	Load Program Memory	$R0 \leftarrow (Z)$	None	3
	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Z)$	None	3
	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z+1$	None	3
	Rd, P	In Port	$Rd \leftarrow P$	None	-
	P, Rr	Out Port	$P \leftarrow Rr$	None	1
$\text{PH}$	Rr	Push Register on Stack	$STACK \leftarrow Rr$	None	1
$\text{P}$	Rd	Pop Register from Stack	$Rd \leftarrow STACK$	None	2
<b>AND BIT-TEST INSTRUCTIONS</b>					
	P, b	Set Bit in I/O Register	$I/O(P, b) \leftarrow 1$	None	2
	P, b	Clear Bit in I/O Register	$I/O(P, b) \leftarrow 0$	None	2
	Rd	Logical Shift Left	$Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), Rd(0) \leftarrow 0$	Z, C, N, V	1
	Rd	Logical Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), Rd(7) \leftarrow 0$	Z, C, N, V	1
	Rd	Rotate Left Through Carry	$Rd(0) \leftarrow C, Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), C \leftarrow Rd(7)$	Z, C, N, V	1
	Rd	Rotate Right Through Carry	$Rd(7) \leftarrow C, Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), C \leftarrow Rd(0)$	Z, C, N, V	1
	Rd	Arithmetic Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), n=0..6$	Z, C, N, V	1
$\text{AP}$	Rd	Swap Nibbles	$Rd(3..0) \leftrightarrow Rd(7..4), Hd(7..4) \leftarrow Hd(3..0)$	None	1
$\text{T}$	s	Flag Set	$SREG(s) \leftarrow 1$	SREG(s)	1
$\text{R}$	s	Flag Clear	$SREG(s) \leftarrow 0$	SREG(s)	1
	Rr, b	Bit Store from Register to T	$T \leftarrow Rr(b)$	T	1
	Rd, b	Bit load from T to Register	$Rd(b) \leftarrow T$	None	1
		Set Carry	$C \leftarrow 1$	C	1
		Clear Carry	$C \leftarrow 0$	C	1
		Set Negative Flag	$N \leftarrow 1$	N	1
		Clear Negative Flag	$N \leftarrow 0$	N	1
		Set Zero Flag	$Z \leftarrow 1$	Z	1
		Clear Zero Flag	$Z \leftarrow 0$	Z	1
		Global Interrupt Enable	$I \leftarrow 1$	I	1
		Global Interrupt Disable	$I \leftarrow 0$	I	1
		Set Signed Test Flag	$S \leftarrow 1$	S	1
		Clear Signed Test Flag	$S \leftarrow 0$	S	1
		Set Two's Complement Overflow	$V \leftarrow 1$	V	1
		Clear Two's Complement Overflow	$V \leftarrow 0$	V	1
		Set T in SREG	$T \leftarrow 1$	T	1
		Clear T in SREG	$T \leftarrow 0$	T	1
		Set Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 1$	H	1
		Clear Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 0$	H	1
<b>J CONTROL INSTRUCTIONS</b>					
		No Operation		None	1

ATmega8535(L)



monics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
S		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/Timer)	None	1
K		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A





## Ordering Information

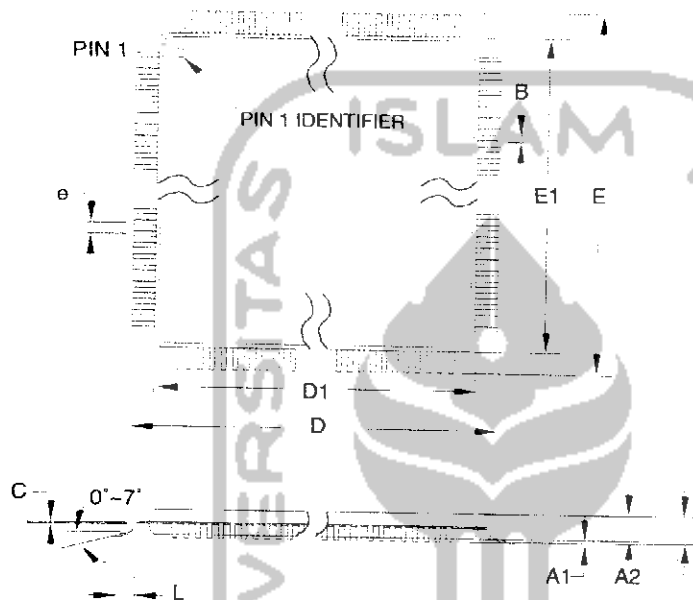
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package <sup>(1)</sup>	Operation Range
8	2.7 - 5.5V	ATmega8535L-8AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega8535L-8PC	40P6	
		ATmega8535L-8JC	44J	
		ATmega8535L-8MC	44M1	
		ATmega8535L-8AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega8535L-8PI	40P6	
		ATmega8535L-8JI	44J	
		ATmega8535L-8MI	44M1	
		ATmega8535L-8AU <sup>(2)</sup>	44A	
		ATmega8535L-8PU <sup>(2)</sup>	40P6	
ATmega8535L-8MU <sup>(2)</sup>	44M1			
16	4.5 - 5.5V	ATmega8535-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega8535-16PC	40P6	
		ATmega8535-16JC	44J	
		ATmega8535-16MC	44M1	
		ATmega8535-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega8535-16PI	40P6	
		ATmega8535-16JI	44J	
		ATmega8535-16MI	44M1	
		ATmega8535-16AU <sup>(2)</sup>	44A	
		ATmega8535-16PU <sup>(2)</sup>	40P6	
ATmega8535-16MU <sup>(2)</sup>	44M1			

1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
2. Pb-free packaging alternative, complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.

Package Type	
44	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
44M1-A	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)

## ATmega8535(L)

Packaging Information



COMMON DIMENSIONS  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.20	
A1	0.05	-	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	-	0.45	
C	0.09	-	0.20	
L	0.45	-	0.75	
e	0.80 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ACB.
  2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
  3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

10/5/2001



2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131

TITLE

44A, 44-lead, 10 x 10 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness,  
0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)

