

**APLIKASI ROBOT MOBIL DALAM PENGEMBANGAN
PROTOTIPE ROBOT MOBIL WISATA**

TUGAS AKHIR

OLEH :

ROBYN FRANNANDO

08 06 36 633 3



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2009 / 2010**

**APLIKASI ROBOT MOBIL DALAM PENGEMBANGAN
PROTOTIPE ROBOT MOBIL WISATA**

TUGAS AKHIR

OLEH :

ROBYN FRANNANDO

08 06 36 633 3



**TUGAS AKHIR INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI
SEBAGIAN PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

GENAP 2009 / 2010

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

APLIKASI ROBOT MOBIL DALAM PENGEMBANGAN PROTOTYPE ROBOT MOBIL WISATA

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juni 2010

Robyn Frannando

NPM 08 06 36 63 33

PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul:

APLIKASI ROBOT MOBIL DALAM PENGEMBANGAN PROTOTIPE ROBOT MOBIL WISATA

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian Tugas Akhir

Depok, Juni 2010

Dosen Pembimbing

Dr. Abdul halim, M.Eng

NIP. 040803012

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama, penulis mengucapkan terima kasih dan ucapan syukur yang tidak terkira kepada ALLAH SWT atas berkat dan rahmat-nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Selain itu, penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih secara khusus kepada:

Dr.Abdul Halim, M.Eng

Selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Orang Tua, Kakak dan Adik penulis atas dukungan dan bantuannya dalam penyelesaian tugas akhir ini. Terima kasih juga penulis sampaikan untuk rekan-rekan mahasiswa/i Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dan terima kasih kepada berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungannya.

Robyn Frannando
NPM 08 06 36 63 33
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Dr. Abdul Halim, M.Eng

**APLIKASI ROBOT MOBIL DALAM PENGEMBANGAN
PROTOTYPE ROBOT MOBIL WISATA**

ABSTRAK

Tulisan ini membahas tentang perancangan, pembangunan perangkat keras, dan pembuatan program untuk aplikasi prototipe robot mobil wisata. Aplikasi prototipe robot mobil wisata ini dapat diaplikasikan di suatu taman wisata dimana dalam tulisan ini diaplikasikan untuk kebun binatang. Robot mobil wisata ini diharapkan dapat membantu petugas memperkenalkan koleksi taman wisatanya kepada pengunjung.

Aplikasi Prototipe robot mobil wisata ini bergerak otomatis mengikuti garis, mendeteksi keberadaan objek didepanya, mendeteksi kandang, memberi pemberitahuan berupa suara dan karakter tulisan melalui LCD. Robot dilengkapi dengan beberapa sensor yaitu sensor pendeteksi jalur, sensor pendeteksi kandang, sensor pendeteksi objek didepan robot, dan dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 8535.

Untuk memperlihatkan kinerja dari prototipe ini, pengujian terhadap hasil rancangan telah dilakukan. Pengujian dilakukan terhadap masing-masing komponen penyusun robot dan terhadap robot secara keseluruhan. Dari hasil pengujian, prototipe ini memperlihatkan kinerja yang baik. Beberapa fungsi yang direncanakan dipastikan dapat tercapai. Tetapi untuk membuat dalam ukuran besar yang sesungguhnya perlu dilakukan analisa lebih mendalam lagi baik secara mekanik, elektrik dan piranti lunak.

Kata Kunci : Aplikasi Mobil Robot, Robot Pengikut Jalur, Prototipe, Robot Mobil Wisata, Aplikasi Mikrokontroler

Robyn Frannando
NPM 08 06 36 63 33
Departemen Teknik Elektro

Counsellor
Dr.Abdul Halim, M.Eng

**DESIGN OF TOUR CAR
ROBOT PROTOTYPE**

ABSTRACT

This final project describes the robot design, hardware development, and program development for the Tour Car Robot Prototype. The Tour Car Robot Prototype can be applied in a theme park. In this final project, car robot is applied for zoo. Tour car robot is designed to help officers to introduce the visitors about their zoo collection.

Tour Car Robot Prototype moves automatically to follow the line, detect the objects appearing in front of it, detect the cage, give notice in the form of the voice and character writing through LCD. Robot equipped with some sensor, lane detection sensor, cage detection sensor, object detection sensor in front of robot, and is controlled using AVR ATmega 8535 microcontroller.

To demonstrate the performance of this prototype, performance test has been done. The tests are functional test for the performance of each robot component and running test for measure the whole robot performance. As shown from the test results, the prototype has run in good performance. Several planned functions have worked sufficiently. The robot designed in this final project is just prototype. To make in the large sizes, however, some advancement researches regarding mechanical system, electrical system and software is needed.

Key Words: Car Robot Application, Line Follower Robot, Prototype, Tour Car Robot, Microcontroller Application.

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	ii
Persetujuan	iii
Ucapan Terima Kasih	iv
Abstrak	v
Abstract	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Lampiran	xiv
Daftar Singkatan	xv
Daftar Istilah	xvi
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Pembatasan Masalah	2
1.5 Metodologi penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab II Landasan Teori	4
2.1 Teknologi Robot Secara Umum	4
2.1.1 Definisi Robot	4
1 Stationary Robot	5
2 Mobile Robot	5
2.1.2 Sistem Gerak Robot Mobil Beroda	6

1	Differential Drive	6
2	Tricycle Drive	6
3	Synchronous Drive	7
4	Holonomic Drive	7
2.1.3	Definisi Mobil Robot Line Follower	7
2.2	Mekanik	8
2.3	Komponen Elektronik Robot Mobil Wisata	8
2.3.1	Mikrokontroler ATMEL AVR AT-MEGA 8535	8
2.3.1.1	Mikrokontroler Secara Umum	8
2.3.1.2	Desain Mikrokontroler AT-MEGA 8535	9
2.3.1.3	Arsitektur AT-MEGA 8535	10
2.3.1.4	Fitur AT-MEGA 8535	11
2.3.1.5	Konfigurasi PIN AT-MEGA 8535	11
2.3.1.6	Peta Memori AT-MEGA 8535	12
2.3.2	Perangkat Pengindra	14
2.3.2.1	LED superbright	14
2.3.2.2	Photodiode	15
2.3.2.3	LDR	16
2.3.2.4	Sensor photo electric type OMRON E3R-DS30E4	16
2.3.3	Rangkaian Penguat Sinyal	18
2.3.3.1	IC LM324	18
2.3.3.2	IC LM358	19
2.3.4	Perangkat Penggerak	20
2.3.4.1	IC L293D	20
2.3.4.2	Motor DC	22
2.4	Program Komputer Robot Mobil Wisata	25
Bab III Aplikasi Robot Mobil Dalam Pengembangan Prototipe Robot Mobil Wisata		28
3.1	Rancang Bangun Mekanik Robot	28
3.1.1	Pembuatan Hardware	28
3.1.1.1	Mekanik	28
3.2	Rancang Bangun Komponen Elektronik	30

3.2.1	Perangkat Elektronik	30
3.2.1.1	Rangkaian Sensor Jalur	31
3.2.1.2	Rangkaian Sensor Cahaya Sebagai Aktivasi	32
3.2.1.3	Modul sensor Photoelectric Sensor Pendeteksi Kandang	33
3.2.1.4	Rangkaian Pemroses	34
3.2.1.5	Rangkaian Penggerak Motor DC	35
3.2.1.6	Rangkaian IC <i>Voice</i> ISD 25120	36
3.2.1.7	Rangkaian catu daya (<i>Power Supply</i>)	37
3.2.1.8	Rangkaian Sistem Minimum	38
3.3	Pembuatan Program	42
3.3.1	<i>CodeVisions</i> AVR C <i>Compiler</i>	42
3.3.2	Perancangan Program	45
3.3.2.1	Inisialisasi	46
3.4	Diagram Alir <i>Flowchart</i>	47
3.4.1	Flowchart Robot Membaca Jalur	48
3.4.2	Flowchart Pergerakan Robot Secara Keseluruhan	49
Bab IV Pengujian Dan Analisa		50
4.1	Pengujian Alat	50
4.2	Instrument Pengujian	50
4.3	Hasil Pengujian Rangkaian Elektronik	51
4.3.1	Hasil Pengujian Rangkaian Input	51
4.3.1.1	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Jalur	51
4.3.1.2	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Aktivasi	51
4.3.2	Hasil Pengujian Rangkaian Proses	52
4.3.2.1	Hasil Pengujian Input Pada Port.A dan Port.B	52
4.3.2.2	Hasil Pengujian Output pada PortC	53
4.3.2.3	Kriteria Pengujian Output pada Port.D	54
4.3.3	Hasil Pengujian Rangkaian Output	54
4.3.3.1	Hasil Pengujian Rangkaian Input IC L293D	54
4.3.3.2	Hasil Pengujian Rangkaian Output IC L293D	54
4.3.4	Hasil pengujian IC <i>Voice</i> ISD 25120	55

4.4 Hasil Pengujian Robot Mobil Wisata di Track	55
4.4.1 Pengujian sensor robot mobil wisata pada saat mengikuti jalur	56
4.4.2 Pengujian durasi robot mobil wisata bergerak mengelilingi track, mendeteksi kandang, dan mendeteksi objek yang menghalangi robot didepannya.	59
4.5 Analisa Hasil	51
BAB V Kesimpulan	64
Daftar Acuan	65
Daftar Pustaka	66
Lampiran	67

DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
Gambar 2.1	Mobile Robot Jenis (<i>Wheel Robot</i>)	5
Gambar 2.2	Sistem Gerak <i>Differential Drive</i>	6
Gambar 2.3	Sistem gerak <i>tricycle drive</i>	7
Gambar 2.4	Sistem gerak <i>synchronous drive</i>	7
Gambar 2.5	Sistem gerak <i>holonomic drive</i>	7
Gambar 2.6	Bentuk AVR ATMega 8535	9
Gambar 2.7	Diagram blok AVR ATMega 8535	10
Gambar 2.8	PIN-PIN Mikrokontroler ATMega 8535	12
Gambar 2.9	Konfigurasi Memori Data AVR ATMega 8535	13
Gambar 2.10	Peta Memori Program AVR ATMega 8535	13
Gambar 2.11	(a) Simbol LED dan (b) Bentuk Fisik LED.	15
Gambar 2.12	(a) Simbol Photodioda dan (b) Bentuk Fisik Photodida	16
Gambar 2.13	(a) Bentuk fisik dari LDR dan (b) Simbol LDR	16
Gambar 2.14	Mode Penerapan Sensor Photo Electric	17
Gambar 2.15	(a) Karakteristik sensor Photo Electric (b) Model sensor Photo Electric	17
Gambar 2.16	IC Penguat LM324 (sumber, Datasheet)	18
Gambar 2.17	Simbol Op - amp	18
Gambar 2.18	(a) Konfigurasi pin IC LM358 dan (b) Karakteristik IC LM358	19
Gambar 2.19	Pin IC L293 (sumber, data sheet L293D)	21
Gambar 2.20	Aplikasi IC L293D	21
Gambar 2.21	(a) Bentuk Fisik Motor DC dan (b) Konstruksi Motor DC	22
Gambar 2.22	Prinsip Kerja Motor DC	23
Gambar 2.23	Bagian-Bagian Motor DC	24
Gambar 2.24	IDE perangkat lunak CodeVisionAVR	26
Gambar 2.25	Code Generator yang dapat digunakan untuk enginialisasi register-register pada microcontroller AVR	27

Gambar 2.26	Kode-kode program yang dibangkitkan otomatis oleh code generator	27
Gambar 3.1	Desain Robot	28
Gambar 3.2	Foto Mobil Wisata Tampak Atas	29
Gambar 3.3	Foto Mobil Wisata Tampak Depan	29
Gambar 3.4	<i>Track</i> Mobil Wisata	30
Gambar 3.5	Blok Diagram Prototipe Mobil Wisata	31
Gambar 3.6	Rangkaian Sensor Jalur	32
Gambar 3.7	Rangkaian Sensor Cahaya sebagai Aktifasi	33
Gambar 3.8	(a) Sensor Photo Electric Tipe Omron E3R-DS30E4 (b) Karakteristik sensor Photo electric Tipe Omron E3R-DS30E4	34
Gambar 3.9	Rangkaian Proses Pengendali Robot	34
Gambar 3.10	Rangkaian penggerak motor DC	35
Gambar 3.11	Rangkaian ISD (diambil dari datasheet ISD25120)	37
Gambar 3.12	Rangkaian IC Regulator 7805	38
Gambar 3.13	Rangkaian Sistem Minimum ATmega8535	39
Gambar 3.14	Tampilan program <i>CodeVisionAVR</i>	43
Gambar 3.15	Tampilan <i>File</i> baru pada <i>CodeVision AVR</i>	43
Gambar 3.16	Tampilan <i>CodeWizard</i> pada <i>CodeVision AVR</i>	43
Gambar 3.17	Tampilan input , <i>output</i> , dan <i>LCD</i> Port di AVR dengan <i>CodeWizard</i>	44
Gambar 3.18	Tampilan menu program pada <i>toolbar After Make</i>	44
Gambar 3.19	Tampilan <i>compile project toolbar Compile</i>	45
Gambar 3.20	Tampilan <i>download project</i> dengan <i>toolbar Chip Programmers</i>	45
Gambar 3.21	Flow Chart Robot Membaca Jalur	48
Gambar 3.22	Flowchart Pergerakan Robot Secara Keseluruhan	49
Gambar 4.1	Sensor tengah mendeteksi jalur	56
Gambar 4.2	Sensor kanan 1 mendeteksi jalur	56
Gambar 4.3	Sensor kanan 2 mendeteksi jalur	56
Gambar 4.4	Sensor kanan 1 dan kanan 2 mendeteksi jalur	57
Gambar 4.5	Sensor kiri 1 mendeteksi jalur	57
Gambar 4.6	Sensor kiri 2 mendeteksi jalur	58
Gambar 4.7	Sensor kiri 1 dan kiri 2 mendeteksi jalur	58
Gambar 4.8	Pengujian durasi robot mobil wisata bergerak mengelilingi track	59

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Pengendali motor DC dengan menggunakan IC L293D	21
Tabel 2.2	Tabel kebenaran ICL293D	22
Tabel 3.1	Penggunaan Port A	40
Tabel 3.2	Penggunaan Port B	40
Tabel 3.3	Penggunaan Port C	41
Tabel 3.4	Penggunaan Port D	41
Tabel 4.1	Hasil pengukuranr sensor jalur	51
Tabel 4.2	Hasil pengukuran rangkaian sensor aktivasi	52
Tabel 4.3	Hasil pengujian pada Port A dan Port B	53
Tabel 4.4	Hasil pengujian pada Port C	53
Tabel 4.5	Hasil pengukuran <i>input</i> IC L293D	54
Tabel 4.6	Hasil pengukuran <i>output</i> IC L293D	55
Tabel 4.7	Pengukuran Input dan Output IC <i>Voice</i> ISD 25120	55

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Source Code Program
- Lampiran 2 Data sheet ATMEGA 8535
- Lampiran 3 Data shett ICL293D
- Lampiran 4 Data shett IC ISD25120
- Lampiran 5 Datasheet Sensor Photoelectric type OMRON.
- Lampiran 6 Data shett IC LM358
- Lampiran 7 Data shett IC LM324
- Lampiran 8 Datasheet LCD
- Lampiran 9 Datasheet Led Superbright
- Lampiran 10 Datasheet LDR
- Lampiran 11 Datasheet Photo Dioda
- Lampiran 12 Foto Robot

DAFTAR SINGKATAN

LCD	Liquid Crystal Display
LDR	Light Dependent Resistor
AVR	Atmega Risc Processor
IC	Integrated Circuit
ISD	Instructional System Design
LED	Light Emitting Diode
AC	Alternating Current
DC	Direct Current
CPU	Central Processing Unit

DAFTAR ISTILAH

1. Mikrokontroler : sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah [chip](#).
2. LCD: suatu jenis media tampilan yang menggunakan [kristal cair](#) sebagai penampil utama.
3. Port : Pin didalam sistem minimum mikrokontroler untuk mendukung beberapa sesi koneksi antar pin di mikrokontroler.
4. Retroreflektif : Teknik penyesuaian tata letak sensor yang mendeteksi cahaya dipantulkan oleh objek yang terdeteksi oleh sensor.
5. Through-beam : Teknik penyesuaian tata letak sensor yang digunakan untuk perubahan kuantitas cahaya yang diakibatkan adanya objek yang melewati sensor.
6. Superbright : Led yang mempunyai sinar pancar yang sangat terang.
7. Prototipe : Alat peraga atau simulasi yang menyerupai aslinya.
8. Komparator : Untuk membuat perbandingan antara perubahan tegangan ramp dengan perubahan pada sinyal analog.
9. Op-Amp : Merupakan suatu komponen [elektronika](#) berupa [Integrated Circuit](#) (IC) yang terdiri atas bagian differensial *amplifier*, *common emitter amplifier* dan bagian push-pull amplifier.
10. LDR : Jenis resistor yang berubah [resistansinya](#) ketika dikenai cahaya.
11. Omron : Pabrikan sensor dan elektronik divais.
12. CodeVisionAVR : *Software* control alat yang menggunakan bahasa C dalam pemogramannya.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kata robot pertama kali diperkenalkan oleh seorang penulis dari negara Czech yang bernama Karel pada tahun 1921. Kata Robot berasal dari kata ‘robota’ yang berarti: pekerja sendiri.

Sejarah robot bermula ketika sistem otomatis dibuat oleh Jacques de Vaucanson pada tahun 1938, yang membuat bebek mekanik yang dapat memakan dan mencincang biji-bijian, membuka dan menutup sayapnya. Kemudian tahun 1967, Hisashine Tanaga Ilmuwan dari negara Jepang berhasil membuat mainan mekanik yang dapat menghadirkan teh dan menulis huruf kanji.

Pada pertengahan tahun 60-an kebutuhan terhadap otomasi kerja suatu alat semakin meningkat. Hal ini yang menyebabkan negara – negara maju seperti Amerika, Inggris, Eropa, Jerman dan beberapa negara lainnya mulai melakukan riset dibidang ini, yang kemudian disusul oleh negara-negara di asia.

Teknologi ini sudah dirasakan oleh berbagai pihak terutama pihak industri. Teknologi ini memberikan dampak yang besar bagi kemajuan peradaban manusia terutama mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Lebih khusus lagi bahwa perkembangan robotika telah mampu meningkatkan kreatifitas, efektifitas dan efisiensi tugas-tugas manusia sehingga mencapai hasil yang optimal, baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

Berbagai macam penemuan merambah berbagai aspek kehidupan manusia mulai dari transportasi, elektronik, telekomunikasi, komputer, kedokteran, pertanian dan sebagainya. Pada saat ini telah banyak digunakan berbagai peralatan otomatis yang mendukung kinerja manusia dalam menjalankan tugasnya, mulai dari alat kontrol sederhana sampai robotika dengan berbagai basis teknologi yang canggih dan mutakhir. Semua ini tidak terlepas dari perkembangan sistem kontrol (kendali) maupun instrumentasi alat. Pengontrolan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan komputer, mikrokontroler, mikoprosesor, maupun *Programmable Logic Controller (PLC)*.

Pemanfaatan teknologi robot untuk mempermudah aktivitas manusia akan terus berkembang, salah satunya adalah aplikasi teknologi robot untuk membantu aktivitas di taman wisata. Mobil wisata ini adalah salah satu transportasi alternatif yang dapat digunakan oleh petugas tempat wisata, khususnya pada tempat wisata kebun binatang. Hal ini yang memberikan gagasan untuk dapat membuat mobil wisata seperti konsep jalur yang digunakan oleh kereta api maupun busway.

Robot mobil wisata ini dituntut mampu bekerja layaknya seperti mobil wisata sehingga mempermudah pengunjung dan pengelola taman wisata. Selain dapat bergerak dengan cara membaca jalur atau garis yang ada pada sebuah lintasan, mobil robot ini juga dapat menaik turunkan penumpang pada pemberhentian khusus pada kawasan tempat wisata dan dapat memberikan petunjuk dari petugas tempat wisata melalui rangkaian IC *Voice*.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Masalah yang akan diteliti pada tugas akhir ini adalah bagaimana merancang prototipe robot mobil wisata dengan memadukan teknologi rancangan robot yang ada terutama penggunaan sensor jalur, sensor objek, dan sensor kandang. Dimana informasi yang didapat dari beberapa sensor tersebut menjadi dasar pengendalian robot mobil wisata berdasarkan mikrokontroler.

1.3 TUJUAN PENULISAN

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk merancang prototipe robot mobil wisata yang bisa mengikuti jalur, mendeteksi objek seperti manusia atau hewan yang berada di depan robot, dan mendeteksi kandang pada lintasan yang ada. Robot ini juga dilengkapi dengan voice sebagai panduan bagi pengunjung.

1.3 PEMBATASAN MASALAH

Pada pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi masalah pada pemanfaatan sensor led superbright dan photodiode yang digunakan sebagai pembaca jalur, pendeteksi mobil wisata pada kandang objek wisata, sebagai aktivasi awal robot serta berfungsi sebagai sensor depan untuk mengetahui

kebaeradaan objek seperti hewan dan manusia yang melintasi robot didepanya yang outputnya berupa *light fire* (lampu tembak).

Penulis menggunakan Mikrokontroler AVR ATmega 8535 untuk dapat mengoperasikan robot mobil wisata ini. Mobil wisata ini akan berjalan mengikuti jalur atau garis yang ada pada lintasan yang terpisah pada jalur pengunjung lewat, setelah itu berhenti sesuai dengan delay yang telah ditentukan. Pada mobil wisata ini juga terdapat IC Voice yaitu rangkaian perekam suara, rangkaian sensor infrared dan photodiode yang digunakan pada pintu kandang utama tempat objek wisata, LCD pada mobil wisata ini digunakan untuk menampilkan petunjuk dari petugas tempat wisata. Serta pada bagian depan mobil terdapat sensor halang, yang outputnya berupa lampu tembak sebagai peringatan jika ada pengunjung dan binatang tanpa sengaja lewat pada lintasan.

1.5 METODOLOGI PENULISAN

Metode penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kajian pustaka.
2. Perancangan alat.
3. Pengujian alat.
4. Analisa hasil.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Adapun penulisan tugas akhir ini dibagi dalam lima bab. Bab I ini akan membahas tentang latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan tugas akhir. Kemudian Bab II memuat teori-teori yang berhubungan dengan perancangan dan implementasi sistem. Bab III membahas langkah-langkah perancangan yang dilakukan. Pada Bab IV dilakukan analisa terhadap hasil pengujian sistem yang dirancang. Dan terakhir, Bab V berisi kesimpulan dari keseluruhan isi tugas akhir.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai landasan teori yang meliputi apa saja yang dibutuhkan dan digunakan pada proses perancangan dan pembuatan rancang bangun prototipe robot mobil wisata.

2.1 TEKNOLOGI ROBOT SECARA UMUM

2.1.1 Definisi robot

Robot biasanya diistilahkan dengan sebuah alat yang menyerupai manusia dan hewan atau dapat bertingkah laku seperti mereka namun bentuk struktur tubuhnya tidak sama. Definisi robot menurut W. Grey seorang psikolog adalah peralatan elektronik atau bio-mekanik atau gabungan peralatan yang menghasilkan gerakan otonomi maupun berdasarkan gerakan yang diperintahkan.

Seperti juga manusia, robot pada dasarnya mempunyai lima komponen utama yaitu :

1. Tubuh atau Rangka.
2. Otot untuk menggerakkan tubuh.
3. Sensor yang dapat menerima informasi dari dalam tubuh atau dari lingkungan sekitar.
4. Sumber tenaga untuk menggerakkan output berupa motor.
5. Otak yang memproses informasi dari sensor dan memberitahu apa yang harus dilakukan.

Pada robot, tubuhnya adalah rangka yang dapat bergerak, motor untuk menggerakkan, sistem sensor, power supply untuk memberi tegangan pada komponen-komponen yang dibutuhkan robot, dan mikrokontroler sebagai otak untuk mengontrol semua elemen tersebut. Beberapa penerapan robot saat ini antara lain adalah untuk :

1. Merakit dan mengelas kerangka mobil di industri manufaktur,
2. Pencari dan pemadam sumber api,
3. Pelayan toko,
4. Robot boneka,

5. Robot medis,
6. Robot perang,
7. Robot penjelajah, dan lain-lain.

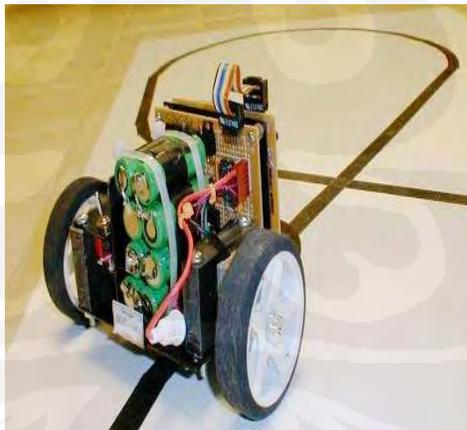
Berdasarkan mobilitasnya robot terbagi dalam dua kelompok, yaitu *stationary robot* dan *mobile robot*.

1. Stationary robot

Stationary robot merupakan robot yang dioperasikan pada lingkungan yang tetap dengan pergerakan yang cenderung tetap dan tertentu. *Stationary robot* biasanya berwujud manipulator lengan yang menyerupai fungsi dari lengan manusia. Contoh dari *stationary robot* terdapat pada industri perakitan mobil.

2. Mobile robot

Mobile robot adalah robot yang dapat bergerak secara otonomi, memiliki navigasi, dan pergerakannya yang tidak tetap tergantung dari medan jelajah. Desain mobile robot dapat bergerak menggunakan kaki (*leg robot*), dan roda (*wheel robot*). Berikut di bawah ini pada Gambar 2.1 merupakan salah satu jenis mobile robot roda (*wheel robot*).



Gambar 2.1 Mobile Robot Jenis (*Wheel Robot*)

Kebanyakan robot mempunyai beberapa sifat yang umum, pertama hampir semuanya mempunyai tubuh yang dapat digerakkan, beberapa hanya

mempunyai roda yang dapat berputar, sebagian yang lain mempunyai banyak bagian yang biasa bergerak. Umumnya terbuat dari metal atau plastik, seperti tulang pada tubuh kita, tiap segmen pada robot juga dihubungkan dengan penghubung. Roda dan poros / *as* menghubungkan tiap segmen dengan actuator.

2.1.2 Sistem gerak mobil robot beroda

Robot beroda (*wheel robot*) dapat dibagi menurut sistem penggerakannya, yaitu sistem gerak *differential drive*, *tricycle drive*, *synchronous drive*, dan *holonomic drive*. Salah satu robot yang di buat merupakan sistem gerak *differential drive*.

1 *Differential drive*

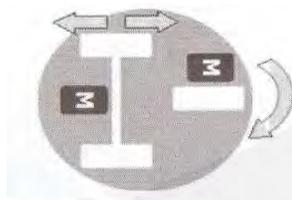
Sistem gerak *differential drive* terdiri dari dua buah roda yang terpasang pada kiri dan kanan robot. Sistem *differential drive* ini memungkinkan robot berputar di tempat dengan cara memutar motor dengan arah berlawanan. Contoh sistem gerak *differential drive* ini pada kehidupan sehari-hari adalah pada gardan belakang mobil dan mainan mobil *radio control* (RC). Gambar 2.2 di bawah ini merupakan pergerakan dari *differential drive*.



Gambar 2.2 Sistem Gerak *Differential Drive*

2. *Tricycle drive*

Tricycle Drive merupakan sistem gerak dengan tiga buah roda. Dua buah roda dengan satu poros dihubungkan pada sebuah motor penggerak, sedangkan sebuah roda diberlakukan sebagai kemudi yang dapat berputar (setir kemudi), ketika berbelok akan didapatkan radius sepanjang titik pertemuan antara roda depan dengan roda belakang. Contoh dari sistem gerak *tricycle drive* pada kehidupan sehari-hari adalah alat transportasi becak dan bajaj. Gambar 2.3 di bawah ini merupakan sistem gerak *trycle drive*.

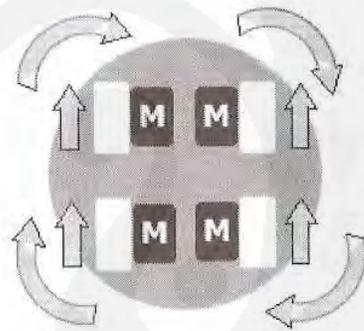


Ket : Tanda panah menjelaskan arah gerakan motor pada roda robot

Gambar 2.3 Sistem gerak *tricycle drive*

3. *Synchronous drive*

Synchronous drive adalah sistem yang menggunakan semua roda yang terdapat pada robot untuk dapat bergerak. Pada saat robot berjalan pada permukaan yang tidak rata, maka roda yang terpengaruh pada ketidak-rataan permukaan akan didukung oleh roda yang tidak terpengaruh, sehingga robot dapat bergerak dengan arah yang tetap. Pada Gambar 2.4 merupakan sistem gerak *synchronous drive*.

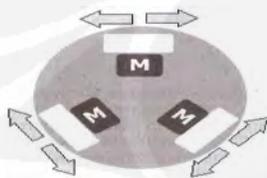


Ket : Tanda panah menjelaskan arah gerakan motor pada roda robot

Gambar 2.4 Sistem gerak *synchronous drive*.

4. *Holonomic drive*

Holonomic Drive adalah sistem gerak yang memungkinkan robot bergerak kesegala arah. Pada Gambar 2.5 merupakan sistem gerak *holonomic drive*.



Ket : Tanda panah menjelaskan arah gerakan motor pada roda robot

Gambar 2.5 Sistem gerak *holonomic drive*.

2.1.3 Definisi mobil robot *line follower*

Robot yang dapat berjalan mengikuti sebuah lintasan, ada yang menyebutnya dengan *Line Tracker*, *Line Tracer Robot* dan sebagainya. Garis yang dimaksud adalah garis berwarna hitam diatas permukaan berwarna putih atau sebaliknya, ada juga lintasan dengan warna lain dengan permukaan yang kontras dengan warna garisnya yang telah disediakan.