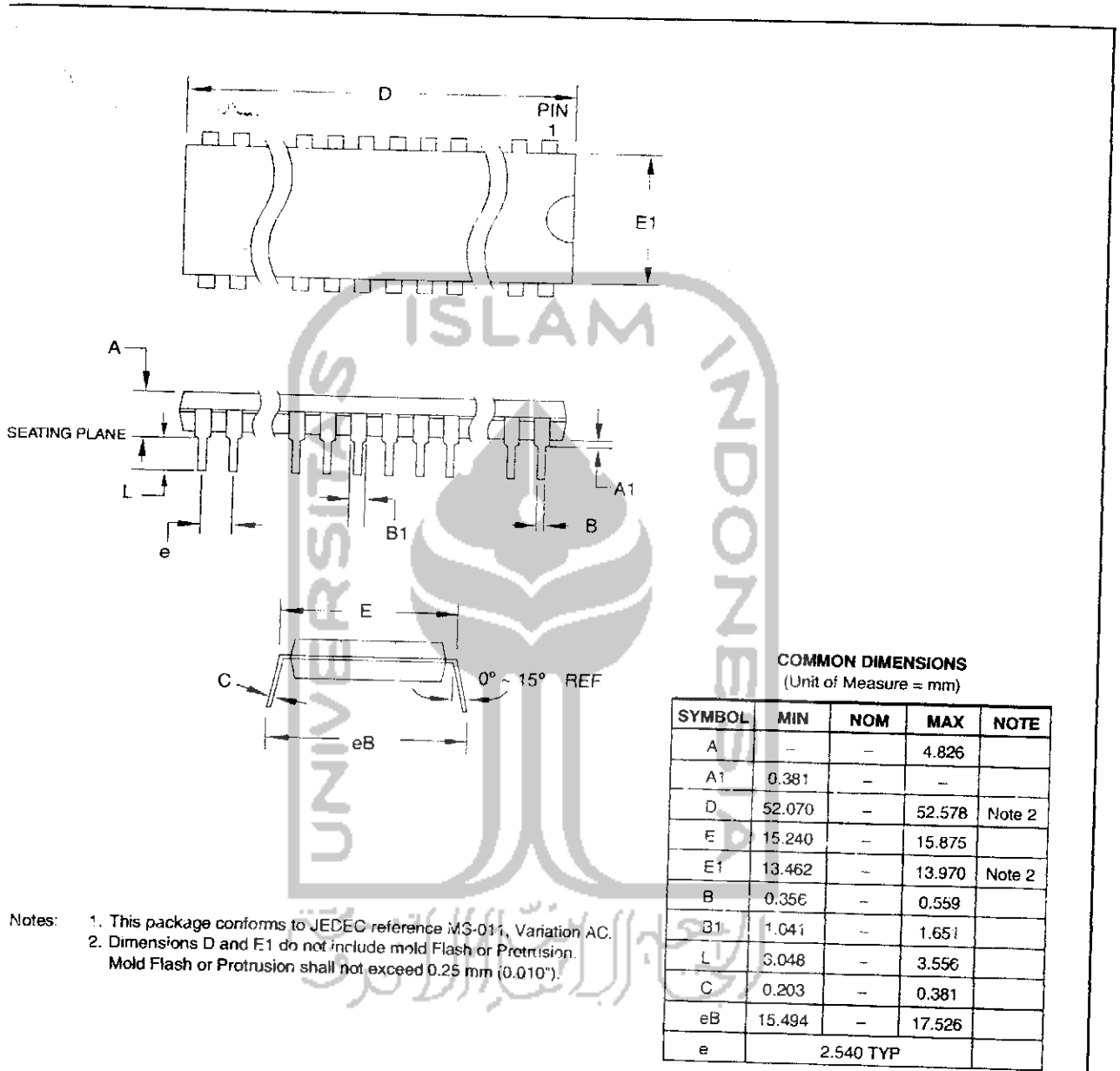
DRAWING NO.

44A

REV.

B





COMMON DIMENSIONS  
(Unit of Measure = mm)

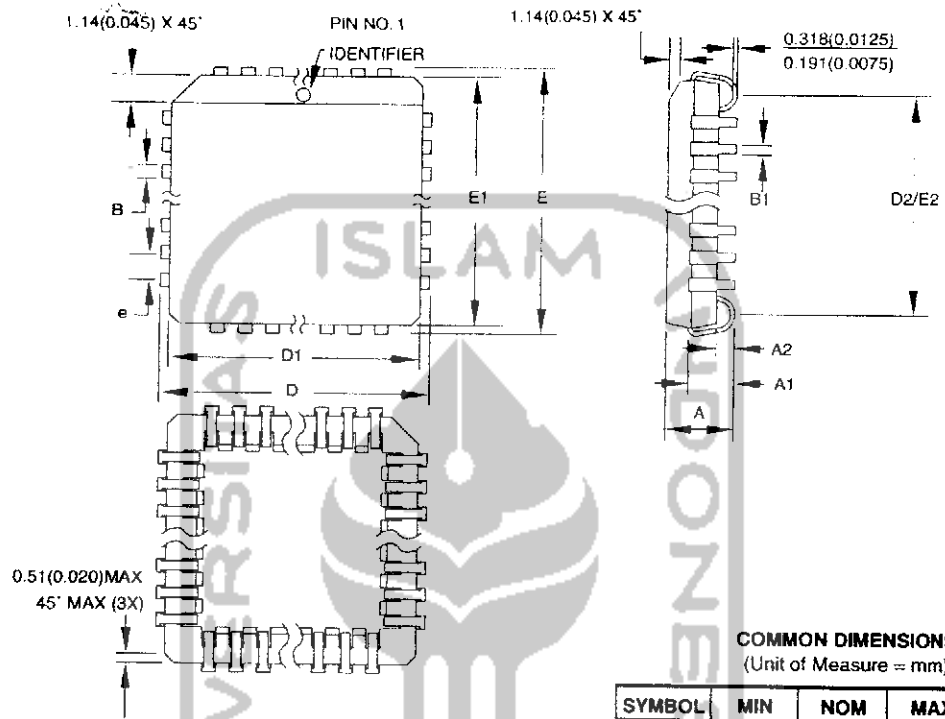
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.826	
A1	0.381	-	-	
D	52.070	-	52.578	Note 2
E	15.240	-	15.875	
E1	13.462	-	13.970	Note 2
B	0.356	-	0.559	
B1	1.041	-	1.651	
L	3.048	-	3.556	
C	0.203	-	0.381	
eB	15.494	-	17.526	
e	2.540 TYP			

Notes: 1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.  
2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion.  
Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

09/28/01

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	<b>TITLE</b> <b>40P6, 40-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual In-line Package (PDIP)</b>	<b>DRAWING NO.</b>	<b>REV.</b>
		40P6	B

ATmega8535(L)



COMMON DIMENSIONS  
(Unit of Measure = mm)

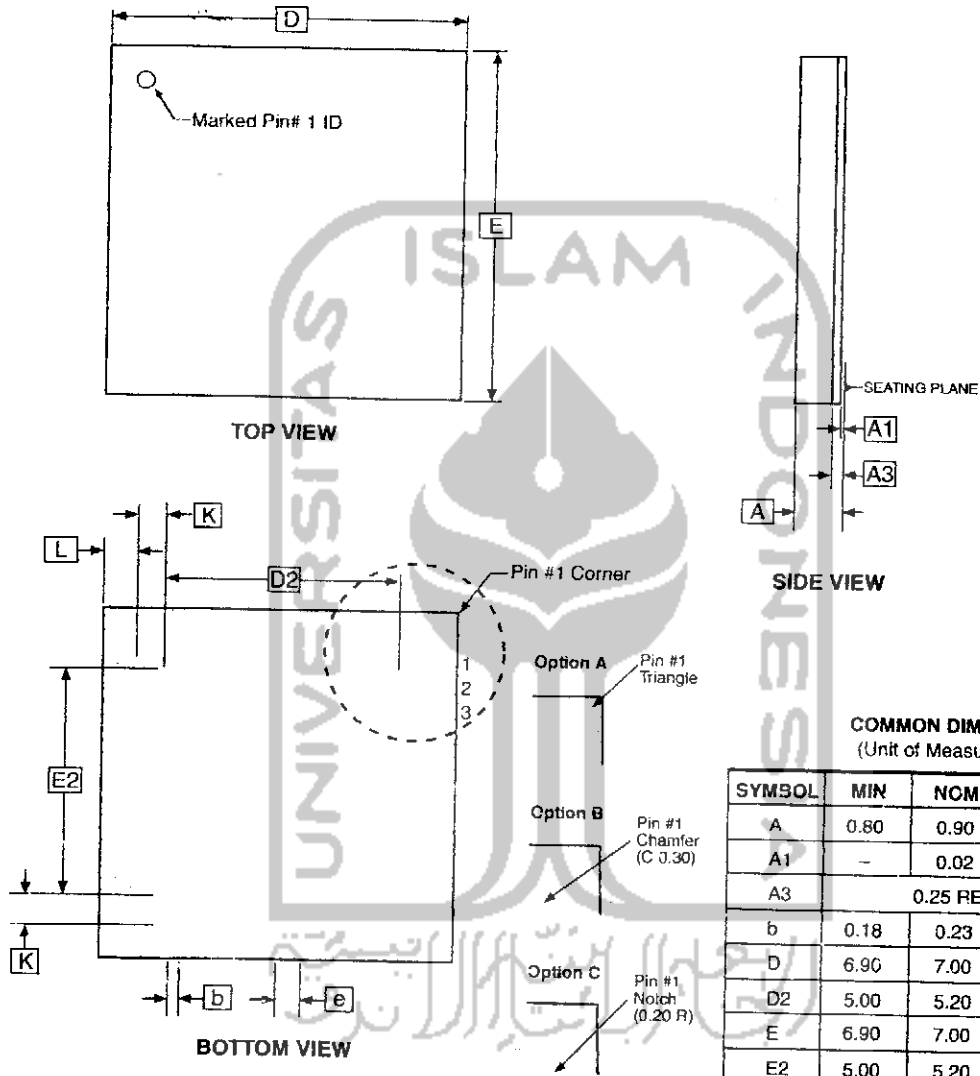
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	4.191	-	4.572	
A1	2.286	-	3.048	
A2	0.508	-	-	
D	17.399	-	17.653	
D1	16.510	-	16.662	Note 2
E	17.399	-	17.653	
E1	16.510	-	16.662	Note 2
D2/E2	14.936	-	16.002	
B	0.660	-	0.813	
B1	0.330	-	0.533	
e	1.270 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-018, Variation AC.
  2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is .010" (0.254 mm) per side. Dimension C1 and E1 include mold mismatch and are measured at the extreme material condition at the upper or lower parting line.
  3. Lead coplanarity is 0.004" (0.102 mm) maximum.