2.2. MEKANIK

Konstruksi robot mobil yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain. Gear pada roda di robot berfungsi untuk memperkuat posisi bantalan roda di as motor

Bagian robot mobil dapat dengan mudah dibuat dengan menggunakan triplek, acrylic sampai menggunakan logam / aluminium. Sistem mekanik robot mengadopsi sistem dua roda, dengan penggerak pada masing – masing roda. Dengan dua roda utama dibentuk dari bahan karet, dan satu yang terdiri dari roda bebas.

Untaian roda bebas ini memberikan keseimbangan pada robot. Pulse Width Modulation digunakan untuk mengatur kecepatan robot, dan memberikan penghematan daya. Organisasi perangkat lunak menggunakan metode kejadian (*case*) yang diatur sesuai dengan kondisi kenyataan.

2.3 KOMPONEN ELEKTRONIK ROBOT MOBIL WISATA.

2.3.1 Mikrokontroler ATMEL AVR AT-MEGA 8535

2.3.1.1 Mikrokontroler secara umum

Mikrokontroler sering disebut dengan *Single Chip Computer* atau suatu kepingan IC dimana didalamnya terdapat mikroprosesor dan memori program (ROM) beserta memori serba guna (RAM), Input/Output dan fasilitas pendukung lainnya. Mikrokontroler ini dapat memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk dapat dikendalikan (control). Antara Mikroprosesor dengan

Mikrokontroler terdapat beberapa perbedaan diantaranya adalah Mikroprosesor hanya berupa *single chip CPU (Central Processing Unit)* tanpa memori dan *peripheral* lainnya sebagai pendukung sebuah komputer, sedangkan mikrokontroler adalah *complete chip CPU* yang memiliki *ROM/Flash memory, RAM, interface serial/paralel, timer, sistem interrupt*, dsb.

Mikrokontroler muncul dengan dua alasan utama, yaitu kebutuhan pasar (*market need*) dan perkembangan teknologi baru (*expansion of technology*). Yang dimaksud dengan kebutuhan pasar adalah kebutuhan yang luas dari produk-produk elektronik akan perangkat pintar sebagai pengendali dan pemroses data. Sedangkan yang dimaksud dengan perkembangan teknologi baru adalah perkembangan teknologi semikonduktor yang memungkinkan pembuatan chip dengan kemampuan komputasi yang sangat cepat, bentuk yang semakin kecil, dan harga yang semakin murah (*smart, small, and cheap*). Karena kemampuannya yang tinggi, bentuknya yang kecil, konsumsi dayanya yang rendah, dan harga yang murah maka mikrokontroler begitu banyak digunakan di dunia. Seperti mainan anak-anak, perangkat elektronik rumah tangga, peralatan telekomunikasi, peralatan medis dan kedokteran. Mikrokontroler dapat diumpamakan sebagai bentuk minimum dari sebuah mikrokomputer dimana terdapat perangkat keras, perangkat lunak, memori, CPU, dan sebagainya, yang terdapat dalam satu IC.

2.3.1.2 Desain Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Prosesor*) memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits word) dan sebagian besar intruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*, berbeda dengan intruksi MCS 51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*.

Hal ini terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), sedangkan seri MCS 51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*).

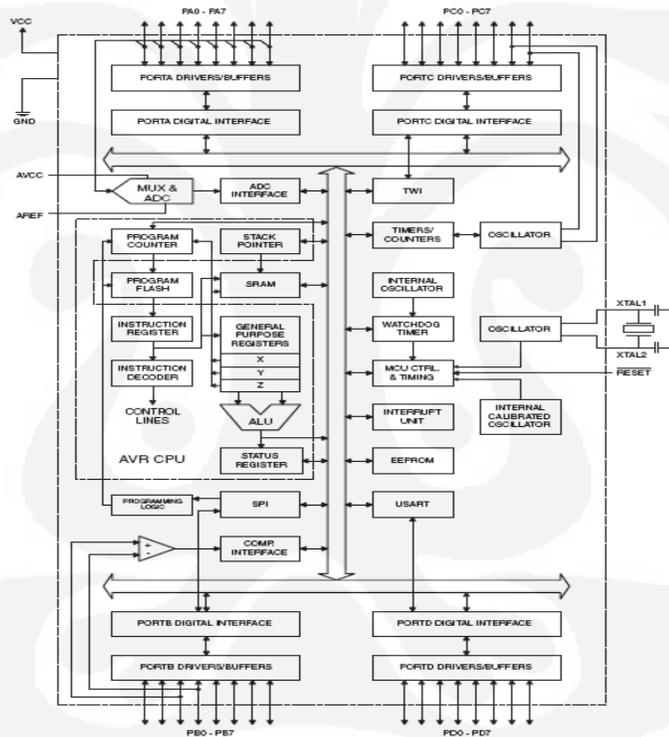


Gambar 2.6 Bentuk AVR ATMega 8535

Secara umum AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega dan keluarga AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memory, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan intruksi yang digunakan, semua jenis AVR dapat dikatakan hampir sama. Salah satu tipe Mikrokontroler AVR untuk aplikasi standar yang memiliki fitur memuaskan adalah Mikrokontroler ATmega 8535. Bentuk fisik Mikrokontroler AVR ATmega 8535 ditunjukkan pada Gambar 2.6.

2.3.1.3 Arsitektur ATMEGA 8535

Dilihat dari segi arsitektur dijelaskan bahwa ATmega 8535 memiliki bagian yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 :



Gambar 2.7 Diagram blok AVR ATmega 8535

Bagian-bagian penting yang tersedia pada Mikrokontroler AVR AT-MEGA 8535 :

1. Saluran I/O ada 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D.
2. ADC (Analog Digital Converter) 10 bit sebanyak 8 channel.

3. Tiga buah timer/counter dengan kemampuan perbandingan.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. 131 instruksi andal yang umumnya hanya membutuhkan 1 siklus clock.
6. Watchdog Timer dengan osilator internal.
7. Dua buah timer/counter 8 bit, satu buah timer/counter 16 bit.
8. Tegangan operasi 2,7 Volt-5,5 Volt pada ATmega 8535.
9. Internal SRAM 512 byte.
10. Memori flash sebesar 8 KB dengan kemampuan Read While Write.
11. Unit interupsi internal dan eksternal.
12. Port antar muka SPI.
13. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat beroperasi.
14. Antarmuka komparator analog.
15. 4 Channel PWM.
16. 32X8 general purpose register.
17. Hampir mencapai 16 MIPS pada kristal 16KHz.
18. Port USART Programmable untuk komunikasi serial.

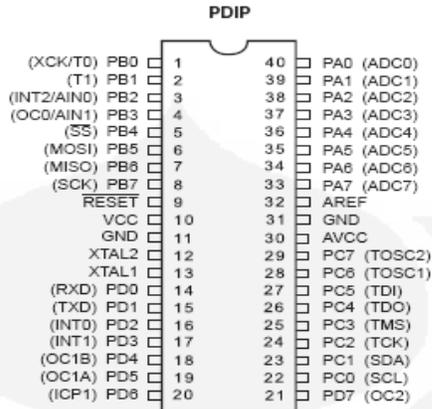
2.3.1.4 Fitur ATMEGA 8535

Kapabilitas detail dari ATmega 8535 adalah sebagai berikut:

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

2.3.1.5 Konfigurasi pin ATMEGA 8535

Konfigurasi ATmega 8535 pada Gambar 2.8 merupakan susunan kaki standart 40 pin. DIP mikrokontroler AVR ATmega 8535 dapat ditunjukkan pada Gambar 2.8 :



Gambar 2.8 PIN-PIN Mikrokontroler ATmega 8535

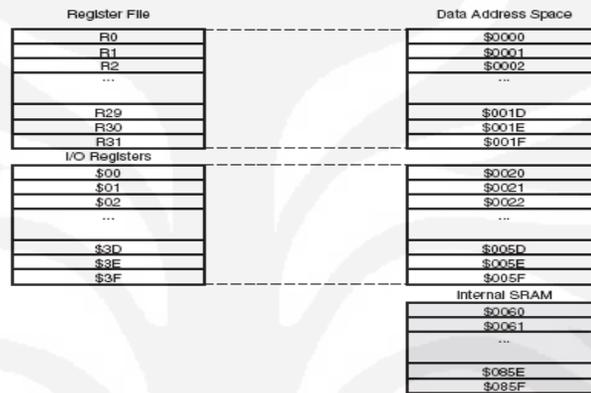
Berikut adalah penjelasan umum Mikrokontroler ATmega 8535 :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya. Setiap peralatan elektronika digital dibutuhkan sumber tegangan yang pada umumnya sebesar 5 volt, oleh karena itu digunakan IC Regulator 7805.
2. GND merupakan pin ground.
3. Port A (PA0 s.d. PA7) merupakan pin I/O dua arah dan sebagai pin asukan ADC.
4. Port B (PB0 s.d. PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog, dan SPI.
5. Port C (PC0 s.d. PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog dan Timer Oscillator.
6. Port D (PD0 s.d. 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 me-reset 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.

2.3.1.6 Peta Memori ATMEGA 8535

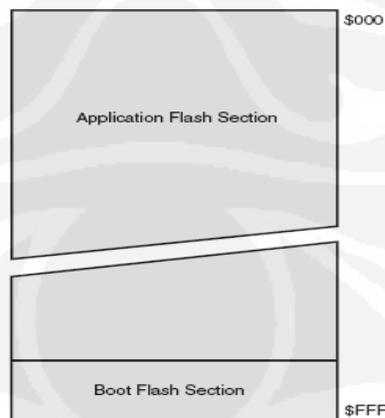
Peta memori ATmega 8535 memiliki ruang pengalamatan data dan memori program yang terpisah. Memori data yang terdapat pada ATmega 8535 terdiri dari tiga bagian, yaitu 32 register umum, 64 buah register I/O, dan 2048

byte SRAM internal. Register keperluan umum menempati ruang data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 hingga \$5F. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 *byte*, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F. Konfigurasi memori data ditunjukkan pada Gambar 2.9 dan Peta memori program AVR ATMega 8535 ditunjukkan pada Gambar 2.10 :



Gambar 2.9 Konfigurasi Memori Data AVR ATMega 8535

Memori program yang terletak dalam *Flash* PEROM tersusun dalam word atau 2 *byte* karena setiap instruksi memiliki lebar 16 bit atau 32 bit. ATMega 8535 memiliki 16 KByte X 16 bit *Flash* PEROM dengan alamat mulai dari \$0000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12 bit *Program Counter* (PC) sehingga mampu mengalami isi *Flash*.



Gambar 2.10 Peta Memori Program AVR ATMega 8535

2.3.2 Perangkat Pengindra

Sensor adalah sebuah alat yang digerakkan oleh energi di dalam sebuah sistem transmisi, menyalurkan energi dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk yang berlainan ke sistem transmisi kedua. Tanpa sensor, prototipe mobil wisata seperti mesin yang tidak dapat bergerak. Perangkat pengindra atau sensor digunakan oleh mobil wisata untuk membaca keadaan lingkungan disekitar sistem. Sensor secara garis besar dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu sensor yang bersifat non-kontak seperti *proximity sensor*, sensor suhu, sensor panas, dan lain-lain dan yang bersifat kontak seperti *switch*.

Pada sistem kerja prototipe mobil wisata terdapat beberapa sensor yang digunakan, antara lain adalah Sensor Led Superbright dengan Photodiode sebagai sensor pembaca garis (jalur), Sensor LDR sebagai sensor aktivasi cahaya dan sensor photo electric sebagai sensor pendeteksi. Sensor pengindra digunakan untuk membantu pekerjaan otomatisasi sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Jadi pengindra atau sensor merupakan komponen input ke mikrokontroler yang akan mempengaruhi kerja output-outputnya sebagai contoh adalah sebuah fotosel bereaksi terhadap perubahan intensitas cahaya, sebuah termistor bereaksi terhadap variasi temperatur, sebuah mikropon bereaksi terhadap bunyi (suara) dan sebagainya.

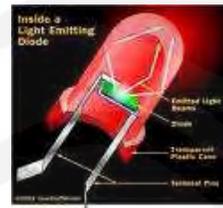
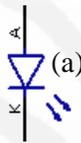
2.3.2.1 LED superbright

LED (*Light Emitting Diode*) inframerah adalah sebuah komponen yang tersusun dari sambungan P-N yang akan memancarkan cahaya bila dialiri arus dengan bias maju. Proses pancaran cahaya berdasarkan perubahan tingkat energi ketika elektron dan lubang bergabung atau berekombinasi di daerah N pada saat LED di bias maju. LED jenis ini dapat memancarkan warna merah, hijau, biru dan warna lainnya perbedaan warna disebabkan oleh perbedaan pada bahan semikonduktornya.

LED *Superbright* terbuat dari bahan Gallium (Ga), Arsen (As), dan Fosfor (P) atau disingkat GaAsP dan ditempatkan dalam suatu wadah yang tembus pandang. Berdasarkan bentuknya LED dibagi menjadi beberapa macam, tetapi cahaya yang dipancarkan oleh LED Superbright berbeda dengan LED pada

umumnya, pancaran cahayanya lebih terang dan sinarnya dapat menyebar serta memantul karena wadahnya transparan. Gambar 2.14 menunjukkan simbol dan bentuk fisik dari Led Superbright.

Cahaya infra merah walaupun mempunyai panjang gelombang yang sangat panjang, tetapi tidak dapat menembus bahan-bahan yang melewatkan cahaya tampak, sehingga cahaya infra merah tetap mempunyai karakteristik seperti halnya cahaya yang nampak oleh mata. Untuk membedakan antara kaki katoda dan anodanya dapat dilihat dari bentuk elektrodanya, yang besar adalah kaki katoda. Keuntungan dari LED *Superbright* antara lain harganya murah, usianya yang relatif panjang lebih dari 20 tahun dan dapat dipakai dengan tegangan rendah (1-2 V).



Gambar 2.11 (a) Simbol LED dan (b) Bentuk Fisik LED.

2.3.2.2 Photodiode

Photodiode merupakan sensor infra merah. Foto diode adalah diode sambungan PN yang secara khusus dirancang untuk mendeteksi cahaya. memperlihatkan simbol skema standarnya semua diode sambungan PN sensitif terhadap cahaya. Prinsip kerjanya adalah berdasarkan intensitas cahaya yaitu nilai tahanannya akan berubah apabila terkena cahaya dan besar perubahan kapasitasnya sangat bergantung dari intensitas cahaya yang mengenai permukaan photodiode.

Dalam keadaan gelap photodiode fungsinya hampir sama dengan jenis diode lainnya yaitu menghambat arus listrik, tetapi bila cahaya semakin terang maka arus listrik akan mengalir. Umumnya photodiode dipergunakan dalam rangkaian sensor. Gambar 2.12 menunjukkan simbol dan bentuk fisik photodiode.



Gambar 2.12 (a) Simbol Photodioda dan (b) Bentuk Fisik Photodioda

Photodioda silikon memiliki kepekaan terhadap cahaya tampak yang lebih kecil dari LDR (*Light Dependent Resistor*), tetapi tanggapannya lebih cepat. Seperti yang kita ketahui bahwa LDR cocok untuk penerapan dalam cahaya tampak. Sebaliknya, photodioda lebih cocok untuk penerapan dalam daerah infra merah.

2.3.2.3 LDR (Light Dependent Resistor)

LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah resistor yang nilai resistansinya dapat berubah-ubah sesuai intensitas cahaya yang menyinarinya. Pada saat gelap, nilai resistansinya sangat tinggi dan ketika terkena cahaya maka nilai resistansinya berkurang. Kepekaan LDR sesuai dengan cahaya yang menyinarinya, khususnya sinar matahari. Gambar 2.13 menunjukkan simbol dan bentuk fisik dari LDR (Light Dependent Resistor).



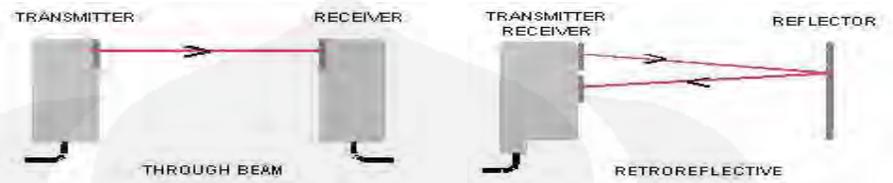
Gambar 2.13 (a) Bentuk fisik dari LDR dan (b) Simbol LDR

2.3.2.4 Sensor photo electric type OMRON E3R-DS30E4

Sensor Photo Electric biasanya digunakan untuk sensor penginderaan jarak jauh. Tipe Sensor yang digunakan untuk mendeteksi jarak, atau keberadaan suatu objek didekatnya dengan menggunakan cahaya pemancar, inframerah, dan sebuah photo transistor sebagai penerimaanya. Biasanya digunakan digunakan secara ekstensif dalam industri manufaktur. Ada dua metode penerapan sensor Photo Electric, yaitu:

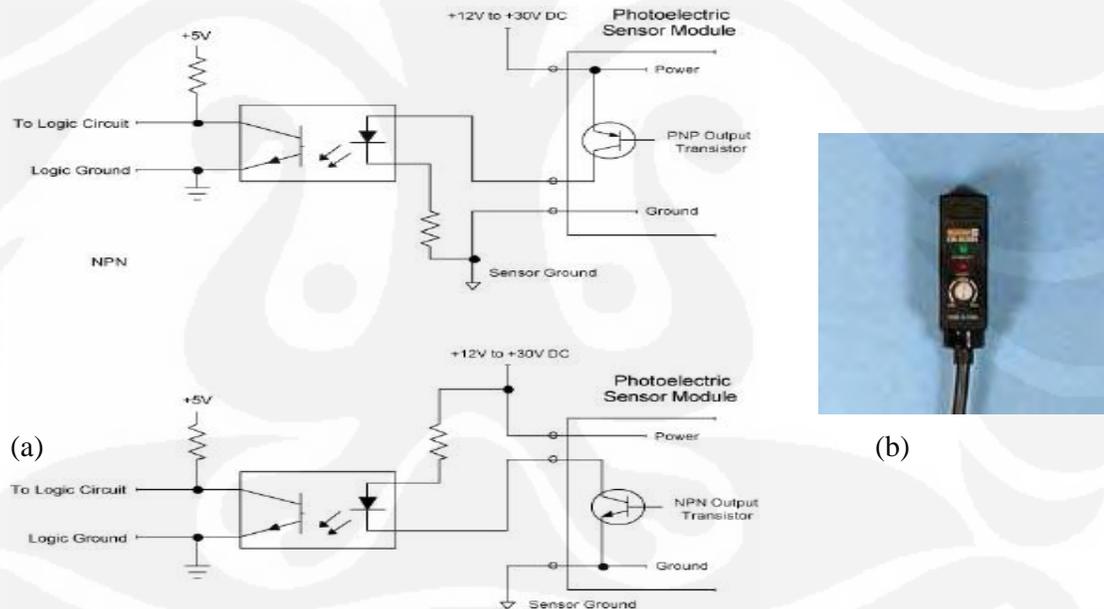
- 1) Retroreflektif, digunakan untuk mendeteksi cahaya yang dipantulkan oleh objek yang terdeteksi oleh sensor.

2) Through-beam, digunakan untuk perubahan kuantitas cahaya yang diakibatkan adanya objek yang melewati sensor Photo Electric.



Gambar 2.14 Mode Penerapan Sensor Photo Electric

Sensor Photo Electric terdiri dari optik, dengan komponen kapaitif elektronik didalam pakatnya. Sensor ini membutuhkan sumber listrik 12VDC. Sensor Photo Electric melakukan modulasi, Op-Amp, dan output switching sendiri. Beberapa sensor Photo Electric menyediakan pilihan seperti sebagai kontrol built-in timer atau counter. Karena kemajuan teknologi, Photo Electric telah menjadi semakin kecil bentuknya.



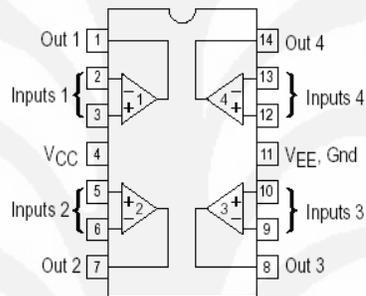
Gambar 2.15 (a) Karakteristik sensor Photo Electric

(b) Model sensor Photo Electric

2.3.3 Rangkaian Penguat Sinyal

2.3.3.1 IC LM324

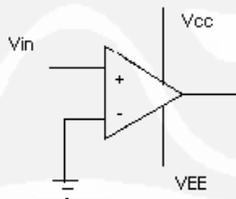
IC LM324 dapat dikatakan termasuk kedalam jenis IC Operational Amplifier (OP-Amp) yang umumnya merupakan rangkaian penguat differential dengan penguatan yang sangat tinggi dan biasanya menggunakan umpan balik untuk memperbaiki stabilitas tegangan. IC LM324 mempunyai 4 input (*Inverting* dan *Non Inverting*). IC LM324 dapat dioperasikan menggunakan supply tegangan antara 3 V sampai tegangan 32 V. Susunan blok dalam IC LM324 ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. IC Penguat LM324 (sumber, Datasheet)

Op-amp mempunyai masukan diferensial dengan dua terminal, yaitu :

- 1) Terminal masukan yang bertanda positif (+) yang disebut terminal tak membalik (*non inverting*).
- 2) Terminal masukan yang bertanda negatif (-) yang disebut terminal membalik (*inverting*).



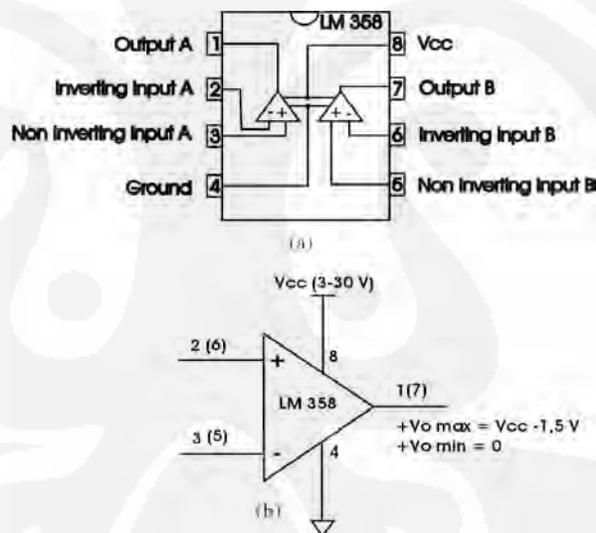
Gambar 2.17 Simbol *Op – amp*

Rangkaian komparator pada dasarnya merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengindera atau mendeteksi kondisi dimana sebuah sinyal elektrik terhadap waktu telah mencapai tegangan ambangnya (*threshold*). Cara kerja sebuah rangkaian pembanding adalah dengan membandingkan tegangan

isyarat pada satu masukkan, dengan suatu tegangan referensi pada masukan lain, apabila tegangan input lebih besar daripada tegangan referensi (V_{ref}), maka output yang dihasilkan adalah *high* (logika 1). Apabila input dihubungkan dengan input non-inverting (+), maka output yang dihasilkan adalah sebaliknya, yaitu *low* (logika 0).

2.3.3.2 IC LM358

IC LM358 merupakan jenis IC Op-Amp, IC merupakan salah satu komponen yang banyak digunakan sebagai pengkondisi sinyal. Biasanya *op-amp* digunakan untuk memperkuat tegangan karena tegangan yang diinginkan terlalu kecil. Dalam tugas akhir ini, *op-amp* difungsikan sebagai *voltage comparator* (pembanding tegangan). Konfigurasi pin-pin IC LM358 dan karakteristik dari IC LM358 ditunjukkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 (a) Konfigurasi pin IC LM358 dan (b) Karakteristik IC LM358

Op-amp mempunyai masukan diferensial dengan dua terminal, yaitu :

- 1) Terminal masukan yang bertanda positif (+) yang disebut terminal tak membalik (*non inverting*).
- 2) Terminal masukan yang bertanda negative (-) yang disebut terminal membalik (*inverting*).

Komparator pada dasarnya adalah rangkaian yang digunakan untuk mengindera atau mendeteksi kondisi dimana sebuah sinyal elektrik terhadap waktu telah mencapai tegangan ambangnya (*threshold*). Komparator dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi dari sebuah sinyal elektrik ketika mencapai tegangan tertentu yang telah didefinisikan sebelumnya. Cara kerja sebuah pembanding adalah dengan membandingkan tegangan isyarat pada satu masukan, dengan suatu tegangan referensi pada masukan lain, apabila tegangan input lebih besar daripada tegangan referensi (V_{ref}), maka output yang dihasilkan adalah *high* (logika 1) begitu juga sebaliknya apabila tegangan input lebih kecil dari tegangan referensi (V_{ref}), maka output yang dihasilkan adalah low (logika 0).

2.3.4 Perangkat Penggerak

2.3.4.1 IC L293D

IC L293D digunakan sebagai penggerak menggantikan fungsi dari relay, IC L293D dapat digunakan pada arah bidirectional outputnya dapat digunakan untuk motor DC, motor Stepper, solenoid dan cocok digunakan pada beban yang membutuhkan arus dan tegangan yang tinggi. Maksimum arusnya 600mA dan tegangan 4,5 V – 36 V.

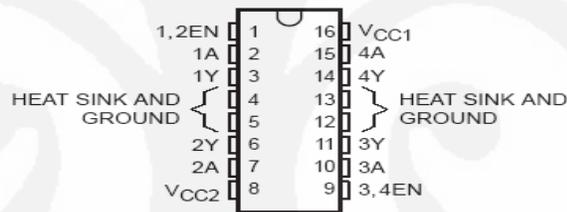
IC L293D terdiri dari 16 pin dan hadir dalam dua versi, yaitu L293D dan L293, huruf D menunjukkan adanya dioda yang berfungsi untuk mengurangi induksi tegangan, jadi motor yang digunakan jadi lebih aman dan awet. Susunan pin-pin IC L293D ditunjukkan pada Gambar 2.19.

IC L293D memerlukan tegangan kerja sebesar +5 Volt DC dan tegangan sebesar +24 Volt DC untuk menggerakkan motor DC (V_{motor}/V_s).

Tegangan kerja IC L293D tidak sama dengan kerja untuk motor DC, karena motor DC membutuhkan level tegangan dan arus yang lebih besar daripada tegangan kerja IC L293D. Satu buah IC L293D dapat mengendalikan dua buah motor DC secara bersamaan. Tabel 2.1 adalah tabel pengendalian Motor DC menggunakan IC L293D :

Tabel 2.1 Pengendali motor DC dengan menggunakan IC L293D

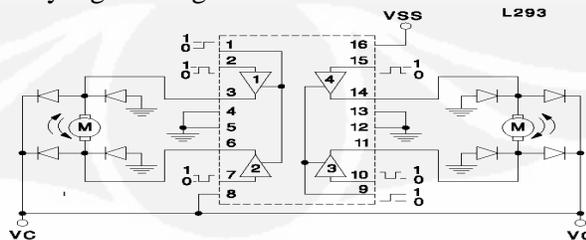
Jalur	Keterangan
1 , 9	Pengatur kecepatan putaran motor dc 1 dan motor dc 2
2 , 7	Sepasang jalur penentu arah putaran motor dc 1 (M1)
3 , 6	Sepasang jalur yang terhubung dengan kutub motor dc 1
4 , 5 , 12 , 13	Ground
8	Tegangan kerja M1 dan M2
10 , 15	Sepasang jalur penentu arah putaran motor dc 2 (M2)
11 , 14	Sepasang jalur yang terhubung dengan kutub motor dc 2
16	Tegangan kerja IC L293D



Gambar 2.19 Pin IC L293 (sumber, data sheet L293D)

Apabila masukan pada IC L293D *high* maka keluarannya pun akan *high*, begitu juga sebaliknya, apabila masukannya *low* maka *outputnya* akan *low*, dengan syarat *input enable* harus diberi logika *high*.

IC L293D terdiri dari 4 masukan dan 4 keluaran, dimana keluarannya dapat digunakan untuk dua buah motor yang bekerja dua arah, pada Gambar 2.20. berikut adalah aplikasi yang bisa digunakan dari IC L293D.



Gambar 2.20 Aplikasi IC L293D

Apabila masukan pada IC L293D high, maka keluarannya pun akan high begitu juga sebaliknya, apabila masukannya low maka outputnya akan low, dengan syarat input enable harus diberi logika high. IC ini terdiri dari 4 masukan dan 4 keluaran, dimana keluarannya dapat digunakan untuk dua buah motor yang bekerja dua arah, tabel 2.2 menunjukkan kebenaran dan aplikasi yang bisa digunakan.

Tabel 2.2 Tabel kebenaran ICL293D

V_1 (each channel)	V_{INH}	V_o
H	H	H
L	H	L
H	L	X**
L	L	X**

* Relative to the considered channel

** High output impedance

2.3.4.2 Motor DC

Motor arus searah (motor DC) merupakan jenis motor yang mendapat arus rata, umumnya motor listrik DC dibuat untuk keperluan pemutaran yang tidak terlampau berat, misalnya permainan anak-anak, tape recorder, robot mainan dan lain-lain. Definisi Motor arus searah adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik,

yaitu dalam suatu bentuk tenaga gerak putar atau rotasi. Bentuk fisik motor DC dan konstruksi motor DC ditunjukkan pada Gambar 2.21.



(a)

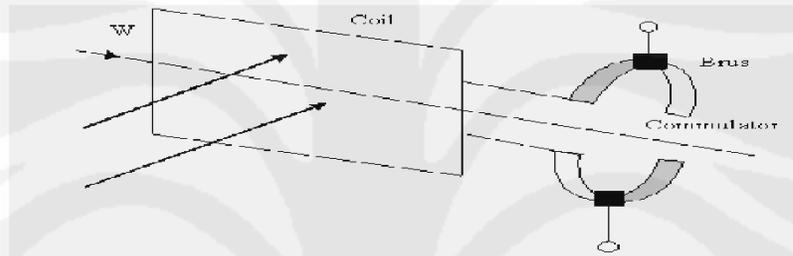


(b)

Gambar 2.21 (a) Bentuk Fisik Motor DC dan (b) Konstruksi Motor DC

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet utara dan selatan maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu.