10/04/01

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)	44J	B

1-A



COMMON DIMENSIONS  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NCM	MAX	NOTE
A	0.80	0.90	1.00	
A1	-	0.02	0.05	
A3	0.25 REF			
b	0.18	0.23	0.30	
D	6.90	7.00	7.10	
D2	5.00	5.20	5.40	
E	6.90	7.00	7.10	
E2	5.00	5.20	5.40	
e	0.50 BSC			
L	0.59	0.64	0.69	
K	0.20	0.26	0.41	

Note: JEDEC Standard MO-220, Fig. 1 (GAW Singulation) VKKD-3.

5/27/06

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	<b>TITLE</b> 44M1, 44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm Body, Lead Pitch 0.50 mm, 5.20 mm Exposed Pad, Micro Lead Frame Package (MLF)	<b>DRAWING NO.</b>	<b>REV.</b>
		44M1	G

ATmega8535(L)

ta

ega8535 all rev.

No known errata.



## Datasheet Revision History

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

Changes from Rev.  
02H- 04/06 to Rev.  
02I- 06/06

1. Updated code example "USART Initialization" on page 150.

Changes from Rev.  
02G- 04/05 to Rev.  
02H- 04/06

1. Added "Resources" on page 6.
2. Updated Table 7 on page 29, Table 17 on page 42 and Table 111 on page 258.
3. Updated "Serial Peripheral Interface – SPI" on page 136.
4. Updated note in "Bit Rate Generator Unit" on page 180.

Changes from Rev.  
02F- 06/04 to Rev.  
02G- 04/05

1. Removed "Preliminary" and TBD's.
2. Updated Table 37 on page 69 and Table 113 on page 261.
3. Updated "Electrical Characteristics" on page 255.
4. Updated "Ordering Information" on page 304.

Changes from Rev.  
02-12/03 to Rev.  
02-06/04

1. MLF-package alternative changed to "Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package QFN/MLF".

Changes from Rev.  
02E-12/03 to Rev.  
02F-06/04

1. Updated "Reset Characteristics" on page 37.
2. Updated SPH in "Stack Pointer" on page 12.
3. Updated C code in "USART Initialization" on page 150.
4. Updated "Errata" on page 309.

Changes from Rev.  
02D-09/03 to Rev.  
02E-12/03

1. Updated "Calibrated Internal RC Oscillator" on page 29.
2. Added section "Errata" on page 309.

Changes from Rev.  
02C-04/03 to Rev.  
02D-09/03

1. Removed "Advance Information" and some TBD's from the datasheet.
2. Added note to "Pinout ATmega8535" on page 2.
3. Updated "Reset Characteristics" on page 37.
4. Updated "Absolute Maximum Ratings" and "DC Characteristics" in "Electrical Characteristics" on page 255.
5. Updated Table 111 on page 258.



anges from Rev.  
02B-09/02 to Rev.  
02C-04/03

6. Updated "ADC Characteristics – Preliminary Data" on page 263.
7. Updated "ATmega8535 Typical Characteristics – Preliminary Data" on page 266.
8. Removed CALL and JMP instructions from code examples and "Instruction Set Summary" on page 301.
1. Updated "Packaging Information" on page 305.
2. Updated Figure 1 on page 2, Figure 84 on page 179, Figure 85 on page 185, Figure 87 on page 191, Figure 98 on page 207.
3. Added the section "EEPROM Write During Power-down Sleep Mode" on page 22.
4. Removed the references to the application notes "Multi-purpose Oscillator" and "32 kHz Crystal Oscillator", which do not exist.
5. Updated code examples on page 44.
6. Removed ADHSM bit.
7. Renamed Port D pin ICP to ICP1. See "Alternate Functions of Port D" on page 64.
8. Added information about PWM symmetry for Timer 0 on page 79 and Timer 2 on page 126.
9. Updated Table 68 on page 169, Table 75 on page 190, Table 76 on page 193, Table 77 on page 196, Table 108 on page 253, Table 113 on page 261.
10. Updated description on "Bit 5 – TWSTA: TWI START Condition Bit" on page 182.
11. Updated the description in "Filling the Temporary Buffer (Page Loading)" and "Performing a Page Write" on page 231.
12. Removed the section description in "SPI Serial Programming Characteristics" on page 254.
13. Updated "Electrical Characteristics" on page 255.
14. Updated "ADC Characteristics – Preliminary Data" on page 263.
14. Updated "Register Summary" on page 299.
15. Various Timer 1 corrections.
16. Added WD\_FUSE period in Table 108 on page 253.



Rev.  
2A-06/02 to Rev.  
2B-09/02  
mel Corporation

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

**Regional Headquarters**

**Europe**  
Atmel Sarl  
Route des Arsenaux 41  
Case Postale 80  
CH-1705 Fribourg  
Suisse  
Tel: (41) 26-426-5555  
Fax: (41) 26-426-5500

**Asia**  
Room 1219  
Chinachem Golden Plaza  
7 Mody Road Tsimshatsui  
East Kowloon  
Hong Kong  
Tel: (852) 2721-9778  
Fax: (852) 2722-1369

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

1. Changed the Endurance on the Flash to 10,000 Write/Erase Cycles.

**Atmel Operations**

**Memory**

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 436-4314

**Microcontrollers**

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 436-4314

La Chantrerie  
BP 70602  
44306 Nantes Cedex 3, France  
Tel: (33) 2-40-18-18-18  
Fax: (33) 2-40-18-19-60

**ASIC/ASSP/Smart Cards**

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex, France  
Tel: (33) 4-42-53-60-00  
Fax: (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
Tel: 1(719) 576-3300  
Fax: 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park  
Maxwell Building  
East Kilbride G75 0QR, Scotland  
Tel: (44) 1355-803-000  
Fax: (44) 1355-242-743

**RF/Automotive**

Theresienstrasse 2  
Postfach 3535  
74025 Heilbronn, Germany  
Tel: (49) 71-31-67-0  
Fax: (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
Tel: 1(719) 576-3300  
Fax: 1(719) 540-1759

**Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/  
High Speed Converters/RF Datacom**

Avenue de Rochepleine  
BP 123  
38521 Saint-Egreve Cedex, France  
Tel: (33) 4-76-58-30-00  
Fax: (33) 4-76-58-34-80



**Literature Requests**

[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

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

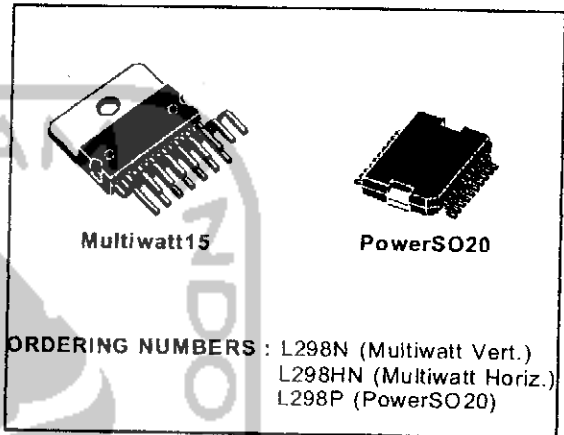
©2006 Atmel Corporation. All rights reserved. Atmel®, logo and combinations thereof, AVR®, Everywhere You Are® and AVR Studio® are registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be trademarks of others.