Arah gerakan kawat dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kiri, yang berbunyi sebagai berikut: “Apabila tangan kiri terbuka dan diletakkan di antara kutub utara dan kutub selatan sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub magnet menembus telapak tangan kiri dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari”. Yang diperlihatkan dengan Gambar berikut ini.



Gambar 2.22 Prinsip Kerja Motor DC

Pada motor arus searah medan magnet akan dihasilkan oleh medan dengan kerapatan fluks sebesar **B**. Bila kumparan jangkar yang dilingkupi medan magnet dari kumparan medan dialiri arus sebesar **I**, maka akan menghasilkan suatu gaya **F** dengan besarnya gaya tersebut adalah:

$$F = B I L 1.10 \text{ dyne} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana : B = kepadatan fluks magnet (Gauss)

L = penghantar (cm)

I = arus listrik yang mengalir (Ampere)

Persamaan (1) merupakan prinsip sebuah motor searah, dimana terjadi proses perubahan energy listrik (I) menjadi energy mekanik (F), bila motor DC memiliki jari-jari sepanjang **r**, maka kopel yang dibangkitkan adalah :

$$T = F \cdot r = B I L \cdot r \dots \dots \dots (2)$$

Pada saat gaya F dibandingkan, konduktor bergerak dalam medan magnet dan menimbulkan gaya gerak listrik yang merupakan reaksi lawan terhadap tegangan penyebabnya.

Suatu motor listrik disebut sebagai motor DC jika memerlukan supply tegangan searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk di ubah menjadi energy mekanik. Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi energy listrik yang diubah menjadi energy mekanik berlangsung melalui medium medan magnet.

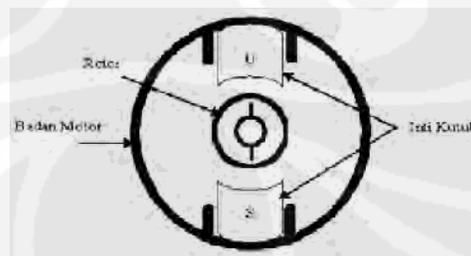
Motor DC mempunyai dua bagian dasar yaitu :

1. Bagian diam/tetap (stasioner) yang disebut stator yaitu bagian yang menghasilkan medan magnet. Bagian stator terdiri dari bodi motor yang memiliki magnet yang melekat padanya. Kumparan yang dililitkan pada lempeng – lempeng magnet disebut kumparan medan.
2. Bagian berputar (rotor). Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

Suatu kumparan motor akan berfungsi apabila mempunyai :

1. Kumparan medan, berfungsi sebagai penghasil medan magnet.
2. Kumparan jangkar, berfungsi sebagai pengimbas GGL pada konduktor yang terletak pada alur-alur jangkar.
3. Celah udara yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.

Konstruksi dari sebuah motor DC ditunjukkan seperti pada Gambar 2.23 :



Gambar 2.23 Bagian-Bagian Motor DC

Pada motor arus searah rotornya mempunyai kumparan tidak hanya satu, terdiri kumparan dan komulatur yang banyak untuk mendapatkan torsi yang terus menerus. Rotor terdiri dari jangkar yang intinya terbuat dari lempengan-lempengan yang ditarik. Susunan lempengan membentuk celah-celah tersebut dimasuki konduktor kumparan jangkar. Ujung tiap-tiap kumparan dihubungkan pada satu segment komutator. Tiap segmen merupakan pertemuan dua ujung kumparan yang terhubung.

Kumparan penguat dihubungkan seri, jangkar merupakan bagian bergerak yang terbuat dari besi berlaminasi untuk mengurangi kerugian arus. Kumparan jangkar diletakkan pada slot besi di sebelah luar permukaan jangkar. Pada jangkar terdapat komulatur yang berbentuk silinder, masing-masing diisolasi. Sisi kumparan dihubungkan dengan segmen komulatur pada beberapa bagian yang berbeda, tergantung dari tipe lilitan yang diperlukan.

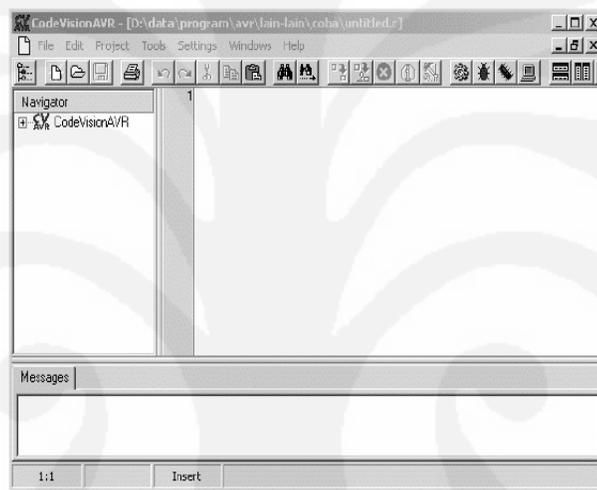
2.4 PROGRAM KOMPUTER ROBOT MOBIL WISATA

CodeVisionAVR pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman microcontroller keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak CodeVision AVR : Compiler C, IDE dan Program generator.

Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pengembangnya, Compiler C yang digunakan hampir mengimplementasikan semua komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis operator, dan library fungsi standar-berikut penamaannya). Tetapi walaupun demikian, dibandingkan bahasa C untuk aplikasi komputer, compiler C untuk Mikrokontroler AVR ATmega 8535 memiliki sedikit perbedaan yang disesuaikan dengan arsitektur AVR tempat program C tersebut ditanamkan (*embedded*).

Khusus untuk library fungsi, disamping library standar (seperti fungsi-fungsi matematik, manipulasi String, pengaksesan memori dan sebagainya), CodeVisionAVR juga menyediakan fungsi-fungsi tambahan yang sangat bermanfaat dalam pemrograman antarmuka AVR dengan perangkat luar yang umum digunakan dalam aplikasi kontrol. Beberapa fungsi library yang penting

diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk pengaksesan LCD, komunikasi I2C, IC RTC (*Real time Clock*), sensor suhu LM75, SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan lain sebagainya. Untuk memudahkan pengembangan program aplikasi, CodeVisionAVR juga dilengkapi IDE yang sangat *user friendly* (ditunjukkan pada Gambar 2.24). Selain menu-menu pilihan yang umum dijumpai pada setiap perangkat lunak berbasis Windows, CodeVision AVR telah mengintegrasikan perangkat lunak *downloader (in system programmer)* yang dapat digunakan untuk mentransfer kode mesin hasil kompilasi kedalam sistem memori mikrokontroler AVR yang sedang diprogram.

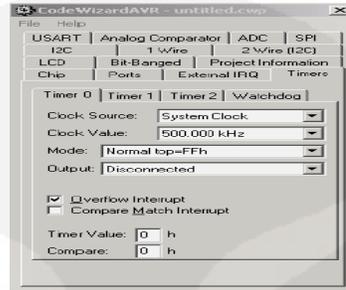


Gambar 2.24 IDE perangkat lunak CodeVisionAVR

Selain itu, CodeVision AVR juga menyediakan sebuah *tool* yang dinamakan dengan *Code Generator* atau CodeWizard AVR (lihat Gambar 2.25). Secara praktis, *tool* ini sangat bermanfaat membentuk sebuah kerangka program (*template*), dan juga memberi kemudahan bagi programmer dalam penginisialisasian register-register yang terdapat pada mikrokontroler AVR yang sedang diprogram.

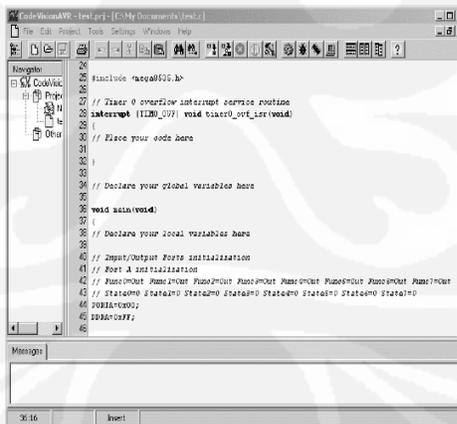
Dinamakan Code Generator, karena perangkat lunak CodeVision ini akan membangkitkan kode-kode program secara otomatis setelah fase inisialisasi pada jendela CodeWizard AVR selesai dilakukan. Gambar 2.26 berikut memperlihatkan beberapa penggal baris kode program yang dibangkitkan secara otomatis oleh CodeWizard AVR. Secara teknis, penggunaan *tool* ini pada

dasarnya hampir sama dengan *application wizard* pada bahasa-bahasa pemrograman Visual untuk komputer (seperti Visual C, Borland Delphi, dan sebagainya).



Gambar 2.25 Code Generator yang dapat digunakan untuk menginisialisasi register-register pada microcontroller AVR.

Disamping versi yang komersil, Perusahaan Pavel Haiduc juga mengeluarkan CodeVision AVR versi Demo yang dapat didownload dari internet secara gratis (lihat alamat URL: <http://www.hpinfotech.ro>) dalam versi Demo, memori flash yang dapat diprogram dibatasi maksimal 2K, selain itu tidak semua fungsi library yang tersedia dapat dipanggil secara bebas. Gambar 2.26 adalah tampilan dari kode-kode program yang dibangkitkan oleh code generator.



Gambar 2.26 Kode-kode program yang dibangkitkan otomatis oleh code generator

BAB III

APLIKASI MOBIL ROBOT DALAM PENGEMBANGAN PROTOTIPE ROBOT MOBIL WISATA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pembuatan Rancang Bangun Prototipe Robot Mobil Wisata, melalui beberapa tahapan. Tahapan yang pertama adalah tahap pembuatan hardware yang meliputi pembuatan mekanik robot, pembuatan perangkat keras elektronik (kendali), dan tahap kedua adalah perancangan software yang meliputi penentuan *port* yang akan digunakan dan program yang akan digunakan.

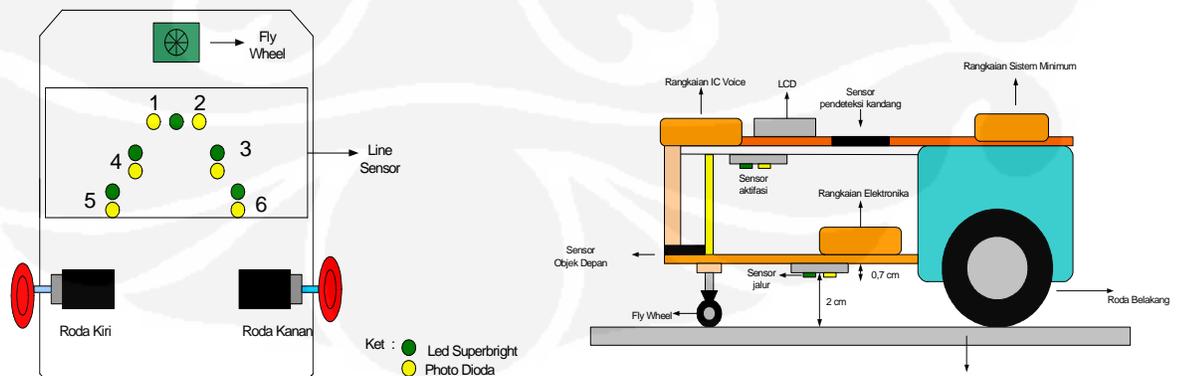
3.1 RANCANG BANGUN MEKANIK ROBOT

3.1.1 Pembuatan Hardware

3.1.1.1 Mekanik

Prototipe mobil wisata ini dirancang dengan tujuan agar dapat melaksanakan fungsi-fungsi sesuai algoritma gerakan dan tugas mobil tersebut untuk dapat berfungsi sebagai mobil wisata otomatis.

Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan prototipe adalah acrylic, yang berfungsi sebagai body mobil maupun maket yang mendukung berjalannya prototipe ini. Acrylic dibentuk sesuai dengan keinginan. Acrylic dibor dengan menggunakan mata bor 3 mm agar pondasi yang digunakan kuat. Gambar 3.1 menunjukkan desain mobil wisata.



Gambar 3.1 Desain Robot



Gambar 3.2 Foto Mobil Wisata Tampak Atas



Gambar 3.3 Foto Mobil Wisata Tampak Depan

Pengujian mobil wisata ini dilakukan pada lintasan yang telah tersedia, yaitu lintasan yang berupa track dari papan triplek melamin putih dan jalur berwarna hitam yang terbuat dari selotip dengan lebar jalur 3 cm mengacu pada lintasan di kebun binatang yang dilengkapi dengan maket pelengkap yang digunakan untuk mendukung cara kerja mobil wisata pada umumnya. Track mobil wisata ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Tugas Akhir :
Rancang Bangun Prototype Robot
Mobil Wisata
By : Robyn Frannando (08063 66 333)

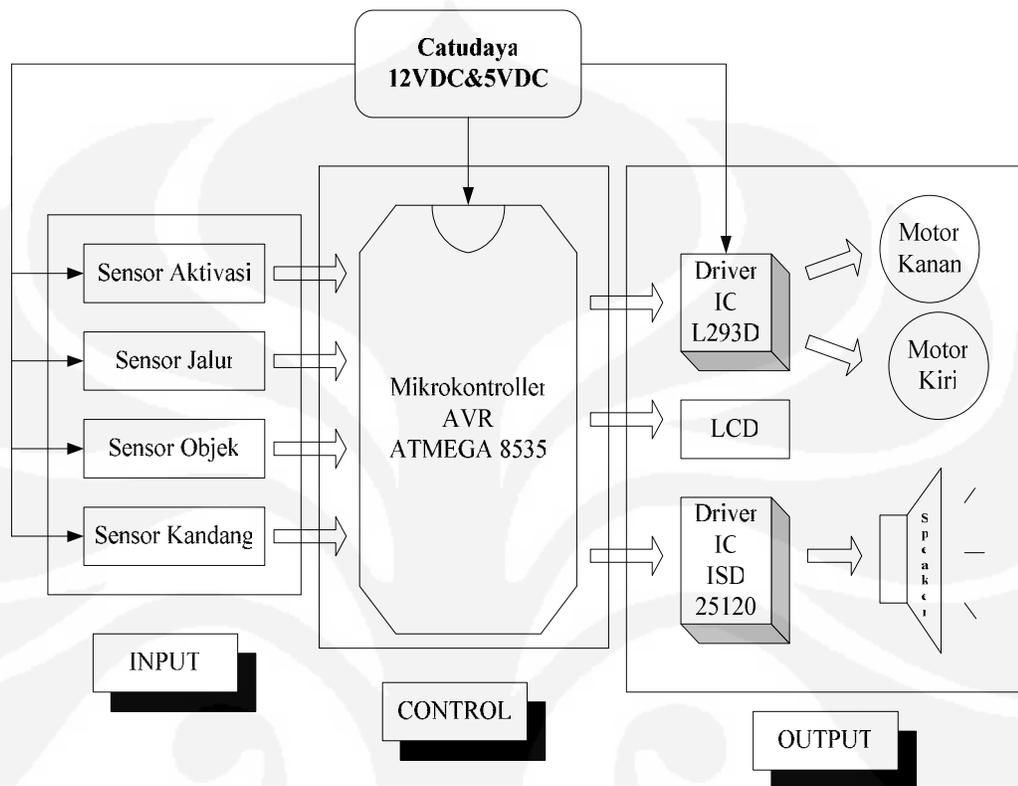
Gambar 3.4 *Track* Mobil Wisata

3.2 RANCANG BANGUN KOMPONEN ELEKTRONIK

3.2.1 Perangkat elektronik

Rangkaian yang digunakan pada mobil wisata terdiri dari rangkaian input, rangkaian pemroses dan rangkaian output. Rangkaian input menggunakan sensor pembaca jalur, sensor pendeteksi kandang, sensor LDR sebagai aktivasi cahaya. Rangkaian pemroses menggunakan sistem minimum ATmega8535. Pada rangkaian output menggunakan IC L293D sebagai *driver* dan ISD 25120 sebagai

IC Voice untuk merekam suara. Blok diagram dan prototipe mobil wisata ditunjukkan pada Gambar 3.5.



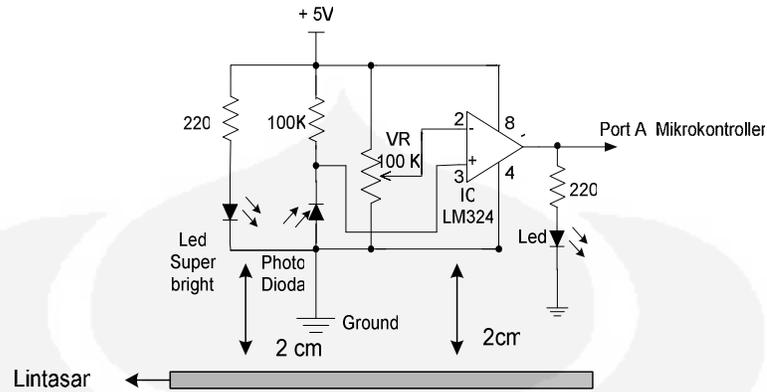
Gambar 3.5 Aplikasi Prototipe Mobil Wisata

3.2.1.1 Rangkaian sensor jalur

Sensor jalur digunakan untuk mendeteksi jalur hitam pada saat mobil wisata melewati lintasan tersebut, dengan menggunakan sensor ini maka mobil dapat membedakan jalur hitam atau putih yang ada pada lintasan tersebut.

Komponen yang digunakan sebagai sensor jalur adalah LED *Superbright* sebagai pemancar, sedangkan penerimanya adalah Photodioda.

Sensor jalur yang terdiri dari Led *Superbright* dan Photodioda bekerja melalui perubahan tegangan yang berasal dari input agar dapat dibandingkan menggunakan komparator dengan sebuah nilai tegangan referensi pada *single tune*. Rangkaian sensor jalur ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Jalur

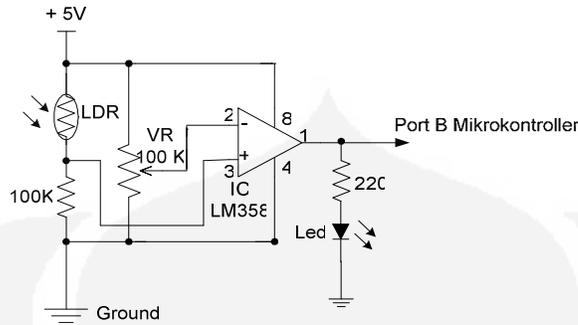
Fungsi *Single Tune* yang digunakan pada rangkaian sensor pembaca jalur adalah sebagai pengatur sensitivitas sensor dengan menentukan tegangan referensi. Sehingga sensor dapat mendeteksi adanya jalur yang berada pada lintasan yang telah disediakan.

Sensor pembaca jalur ini berjarak 2 Cm dari bagian bawah *body* robot dan lintasan diletakkan secara *retroreflektif* sehingga mengandalkan pantulan. Ketika sensor mendeteksi jalur berwarna hitam maka photodiode akan menyerap sinar yang dipantulkan dari LED Superbright, akibatnya adalah tegangan V_{ref} lebih rendah dari Photodiode sehingga outputnya *High*.

3.2.1.2 Rangkaian sensor cahaya sebagai aktivasi

Light dependent resistor (LDR) merupakan sensor yang memanfaatkan energi cahaya sebagai masukannya, Sensor disini digunakan sebagai aktifasi robot. Apabila *LDR* mendapatkan adanya sinar, dalam hal ini sinar yang dimaksud adalah

sinar dari remote yang telah disediakan, maka robot akan berjalan. Pada Gambar 3.7. adalah skema rangkaiannya:



Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Cahaya sebagai Aktifasi

Rangkaian sensor cahaya pada robot ini menggunakan LDR yang diset akan bekerja apabila menerima cahaya. Apabila LDR mendapatkan cahaya maka resistansi/hambatan pada LDR akan kecil dan membuat masuknya (+) lebih positif dari pada masuknya (-) sehingga keluaran dari IC LM358 adalah *high*. Keadaan ini disebut bahwa sensor cahaya aktif.

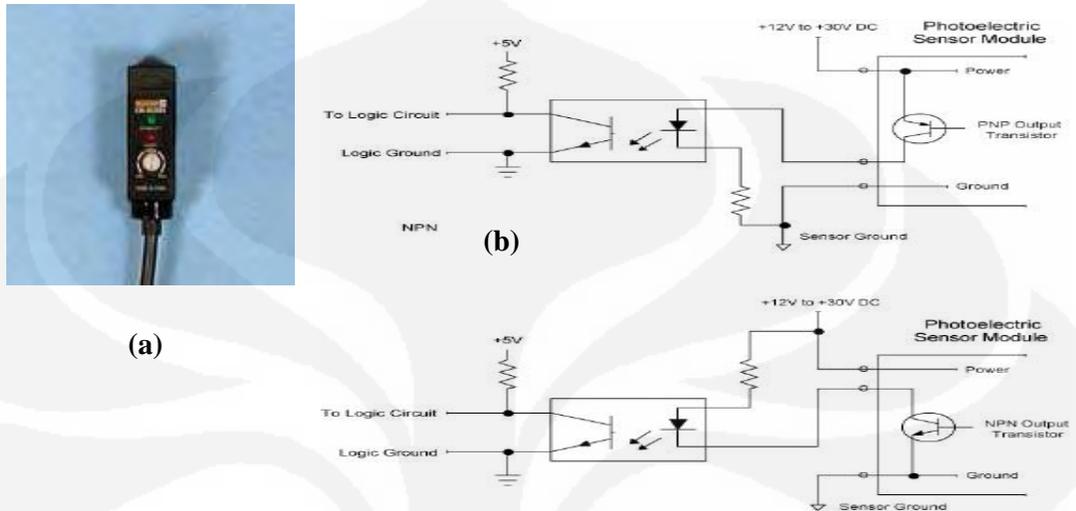
Sebaliknya apabila LDR tidak mendapat cahaya maka prinsip kerja rangkaian ini berbanding terbalik dengan penjelasan di atas. Mobil ini menggunakan sebuah rangkaian sensor cahaya yang diletakkan di bagian samping mobil. Keluaran dari rangkaian sensor cahaya ini adalah pergerakan dari mobil menelusuri jalur (*track*). Rangkaian sensor cahaya ini akan aktif apabila LDR disinari oleh cahaya.

3.2.1.3 Modul sensor photo electric sensor pendeteksi kandang

Pada sensor yang berfungsi mendeteksi kandang menggunakan sensor Photo Electric type omron E3R-DS30E4. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan kandang di objek wisata. Rangkaian ini aktif pada saat logika *Low*. Output dari sensor Photo Electric ini *High* dan *Low*, tetapi pada robot mobil wisata ini digunakan aktif *Low*. Gambar sensor Photo Electric sebagai sensor pendeteksi kandang ditunjukkan pada Gambar 3.8.

Sensor Photo Electric yang digunakan dipasang secara *through-beam*. Bila ada objek yang menghalangi sensor Photo Electric dan diterima basis photo transistor didalamnya, maka Photo Electric saturasi (ON) sehingga output analog dari sensor photo electric *Low* (0) volt. Sebaliknya jika sensor Photo Electric tidak ada yang menghalangi, maka basis photo transistor tidak

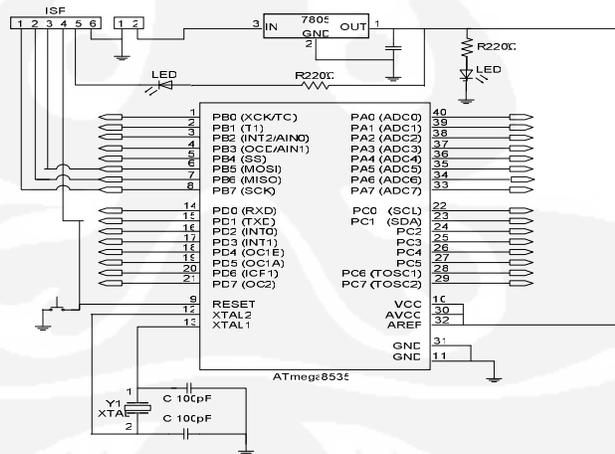
mendapat arus bias sehingga menjadi cut-off, dengan demikian output analog sensor sama dengan tegangan input *High* + (VDC).



Gambar 3.8 (a) Sensor Photo Electrit Tipe Omron E3R-DS30E4

(b) Karakteristik sensor Photo electRICT Tipe Omron E3R-DS30E4

3.2.1.4 Rangkaian pemroses (Sistem Minimum AVR ATM



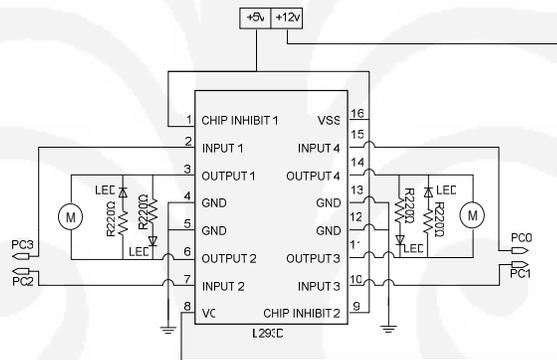
Gambar 3.9 Rangkaian Proses Pengendali Robot

Rangkaian sistem minimum yang digunakan, terdiri dari mikrokontroler AVR ATmega 8535 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.9. Rangkaian sistem

minimum digunakan untuk men-*download* program yang telah dibuat pada *software* CodeVision AVR C Compiler ke dalam mikrokontroler. Mikrokontroler membutuhkan *supply* tegangan sebesar 5 V untuk men-*download* sebuah program ke dalam mikrokontroler.

3.2.1.5 Rangkaian penggerak motor DC

Rangkaian penggerak motor DC menggunakan IC L293D sebagai pengendalinya, IC L293D digunakan untuk menggerakkan motor pada roda kanan dan roda kiri pada mobil wisata. Tegangan input yang dibutuhkan IC L293D antara 4,5 V sampai 36 V. Input pada IC L293D didapatkan dari rangkaian pemroses yang berasal dari input sensor.



Gambar 3.10 Rangkaian penggerak motor DC

Gambar 3.10. menunjukkan rangkaian driver motor DC dengan menggunakan IC L293D sebagai pengendali motor. IC L293D memiliki 4 masukan dan 4 keluaran. Sebuah IC L293D dapat mengendalikan 2 buah motor sekaligus. Masukan dari IC L293D adalah dari mikrokontroler pada pin 2, pin 7, pin 10 dan pin 15. Keluaran dari IC L293D dikopel dengan motor DC yaitu pada pin 3, pin 4, pin 11 dan pin 14. Terdapat dua input VCC pada IC L293D. VCC pertama pada pin 16 yaitu untuk mengaktifkan ICL293D yaitu sebesar +5V dan VCC yang kedua yaitu pada pin 8 untuk beban yang akan dipakai. Pada VCC yang kedua ini maksimal pemberian tegangan adalah sebesar +36V. Pada rangkaian driver untuk menggerakkan pintu kandang hewan, digunakan transistor BD139 dan relay 1 kutub untuk dapat menggerakkan motor DC tersebut.

IC L293D digunakan pada rangkaian driver yang berfungsi untuk menjalankan dua buah motor secara bersamaan. Maksud dari huruf “D” yang terdapat pada tipe IC L293D adalah menyatakan bahwa IC tersebut menggunakan dioda. Dioda pada IC tersebut berfungsi sebagai induksi tegangan, dimana pada motor terdapat lilitan - lilitan yang merupakan komponen induktif. Jika komponen induktif dialiri oleh listrik maka sejumlah magnet yang berada pada motor akan dibangkitkan, dan jika arus listrik diputus secara tiba-tiba, komponen induktif ini akan menghasilkan suatu tegangan balik yang sangat besar. Tegangan ini bisa mengakibatkan kerusakan pada transistor penyusun H bridge. Oleh karena itu, rangkaian pengendali motor perlu dipasang diode.

3.1.2.6 Rangkaian IC *Voice* ISD 25120 (IC Perekam Suara)

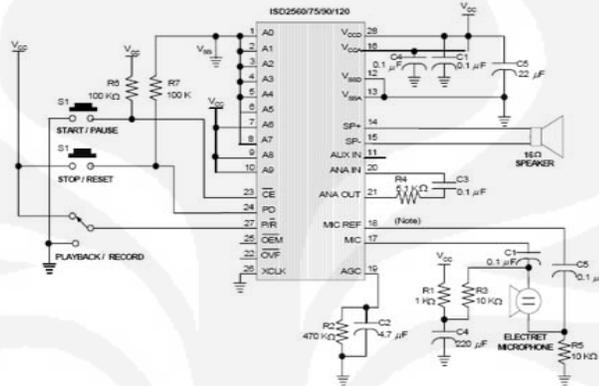
Rangkaian IC *Voice* ISD 25120 merupakan rangkaian perekam suara dan proses pemutaran ulang hasil dari perekaman suara tersebut. Dari rangkaian perekam suara tersebut dapat didengar output hasil rekaman suara yang telah direkam dalam IC *Voice* tersebut.

Makna dari tipe IC ISD 25120 adalah dengan tipe IC 25XXX dimana 120 angka belakang tersebut menyatakan jumlah detik waktu yang digunakan IC tersebut untuk dapat merekam suara selama 120 detik dan dapat direkam selama 100.000 kali.

Pada IC ISD 25120 sudah terdapat *microphone preamplifier*, *automatic gain control*, *antialiasing filter*, *smoothing filter*, dan speaker *amplifier*. Address dan kontrol pada IC Suara ISD 25120 diatur oleh mikrokontroler untuk menghasilkan *output* yang berbeda -beda. Proses *recording* (merekam) disimpan pada bagian memori yang tidak mudah hilang. Keunikan dari IC ISD 25120 adalah dimana suara dan sinyal bunyi disimpan langsung dalam bentuk sinyal *analog* ke dalam memori. Penyimpanan sinyal *analog* secara langsung ini memungkinkan suara yang terekam ke dalam IC tidak mengalami perubahan, akan dikeluarkan seperti suara saat merekam.