**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)

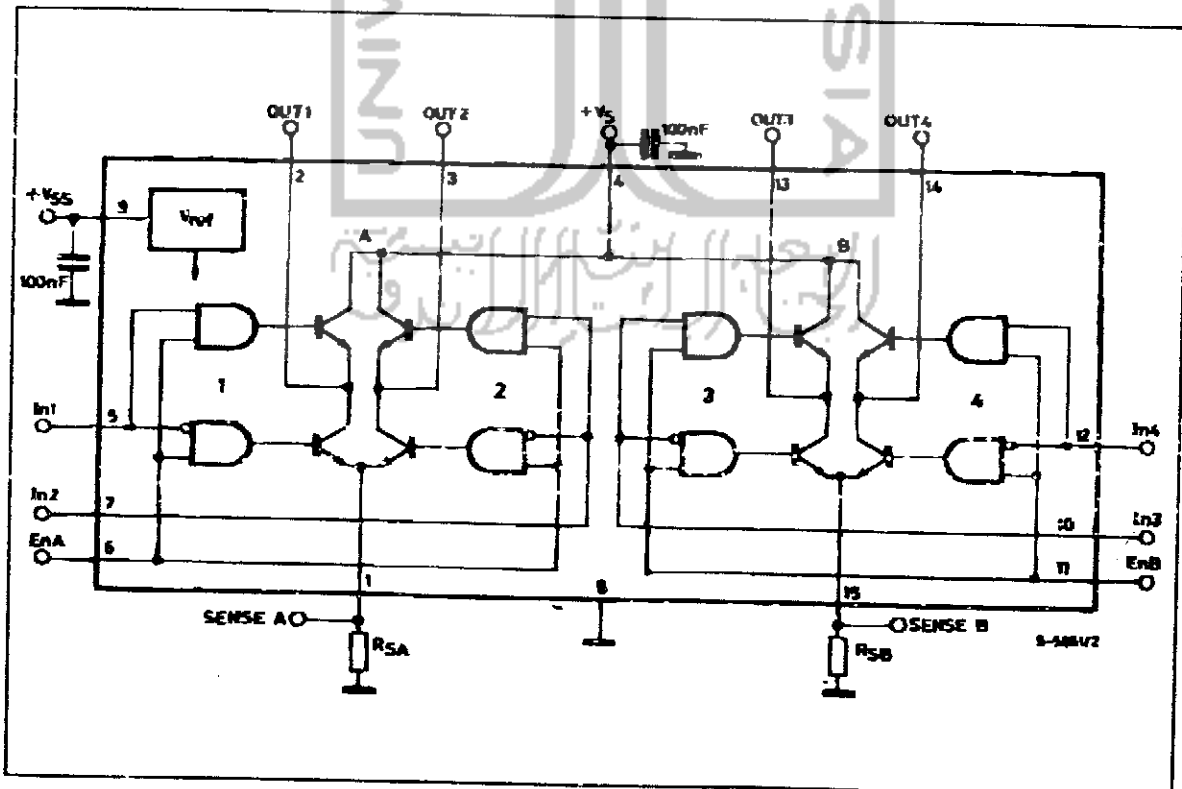
**DESCRIPTION**

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**

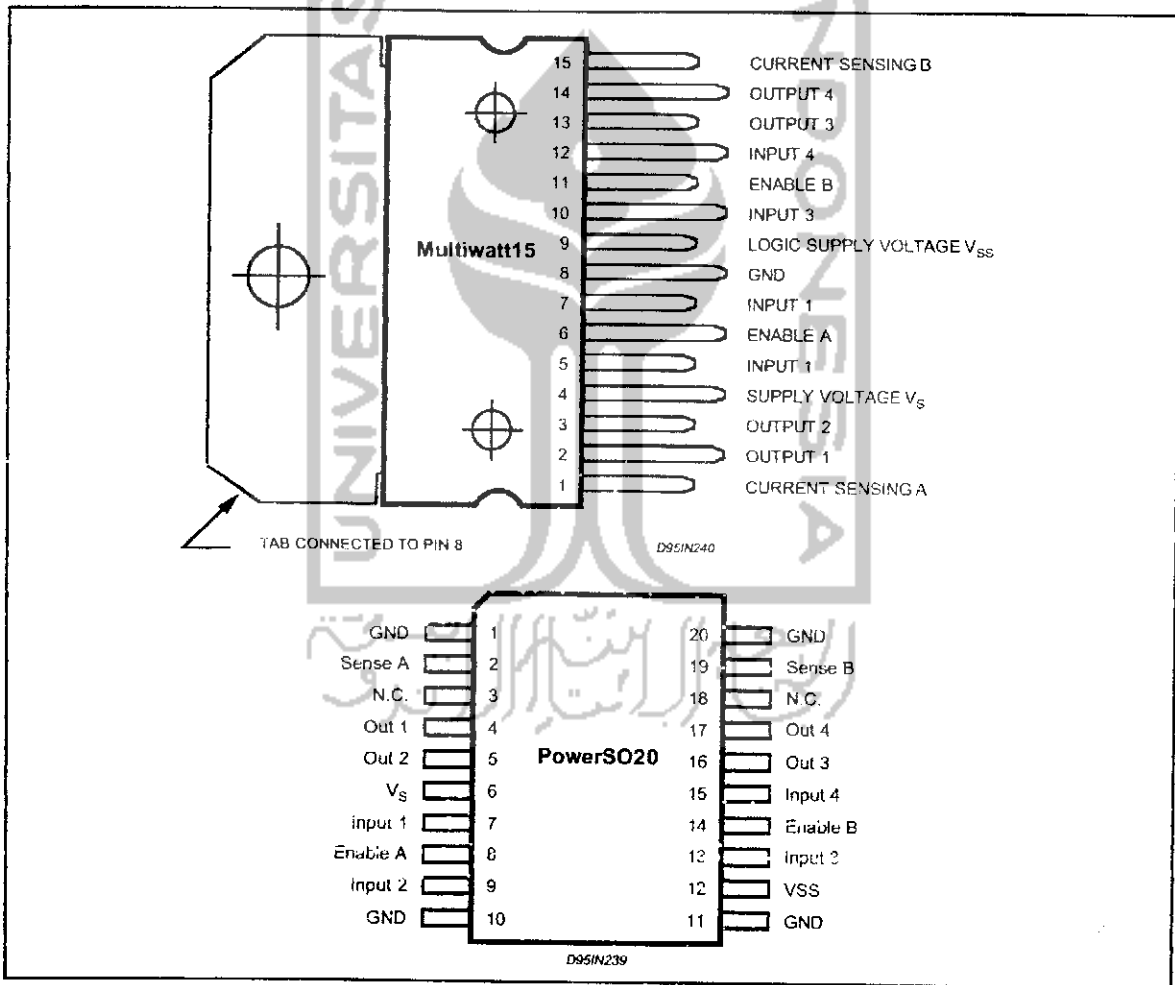


## L298

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_s$	Power Supply	50	V
$V_{ss}$	Logic Supply Voltage	7	V
$V_i, V_{en}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
$I_o$	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ( $t = 100\mu s$ )	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$ )	2.5	A
	-DC Operation	2	A
$V_{sens}$	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
$P_{tot}$	Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ )	25	W
$T_{stg}, T_j$	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

### PIN CONNECTIONS (top view)



### THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th(j-case)}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	3	$^\circ C/W$
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	35	$^\circ C/W$