IC ISD 25120 memiliki 10 address untuk mengakses datanya. Tetapi kenyataannya hanya 256 address saja yang berfungsi, karena A8 dan A9 digunakan sebagai pemilihan MODE. address untuk mengakses datanya. Tetapi

kenyataannya hanya 256 address saja yang berfungsi, karena A8 dan A9 digunakan sebagai pemilihan MODE. Jika A8 dan A9 keduanya berlogika 0 maka mode address bit yang dipilih. Jika A8 dan A9 berlogika 1 maka operational MODE yang dipilih. Rangkaian ini dihubungkan dengan sumber tegangan +9 volt.



Gambar 3.11 Rangkaian ISD (diambil dari datasheet ISD25120)

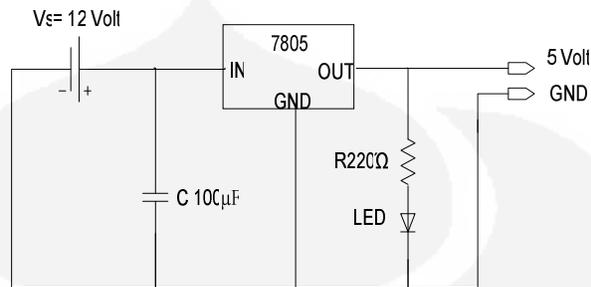
Cara kerja rangkaian IC ISD 25120 adalah ketika tombol start dan record ditekan maka IC ISD 25120 akan merekam suara yang masuk melalui mikrofon, dan IC ISD 25120 akan berhenti merekam ketika tombol start dan recorder dilepas. Untuk mendengarkan hasil rekaman maka tombol start akan ditekan.

Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh IC ISD 25120 ini adalah adanya memori yang dapat dialamati secara langsung (addressable memory), dengan kapasitas 480 K Storage Cel dengan alamat 00 Hexa sampai 13 F Hexa dan dengan 600 segment alamat yang dapat dituju dengan durasi 100 milidetik untuk setiap segmentnya.

3.1.2.7 Rangkaian catu daya (*Power Supply*)

Rangkaian catu daya disebut juga rangkaian regulator, rangkaian ini digunakan untuk mensuplay tegangan ke semua rangkaian yang ada pada prototipe tersebut. Rangkain regulator ini mendapat tegangan input 12 volt dari baterai, yang menggunakan IC regulator 7805 yang memberikan tegangan output sebesar 5 Volt. Untuk catu daya 5 Vdc menggunakan IC regulator LM 7805 dalam kemasan logam yang memiliki tiga terminal input, regulator ini dapat

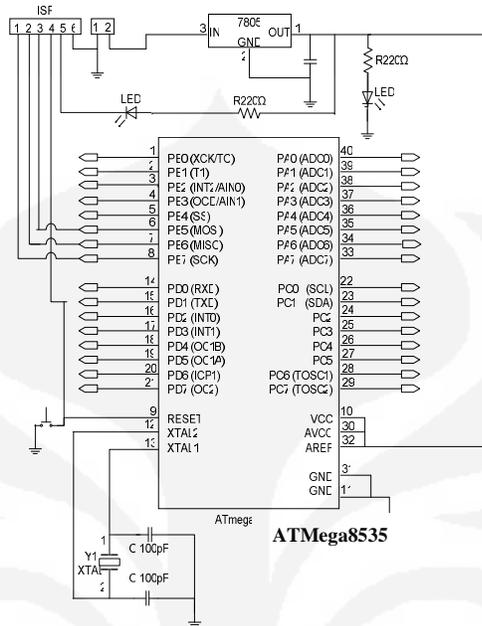
mengeluarkan arus 100 mA, dengan input tegangan dari battery 12 V. Gambar 3.12 merupakan rangkaian regulator:



Gambar 3.12 Rangkaian IC Regulator 7805

3.1.2.8 Rangkaian sistem minimum (AVR ATMEGA 8535)

Rangkaian sistem minimum pada mobil wisata ini menggunakan mikrokontroler AVR ATmega8535. Rangkaian sistem minimum digunakan untuk men-download program yang telah dibuat pada *software* CodeVision AVR C Compiler ke dalam mikrokontroler. Mikrokontroler membutuhkan *supply* tegangan sebesar 5 V untuk men-download sebuah program ke dalam mikrokontroler. Sistem ini merupakan pusat pemrosesan dari beberapa pendukung sistem lainnya, dimana sistem rangkaian ini mengendalikan perangkat input dan output yang kemudian akan mengolahnya untuk memutuskan arah pergerakan robot. Data input yang diterima berasal dari keluaran sensor Photo elctric dan LED *Superbright* dengan Photodiode yang berada pada Port A dan PORT B, untuk data output di gunakan sebagai pengendali pergerakan motor DC dan rangkaian IC Voice pada Port C, dan LCD Pada Port D. Rangkaian sistem minimum berbasis mikrokontroller ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Rangkaian Sistem Minimum ATmega8535

Langkah awal yang dilakukan dalam pemrograman adalah penentuan Port, hal ini bertujuan sebagai masukan dari sensor dan keluaran untuk penggerak Motor DC. Jumlah Port yang dipakai oleh prototipe mobil wisata pada mikrokontroler ATmega 8535 sebanyak 4 port, berikut ini adalah port-port yang digunakan :

1. Port A

Port A digunakan sebagai port masukan (input) dari sensor LED Superbright dengan Photodiode sebagai sensor jalur yang bekerja untuk mendeteksi keberadaan jalur yang ada pada lintasan, mendeteksi kandang, dan mendeteksi objek yang berada di depan robot. Keluaran dari kedua jenis sensor jalur digunakan sebagai input mikrokontroler berlogika "High" dan selanjutnya mikrokontroler akan melakukan proses seperti program yang telah dibuat.

Tabel 3.1 adalah konfigurasi data yang dipakai pada mikrokontroler :

Tabel 3.1 Penggunaan Port A

PA.7	PA.6	PA.5	PA.4	PA.3	PA.2	PA.1	PA.0	Keterangan
0	0	0	0	0	0	0	1	Sensor Tengah 1
0	0	0	0	0	0	1	0	Sensor Tengah 2
0	0	0	0	0	1	0	0	Sensor Kanan 1
0	0	1	0	0	0	0	0	Sensor Kanan 2
0	0	0	0	1	0	0	0	Sensor Kiri 1
0	0	0	1	0	0	0	0	Sensor Kiri 2
0	1	0	0	0	0	0	0	Sensor Pendeteksi Kandang/ IC Voice
1	0	0	0	0	0	0	0	Sensor Depan

2. Port B

Port B digunakan sebagai port masukan (input) dari sensor LDR sebagai aktivasi cahaya. Keluaran dari sensor cahaya digunakan sebagai input mikrokontroler berlogika "High" dan selanjutnya mikrokontroler akan melakukan proses seperti program yang telah dibuat.

Tabel 3.2 Penggunaan Port B

PB.7	PB.6	PB.5	PB.4	PB.3	PB.2	PB.1	PB.0	Keterangan
1	0	0	0	0	0	0	0	Sensor Aktifasi

Selain itu pada Port B dihubungkan dengan SPI port untuk downloader pada sistemnya langsung. Port – port itu antara lain:

1. Port B.5 adalah Mosi
2. Port B.6 adalah Miso
3. Port B.7 adalah SCK
4. Pin 9 adalah Reset

5. Pin 10 adalah VCC
6. Pin 11 adalah Ground.

3. Port C

Port C digunakan sebagai port output untuk penggerak Motor DC yang didapatkan dari masukan sensor dan untuk mendownload program dari PC ke AVR melalui kabel ISP tipe Kanda STK 200. selain itu Port C juga digunakan untuk rangkaian IC Voice ISD 25120 (Perekam Suara). Port C terdiri dari 8 buah pin I/O. Begitu juga dengan jumlah pin yang ada pada IC Voice ISD 25120 sebanyak 28 buah.

Pada Port C digunakan untuk menyimpan alamat perekam suara dari IC Voice.

Berikut ini adalah konfigurasi data yang dipakai pada mikrokontroler :

Tabel 3.3 Penggunaan Port C

PC.7	PC.6	PC.5	PC.4	PC.3	PC.2	PC.1	PC.0	Keterangan
0	0	0	0	0	0	0	1	Motor kanan maju
0	0	0	0	0	0	1	0	Motor kanan mundur
0	0	0	0	0	1	0	0	Motor kiri maju
0	0	0	0	1	0	0	0	Motor kiri mundur
0	1	0	0	0	0	0	0	Light Fire

4. Port D

Pada Port D digunakan sebagai port untuk menampilkan tampilan LCD. Pada Port D ini digunakan konfigurasi sebagai berikut :

Tabel 3.4 Konfigurasi LCD

PIN	Name	Function
1	VSS	Ground voltage
2	VCC	+5V
3	VEE	Contrast voltage. Semakin rendah tegangan, maka kontras

		semakin tinggi
4	RS	Register Select 0 = Instruction Register 1 = Data Register
5	R/W	Read/ Write, to choose write or read mode 0 = write Mode 1 = read mode
6	E	Enable. Data latch at falling edge
7	DB0	DATA 0 (LSB)
8	DB1	DATA 1
9	DB2	DATA 2
10	DB3	DATA 3
11	DB4	DATA 4
12	DB5	DATA 5
13	DB6	DATA 6
14	DB7	DATA 7 (MSB)
15	VCC	Tegangan + untuk lampu
16	GND	Ground untuk lampu

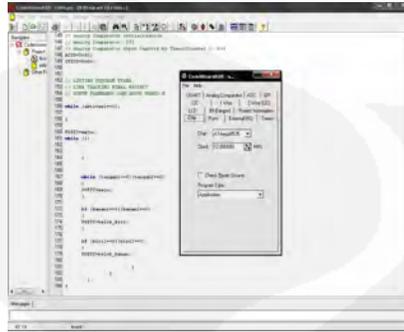
3.3 PEMBUATAN PROGRAM

3.3.1 CodeVisions AVR C Compiler

CodeVision AVR C Compiler pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman mikrokontroler keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak ini: *text editor C, assembler, dan program downloader*.

Pada program anda dapat mengetik bahasa C, mengatur dan membuat *file assemblingnya*, lalu dapat *didownload* ke dalam chip dengan *downloader Kanda STK 200*, dan jika terdapat kesalahan dapat diatur kembali. Pada tool Codevision AVR bisa ditentukan port-port dari mikrokontroler AVR yang berfungsi sebagai input maupun output, serta bisa juga ditentukan tentang penggunaan fungsi-fungsi internal dari AVR. Dalam sebuah program terdapat sebuah instruksi-instruksi yang kemudian diproses sehingga prototipe mobil wisata dapat melakukan aksi

gerakan-gerakan yang telah disusun dalam program dengan menggunakan bahasa C. Pada Gambar 3.14 merupakan tampilan program dari *CodeVisionAVR*.

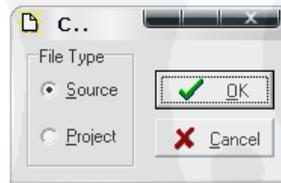


Gambar 3.14 Tampilan program *CodeVisionAVR*

Pada tool CodeVision AVR bisa ditentukan port-port dari mikrokontroler AVR yang berfungsi sebagai input maupun output, serta bisa juga ditentukan tentang penggunaan fungsi-fungsi internal dari AVR.

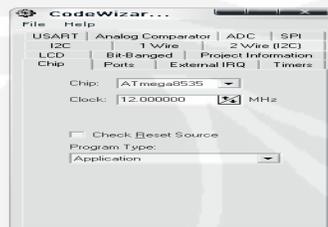
Langkah-langkah dalam pembuatan program tersebut adalah sebagai berikut :

1. Jalankan CodeVisionAVR, kemudian klik **File** lalu klik **New**, Pilih **Project**



Gambar 3.15 Membuka *File* baru pada *CodeVision AVR*

2. “**Do you want to use the CodeWizardAVR?**” Klik Yes.
3. Pilih Chip yang digunakan, chip : ATmega 8535, clock : 12.000000 MHz.



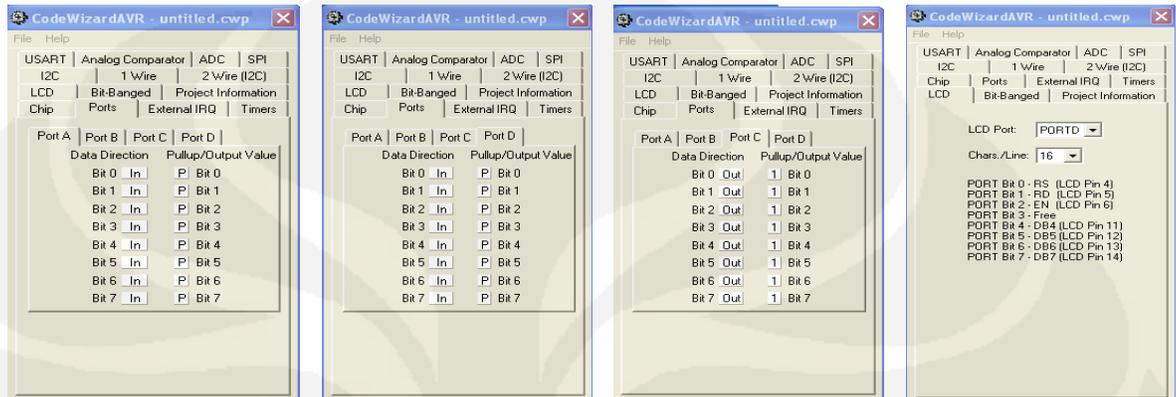
Gambar 3.16 Membuka *CodeWizard* pada *CodeVision AVR*

4. Lakukan *setting* sebagai berikut :

Port A dan B = Sebagai Input (P) Pull-up

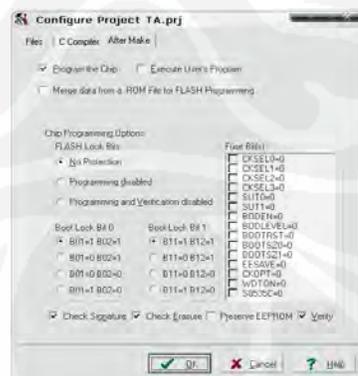
Port D = LCD

Port C = Sebagai *output* dan IC Voice ISD 25120 (1)



Gambar 3.17 Menentukan input , *output*, dan LCD Port di AVR dengan CodeWizard

5. Klik **File** lalu klik **Generate, Save and Exit**.
6. Buatlah source code seperti pada lampiran.
7. Setelah selesai membuat source code, klik **Setting** lalu **Programmer**
8. Pilih AVR Chip Programmer Type : **Kanda System STK200+/300** dan pilih Printer Port pada **LPT1 : 378h**
9. Klik **Project** lalu **Configure**, kemudian pilih menu **After Make** dan aktifkan **Program the Chip**. Klik OK jika sudah.



Gambar 3.18 Mengaktifkan menu program pada toolbar *After Make*

3.3.2.1 Inisialisasi

Inisialisasi merupakan bagian dari program utama yang berfungsi untuk melakukan persiapan penggunaan port-port yang akan dipakai agar program yang telah dibuat dapat menggerakkan suatu sistem yang dirancang untuk penginisialisasian port masukan dan port keluaran.

Di bawah ini adalah potongan dari program utama untuk inisialisasi.

```
#include <mega8535.h>           // Initialization AVR AT-MEGA 8535 chip
#include <delay.h>              // Initialization Delay Library Function
long wait=1;                   // Initialization " wait integer " Aktifasi Call
Function

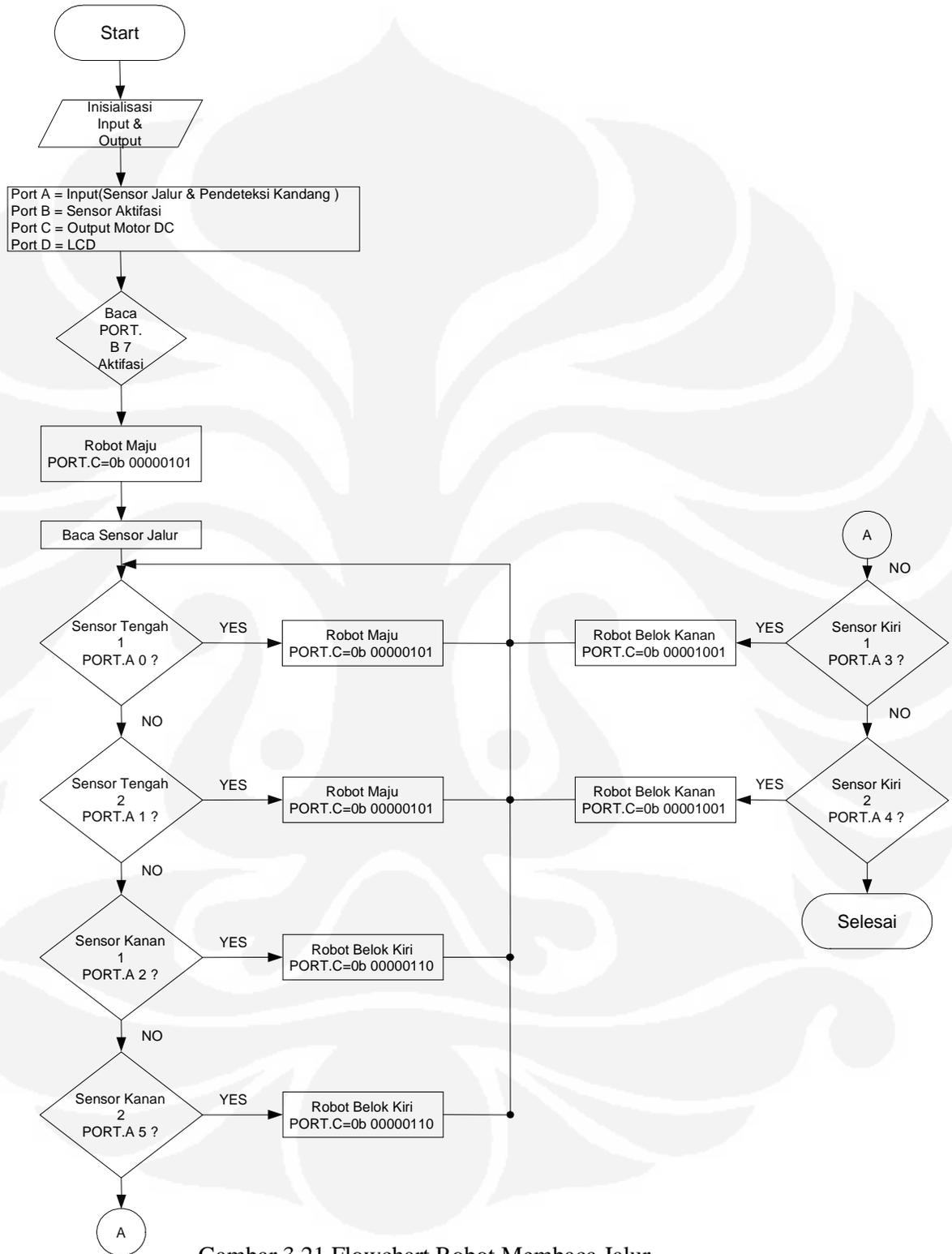
// INPUT
#define centre1                 PINA.0
#define centre2                 PINA.1
#define right1                  PINA.2
#define right2                  PINA.5
#define left1                   PINA.3
#define left2                   PINA.4
#define cage                     PINA.6
#define in_front_of             PINA.7
#define activation               PINB.7

// OUTPUT
#define right_forward            PORTC.0
#define right_reverse            PORTC.1
#define left_forward             PORTC.2
#define left_reverse             PORTC.3
#define light_fire              PORTC.6
unsigned char go_advanced        = 0b00000101;
unsigned char turn_right         = 0b00001001;
unsigned char turn_left          = 0b00000110;
unsigned char light_fire         = 0b11000000;
unsigned char stand_by           = 0b00000000;
```

3.4 DIAGRAM ALIR FLOW CHART

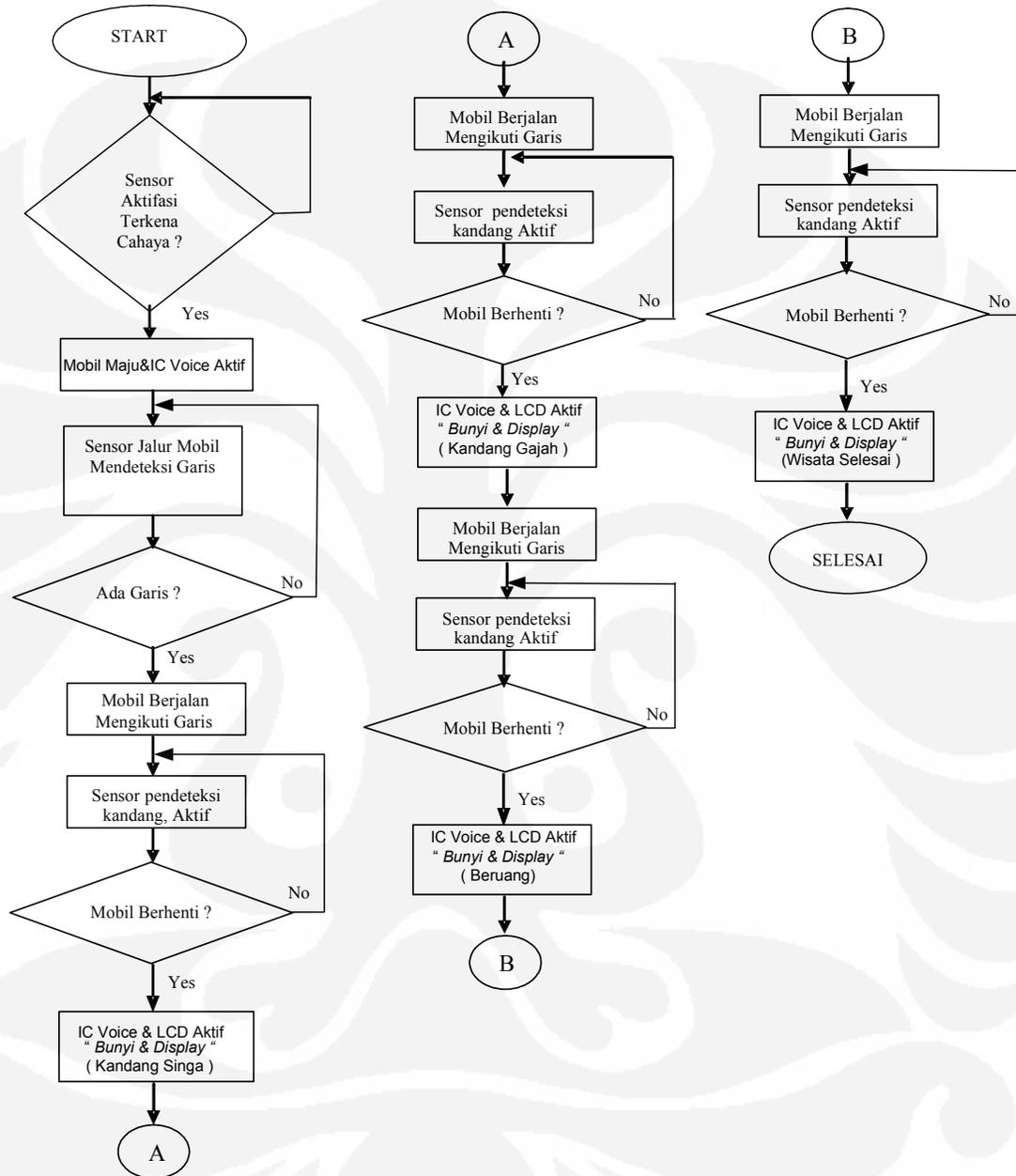
Pergerakan robot mobil akan digambarkan seperti penjelasan dan *flowchart* sebagai berikut. Mobil akan aktif apabila sistem sensor aktifasi mendapat sinar cahaya. Kemudian aksi pertama mobil akan bergerak maju dan mencari jalur melalui sensor tengah. Setelah menemukan jalur maka mobil akan bergerak dengan menyesuaikan posisinya sesuai jalur dengan enam sensor yang sudah ditempatkan pada bagian bawah *body* mobil. Jika mobil keluar dari jalur, maka mobil akan mencari jalur dengan berbelok pada posisi terakhir sensor ditemukan. Mobil akan berjalan hingga menemukan titik henti (kandang hewan) dan melakukan aksi sesuai dengan mikron yang telah diprogram. Mobil akan berhenti pada tiap – tiap kandang objek wisata dengan disertai tampilan – tampilan aplikasi yang ada pada mobil tersebut LCD dan speaker. Begitu seterusnya secara simultan.

3.4.1 Flowchart robot membaca jalur



Gambar 3.21 Flowchart Robot Membaca Jalur

3.4.2 Flowchart pergerakan robot secara keseluruhan



Gambar 3.22 Flowchart Pergerakan Robot Secara Keseluruhan

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses pengujian dan hasil pengujian terhadap prototipe robot mobil wisata. Pengujian ini adalah pengujian setiap rangkaian elektronik dan pengujian robot mobil wisata secara keseluruhan bergerak di track.

4.1 PENGUJIAN ALAT

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai tegangan yang dihasilkan dari sensor jalur berupa LED *Superbridge* dan Photodiode, sensor aktivasi robot berupa LDR, sensor kandang berupa *photoelectrict* , sensor objek berupa sensor *photoelectrict*, *output* pada *sysmin* (Sistem Minimum) AVR ATmega8535 dan *output IC L293D*, LDR, dan *IC Voice ISD 25120* (Perekam Suara). Instrumen yang digunakan untuk mengukur tegangan menggunakan multimeter digital (Sanwa CD800a).

4.2 INSTRUMEN PENGUJIAN

Multimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan, hambatan, dan arus, baik arus searah (DC) maupun arus bolak balik (AC). Multimeter digital digunakan karena nilai yang dihasilkan lebih akurat, mudah dalam pembacaan dan lebih unggul dari multimeter analog. Pada pengukuran kali ini, rangkaian yang diukur adalah rangkaian sensor jalur berupa gabungan dari LED *superbright* dengan Photodiode, sensor aktivasi robot berupa LDR, sensor kandang berupa *photoelectrict* , sensor objek berupa sensor *photoelectrict* , *output* pada *sysmin* (Sistem Minimum) AVR ATmega8535 dan *output IC L293D*, LDR, dan *IC Voice ISD 25120* (Perekam Suara).

4.3 HASIL PENGUJIAN RANGKAIAN ELEKTRONIK

4.3.1 Hasil pengujian rangkaian input

4.3.1.1 Hasil pengujian rangkaian sensor jalur

Nilai yang didapatkan dari IC LM324, ketika sensor terkena jalur berwarna hitam ternyata berlogika *high* yaitu 3,3 V, nilai ini akan menjadi input dan akan melakukan proses sesuai program. Tegangan referensi yang digunakan 2,5 V. Tegangan sumber yang diberikan sebesar 4,9 V. Sensor jalur ini memiliki batasan-batasan sebuah pengukuran, dimana sebuah sensor garis berada dalam keadaan logika *Low* apabila sebuah sensor memiliki batas tegangan antara 0 Volt sampai 0.5 Volt, sedangkan sensor dikatakan dalam keadaan logika *High* apabila memiliki batas tegangan antara 0,6 hingga mencapai 5 volt. Selama tegangan sensor jalur masih berada dibawah 5 volt, maka sensor jalur tersebut berada dalam keadaa stabil untuk digunakan.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran rangkaian sensor Jalur

Posisi Sensor Garis	V sumber (V)	V P Dioda (V) Pada Sensor Garis		V out (v)	Vref(v)
		High	Low		
Sensor Kiri 1	4,9 V	3,34 V	0,55 V	3,33 V	2,5 V
Sensor Kiri 1	4,9 V	3,33 V	0,55 V	3,33 V	2,5 V
Sensor Tengah 1	4,9 V	3,31 V	0,55 V	3,33 V	2,5 V
Sensor Tengah 2	4,9 V	3,31 V	0,55 V	3,33 V	2,5 V
Sensor Kanan 1	4,9 V	3,31 V	0,55 V	3,33 V	2,5 V
Sensor Kanan 1	4,9 V	3,32V	0,55 V	3,33 V	2,5 V

Keterangan : Batas Logika Low : 0 – 0.5 Volt

Batas Logika High : 0,6 – 5 Volt

4.3.1.2 Hasil pengujian rangkaian sensor aktivasi

Pengukuran pada rangkaian sensor aktivasi ini dilakukan pada *output* IC LM358 pada saat keadaan LDR mendapatkan cahaya dan tidak mendapatkan cahaya. Dan hasil yang didapatkan apabila terkena cahaya yaitu berlogika *high*.

Tegangan referensi yang digunakan 2,22 V. Tegangan sumber yang diberikan sebesar 4,9 V. Sensor cahaya ini memiliki batasan-batasan sebuah pengukuran, dimana sebuah sensor cahaya berada dalam keadaan logika *Low* apabila sebuah sensor memiliki batas tegangan antara 0 Volt sampai 0,5 Volt, sedangkan sensor dikatakan dalam keadaan logika *High* apabila memiliki batas tegangan antara 0,6 volt hingga mencapai 5 volt. Selama tegangan sensor jalur masih berada dibawah 5 volt, maka sensor jalur tersebut berada dalam keadaa stabil untuk digunakan.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran rangkaian sensor aktivasi

Kondisi	Pin 2 (Vref)	Pin 3 (VLDR)	Pin 1 (Vout)
Terkena cahaya	2,22 V	0,80 V	0,52 V
Tdk terkena cahaya	2,22 V	4,13 V	3,45 V

Keterangan : Batas Logika Low : 0 – 0,5 Volt

Batas Logika High : 0,6 – 5 Volt

4.3.2 Hasil pengujian rangkaian proses

4.3.2.1 Hasil pengujian input pada Port.A dan Port.B

Pengukuran input pada Port B dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan pada Port A sebagai output dari sensor jalur Port B sebagai output sensor aktivasi . Sensor jalur ini memiliki batasan-batasan sebuah pengukuran, dimana sebuah sensor garis berada dalam keadaan logika *Low* apabila sebuah sensor memiliki batas tegangan antara 0 Volt sampai 0,5 Volt, sedangkan sensor dikatakan dalam keadaan logika *High* apabila memiliki batas tegangan antara 0,6 hingga mencapai 5 volt. Selama tegangan sensor jalur masih berada dibawah 5 volt, maka sensor jalur tersebut berada dalam keadaa stabil untuk digunakan.