(\*) 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. A 100nF 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	13	22	mA
			V <sub>i</sub> = H	50	70	mA
		V <sub>en</sub> = L	V <sub>i</sub> = X		4	mA
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0	V <sub>i</sub> = L	24	36	mA
			V <sub>i</sub> = H	7	12	mA
		V <sub>en</sub> = L	V <sub>i</sub> = X		6	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		1.35	1.7	V
		I <sub>L</sub> = 2A		2	2.7	V
V <sub>CEsat (L)</sub>	Sink Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A (5)		1.2	1.6	V
		I <sub>L</sub> = 2A (5)		1.7	2.3	V
V <sub>CEsat</sub>	Total Drop	I <sub>L</sub> = 1A (5)			3.2	V
		I <sub>L</sub> = 2A (5)			4.9	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)	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)	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)	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)	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)	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)	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)	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)	Sink Current Rise Time	0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)		0.2		μs
fc (V)	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
fc (V <sub>en</sub> )	Commutation Frequency	I <sub>L</sub> = 2A		1		KHz

- 1) Sensing voltage can be -1 V for t ≤ 50 μsec; in steady state V<sub>sens</sub> min ≥ -0.5 V.
- 2) See fig. 2.
- 3) See fig. 4.
- 4) The load must be a pure resistor.
- 5) PIN 1 and PIN 15 connected to GND.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

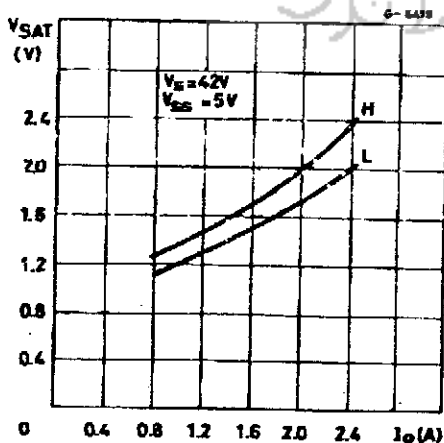
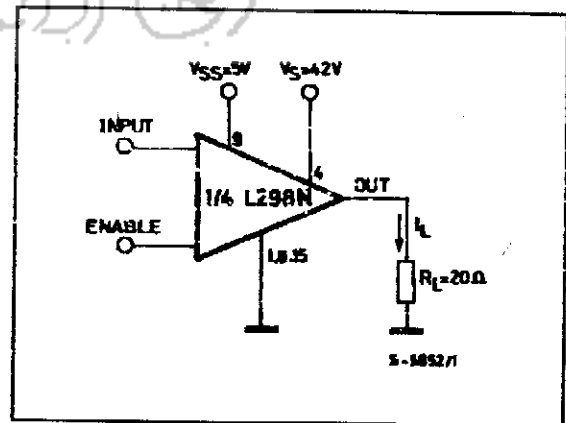


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



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

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

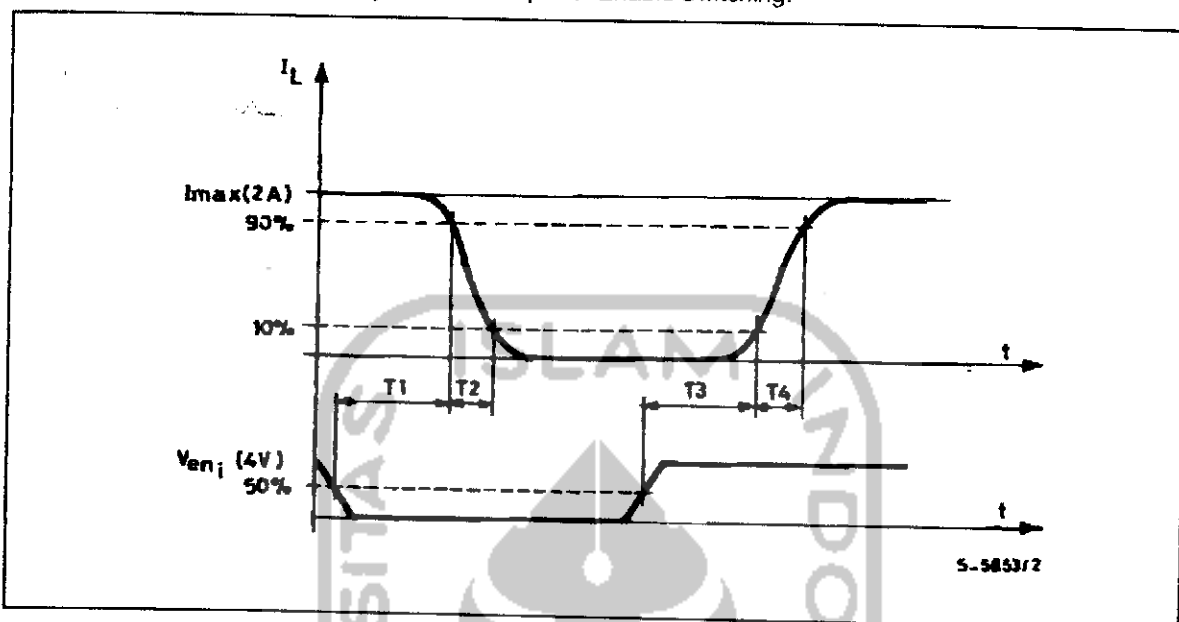
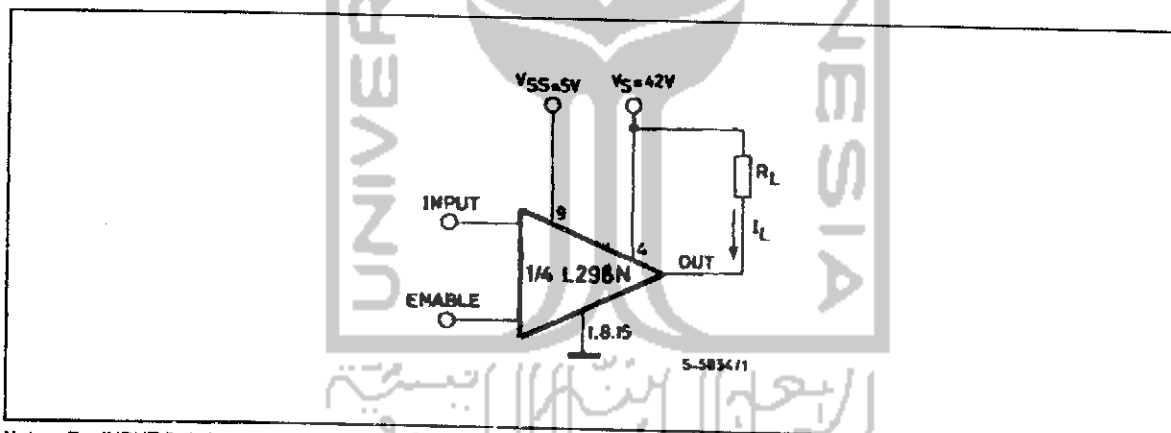


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



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

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0V Enable Switching.