Tabel 4.3 Hasil pengujian pada Port A dan Port B.

Kondisi Logika (V)		V sumber (V)	Kondisi Logika	Keterangan
<i>High</i>	<i>Low</i>			
3,33V	0,55 V	4,9 V	<i>Port A.0</i>	Sensor Tengah 1
3,33V	0,55 V	4,9 V	<i>Port A.1</i>	Sensor Tengah 2
3,33V	0,55 V	4,9 V	<i>Port A.2</i>	Sensor Kanan 1
3,33V	0,55 V	4,9 V	<i>Port A.5</i>	Sensor Kanan 2
3,33V	0,55 V	4,9 V	<i>Port A.3</i>	Sensor Kiri 1
11,7V	0,55 V	12 V	<i>Port A.4</i>	Sensor Kanan 2
11,7V	0,55 V	12 V	<i>Port A.6</i>	Sensor Kandang
3,33V	0,55 V	4,9 V	<i>Port A.7</i>	Sensor Depan
3,33V	0,55 V	4,9 V	<i>Port B.1</i>	Sensor Aktifasi

Keterangan : Batas Logika Low : 0 – 0,5 Volt

Batas Logika High : 0,6 – 12 Volt

4.3.2.2 Hasil pengujian output pada PortC

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan pada Port C dari mikrokontroler yang menjadi input pada rangkaian *driver* Motor DC.

Tabel 4.4 Pengukuran pada Port C

Kondisi Logika (V)		V sumber (V)	Kondisi Logika	Keterangan
<i>High</i>	<i>Low</i>			
3,56 V	0 V	4,9 V	<i>Port C.0</i>	Motor Kanan Maju
3,55 V	0 V	4,9 V	<i>Port C.1</i>	Motor Kanan Mundur
3,55 V	0 V	4,9 V	<i>Port C.2</i>	Motor Kiri Maju
3,55 V	0 V	4,9 V	<i>Port C.3</i>	Motor Kiri Mundur

Keterangan : Batas Logika Low : 0 – 0,5 Volt

Batas Logika High : 0,6 – 5 Volt

4.3.2.3 Kriteria pengujian output pada Port.D

Port D dari mikrokontroler digunakan sebagai output dari tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*).

Kaki 1 dan 16 sebagai Ground

Kaki 2 dan 15 sebagai VCC

Kaki 3 sebagai pengatur kontras LCD

Kaki 4 sampai 6 sebagai = Port D0-D2

Kaki 11 sampai 14 sebagai data = Port D4-D7

4.3.3 Hasil pengujian rangkaian output

4.3.3.1 Hasil pengujian rangkaian input IC L293D

Nilai pada input IC L293D didapatkan dari mikrokontroler, dimana nilai tegangannya berlogika high dan low, nilai input IC L293D kemudian akan diproses menjadi output.

Tabel 4.5 Hasil pengukuran *input* IC L293D

Komponen	Input				V Sumber (V)
	Pin L293D	Port	Berputar	Berhenti	VCC
L293D	Pin 2	Port C.3	3,56 V	0 V	4,9 V
	Pin 7	Port C.2	3,55 V	0 V	4,9 V
	Pin 10	Port C.1	3,55 V	0 V	4,9 V
	Pin 15	Port C.0	3,55 V	0 V	4,9 V

4.3.3.2 Hasil pengujian rangkaian output IC L293D

Setelah mendapat input, maka nilai tegangan yang didapatkan digunakan untuk menggerakkan motor DC. Tegangannya sebesar 11,8 V, dimana motor yang digunakan harus mendapat suplai tegangan 12 V.

Tabel 4.6 Hasil pengukuran *output* IC L293D

Komponen	Output		Besar Tegangan Pada Motor		V Sumber (V)
	Pin L293D	Port	Berputar	Berhenti	VCC
L293D	Pin 3	Port C.3	9,02 V	0,09 V	11,8 V
	Pin 6	Port C.2	9,02 V	0,09 V	11,8 V
	Pin 11	Port C.1	9,02 V	0,11 V	11,8 V
	Pin 14	Port C.0	8,99 V	0,11 V	11,8 V

4.3.4 Hasil pengujian IC *Voice* ISD 25120

Setelah melakukan pengamatan dan pengukuran, maka didapatkan bahwa nilai tegangan yang ada pada rangkaian IC *Voice* adalah sebesar +9 Volt.

Tabel 4.7 Pengukuran Input dan Output IC *Voice* ISD 25120

Komponen	Kondisi	
	High (1)	Low (0)
Vin ISD 25120	4,8 V	0 V
Vout ISD 25120	2,8 V	0 V

4.4 HASIL PENGUJIAN ROBOT MOBIL WISATA DI TRACK

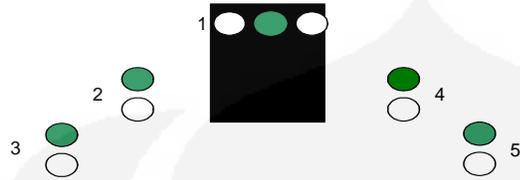
Pengujian performa robot mobil wisata dilakukan dengan beberapa pengujian, yaitu:

Pengujian respon gerakan robot mobil wisata pada saat mengikuti jalur track, meliputi :

1. Pengujian sensor robot mobil wisata pada saat mengikuti jalur.
2. Pengujian durasi robot mobil wisata bergerak diatas jalur, mendeteksi kandang, dan mendeteksi objek yang menghalangi robot didepannya.

4.4.1 Pengujian sensor robot mobil wisata pada saat mengikuti jalur

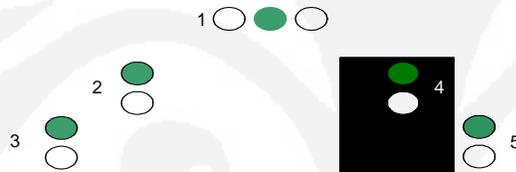
1. Sensor tengah robot aktif mendeteksi jalur



Gambar 4.1 Sensor tengah mendeteksi jalur.

Pada Gambar 4.1 menjelaskan bahwa pada kasus sensor tengah aktif (1) mendeteksi jalur yang berwarna hitam, maka robot akan bergerak maju. Dimana program robot output akan mengeksekusi roda motor DC yang kanan maupun yang kiri akan bergerak *forward*.

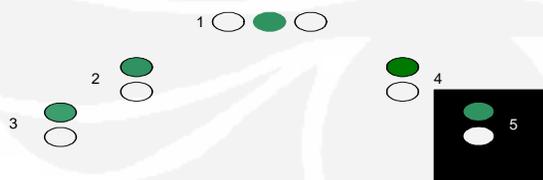
2. Sensor kanan 1 robot aktif mendeteksi jalur.



Gambar 4.2 Sensor kanan 1 mendeteksi jalur

Pada Gambar 4.2 menjelaskan bahwa pada kasus sensor kanan 1 aktif (4) mendeteksi jalur yang berwarna hitam, maka robot akan bergerak maju serong kiri. Dimana program robot output akan mengeksekusi roda motor DC yang kanan akan bergerak *forward* sedangkan yang kiri akan bergerak *reverse*.

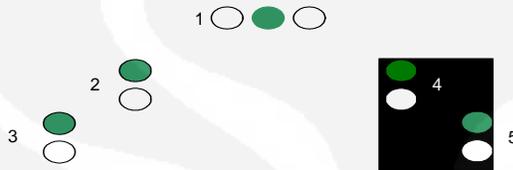
3. Sensor kanan 2 robot aktif mendeteksi jalur.



Gambar 4.3 Sensor kanan 2 mendeteksi jalur

Sama seperti pada kasus sensor kanan 1 aktif mendeteksi jalur, Sensor kanan 2 akan mengeksekusi roda motor DC yang kanan akan bergerak *forward* sedangkan yang kiri akan bergerak *reverse*. Fungsi pada sensor kanan 2 (5) sebagai sensor *safety* robot, agar robot tidak keluar dari jalur.

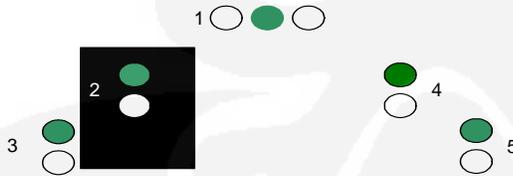
4. Sensor kanan 1 dan kanan 2 robot aktif mendeteksi jalur.



Gambar 4.4 Sensor kanan 1 dan kanan 2 mendeteksi jalur

Pada Gambar 4.4 ketika sensor kanan 1 dan sensor kanan 2 robot aktif, maka gerakan motor robot dikondisikan pada kasus sensor kanan 1 atau sensor kanan 2 pada saat aktif, yaitu roda motor DC yang kanan akan bergerak *forward* sedangkan yang kiri akan bergerak *reverse*. Pada program kasus seperti ini dilakukan teknik percabangan / OR program sensor. Hal ini agar program robot tidak mengalami suatu interrupt program pada saat robot sudah bergerak di jalur dan mendeteksi dua sensor aktif secara bersama-sama.

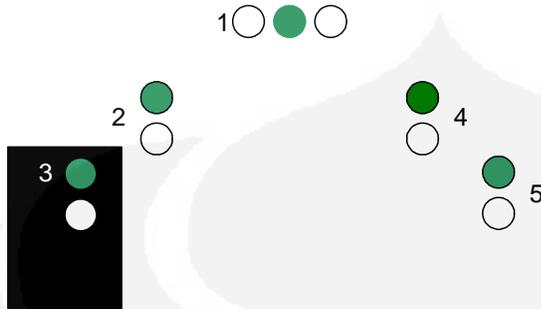
5. Sensor kiri 1 robot aktif mendeteksi jalur.



Gambar 4.5 Sensor kiri 1 mendeteksi jalur.

Pada Gambar 4.5 menjelaskan bahwa pada kasus sensor kiri 1 aktif (2) mendeteksi jalur yang berwarna hitam, maka robot akan bergerak maju serong kanan. Dimana program robot output akan mengeksekusi roda motor DC yang kanan akan bergerak *reverse* sedangkan yang kiri akan bergerak *forward*.

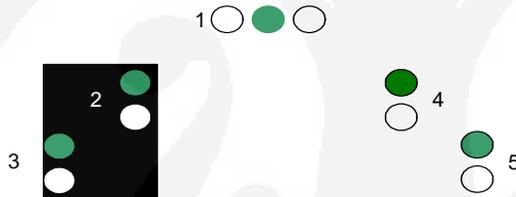
6. Sensor kiri 2 robot aktif mendeteksi jalur.



Gambar 4.6 Sensor kiri 2 mendeteksi jalur.

Sama seperti pada kasus sensor kiri 1 aktif mendeteksi jalur, Sensor kiri 2 akan mengeksekusi roda motor DC yang kanan akan bergerak *reverse* sedangkan yang kiri akan bergerak *forward*. fungsi pada sensor kiri 2 (3) sebagai sensor *safety* robot, agar robot tidak keluar dari jalur.

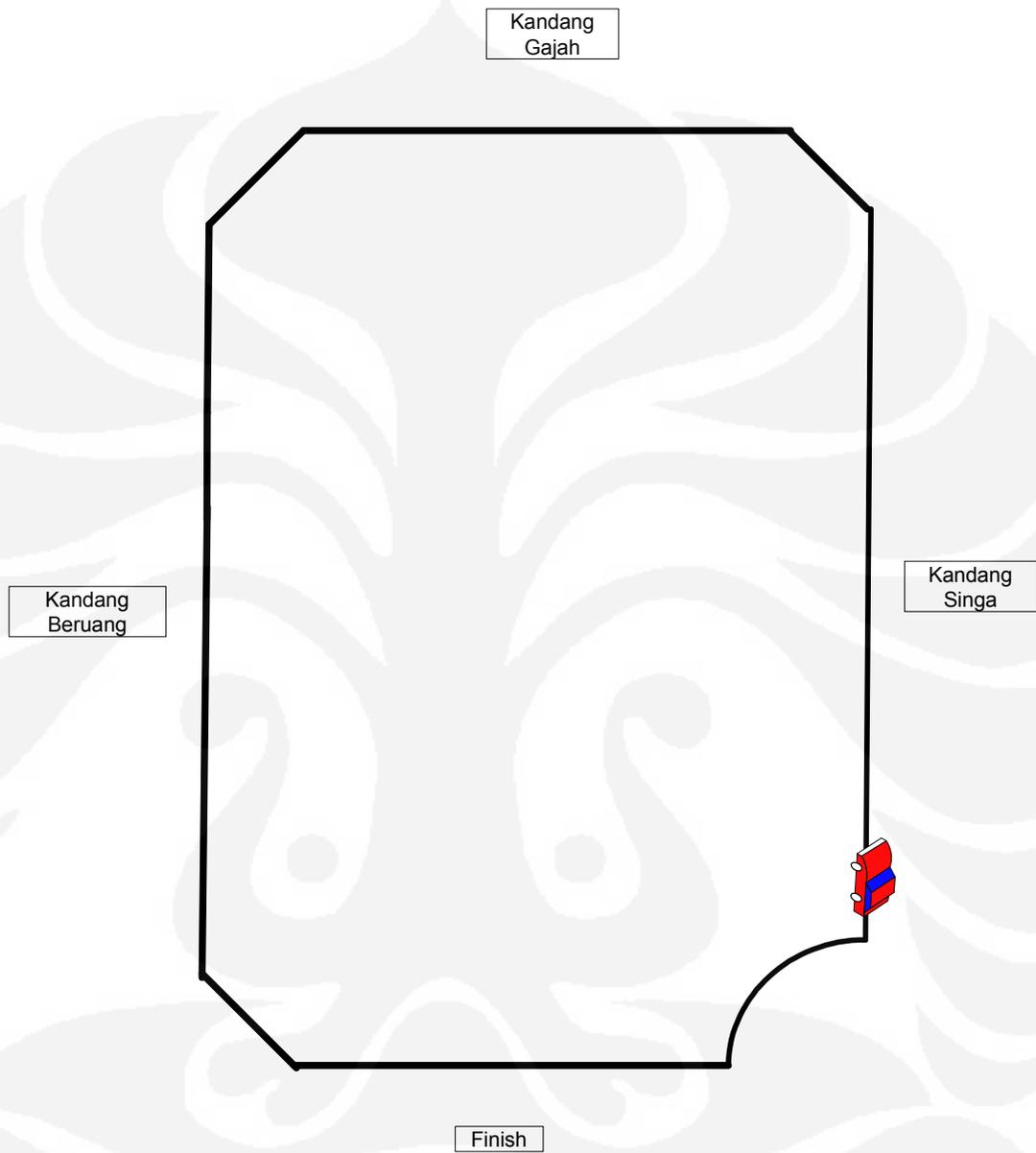
7. Sensor kiri 1 dan kiri 2 robot aktif mendeteksi jalur.



Gambar 4.7 Sensor kiri 1 dan kiri 2 mendeteksi jalur

Pada Gambar 4.7 sensor kiri 1 dan sensor kiri 2 robot aktif, maka gerakan motor robot dikondisikan pada kasus sensor kiri 1 atau sensor kiri 2 pada saat aktif, yaitu roda motor DC yang kanan akan bergerak *reverse* sedangkan yang kiri akan bergerak *forward*. Pada program kasus seperti ini dilakukan teknik percabangan / OR program sensor. Hal ini agar program robot tidak mengalami suatu interrupt program pada saat robot sudah bergerak di jalur dan mendeteksi dua sensor aktif secara bersama-sama.

4.4.2 Pengujian durasi robot mobil wisata bergerak mengelilingi track, mendeteksi kandang, dan mendeteksi objek yang menghalangi robot didepannya.



Gambar 4.8 Pengujian durasi robot mobil wisata bergerak mengelilingi track.

Penjelasan jalur lintasan :

- a. Jalur lintasan robot yang akan dilalui adalah sepanjang 1,5 meter

- b. Pada jalur ini diasumsikan terdapat kandang beruang dan singa yang ditandai dengan warna-warna yang sama. Sensor akan mendeteksi warna tersebut apabila telah sampai di dekat suatu kandang.

Dari lintasan yang dipasang, dilakukan *running test* untuk mengetahui kinerja robot. Hasil pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Robot mobil wisata berkeliling mengikuti jalur dan berhenti di setiap kandang dan pos pemberhentian robot membutuhkan waktu ± 1.10 menit setiap putarannya.
2. Sensor pendeteksi kandang pada robot mobil wisata dapat mendeteksi kandang dengan jarak maksimal 15cm.
3. Sensor pendeteksi objek pada robot mobil wisata mampu mendeteksi objek didepan robot dengan jarak maksimal 30cm.
4. Saat robot mobil wisata berada dikandang **singa**, maka sensor kandang dapat aktif dan robot berhenti selama 4 menit. Pada saat robot berhenti, yang terjadi adalah LCD menampilkan tulisan dan suara speaker aktif menjelaskan dan memberi pengumuman kepada pengunjung dan operator bahwa sekarang sedang berada di zona kandang singa. Setelah waktu 4 menit selesai, robot kemudian bergerak maju mengikuti jalur menuju zona kandang gajah.
5. Saat robot mobil wisata berada dikandang gajah, maka sensor kandang aktif kembali dan robot berhenti selama 4 menit. Pada saat robot berhenti, yang terjadi adalah LCD menampilkan tulisan dan suara speaker aktif menjelaskan dan memberi pengumuman kepada pengunjung dan operator bahwa sekarang sedang berada di zona kandang gajah. Setelah waktu 4 menit selesai, robot kemudian bergerak maju lagi mengikuti jalur menuju zona kandang beruang.
6. Saat robot mobil wisata berada dikandang beruang, maka sensor kandang kembali aktif dan robot kembali berhenti selama 4 menit. Pada saat robot berhenti, yang terjadi adalah LCD telah menampilkan tulisan dan suara speaker aktif menjelaskan dan memberi pengumuman kepada pengunjung dan operator bahwa sekarang sedang berada di zona kandang

beruang. Setelah waktu 4 menit, robot bergerak maju mengikuti jalur menuju pos pemberhentian robot dan mobil wisata selesai berkeliling..

7. Ketika ada objek didepan robot maka sensor depan robot telah aktif, dan robot berhenti selama 3 menit, selama waktu 3 menit itu robot memberitahukan kepengunjung melalui LCD 'ROBOT STOP ADA OBJEK DIDEPAN' secara bersama-sama dengan aktifnya LCD, lampu tembak robot aktif atau menyala untuk memberi peringatan kepada objek didepanya agar keluar dari track.
8. Setelah sampai dipos pemberhentian, robot berhenti selama 6 menit. Dalam waktu enam menit ini robot didelay. Setelah waktu enam menit selesai robot berkeliling kembali mengikuti jalur dan mendeteksi kandang dan objek didepan robot secara simultan sampai robot itu OFF.

4.5 ANALISA HASIL

Pada Analisa ini diperoleh beberapa hasil-hasil penting dalam penelitian prototype robot mobil wisata yaitu :

1. Prototype robot mobil wisata merupakan hasil pengembangan dari *line follower robot* sehingga bisa juga diaplikasikan pada robot yang menggunakan prinsip *line follower robot* seperti robot pengakut barang, robot pembersih lantai, dll.
2. Dari hasil *running test*, program kendali yang ditanamkan didalam mikrokontroler dapat berfungsi dengan baik. Secara keseluruhan robot dapat berputar selama $\pm 1,10$ menit dengan asumsi keadaan suplai baterai pada kondisi maksimal 12VDC, jika tidak dalam keadaan maksimal robot bisa saja berputar tetapi dengan asumsi robot bisa melebihi waktu $\pm 1,10$ untuk berputar melintasi track.
3. Pada pergerakan motor roda robot dibuat agar bergerak secara sentrifugal oleh karena itu dibuat program PWM (*Pulse Width Modulation*) agar robot bergerak tidak keluar jalur dan mempunyai tingkat presisi pergerakan yang baik.
4. Sensor pendeteksi kandang pada robot bekerja berdasarkan pada prinsip warna yang dideteksi pada kandang, warna yang dideteksi adalah warna putih.

5. Sensor pendeteksi objek didepan robot bekerja berdasarkan halangan yang muncul. Jika ada halangan didepan robot seperti manusia, hewan, atau yang lainnya, maka sensor tersebut aktif.
6. Sensor pendeteksi jalur bekerja berdasarkan prinsip warna hitam dan putih, ketika sensor mendeteksi jalur berwarna hitam maka photodiode akan menyerap sinar yang dipantulkan dari LED *Superbright*. Sebaliknya jika sensor mendeteksi jalur berwarna putih maka photodiode akan memantulkan sinar yang dipantulkan dari LED *Superbright*.
7. Berdasarkan data spesifikasi dari sensor pendeteksi kandang dan pendeteksi objek halangan, jarak maksimal yang mampu dideteksi adalah sejauh 15cm. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, jarak 15cm merupakan jarak terjauh kemampuan mendeteksi dari sensor ini.
8. Acrylic pada bagian bawah robot dibuat menutupi bagian sensor jalur dan menghadap ke bawah agar sensitifitas cahaya tidak membiaskan fungsi dari sensor jalur.
9. Led *Superbright* yang dipakai bertipe NTE 30038. Berdasarkan datasheetnya, Led *Superbright* ini mempunyai nilai respon spectral yang paling besar 550nm (*wave length*).
10. Penggunaan IC *voice* tipe ISD25120 bisa diganti tipe lain (ISDxxx) tergantung durasi penggunaan IC *voice* tersebut.
11. Pada lintasan prototype robot mobil wisata dapat dikembangkan dengan tidak hanya 3 model jenis kandang hewan, melainkan dapat dikembangkan lebih dari 3 model jenis kandang hewan, tetapi dibuat juga penambahan dari segi, mekanik, perangkat elektronik, program robot dan desain lintasan.
12. Prototipe robot mobil wisata ini mempunyai kelemahan yaitu, jika sensitifitas cahaya di lokasi track tidak baik maka mempengaruhi sensitifitas dari sensor jalur, sensor kandang, dan sensor objek didepan robot. Kemudian jika suplai tegangan robot pada kondisi minimal dibawah 10 volt maka dapat mengakibatkan putaran roda robot berputar pelan, fungsi dari sensor jalur, sensor kandang, sensor objek menjadi kurang sensitif, suara *speaker* berbunyi pelan, dan tampilan karakter LCD buram (*ambient*).

13. Pada penelitian ini, prototipe robot mobil wisata yang dibuat memiliki fungsi-fungsi yang sesuai dan dibutuhkan oleh suatu taman wisata. Dalam contoh penelitian ini, taman wisatanya adalah kebun binatang. Untuk membuat robot dalam ukuran yang sesungguhnya diperlukan sistem mekanika, sistem elektronik, dan sistem pemrograman yang lebih rumit.



BAB V

KESIMPULAN

Setelah melakukan percobaan dan pengamatan pada alat ” Aplikasi Robot Mobil Dalam Pengembangan Prototipe Robot Mobil Wisata ”, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sebagai pendeteksi jalur dapat digunakan LED *Superbright* sebagai pengganti *infrared* dengan Photodiode sebagai penerima (*receiver*).
2. Sebagai aktivasi cahaya juga dapat menggunakan Photodiode sebagai pengganti LDR, karena dengan menggunakan LDR sensitivitasnya lebih besar sehingga terlalu peka terhadap intensitas cahaya yang diterimanya.
3. Penggunaan IC Voice ISD 25120 sebagai perekam suara dapat digantikan dengan tipe ISD lainnya, hal ini tergantung lama waktu yang dibutuhkan untuk merekam.
4. Penggunaan LCD merupakan untuk menampilkan informasi keberadaan atau posisi mobil wisata menggunakan tampilan.
5. Aplikasi Robot Mobil Dalam Pengembangan Prototipe Robot Mobil Wisata dapat di aplikasikan sebagai model transportasi publik, khususnya di tempat wisata.

DAFTAR ACUAN

- [1] ATMEGA 8535/8535L, data sheet, Atmel Corporation, Maret 2010.
- [2] Muis,Saludin, ” Teknik Jaringan Syaraf Tiruan”, halaman 3.
- [3] Widodo,Budiharto, ” Membuat Robot Cerdas ”, halaman 6.
- [4] “ Line Follower Robot “, Diakses 8 Februari 2010, dari AVR Freaks
http://www.avrfreaks.net/index.php?module=Freaks%20Academy&func=viewItem&item_id=2286&item_type=project
- [5] “ Sensor Photoelectric “, Diakses 8 Februari 2010, dari Wikipedia
http://en.wikipedia.org/wiki/Photoelectric_sensor
- [6] “ Omron Photoelectric Sensor “, Diakses 8 Februari dari Omron
<http://www.lpc-uk.com/omron/photo.htm#E3G>

DAFTAR PUSTAKA

Widodo Budiharto. *Belajar Sendiri Membuat Robot Cerdas*. Jakarta : Elex Media Komputindo.2006

Clyton , George dan Steve Winder. *Operational Amplifier*. Erlangga.2005

Malvino. *Prinsip-prinsip Elektronik*. Jakarta : Erlangga.1981

Sandy Halim, ST. *Merancang Mobile Robot Pembawa Objek Menggunakan OOPic-R*. Jakarta: Elexmedia Komputindo.2007

Wasito S. *Pelajaran Elektronika 1A Sirkuit Arus Searah*. Jakarta : Karya Utama.1983

Lingga Wardhana. *Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, Yogyakarta : ANDI PUBLISHER.2006

<http://www.wikipedia.com/>



LAMPIRAN

Lampiran 1

/******

This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.25.3 Professional
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2007 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 11/18/2009
Author : Robyn Frannando
Company : Universitas Indonesia
Comments : Final Project

Chip type : ATmega8535
Program type : Application
Clock frequency : 12.000000 MHz
Memory model : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 128


```
/*MENYERTAKAN FILE LIBRARY CHIP AVR ATMEGA 8535*/  
#include <mega8535.h> // Initialization AVR AT-MEGA 8535 chip
```

```
/*MENYERTAKAN FILE LIBRARY UNTUK FUNGSIONAL DELAY*/  
#include <delay.h> // Initialization Delay Library Function
```

```
/* INTEGER wait YANG DIGUNAKAN PADA PROGRAM AKTIVASI */  
long wait=1; // Initialization " wait integer " Aktifasi Call  
Function
```

```
/* DEFINISI INPUT YANG DIGUNAKAN TIAP PORT*/  
#define activation PINB.0  
#define centre1 PINA.0  
#define centre2 PINA.1  
#define right1 PINA.2  
#define right2 PINA.5  
#define left1 PINA.3  
#define left2 PINA.4  
#define cage PINA.6  
#define in_front_of PINA.7
```

```
/* DEFINISI OUTPUT YANG DIGUNAKAN TIAP PORT*/
```

```

#define right_forward          PORTC.0
#define right_reverse         PORTC.1
#define left_forward          PORTC.2
#define left_reverse          PORTC.3
#define cage2                 PORTC.4

/* FUNGSI UNTUK MEMBACA PERGERAKAN MOTOR ROBOT */
unsigned char go_advanced    =    0b00000101;
unsigned char turn_right     =    0b00001001;
unsigned char turn_left     =    0b00000110;
unsigned char light_fire     =    0b11000000;
unsigned char stand_by      =    0b00000000;
unsigned char count         =    0;

// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
.equ __lcd_port=0x12 ;PORTD
#endasm
#include <lcd.h>

// Declare your global variables here
/* void maju(unsigned char kec)
{
PORTC.0=1;
PORTC.1=0;
PORTC.2=1;
PORTC.3=0;
delay_ms(kec);
PORTC.0=0;
PORTC.2=0;
delay_ms(10-kec);
}

void kanan(unsigned char kec)
{
PORTC.0=1;
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
PORTC.3=1;
delay_ms(kec);
PORTC.0=0;
PORTC.3=0;
delay_ms(10-kec);
}

void kiri(unsigned char kec)
{

```

```

PORTC.0=0;
PORTC.1=1;
PORTC.2=1;
PORTC.3=0;
delay_ms(kec);
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
delay_ms(10-kec);
} */
void main(void)
{
// Declare your local variables here
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=P State6=P State5=P State4=P State3=P State2=P State1=P State0=P
PORTA=0xFF;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=P State6=P State5=P State4=P State3=P State2=P State1=P State0=P
PORTB=0xFF;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out
Func1=Out Func0=Out
// State7=1 State6=1 State5=1 State4=1 State3=1 State2=1 State1=1 State0=1
PORTC=0xFF;
DDRC=0xFF;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;

```

```
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
```

```

ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// LCD module initialization
lcd_init(16);

/* PROGRAM MENAMAPILKAN KARKTER LCD SEBELUM ROBOT DI-
AKTIVASI */

lcd_putsf("^_^Mobil Akan^_^");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Segera Berjalan");

/* PROGRAM AKTIVASI AWAL */

PORTC=stand_by;
while(wait<5000)
{
if(activation==1)
wait++;
}

/* PROGRAM MENAMAPILKAN KARKTER LCD SETELAH ROBOT DI-
AKTIVASI */

lcd_clear();
delay_ms(100);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Rancang Bangun");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Mobil Wisata");
delay_ms(1000);
lcd_clear();
delay_ms(100);
PORTC=go_advanced;

while (1)
/* PROGRAM TAMPILAN LCD PADA SAAT ROBOT SEDANG
BERGERAK */

{
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Prototype Mobil");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Wisata By:Robyn");

/* PROGRAM ROBOT MENGIKUTI DAN MEMBACA JALUR */

```

```

if(centre1==1||centre2==1)
{
PORTC=go_advanced;;
}
if(right2==1)
{
PORTC=turn_left;
}
if(left1==1)
{
PORTC=turn_right;
}

/*if(centre1==1||centre2==1)maju(10);
if(right2==1)kiri(8);
if(left1==1)kanan(8);
} */
/* if ( sensor_kanan2==1 && sensor_kiri2==1) maju(9);*/

/* PROGRAM ROBOT MENDETEKSI OBJEK YANG BERADA
DIDEPANYA */
if(in_front_of==0)
{
PORTC=stand_by;
delay_ms(1000);
lcd_clear();
delay_ms(100);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Mobil Stop");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Ada Objek");
delay_ms(1000);
PORTC=stand_by;
delay_ms(100);
PORTC=light_fire;
delay_ms(3000);
PORTC=stand_by;
}
else
delay_ms(100);
lcd_clear();
PORTC=go_advanced;

/* PROGRAM ROBOT MENDETEKSI KANDANG YANG BERADA
DISEBELAH KANAN SENSOR */
while(cage==0)
{

```

```

PORTC=stand_by;
delay_ms(500);
PORTC=go_advanced;
delay_ms(1500);
PORTC=stand_by;
delay_ms(500);
count ++;
/* PROGRAM ROBOT MEN-COUNTER SATU (1) PADA SAAT SENSOR
KANDANG AKTIF */
if(count==1)
{
lcd_clear();
delay_ms(100);
lcd_gotoxy(0,0);lcd_putsf("Kandang Singa");
lcd_gotoxy(0,1);lcd_putsf("Silakan Melihat");
delay_ms(3500);
lcd_clear();
delay_ms(100);
PORTC=go_advanced;
delay_ms(250);
}
/* PROGRAM ROBOT MEN-COUNTER DUA (2) PADA SAAT SENSOR
KANDANG AKTIF */
if(count==2)
{
lcd_clear();
delay_ms(100);
lcd_gotoxy(0,0);lcd_putsf("Kandang Gajah");
lcd_gotoxy(0,1);lcd_putsf("Silakan Melihat");
delay_ms(3500);
lcd_clear();
delay_ms(100);
PORTC=go_advanced;
delay_ms(250);
}
/* PROGRAM ROBOT MEN-COUNTER TIGA (3) PADA SAAT SENSOR
KANDANG AKTIF */
if(count==3)
{
lcd_clear();
delay_ms(100);
lcd_gotoxy(0,0);lcd_putsf("Kandang Beruang");
lcd_gotoxy(0,1);lcd_putsf("Silakan Melihat");
delay_ms(3500);
lcd_clear();
delay_ms(100);
PORTC=go_advanced;
delay_ms(250);
}

```

```
}
/* PROGRAM ROBOT MEN-COUNTER EMPAT (4) PADA SAAT
SENSOR KANDANG AKTIF,SETALAH ITU LOOPING KE COUNTER 1 */
if(count==4)
{
lcd_clear();
delay_ms(100);
lcd_gotoxy(0,0);lcd_putsf("Wisata Selesai ");
lcd_gotoxy(0,1);lcd_putsf("Terima Kasih_Zoo");
delay_ms(4500);
lcd_clear();
delay_ms(100);
PORTC=go_advanced;
delay_ms(250);
count=0;
}
}
}
}
```

Lampiran 2



Features

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



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

ATmega8535
ATmega8535L

Preliminary
Summary

Rev. 2502ES-AVR-12/03

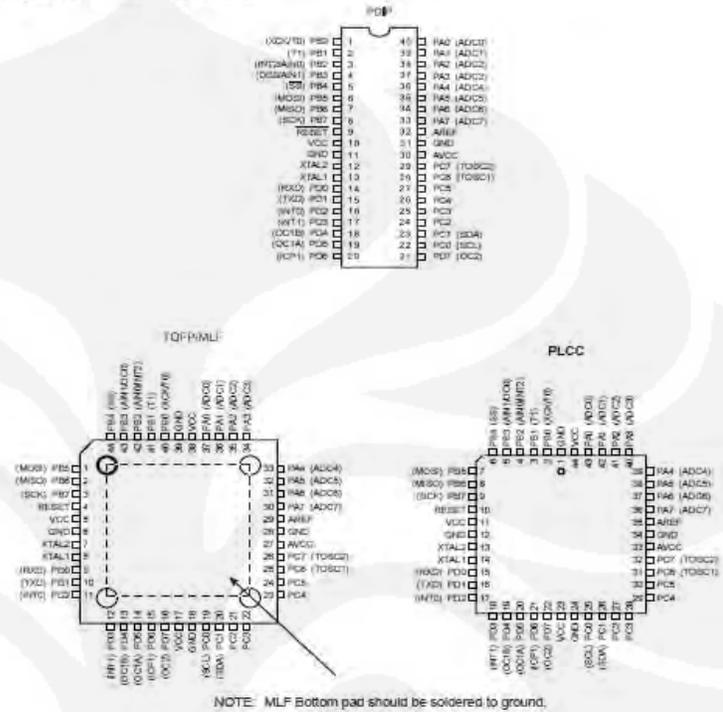


Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.



Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



Disclaimer

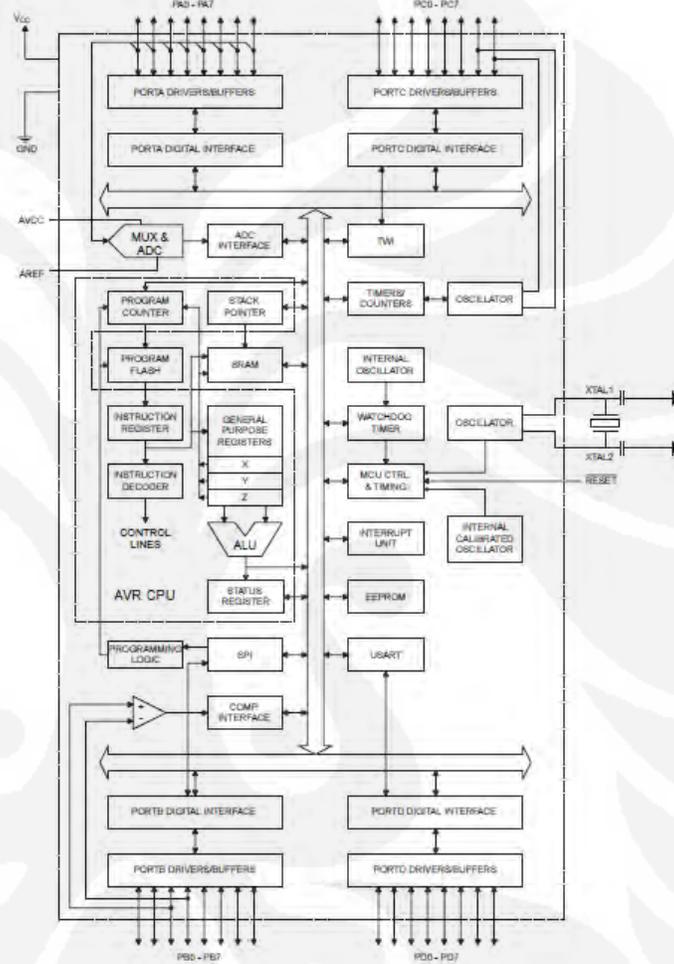
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

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 43 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 143 for details.

Pin Descriptions

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



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	8
0x3E (0x5E)	SPH	-	-	-	-	-	SP10	SP9	SP8	10
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	10
0x3C (0x5C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								83
0x3B (0x5B)	GICR	INT1	INT0	INT2	-	-	-	IVSEL	IVCE	47, 67
0x3A (0x5A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2	-	-	-	-	-	68
0x39 (0x59)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	83, 113, 131
0x38 (0x58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	84, 114, 132
0x37 (0x57)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	-	RWWSRE	BLSSET	PGVRT	PGERS	SPMEN	225
0x36 (0x56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	-	TWIE	179
0x35 (0x55)	MCUCR	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	30, 66
0x34 (0x54)	MCUCSR	-	ISC2	-	-	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	38, 67
0x33 (0x53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	81
0x32 (0x52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								83
0x31 (0x51)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								28
0x30 (0x50)	SFIOR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	-	ACME	PUD	PSR2	PSR10	57, 86, 133, 200, 220
0x2F (0x4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	109
0x2E (0x4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	111
0x2D (0x4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte								112
0x2C (0x4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte								112
0x2B (0x4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte								112
0x2A (0x4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte								112
0x29 (0x49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte								112
0x28 (0x48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte								112
0x27 (0x47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte								112
0x26 (0x46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte								112
0x25 (0x45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	126
0x24 (0x44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								128
0x23 (0x43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								129
0x22 (0x42)	ASSR	-	-	-	-	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	129
0x21 (0x41)	WDTCR	-	-	-	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	40
0x20 ⁽¹⁾ (0x40 ⁽¹⁾)	UBRRH	URSEL	-	-	-	-	UBRR[11:8]			166
	UCSRC	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	164
0x1F (0x3F)	EEARH	-	-	-	-	-	-	-	EEAR8	17
0x1E (0x3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								17
0x1D (0x3D)	EEDR	EEPROM Data Register								17
0x1C (0x3C)	EECR	-	-	-	-	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	17
0x1B (0x3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	64
0x1A (0x3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	64
0x19 (0x39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	64
0x18 (0x38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	64
0x17 (0x37)	DDRB	ddb7	ddb6	ddb5	ddb4	ddb3	ddb2	ddb1	ddb0	64
0x16 (0x36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	65
0x15 (0x35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	65
0x14 (0x34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	65
0x13 (0x33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	65
0x12 (0x32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	65
0x11 (0x31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	65
0x10 (0x30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	65
0x0F (0x2F)	SPDR	SPI Data Register								140
0x0E (0x2E)	SPCR	SPIE	WCOL	-	-	-	-	-	SPI2X	140
0x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	138
0x0C (0x2C)	UDR	USART I/O Data Register								161
0x0B (0x2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	UZX	MPCM	162
0x0A (0x2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	163
0x09 (0x29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								166
0x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	200
0x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	216
0x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	218
0x05 (0x25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								219
0x04 (0x24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								219
0x03 (0x23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								180
0x02 (0x22)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	180
0x01 (0x21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	-	TWPS1	TWPS0	180

Register Summary (Continued)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x00 (0x20)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								178

- Notes:
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

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rd, K	Add Immediate to Word	$Rd \leftarrow Rd + RshRd + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBW	Rd, K	Subtract Immediate from Word	$Rd \leftarrow Rd - RshRd - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \cdot Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \cdot K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow \text{OxFF} - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow \text{Ox00} - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd, K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd, K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \cdot (\text{OxFF} - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \cdot Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow \text{OxFF}$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll \ll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll \ll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll \ll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow \text{STACK}$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow \text{STACK}$	I	4
CPSE	Rd, Rr	Compare, Skip if Equal	If $(Rd = Rr) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
CP	Rd, Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
CPC	Rd, Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
CPI	Rd, K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	If $(Rr(b)=0) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	If $(Rr(b)=1) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	If $(P(b)=0) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	If $(P(b)=1) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	If $(SREG(s) = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	If $(SREG(s) = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BREQ	k	Branch if Equal	If $(Z = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	If $(Z = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	If $(C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	If $(C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	If $(C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	If $(C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	If $(N = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	If $(N = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	If $(N \oplus V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	If $(N \oplus V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	If $(H = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	If $(H = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	If $(T = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	If $(T = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	If $(V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	If $(V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	If $(I = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	If $(I = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	$Rd \leftarrow Rr$	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	$Rd+1:Rd \leftarrow Rr+1:Rr$	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	$Rd \leftarrow K$	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	$Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (X), X \leftarrow X + 1$	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X - 1, Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Y), Y \leftarrow Y + 1$	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y - 1, Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Y + q)$	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z - 1, Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Z + q)$	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	$Rd \leftarrow (k)$	None	2
ST	X, Rr	Store indirect	$(X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	X+, Rr	Store indirect and Post-Inc.	$(X) \leftarrow Rr, X \leftarrow X + 1$	None	2
ST	-X, Rr	Store indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X - 1, (X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y, Rr	Store indirect	$(Y) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y+, Rr	Store indirect and Post-Inc.	$(Y) \leftarrow Rr, Y \leftarrow Y + 1$	None	2
ST	-Y, Rr	Store indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y - 1, (Y) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Y+q, Rr	Store indirect with Displacement	$(Y + q) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z, Rr	Store indirect	$(Z) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z+, Rr	Store indirect and Post-Inc.	$(Z) \leftarrow Rr, Z \leftarrow Z + 1$	None	2
ST	-Z, Rr	Store indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z - 1, (Z) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Z+q, Rr	Store indirect with Displacement	$(Z + q) \leftarrow Rr$	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	$(k) \leftarrow Rr$	None	2
LPM		Load Program Memory	$R0 \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	$Rd \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	None	3
SPM		Store Program Memory	$(Z) \leftarrow R1:R0$	None	-
IN	Rd, P	In Port	$Rd \leftarrow P$	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	$P \leftarrow Rr$	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	$STACK \leftarrow Rr$	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	$Rd \leftarrow STACK$	None	2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P.b	Set Bit in I/O Register	$I/O(P.b) \leftarrow 1$	None	2
CBI	P.b	Clear Bit in I/O Register	$I/O(P.b) \leftarrow 0$	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	$Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), Rd(0) \leftarrow 0$	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), Rd(7) \leftarrow 0$	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	$Rd(0) \leftarrow C, Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), C \leftarrow Rd(7)$	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	$Rd(7) \leftarrow C, Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), C \leftarrow Rd(0)$	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), n=0..6$	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	$Rd(3..0) \leftarrow Rd(7..4), Rd(7..4) \leftarrow Rd(3..0)$	None	1
BSET	s	Flag Set	$SREG(s) \leftarrow 1$	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	$SREG(s) \leftarrow 0$	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	$T \leftarrow Rr(b)$	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	$Rd(b) \leftarrow T$	None	1
SEC		Set Carry	$C \leftarrow 1$	C	1
CLC		Clear Carry	$C \leftarrow 0$	C	1
SEN		Set Negative Flag	$N \leftarrow 1$	N	1
CLN		Clear Negative Flag	$N \leftarrow 0$	N	1
SEZ		Set Zero Flag	$Z \leftarrow 1$	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	$Z \leftarrow 0$	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	$I \leftarrow 1$	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	$I \leftarrow 0$	I	1
SES		Set Signed Test Flag	$S \leftarrow 1$	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	$S \leftarrow 0$	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow	$V \leftarrow 1$	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	$V \leftarrow 0$	V	1
SET		Set T in SREG	$T \leftarrow 1$	T	1
CLT		Clear T in SREG	$T \leftarrow 0$	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 1$	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 0$	H	1
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1



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

Ordering Information

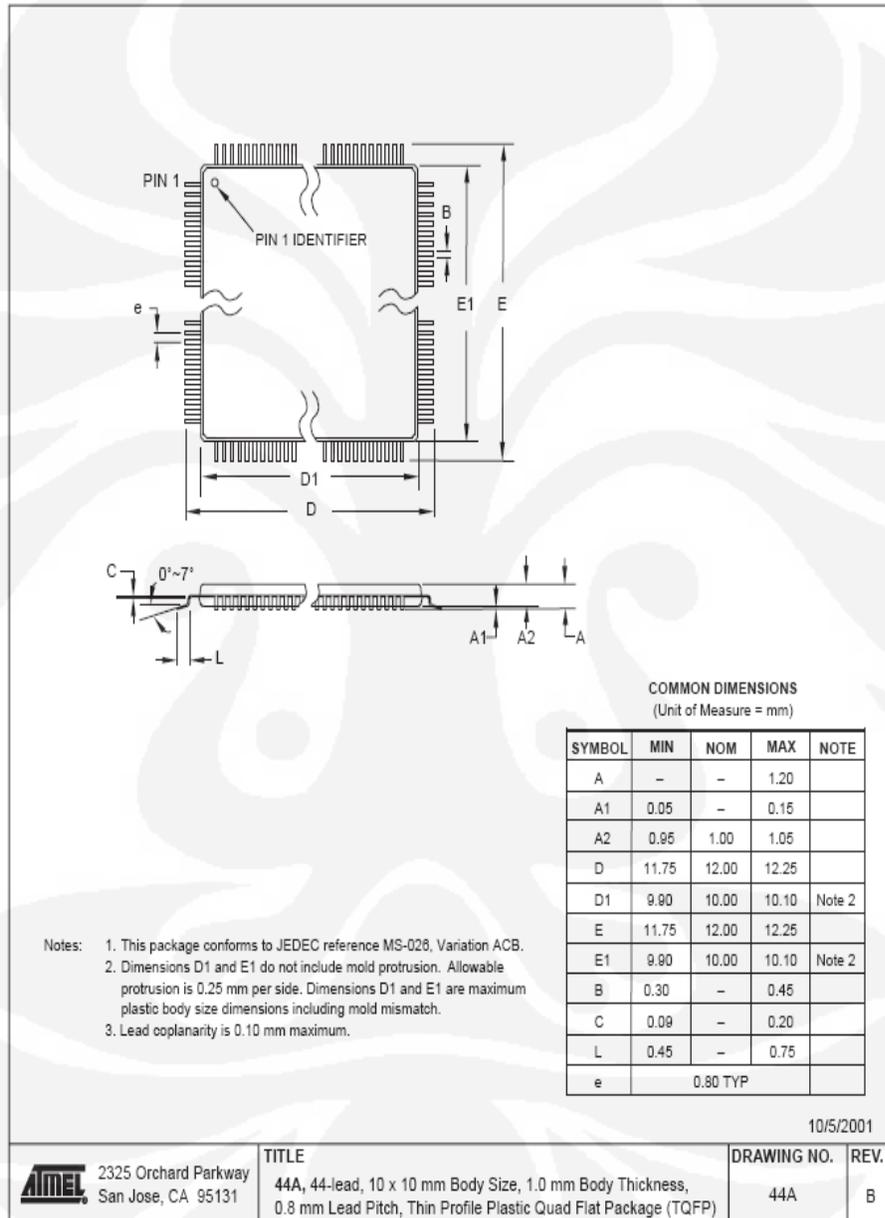
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package ⁽¹⁾	Operation Range
8	2.7 - 5.5V	ATmega8535L-8AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega8535L-8PC	40P6	
		ATmega8535L-8JC	44J	
		ATmega8535L-8MC	44M1	
		ATmega8535L-8AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega8535L-8PI	40P6	
		ATmega8535L-8JI	44J	
		ATmega8535L-8MI	44M1	
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	

Note: 1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.

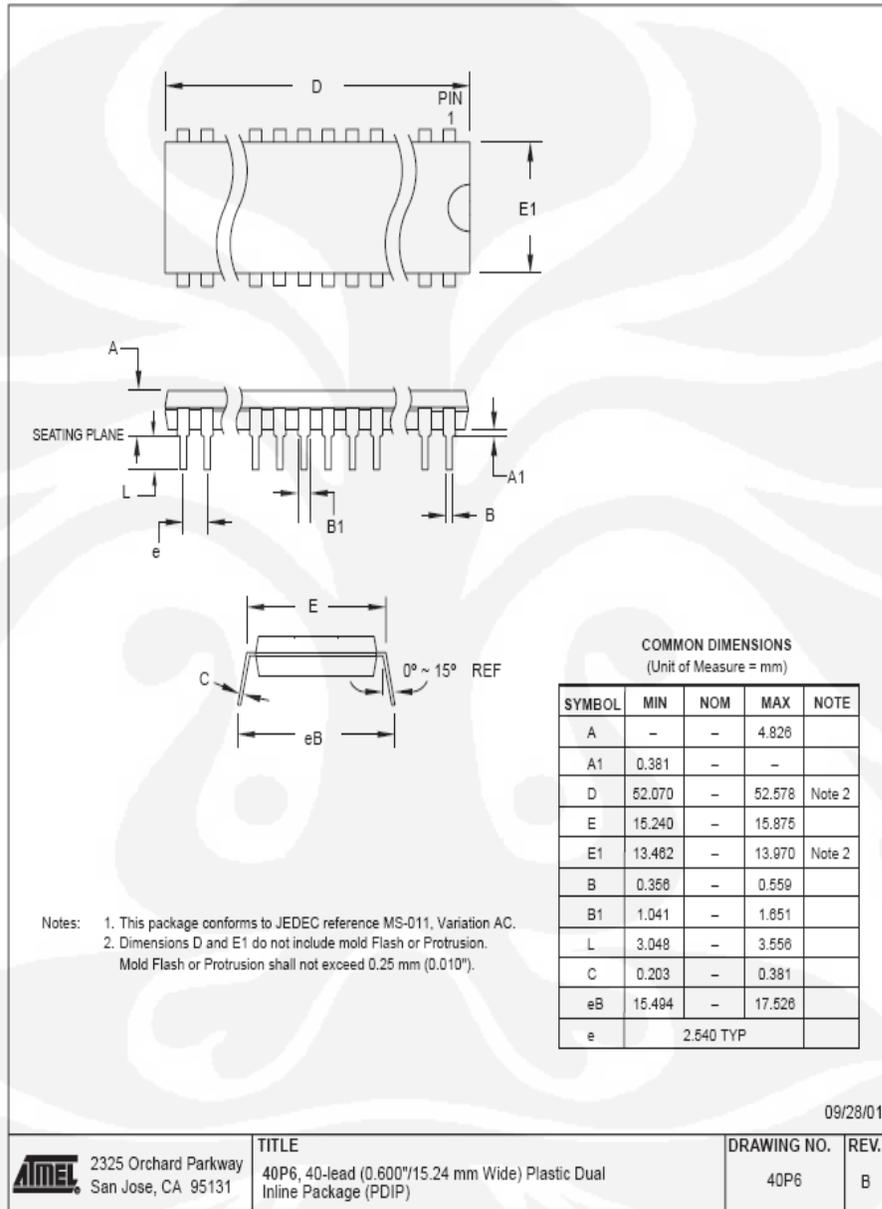
Package Type	
44A	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
44M1-A	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Micro Lead Frame Package (MLF)

Packaging Information

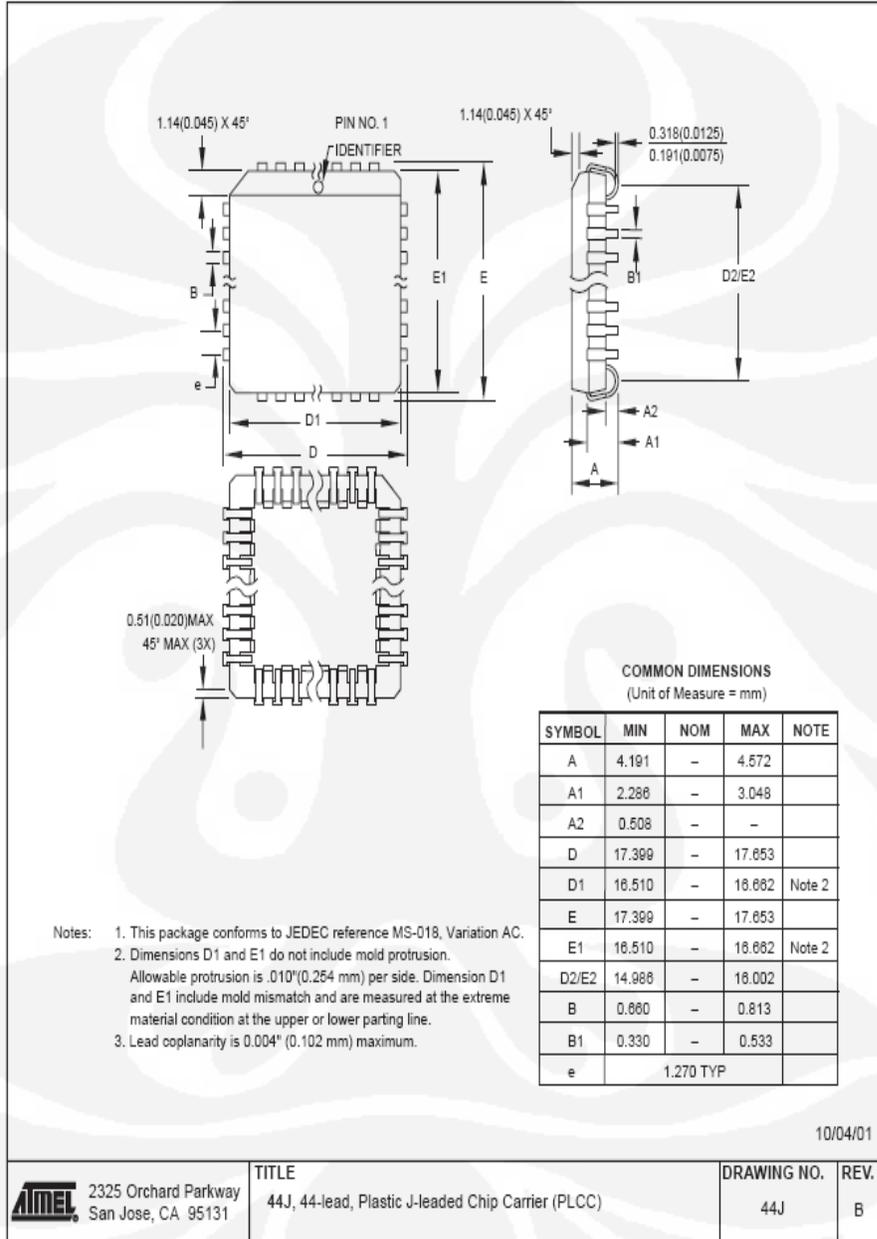
44A



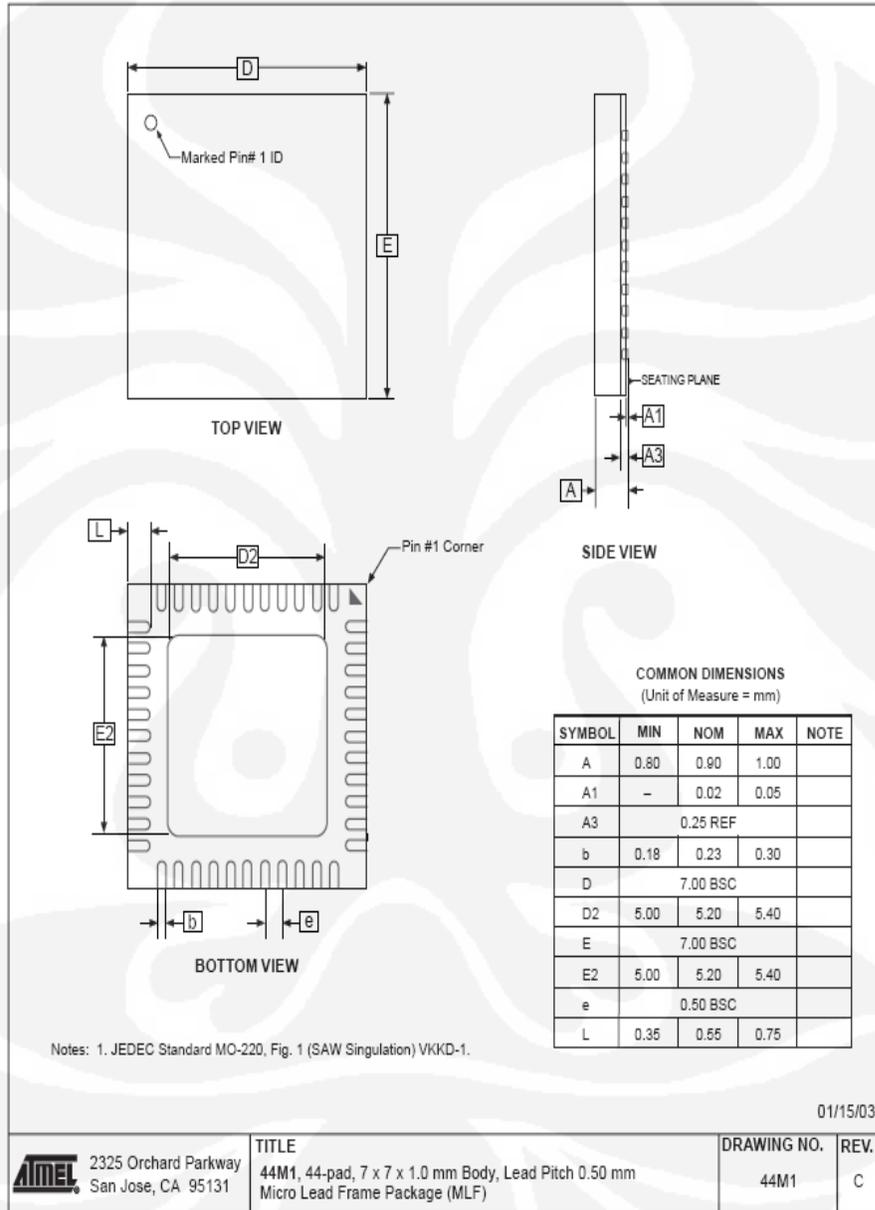
40P6



44J



44M1-A



Datasheet Change Log for ATmega8535

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. 2502D-09/03 to Rev. 2502E-12/03

1. Updated "Calibrated Internal RC Oscillator" on page 27.
2. Added section "Errata" on page 16.

Changes from Rev. 2502C-04/03 to Rev. 2502D-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 35.
4. Updated "Absolute Maximum Ratings" and "DC Characteristics" in "Electrical Characteristics" on page 252.
5. Updated Table 111 on page 255.
6. Updated "ADC Characteristics – Preliminary Data" on page 260.
7. Updated "ATmega8535 Typical Characteristics – Preliminary Data" on page 263.
8. Removed CALL and JMP instructions from code examples and "Instruction Set Summary" on page 8.

Changes from Rev. 2502B-09/02 to Rev. 2502C-04/03

1. Updated "Packaging Information" on page 12.
2. Updated Figure 1 on page 2, Figure 84 on page 176, Figure 85 on page 182, Figure 87 on page 188, Figure 98 on page 204.
3. Added the section "EEPROM Write During Power-down Sleep Mode" on page 20.
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 42.
6. Removed ADHSM bit.
7. Renamed Port D pin ICP to ICP1. See "Alternate Functions of Port D" on page 62.
8. Added information about PWM symmetry for Timer 0 on page 77 and Timer 2 on page 124.
9. Updated Table 68 on page 166, Table 75 on page 187, Table 76 on page 190, Table 77 on page 193, Table 108 on page 250, Table 113 on page 258.
10. Updated description on "Bit 5 – TWSTA: TWI START Condition Bit" on page 179.