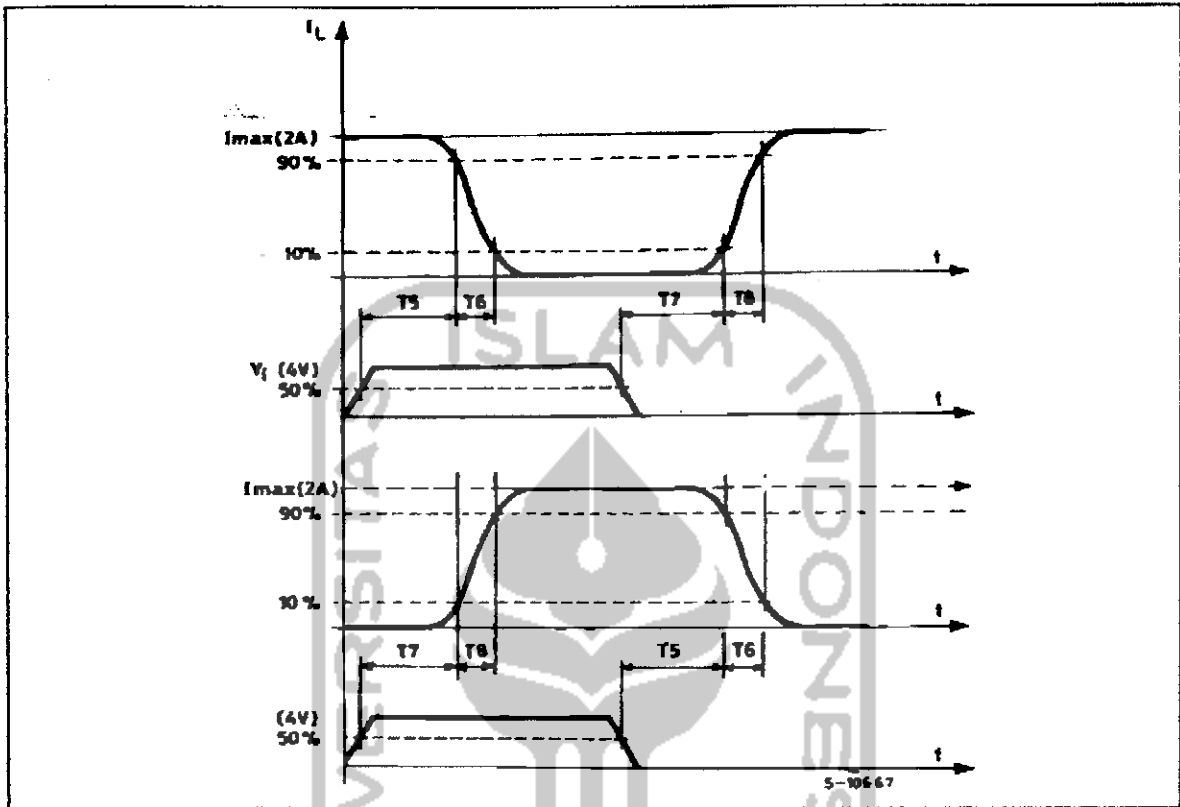
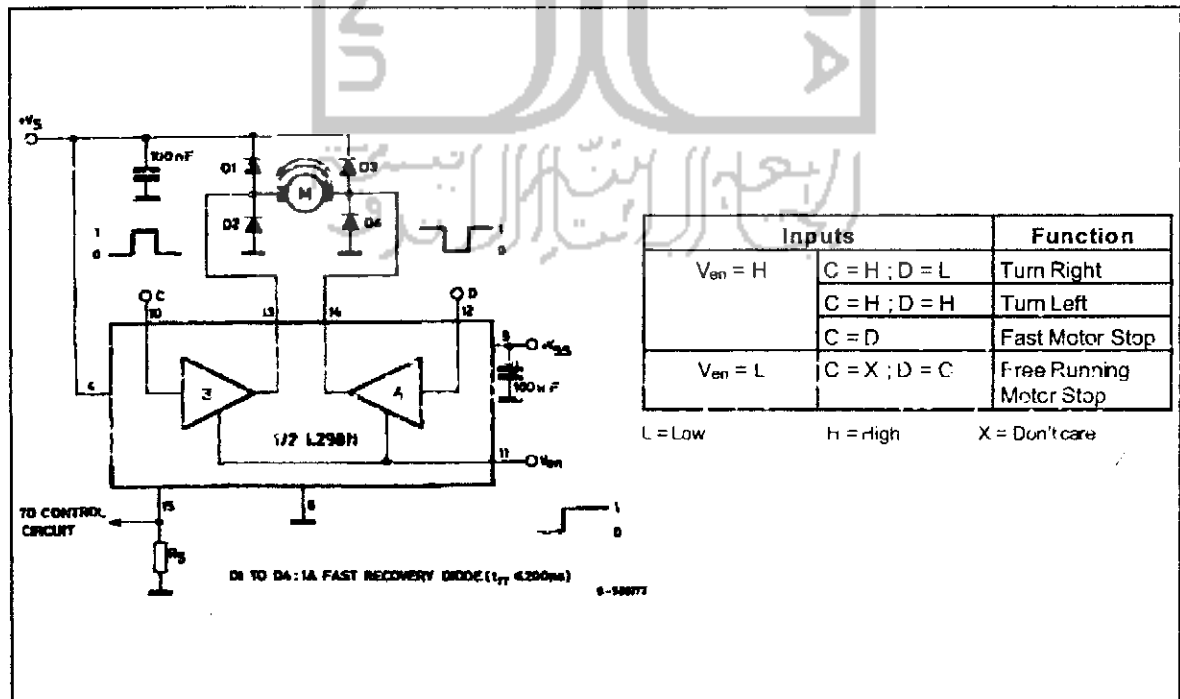
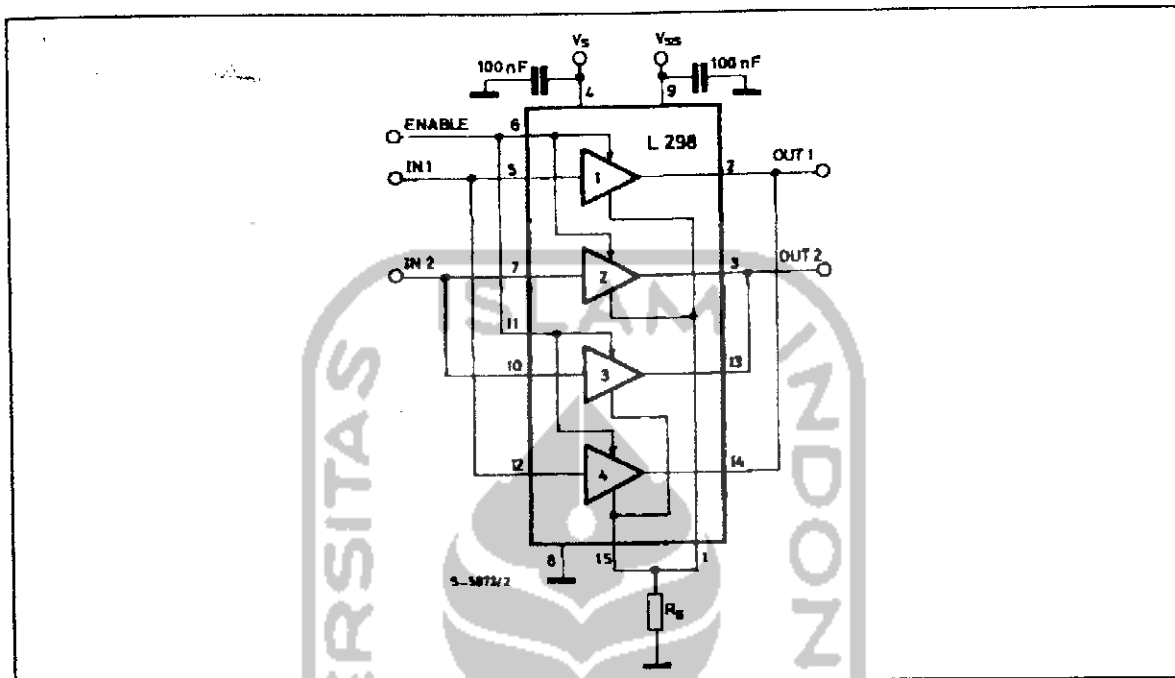


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.





**Figure 7 :** For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



## APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

### 1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differential mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output: an external resistor ( $R_{SA}$  ;  $R_{SB}$ .) allows to detect the intensity of this current.