11. Updated the description in "Filling the Temporary Buffer (Page Loading)" and "Performing a Page Write" on page 228.
 12. Removed the section description in "SPI Serial Programming Characteristics" on page 251.
 13. Updated "Electrical Characteristics" on page 252.
 14. Updated "ADC Characteristics – Preliminary Data" on page 260.
 14. Updated "Register Summary" on page 6.
 15. Various Timer 1 corrections.
 16. Added WD_FUSE period in Table 108 on page 250.
1. Changed the Endurance on the Flash to 10,000 Write/Erase Cycles.

**Changes from Rev.
2502A-06/02 to Rev.
2502B-09/02**

**Atmel Corporation**

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

Regional Headquarters**Europe**

Atmel Sarl
Route des Arsenalux 41
Case Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
Tel: (41) 26-426-5555
Fax: (41) 26-426-5500

Asia

Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 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

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 Chanterrie
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
13105 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 0GR, Scotland
Tel: (44) 1355-903-000
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

Disclaimer: Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

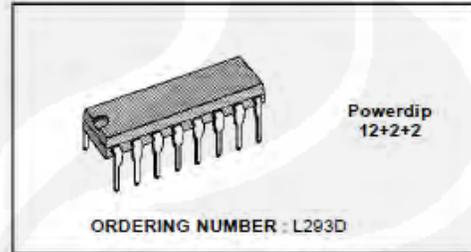
© Atmel Corporation 2003. All rights reserved. Atmel® and combinations thereof, AVR®, and AVR Studio® are the registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Microsoft®, Windows®, Windows NT®, and Windows XP® are the registered trademarks of Microsoft Corporation. Other terms and product names may be the trademarks of others.

Printed on recycled paper.
2502ES-AVR-12/03

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

PRELIMINARY DATA

- 600mA. OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (NON REPETITIVE) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5v (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMPS DIODES

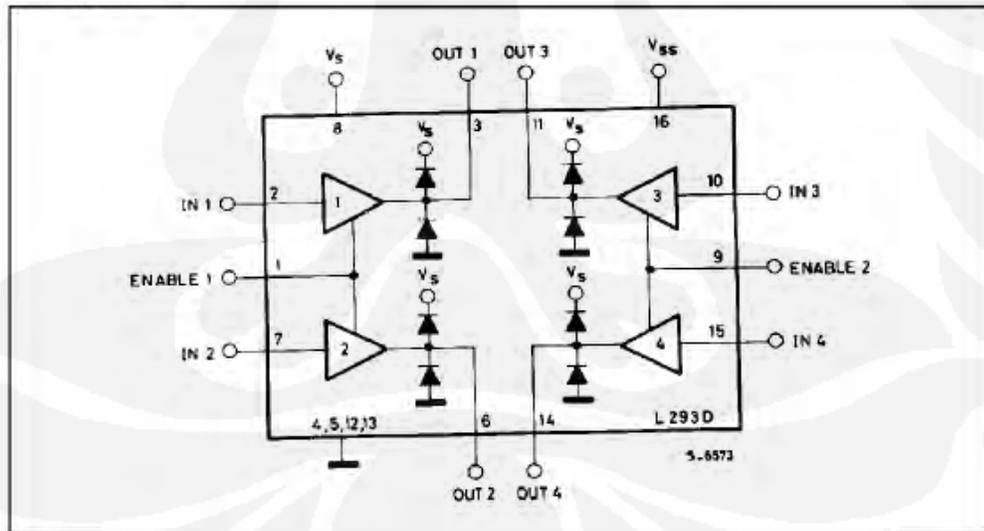


DESCRIPTION

The L293D is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoids, DC and stepping motors) and switching power transistors. To simplify use as two bridges is pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a low voltage and internal clamp diodes are included.

This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 KHz. The L293D is assembled in a 16 lead plastic package which has 4 center pins connected together and used for heatsinking.

BLOCK DIAGRAM

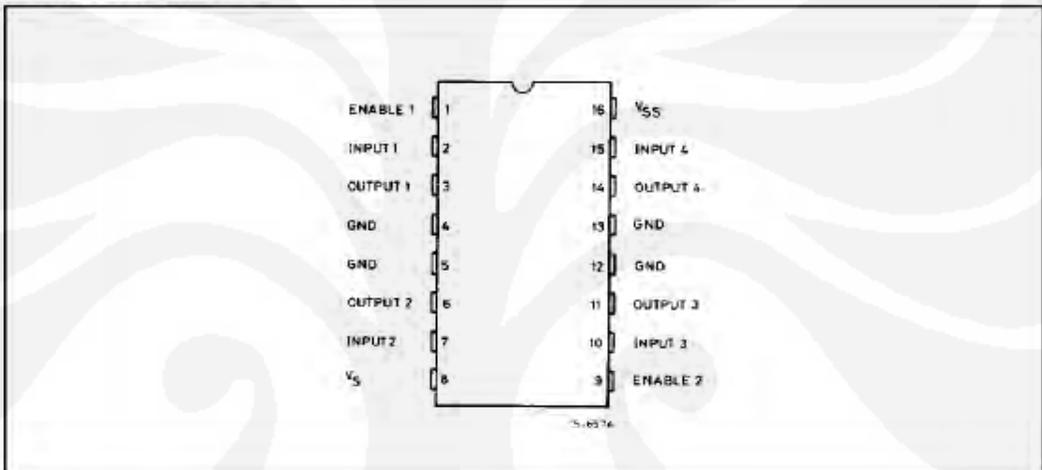


L293D

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_E	Supply Voltage	36	V
V_{AS}	Logic Supply voltage	36	V
V_I	Input voltage	7	V
V_{EN}	Enable voltage	7	V
I_o	Peak output current (100 μ s non repetitive)	1.2	A
P_{tot}	Total power dissipation at $T_{ground-plns} = 80^\circ\text{C}$	5	W
T_{stg}, T_J	Storage and junction temperature	-40 to 150	$^\circ\text{C}$

CONNECTION DIAGRAM



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{th-j-case}$	Thermal resistance junction-case	max 14	$^\circ\text{C/W}$
$R_{th-j-amb}$	Thermal resistance junction-ambient	max 80	$^\circ\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (For each channel, $V_s = 24V$, $V_{ss} = 5V$, $T_{amb} = 25^\circ C$, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_s	Supply voltage		V_{ss}		36	V
V_{ss}	Logic supply voltage (pin 16)		-4.5		36	V
I_s	Total quiescent supply current (pin 8)	$V_I = L \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		2	6	mA
		$V_I = H \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		18	24	
		$V_{en} = L$			4	
I_{ss}	Total quiescent logic supply current (pin 16)	$V_I = L \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		44	60	mA
		$V_I = H \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		16	22	
		$V_{en} = L$		16	24	
V_{IL}	Input low voltage (pin 2, 7, 10, 15)		-0.3		1.5	V
V_{IH}	Input high voltage (pin 2, 7, 10, 15)	$V_{ss} \leq 7V$	2.3		V_{ss}	V
		$V_{ss} > 7V$	2.3		7	
I_{IL}	Low voltage input current (pin 2, 7, 10, 15)	$V_{IL} = 1.5V$			-10	μA
I_{IH}	High voltage input current (pin 2, 7, 10, 15)	$2.3 \leq V_{IH} \leq V_{ss} - 0.6V$		30	100	μA
V_{enL}	Enable low voltage (pin 1, 9)		-0.3		1.5	V
V_{enH}	Enable high voltage (pin 1, 9)	$V_{ss} \leq 7V$	2.3		V_{ss}	V
		$V_{ss} > 7V$	2.3		7	
I_{enL}	Low voltage enable current (pin 1, 9)	$V_{enL} = 1.5V$		-30	-100	μA
I_{enH}	High voltage enable current (pin 1, 9)	$2.3V \leq V_{enH} \leq V_{ss} - 0.6V$			± 10	μA
V_{CEsatH}	Source output saturation voltage (pin 3, 6, 11, 14)	$I_o = -0.6A$		1.4	1.8	V
V_{CEsatL}	Sink output saturation voltage (pins 3, 6, 11, 14)	$I_o = +0.6A$			1.2	1.8
V_F	Clamp diode forward voltage	$I_o = 600 \text{ mA}$		1.3		V
t_r	Rise time (*)	0.1 to 0.9 V_o		250		ns
t_f	Fall time (*)	0.9 to 0.1 V_o		250		ns
t_{on}	Turn-on delay (*)	0.5 V_I to 0.5 V_o		750		ns
t_{off}	Turn-off delay (*)	0.5 V_I to 0.5 V_o		200		ns

(*) See fig.1

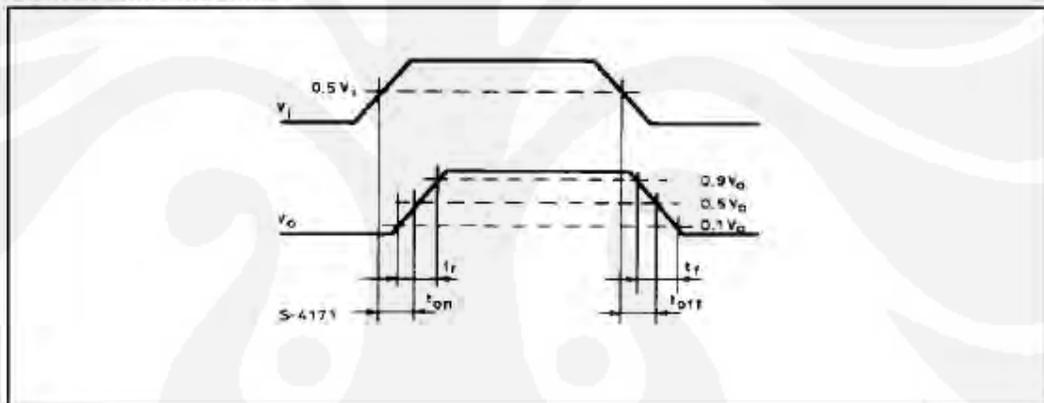
TRUTH TABLE (One channel)

INPUT	ENABLE (*)	OUTPUT
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance

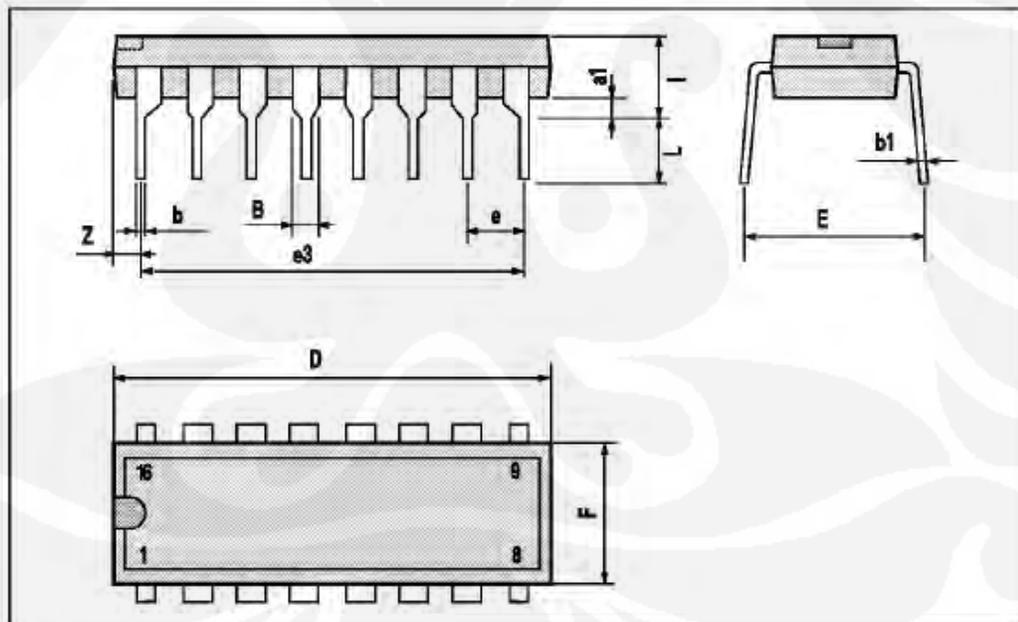
(*) Relative to the considered channel

Figure 1. Switching Times



POWERDIP PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
l			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050





ISD2560/75/90/120 Products

Single-Chip Voice Record/Playback Devices

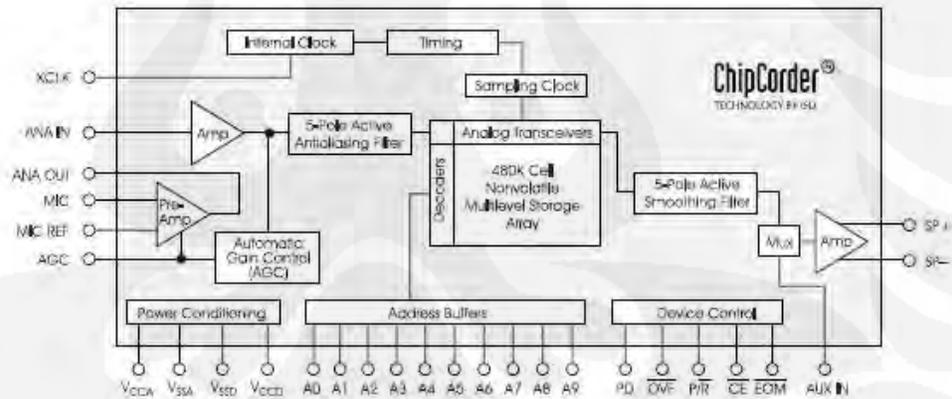
60-, 75-, 90-, and 120-Second Durations

GENERAL DESCRIPTION

Information Storage Devices' ISD2500 ChipCorder® Series provides high-quality, single-chip record/playback solutions for 60- to 120-second messaging applications. The CMOS devices include an on-chip oscillator, microphone preamplifier, automatic gain control, antialiasing filter, smoothing filter, speaker amplifier, and high density multilevel storage array. In addition, the ISD2500 is microcontroller compatible, allowing complex messaging and addressing to be achieved.

Recordings are stored in on-chip nonvolatile memory cells, providing zero-power message storage. This unique, single-chip solution is made possible through ISD's patented multilevel storage technology. Voice and audio signals are stored directly into memory in their natural form, providing high-quality, solid-state voice reproduction.

Figure i: ISD2560/75/90/120 Device Block Diagram



120 Second Message Recorder with ISD25120 ChipCorder IC (Order Code 3064)

Think of a burglar alarm system: both the setting of it and the spoken messages it could give (over the phone after using the DTMF tones of phone numbers stored in ISD2500 memory too) after it was set off. Think of setting a VCR: instruction about how to set it can be spoken to you. And there would even be space for 'Have a nice day at the end of it.

Also ISD2500 chips can (with one exception) be seamlessly connected together to give increased message time. By seamless is meant that a message can straddle 2 physical IC's. (Earlier ISD chips could not do this.) See the Jeff Bachiochi article for more details.

References:

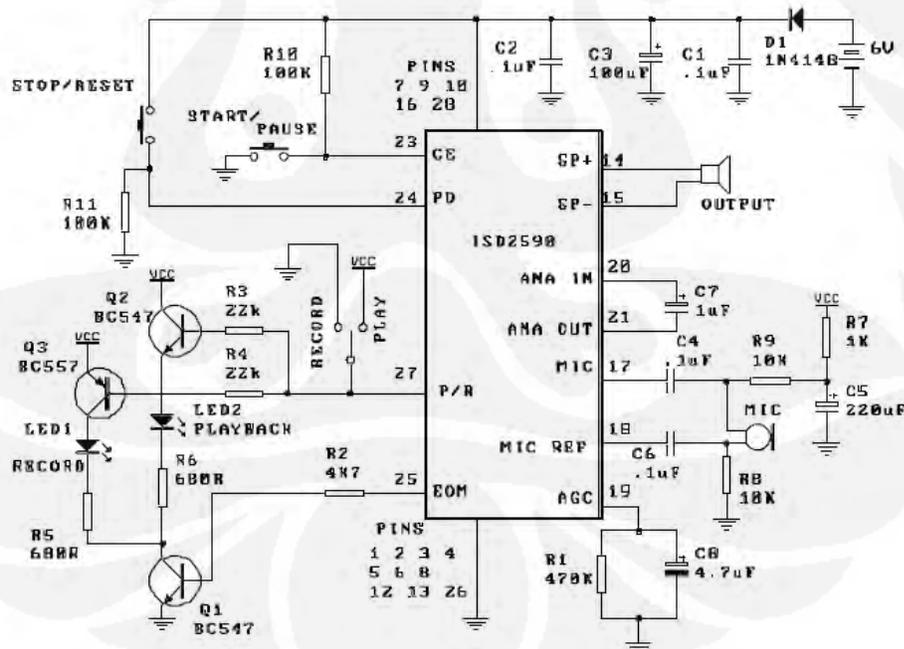
Bachiochi, Jeff. (1994). Build the Message Board. Circuit Cellar Ink/The Computer Applications Journal 45, April, 54 - 61. (Uses ISD2500 under computer control.)

Yates, Darren. (1994). Build this 90-second Message Board. *Silicon Chip*, February, 16 - 19. (Uses ISD2590.)

For other voice recording Kits and our 40 Second Voice Recorder with Loop (Order Code 3146) version.

<http://www.quasarelectronics.com/3064.htm>

COMPONENTS	
Resistors:	
680R blue grey brown R5 R6	2
1K brown black red R7	1
4K7 yellow violet red R2	1
10K brown black orange R8 R9	2
22K red red orange R3 R4	2
100K brown black yellow R10 R11	2
470K yellow violet yellow R1	1
Capacitors:	
0.1 Monoblock 104 C1 C2 C4 C6	4
1uF electrolytic mini C7	1
4.7uF elcap C8	1
100uF elcap C3	1
220uF elcap C5	1
BC547 Q1 Q2 2	1
BC557 Q3	1
ISD25120 IC	1
28 pin IC socket	1
1N4148 diode	1
2 pole terminal block	2
Electret Microphone	1
Hat keyswitch	2
5mm LED	2
3064 PCB	1
SPDT PCB mounted switch	1



ISD2560/75/90/120 Products

FEATURES

- Easy-to-use single-chip voice record/playback solution
 - High-quality, natural voice/audio reproduction
 - Manual switch or microcontroller compatible playback can be edge- or level-activated
 - Single-chip durations of 60, 75, 90, and 120 seconds
 - Directly cascadable for longer durations
 - Automatic Power-Down (Push-Button Mode)
 - Standby current 1 μ A (typical)
 - Zero-power message storage
 - Eliminates battery backup circuits
 - Fully addressable to handle multiple messages
 - 100-year message retention (typical)
 - 100,000 record cycles (typical)
 - On-chip clock source
 - Programmer support for play-only applications
 - Single +5 volt power supply
 - Available in die form, DIP, SOIC, and TSOP packaging
-

Table i: ISD2560/75/90/120 Product Summary

Part Number	Duration (Seconds)	Input Sample Rate (KHz)	Typical Filter Pass Band (KHz)
ISD2560	60	8.0	3.4
ISD2575	75	6.4	2.7
ISD2590	90	5.3	2.3
ISD25120	120	4.0	1.7

DETAILED DESCRIPTION

SPEECH/SOUND QUALITY

The ISD2500 series includes devices offered at 4.0, 5.3, 6.4, and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. Increasing the duration within a product series decreases the sampling frequency and bandwidth, which affects sound quality. Please refer to the ISD2560/75/90/120 Product Summary table on page 11 to compare filter pass band and product durations.

The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

DURATION

To meet end system requirements, the ISD2500 series offers single-chip solutions at 60, 75, 90, and 120 seconds. Parts may also be cascaded together for longer durations.

EEPROM STORAGE

One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

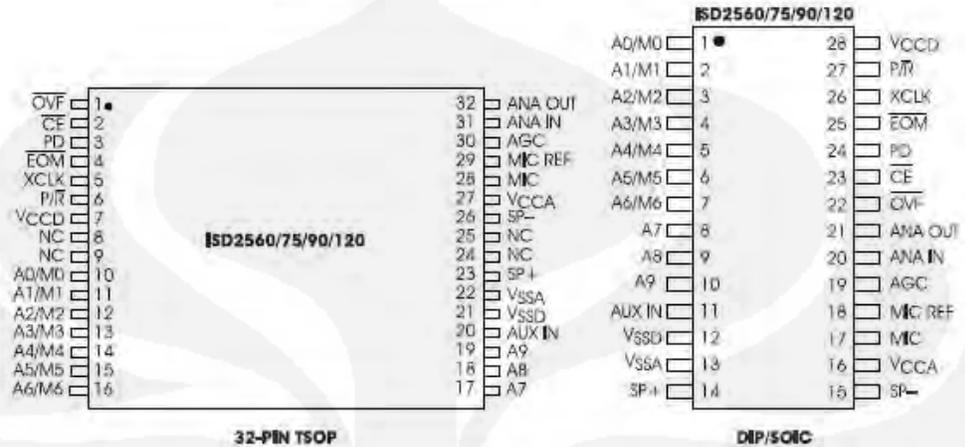
MICROCONTROLLER INTERFACE

In addition to its simplicity and ease of use, the ISD2500 series includes all the interfaces necessary for microcontroller-driven applications. The address and control lines can be interfaced to a microcontroller and manipulated to perform a variety of tasks, including message assembly, message concatenation, predefined fixed message segmentation, and message management.

PROGRAMMING

The ISD2500 series is also ideal for playback-only applications, where single or multiple messages are referenced through buttons, switches, or a microcontroller. Once the desired message configuration is created, duplicates can easily be generated via an ISD programmer.

Figure 1: ISD2560/75/90/120 Device Pinouts



PIN DESCRIPTIONS

VOLTAGE INPUTS (V_{CCA}, V_{CCD})

To minimize noise, the analog and digital circuits in the ISD2500 series devices use separate power busses. These voltage busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.

GROUND INPUTS (V_{SSA}, V_{SSD})

The ISD2500 series of devices utilizes separate analog and digital ground busses. These pins should be connected separately through a low-impedance path to power supply ground.

POWER DOWN INPUT (PD)

When not recording or playing back, the PD pin should be pulled HIGH to place the part in a very low power mode (see [ESD](#) specification). When overflow (OVF) pulses LOW for an overflow condition, PD should be brought HIGH to reset the address pointer back to the beginning of the record/playback space. The PD pin has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

CHIP ENABLE INPUT (CE)

The CE pin is taken LOW to enable all playback and record operations. The address inputs and playback/record input (P/R) are latched by the falling edge of CE. CE has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

PLAYBACK/RECORD INPUT (P/R)

The P/R input is latched by the falling edge of the \overline{CE} pin. A HIGH level selects a playback cycle while a LOW level selects a record cycle. For a record cycle, the address inputs provide the starting address and recording continues until PD or \overline{CE} is pulled HIGH or an overflow is detected (i.e. the chip is full). When a record cycle is terminated by pulling PD or \overline{CE} HIGH, an End-Of-Message (EOM) marker is stored at the current address in memory. For a playback cycle, the address inputs provide the starting address and the device will play until an EOM marker is encountered. The device can continue past an EOM marker in an Operational Mode, or if \overline{CE} is held LOW in address mode. (See page 5 for more Operational Modes).

END-OF-MESSAGE / RUN OUTPUT (EOM)

A nonvolatile marker is automatically inserted at the end of each recorded message. It remains there until the message is recorded over. The EOM output pulses LOW for a period of t_{EOM} at the end of each message.

In addition, the ISD2500 series has an internal V_{CC} detect circuit to maintain message integrity should V_{CC} fall below 3.5V. In this case, EOM goes LOW and the device is fixed in playback-only mode.

When the device is configured in Operational Mode M6 (Push-Button Mode), this pin provides an active-HIGH RUN signal, indicating the device is currently recording or playing. This signal can conveniently drive an LED for a visual indicator of a record or playback operation in process.

OVERFLOW OUTPUT (OVF)

This signal pulses LOW at the end of memory space, indicating the device has been filled and the message has overflowed. The OVF output then follows the \overline{CE} input until a PD pulse has reset the device. This pin can be used to cascade several ISD2500 devices together to increase record/playback durations.

MICROPHONE INPUT (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from -1.5 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 K Ω resistance on this pin, determines the low-frequency cutoff for the ISD2500 series passband. See Application Information for additional information on low-frequency cutoff calculation.

MICROPHONE REFERENCE INPUT (MIC REF)

The MIC REF input is the inverting input to the microphone preamplifier. This provides a noise-canceling or common-mode rejection input to the device when connected to a differential microphone.

AUTOMATIC GAIN CONTROL INPUT (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of whispers to loud sounds to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 K Ω internal resistance and an external capacitor (C2 on the schematic on page 18) connected from the AGC pin to V_{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R2) and an external capacitor (C2) connected in parallel between the AGC Pin and V_{SSA} analog ground. Nominal values of 470 K Ω and 4.7 μ F give satisfactory results in most cases.

ANALOG OUTPUT (ANA OUT)

This pin provides the preamplifier output to the user. The voltage gain of the preamplifier is determined by the voltage level at the AGC pin.

ANALOG INPUT (ANA IN)

The analog input pin transfers its signal to the chip for recording. For microphone inputs, the ANA OUT pin should be connected via an external capacitor to the ANA IN pin. This capacitor value, together with the 3.0 K Ω input impedance of ANA IN, is selected to give additional cutoff at the low-frequency end of the voice passband. If the desired input is derived from a source other than a microphone, the signal can be fed, capacitively coupled, into the ANA IN pin directly.

EXTERNAL CLOCK INPUT (XCLK)

The external clock input for the ISD2500 devices has an internal pull-down device. These devices are configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ± 1 percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of ± 2.25 percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a ± 5 percent tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

These recommended clock rates should not be varied because the anti-aliasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two. **If the XCLK is not used, this input must be connected to ground.**

SPEAKER OUTPUTS (SP+ /SP-)

All devices in the ISD2500 series include an on-chip differential speaker driver, capable of driving 50 mW into 1.6 Ω from AUX IN (12.2 mW from memory).

The speaker outputs are held at V_{SSA} levels during record and power down. It is therefore not possible to parallel speaker outputs of multiple ISD2500 devices or the outputs of other speaker drivers.

NOTE Connection of speaker outputs in parallel may cause damage to the device.

A single output may be used alone (including a coupling capacitor between the SP pin and the speaker). These outputs may be used individually with the output signal taken from either pin. Using the differential outputs results in a 4 to 1 improvement in output power.

NOTE Never ground or drive an unused speaker output.

Table 1: External Clock Sample Rates

Part Number	Sample Rate	Required Clock
SD2560	8.0 KHz	1024 KHz
SD2575	8.4 KHz	819.2 KHz
SD2590	8.8 KHz	682.7 KHz
SD25120	4.0 KHz	512 KHz

AUXILIARY INPUT (AUX IN)

The Auxiliary Input is multiplexed through to the output amplifier and speaker output pins when CE is HIGH, P \overline{R} is HIGH, and playback is currently not active or if the device is in playback overflow. When cascading multiple ISD2500 devices, the AUX IN pin is used to connect a playback signal from a following device to the previous output speaker drivers. For noise considerations, it is suggested that the auxiliary input not be driven when the storage array is active.

OMRON

Built-in Amplifier Photoelectric Sensor

E3R

Low-cost, Compact Photoelectric Sensor

<READ AND UNDERSTAND THIS CATALOG>

Please read and understand this catalog before purchasing the products. Please consult your OMRON representative if you have any questions or comments.



Ordering Information

E3R

Sensing method	Sensing distance	Operating mode	Model
Through-beam	5 m	Light-ON, Dark-ON (selectable)	E3R-5E4
Retroreflective	0.1 to 2 m		E3R-R2E4
Diffuse reflective	30 cm		E3R-DS30E4

Note: The through-beam model consists of the E3R-5L Emitter and E3R-5DE4 Receiver.

E3R-5E4 with Slit

Slit width	Sensing distance	Model
1 mm	1 m (see note)	E3R-S5
2 mm	1.5 m (see note)	

Note: The above sensing distances are possible with a Slit attached to both the Emitter and the Receiver. Refer to *Engineering Data* for details.