### 1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are  $IN1$  ;  $IN2$  ;  $EN_A$  and  $IN3$  ;  $IN4$  ;  $EN_B$ . The  $IN$  inputs set the bridge state when The  $EN$  input is high ; a low state of the  $EN$  input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

## 2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both  $V_S$  and  $V_{SS}$ , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of  $V_S$  that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

## 3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes  $D1$  to  $D4$  is made by four fast recovery elements ( $t_{rr} \leq 200$  nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped ; Schottky diodes would be preferred.

## L298

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

**Figure 8** : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.

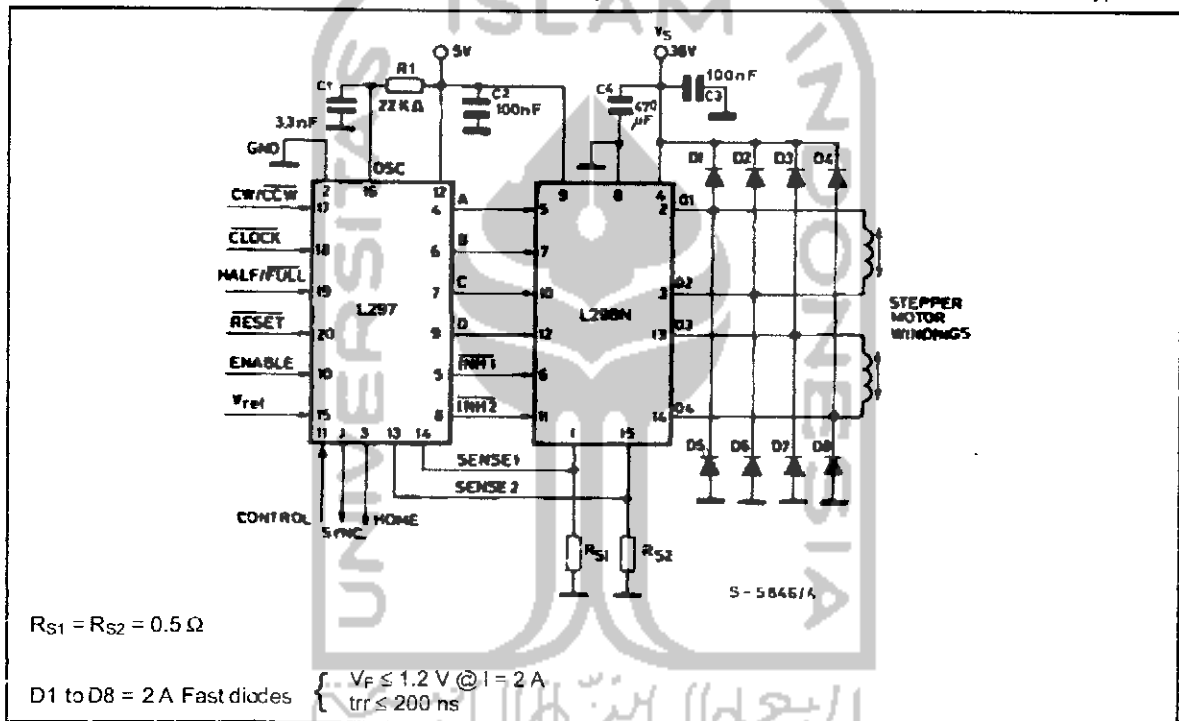


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

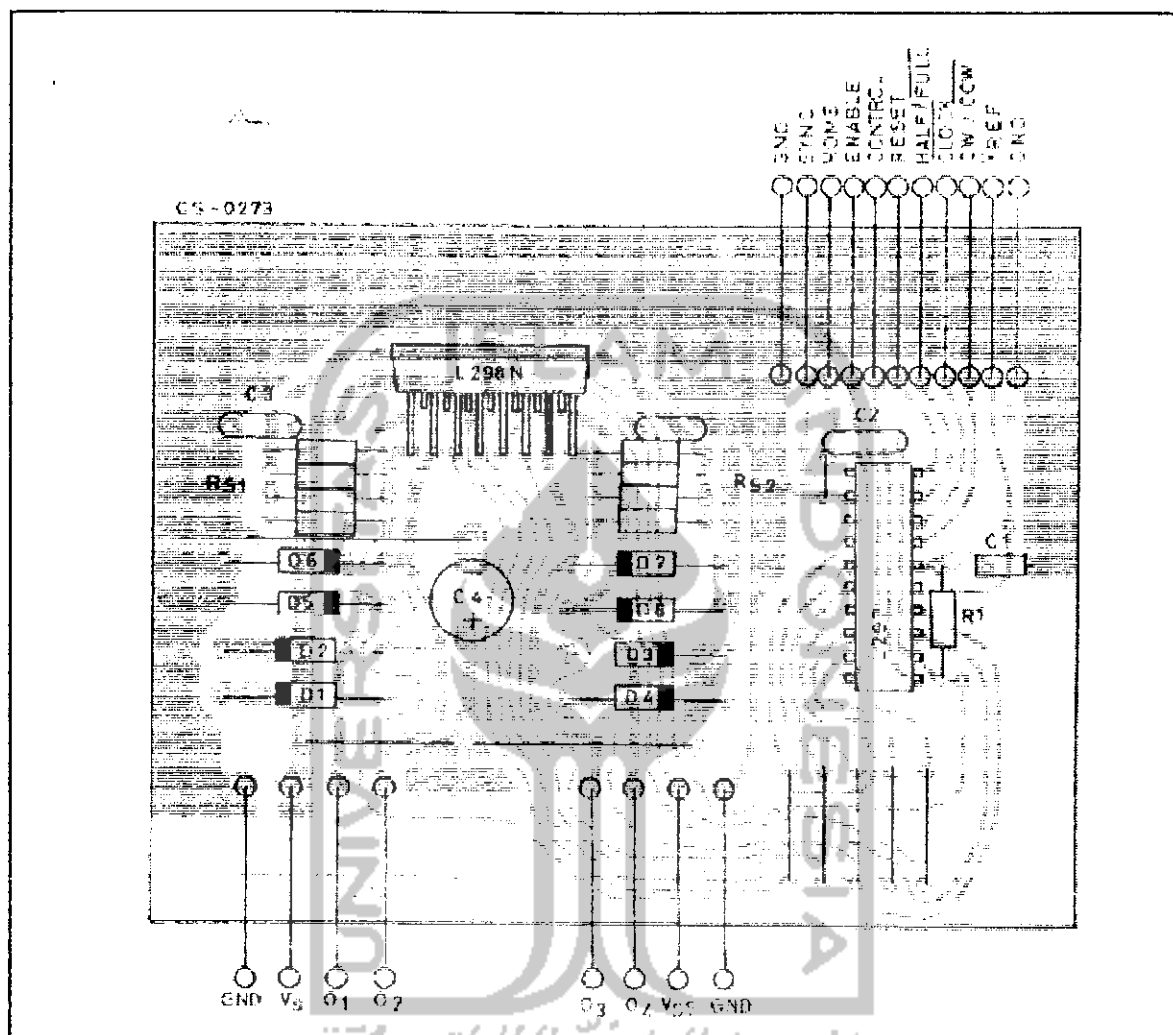
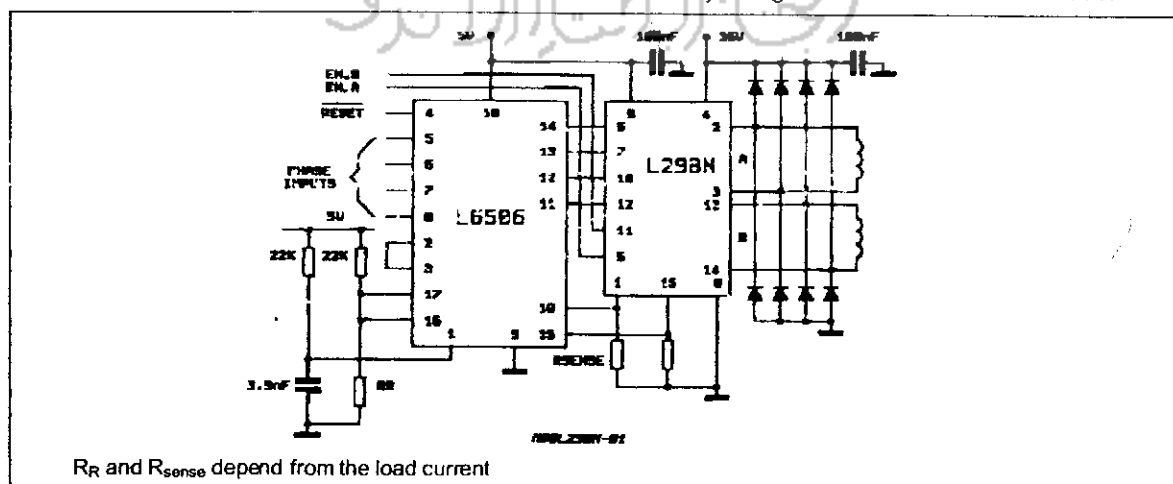
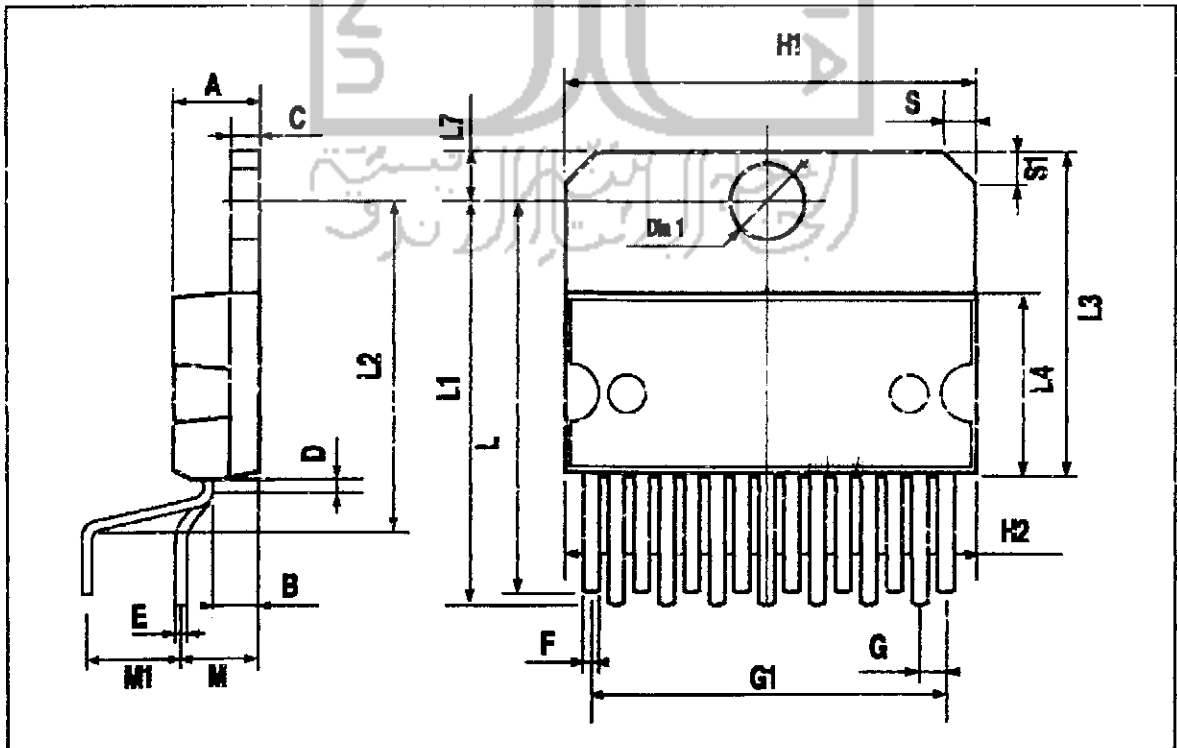


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.



MULTIWATT15 (VERTICAL) PACKAGE MECHANICAL DATA

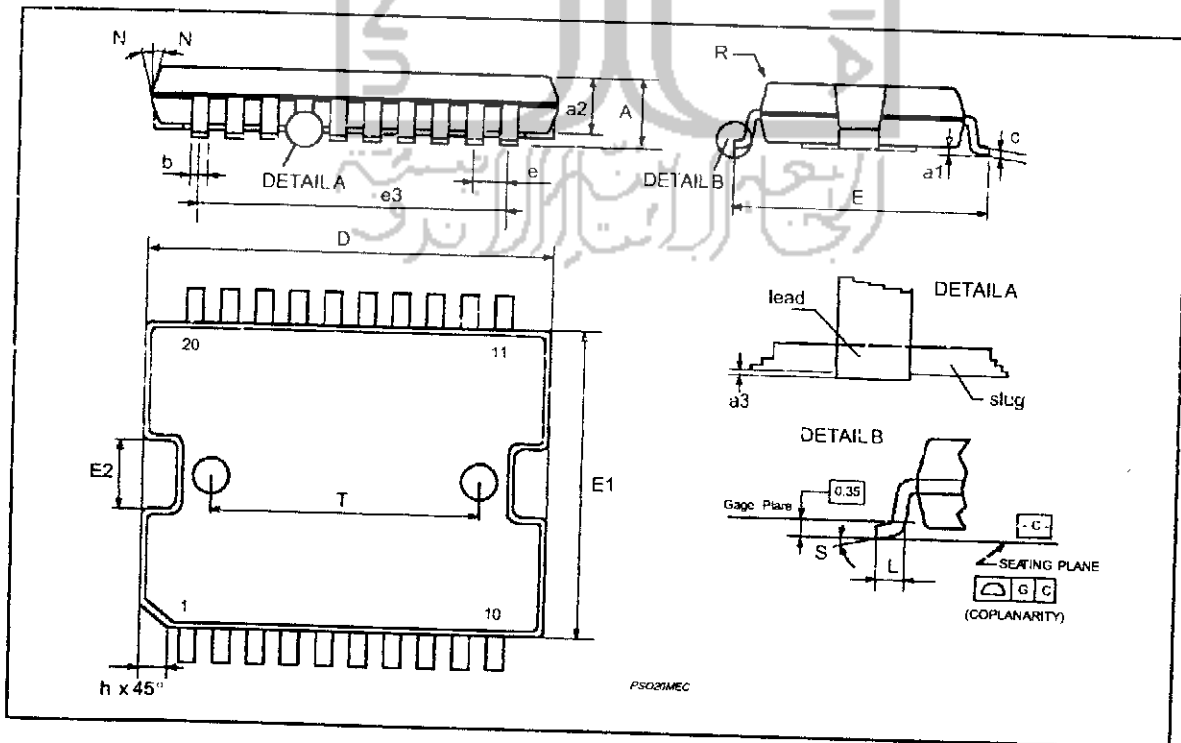
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	22.1		22.6	0.870		0.890
L1	22		22.5	0.866		0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.2	4.3	4.6	0.165	0.169	0.181
M1	4.5	5.08	5.3	0.177	0.200	0.209
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152



**PowerSO20 PACKAGE MECHANICAL DATA**

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.60			0.1417
a1	0.10		0.30	0.0039		0.0118
a2			3.30			0.1299
a3	0		0.10	0		0.0039
b	0.40		0.53	0.0157		0.0209
c	0.23		0.32	0.009		0.0126
D (1)	15.80		16.00	0.6220		0.6299
E	13.90		14.50	0.5472		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.90		11.10	0.4291		0.437
E2			2.90			0.1141
G	0		0.10	0		0.0039
h			1.10			
L	0.80		1.10	0.0314		0.0433
N			10° (max.)			
S			8° (max.)			
T		10.0			0.3937	

(1) "D and E1" do not include mold flash or protrusions  
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm (0.006")





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1995 SGS-THOMSON Microelectronics - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.