Accessories (Order Separately)

Name	Model
Retroreflector	E3R-R1

Specifications

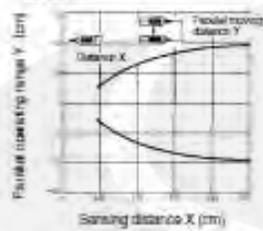
Item	E3R-5E4	E3R-R2E4	E3R-DS30E4
LED for Emitter	Infrared LED		
Indicator	Light indicator (red) Stability indicator (green) The emitter incorporates a power indicator.	Light indicator (red) Stability indicator (green)	
Sensitivity adjustment	One-turn adjuster		
Connection method	Cord pre-wired type		
Materials	Case: Polybutylene terephthalate Lens: Polycarbonate		

■ Ratings/Characteristics

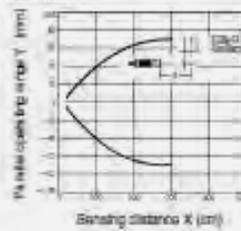
Item	Through-beam	Retroreflective	Diffuse reflective
	E3R-5E4	E3R-R2E4	E3R-DS30E4
Power supply voltage	12 to 24 VDC $\pm 10\%$; ripple (p-p): 10% max.		
Current consumption	50 mA max.	40 mA max.	
Sensing distance	5 m	0.1 to 2 m	30 cm (20 x 20 cm white mat paper)
Sensing object	Opaque object: 10 mm min.	Opaque object: 30 mm min.	Transparent, opaque objects
Directional angle	3° to 10°	Emitter, Receiver: 3° to 10° Retroreflector: 30° min.	---
Differential travel	---		20% max. of rated sensing distance
Response time	3 ms max. for both operation and release		1 ms max. for both operation and release
Control output	Output current: 1.5 to 4 mA; load current: 80 mA max. (output residual voltage: 1 V max.)		
Ambient illumination	Incandescent lamp: Illumination on optical spot: 3,000 lx max. Sunlight: Illumination on optical spot: 10,000 lx max.		
Ambient temperature	Operating: -25°C to 55°C (with no icing) Storage: -40°C to 70°C (with no icing)		
Ambient humidity	Operating: 35% to 85% Storage: 35% to 95%		
Insulation resistance	20 M Ω min. (at 500 VDC)		
Dielectric strength	1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min		
Vibration resistance	Destruction: 10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 2 hrs each in X, Y, and Z directions		
Shock resistance	Destruction: 500 m/s ² (approx. 50G) for 3 times each in X, Y, and Z directions		
Enclosure rating	IEC: IP66		

Engineering Data

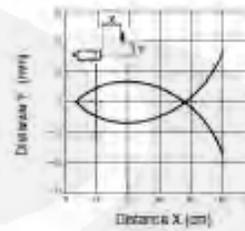
Parallel Operating Range
(Typical)
E3R-SE4



E3R-R2E4

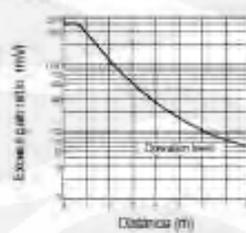


Operating Range (Typical)
E3R-DS30E4

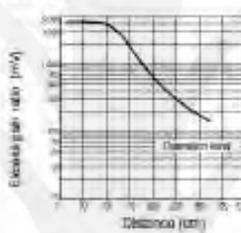


Excess Gain vs. Set Distance (Typical)

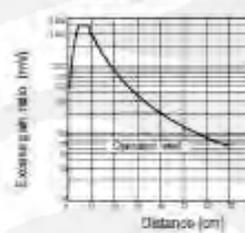
E3R-SE4



E3R-R2E4

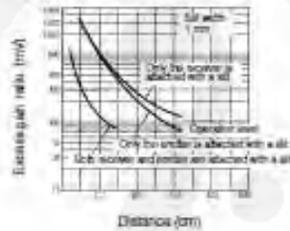


E3R-DS30E4



Slit Characteristics (Excess Gain vs. Distance)
(Typical)

E3R-SE4



E3R-R2E4

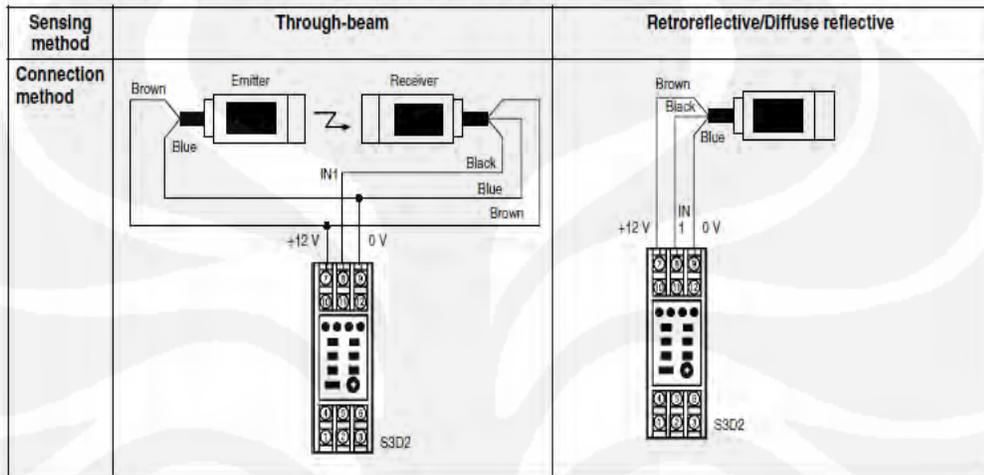


Installation

■ Connections

With Sensor Controller (S3D2)

The operation of the sensor is reversible with the signal input selector of the S3D2.





LM2904, LM358/LM358A, LM258/ LM258A

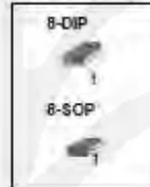
Dual Operational Amplifier

Features

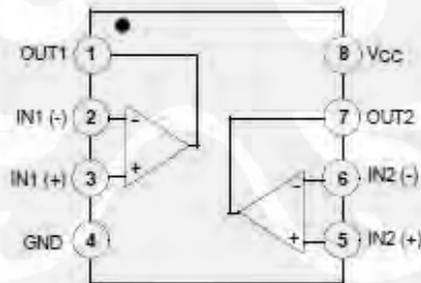
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:
LM258/LM258A, LM358/LM358A: 3V~32V (or $\pm 1.5V \sim 16V$)
LM2904: 3V~26V (or $\pm 1.5V \sim 13V$)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V DC to $V_{CC} - 1.5V$ DC
- Power Drain Suitable for Battery Operation.

Description

The LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A consist of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltage. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP-AMP circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.

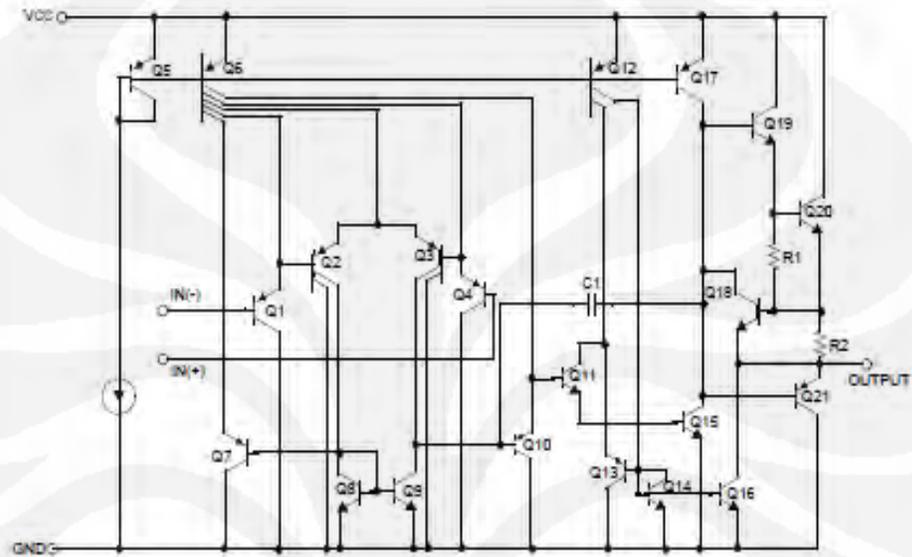


Internal Block Diagram



Schematic Diagram

(One section only)



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM258/LM258A	LM358/LM358A	LM2904	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	±16 or 32	±16 or 32	±13 or 26	V
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	32	32	26	V
Input Voltage	V _I	-0.3 to +32	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND V _{CC} =15V, T _A = 25°C(One Amp)	-	Continuous	Continuous	Continuous	-
Operating Temperature Range	T _{OPR}	-25 ~ +85	0 ~ +70	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ +150	-65 ~ +150	-65 ~ +150	°C

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, T_A = 25°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM258			LM358			LM2904			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{CM} = 0V to V _{CC} -1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω	-	2.9	5.0	-	2.9	7.0	-	2.9	7.0	mV	
Input Offset Current	I _{IO}	-	-	3	30	-	5	50	-	5	50	nA	
Input Bias Current	I _{BIAS}	-	-	45	150	-	45	250	-	45	250	nA	
Input Voltage Range	V _{I(R)}	V _{CC} = 30V (LM2904, V _{CC} =28V)	0	-	V _{CC} -1.5	0	-	V _{CC} -1.5	0	-	V _{CC} -1.5	V	
Supply Current	I _{CC}	R _L = ∞, V _{CC} = 30V (LM2904, V _{CC} =28V)	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	mA	
		R _L = ∞, V _{CC} = 5V	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	mA	
Large Signal Voltage Gain	G _v	V _{CC} = 15V, R _L = 2kΩ V _{O(P)} = 1V to 11V	50	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV	
Output Voltage Swing	V _{O(H)}	V _{CC} =30V (V _{CC} = 28V for LM2904)	R _L = 2kΩ	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
			R _L = 10kΩ	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	V _{O(L)}	V _{CC} = 5V, R _L = 10kΩ	-	5	20	-	5	20	-	5	20	mV	
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	70	85	-	65	80	-	50	80	-	dB	
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	dB	
Channel Separation	CS	f = 1kHz to 20kHz (Note1)	-	120	-	-	120	-	-	120	-	dB	
Short Circuit to GND	I _{SC}	-	-	40	80	-	40	60	-	40	60	mA	
Output Current	I _{SOURCE}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	20	30	-	20	30	-	20	30	-	mA	
	I _{SINK}	V _{I(+)} = 0V, V _{I(-)} = 1V, V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	10	15	-	10	15	-	10	15	-	mA	
		V _{I(+)} = 0V, V _{I(-)} = 1V, V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 200mV	12	100	-	12	100	-	-	-	-	μA	
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	-	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V	

Electrical Characteristics (Continued)

(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, unless otherwise specified)The following specifications apply over the range of -25°C ≤ T_A ≤ +85°C for the LM258; and the 0°C ≤ T_A ≤ +70°C for the LM358; and the -40°C ≤ T_A ≤ +85°C for the LM2904

Parameter	Symbol	Conditions	LM258			LM358			LM2904			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{CM} = 0V to V _{CC} - 1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω	-	-	7.0	-	-	9.0	-	-	10.0	mV
Input Offset Voltage Drift	ΔV _{IO} /ΔT	R _S = 0Ω	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	μV/°C
Input Offset Current	I _{IO}	-	-	-	100	-	-	150	-	45	200	nA
Input Offset Current Drift	ΔI _{IO} /ΔT	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	pA/°C
Input Bias Current	I _{BIAS}	-	-	40	300	-	40	500	-	40	500	nA
Input Voltage Range	V _{I(R)}	V _{CC} = 30V (LM2904, V _{CC} = 28V)	0	-	V _{CC} - 2.0	0	-	V _{CC} - 2.0	0	-	V _{CC} - 2.0	V
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L = 2.0kΩ V _{O(P)} = 1V to 11V	25	-	-	15	-	-	15	-	-	V/mV
Output Voltage Swing	V _{O(H)}	V _{CC} = 30V, R _L = 2kΩ	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
		V _{CC} = 28V for LM2904, R _L = 10kΩ	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	V _{O(L)}	V _{CC} = 5V, R _L = 10kΩ	-	5	20	-	5	20	-	5	20	mV
Output Current	I _{SOURCE}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	10	30	-	10	30	-	10	30	-	mA
	I _{SINK}	V _{I(+)} = 0V, V _{I(-)} = 1V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	5	8	-	5	9	-	5	9	-	mA
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	-	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V

Electrical Characteristics (Continued)(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, T_A = 25°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM258A			LM358A			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{CM} = 0V to V _{CC} - 1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω	-	1.0	3.0	-	2.0	3.0	mV
Input Offset Current	I _{IO}	-	-	2	15	-	5	30	nA
Input Bias Current	I _{BIAS}	-	-	40	80	-	45	100	nA
Input Voltage Range	V _{I(R)}	V _{CC} = 30V	0	-	V _{CC} - 1.5	0	-	V _{CC} - 1.5	V
Supply Current	I _{CC}	R _L = ∞, V _{CC} = 30V	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	mA
		R _L = ∞, V _{CC} = 5V	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L = 2kΩ V _O = 1V to 11V	50	100	-	25	100	-	V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH}	V _{CC} = 30V	R _L = 2kΩ	28	-	-	28	-	V
			R _L = 10kΩ	27	28	-	27	28	-
	V _{OL}	V _{CC} = 5V, R _L = 10kΩ	-	5	20	-	5	20	mV
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	70	85	-	65	85	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	65	100	-	dB
Channel Separation	CS	f = 1kHz to 20kHz (Note 1)	-	120	-	-	120	-	dB
Short Circuit to GND	I _{SC}	-	-	40	80	-	40	80	mA
Output Current	I _{SOURCE}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	20	30	-	20	30	-	mA
		V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	10	15	-	10	15	-	mA
	I _{SINK}	V _{in(+)} = 0V, V _{in(-)} = 1V V _{O(P)} = 200mV	12	100	-	12	100	-	μA
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	-	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V

Notes:

1. This parameter, although guaranteed, is not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (Continued)

(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, unless otherwise specified)The following specifications apply over the range of -25°C ≤ T_A ≤ +85°C for the LM258A; and the 0°C ≤ T_A ≤ +70°C for the LM358A

Parameter	Symbol	Conditions	LM258A			LM358A			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{CM} = 0V to V _{CC} - 1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω	-	-	4.0	-	-	5.0	mV	
Input Offset Voltage Drift	ΔV _{IO} /ΔT	-	-	7.0	15	-	7.0	20	μV/°C	
Input Offset Current	I _{IO}	-	-	-	30	-	-	75	nA	
Input Offset Current Drift	ΔI _{IO} /ΔT	-	-	10	200	-	10	300	pA/°C	
Input Bias Current	I _{BIAS}	-	-	40	100	-	40	200	nA	
Input Common-Mode Voltage Range	V _{I(R)}	V _{CC} = 30V	0	-	V _{CC} - 2.0	0	-	V _{CC} - 2.0	V	
Output Voltage Swing	V _{O(H)}	V _{CC} = 30V	R _L = 2kΩ	28	-	-	26	-	-	V
			R _L = 10kΩ	27	28	-	27	28	-	V
	V _{O(L)}	V _{CC} = 5V, R _L = 10kΩ	-	5	20	-	5	20	mV	
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L = 2.0kΩ V _{O(P)} = 1V to 11V	25	-	-	15	-	-	V/mV	
Output Current	I _{SOURCE}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	10	30	-	10	30	-	mA	
	I _{SINK}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	5	9	-	5	9	-	mA	
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	-	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V	

Typical Performance Characteristics

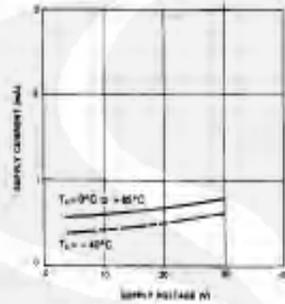


Figure 1. Supply Current vs Supply Voltage

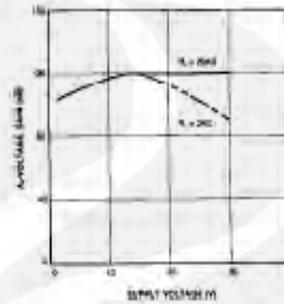


Figure 2. Voltage Gain vs Supply Voltage

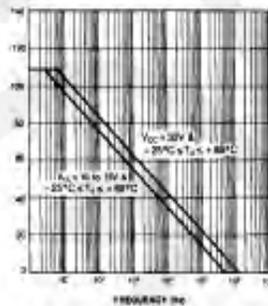


Figure 3. Open Loop Frequency Response

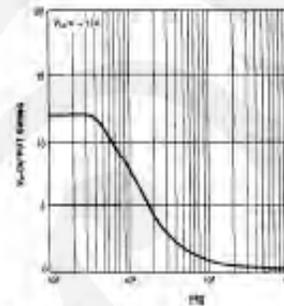


Figure 4. Large Signal Output Swing vs Frequency

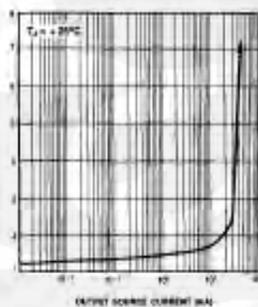


Figure 5. Output Characteristics vs Current Sourcing

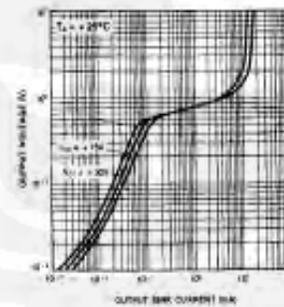


Figure 6. Output Characteristics vs Current Sinking

Typical Performance Characteristics (Continued)

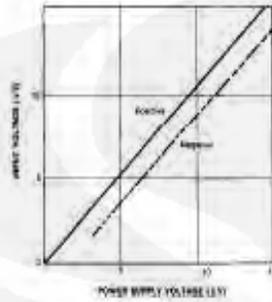


Figure 7. Input Voltage Range vs Supply Voltage

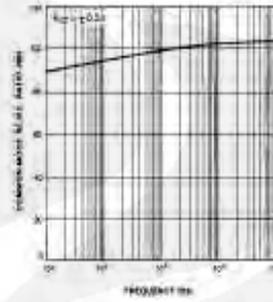


Figure 8. Common-Mode Rejection Ratio

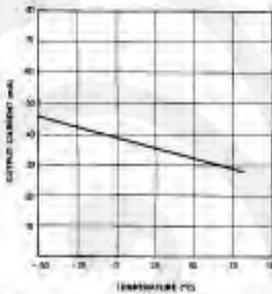


Figure 9. Output Current vs Temperature (Current Limiting)

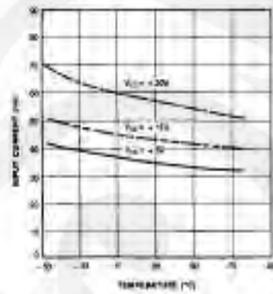


Figure 10. Input Current vs Temperature

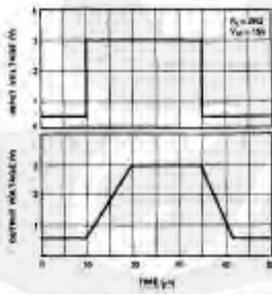


Figure 11. Voltage Follower Pulse Response

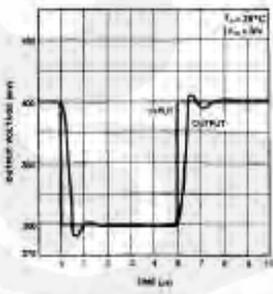


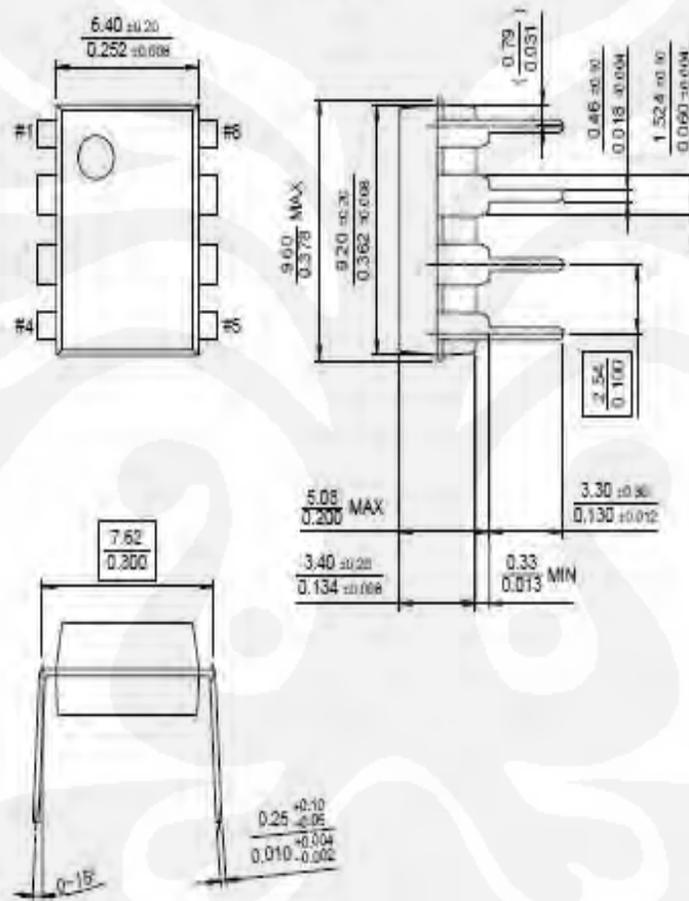
Figure 12. Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)

Mechanical Dimensions

Package

Dimensions in millimeters

8-DIP



Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LM358N	8-DIP	0 ~ +70°C
LM358AN		
LM358M	8-SOP	
LM358AM		
LM2904N	8-DIP	-40 ~ +85°C
LM2904M	8-SOP	
LM258N	8-DIP	-25 ~ +85°C
LM258AN		
LM258M	8-SOP	
LM258AM		

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

Single Supply Quad Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V (LM224, LM324, LM324A)
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

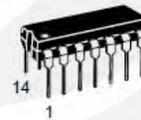
Rating	Symbol	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	Unit
Power Supply Voltages Single Supply	V_{CC}	32	26	Vdc
Split Supplies	V_{CC}, V_{EE}	± 16	± 13	
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A			$^\circ\text{C}$
LM224		-25 to +85		
LM324, 324A		0 to +70		
LM2902			-40 to +105	
LM2902V, NCV2902			-40 to +125	

1. Split Power Supplies.



ON Semiconductor[®]

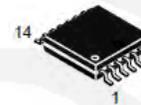
<http://onsemi.com>



PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646

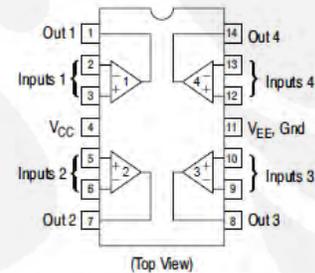


SO-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 9 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 10 of this data sheet.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V _{CC} = 5.0 V to 30 V (26 V for LM2902, V), V _{ICR} = 0 V to V _{CC} - 1.7 V, V _O = 1.4 V, R _S = 0 Ω T _A = 25°C T _A = T _{high} (Note 2) T _A = T _{low} (Note 2)	V _{IO}	–	2.0	5.0	–	2.0	3.0	–	2.0	7.0	–	2.0	7.0	–	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T _A = T _{high} to T _{low} (Notes 2 and 4)	ΔV _{IO} /ΔT	–	7.0	–	–	7.0	30	–	7.0	–	–	7.0	–	–	7.0	–	μV/°C
Input Offset Current T _A = T _{high} to T _{low} (Note 2)	I _{IO}	–	3.0	30	–	5.0	30	–	5.0	50	–	5.0	50	–	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T _A = T _{high} to T _{low} (Notes 2 and 4)	ΔI _{IO} /ΔT	–	10	–	–	10	300	–	10	–	–	10	–	–	10	–	μA/°C
Input Bias Current T _A = T _{high} to T _{low} (Note 2)	I _{IB}	–	–90	–150	–	–45	–100	–	–90	–250	–	–90	–250	–	–90	–250	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 3) V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V) T _A = +25°C T _A = T _{high} to T _{low} (Note 2)	V _{ICR}	0	–	28.3	0	–	28.3	0	–	28.3	0	–	24.3	0	–	24.3	V
Differential Input Voltage Range	V _{IDR}	–	–	V _{CC}	–	–	V _{CC}	–	–	V _{CC}	–	–	V _{CC}	–	–	V _{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain R _L = 2.0 kΩ, V _{CC} = 15 V, for Large V _O Swing T _A = T _{high} to T _{low} (Note 2)	A _{VOL}	50	100	–	25	100	–	25	100	–	25	100	–	25	100	–	V/mV
Channel Separation 10 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	dB
Common Mode Rejection, R _S ≤ 10 kΩ	CMR	70	85	–	65	70	–	65	70	–	50	70	–	50	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	–	65	100	–	65	100	–	50	100	–	50	100	–	dB

2. LM224: T_{low} = –25°C, T_{high} = +85°C
LM324/LM324A: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
LM2902: T_{low} = –40°C, T_{high} = +105°C
LM2902V & NCV2902: T_{low} = –40°C, T_{high} = +125°C
NCV2902 is qualified for automotive use.

3. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} – 1.7 V.
4. Guaranteed by design.

<http://onsemi.com>

2

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage— High Limit (T _A = T _{high} to T _{low}) (Note 5) V _{CC} = 5.0 V, R _L = 2.0 kΩ, T _A = 25°C V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), R _L = 2.0 kΩ V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), R _L = 10 kΩ	V _{OH}	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	V
Output Voltage — Low Limit, V _{CC} = 5.0 V, R _L = 10 kΩ, T _A = T _{high} to T _{low} (Note 5)	V _{OL}	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	100	—	5.0	100	mV
Output Source Current (V _{ID} = +1.0 V, V _{CC} = 15 V) T _A = 25°C T _A = T _{high} to T _{low} (Note 5)	I _{O+}	20	40	—	20	40	—	20	40	—	20	40	—	20	40	—	mA
Output Sink Current (V _{ID} = -1.0 V, V _{CC} = 15 V) T _A = 25°C T _A = T _{high} to T _{low} (Note 5) (V _{ID} = -1.0 V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C)	I _{O-}	10	20	—	10	20	—	10	20	—	10	20	—	10	20	—	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 6)	I _{SC}	—	40	60	—	40	60	—	40	60	—	40	60	—	40	60	mA
Power Supply Current (T _A = T _{high} to T _{low}) (Note 5) V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), V _O = 0 V, R _L = ∞ V _{CC} = 5.0 V, V _O = 0 V, R _L = ∞	I _{CC}	—	—	3.0	—	1.4	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	mA

5. LM224: T_{low} = -25°C, T_{high} = +85°C
 LM324/LM324A: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
 LM2902: T_{low} = -40°C, T_{high} = +105°C
 LM2902V & NCV2902: T_{low} = -40°C, T_{high} = +125°C
NCV2902 is qualified for automotive use.

6. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} - 1.7 V.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage— High Limit (T _A = T _{high} to T _{low}) (Note 5) V _{CC} = 5.0 V, R _L = 2.0 kΩ, T _A = 25°C V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), R _L = 2.0 kΩ V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), R _L = 10 kΩ	V _{OH}	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	V
Output Voltage — Low Limit, V _{CC} = 5.0 V, R _L = 10 kΩ, T _A = T _{high} to T _{low} (Note 5)	V _{OL}	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	100	—	5.0	100	mV
Output Source Current (V _{ID} = +1.0 V, V _{CC} = 15 V) T _A = 25°C T _A = T _{high} to T _{low} (Note 5)	I _{O+}	20	40	—	20	40	—	20	40	—	20	40	—	20	40	—	mA
Output Sink Current (V _{ID} = -1.0 V, V _{CC} = 15 V) T _A = 25°C T _A = T _{high} to T _{low} (Note 5) (V _{ID} = -1.0 V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C)	I _{O-}	10	20	—	10	20	—	10	20	—	10	20	—	10	20	—	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 6)	I _{SC}	—	40	60	—	40	60	—	40	60	—	40	60	—	40	60	mA
Power Supply Current (T _A = T _{high} to T _{low}) (Note 5) V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), V _O = 0 V, R _L = ∞ V _{CC} = 5.0 V, V _O = 0 V, R _L = ∞	I _{CC}	—	—	3.0	—	1.4	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	mA

5. LM224: T_{low} = -25°C, T_{high} = +85°C
 LM324/LM324A: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
 LM2902: T_{low} = -40°C, T_{high} = +105°C
 LM2902V & NCV2902: T_{low} = -40°C, T_{high} = +125°C
NCV2902 is qualified for automotive use.

6. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} - 1.7 V.

<http://onsemi.com>

3

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

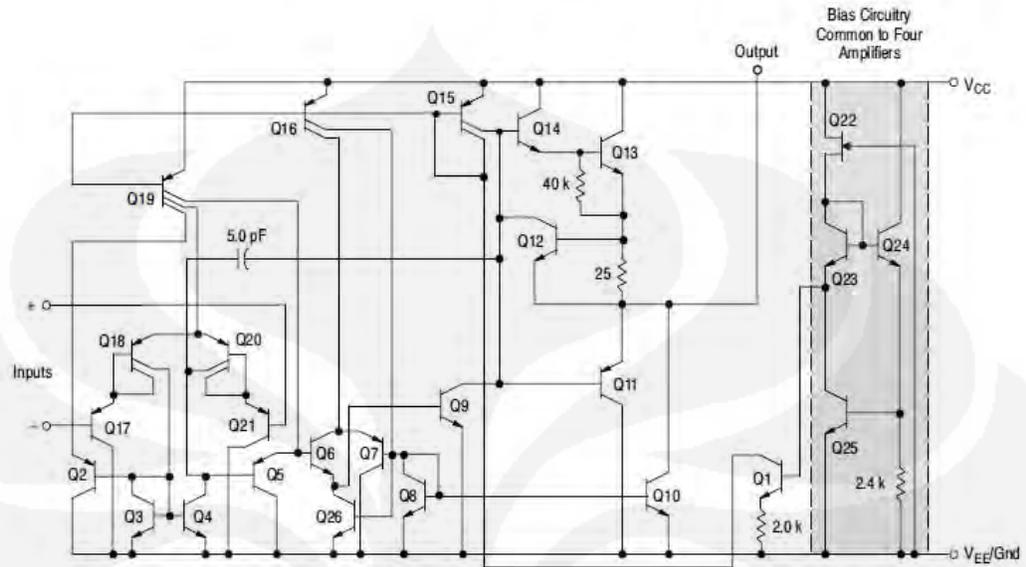


Figure 1. Representative Circuit Diagram
(One-Fourth of Circuit Shown)

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

CIRCUIT DESCRIPTION

The LM324 series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

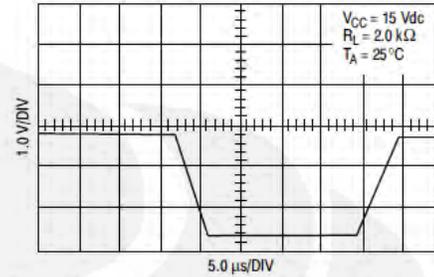
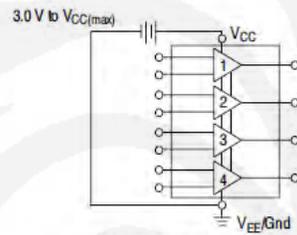
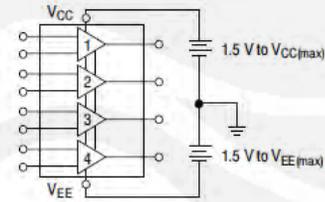


Figure 2. Large Signal Voltage Follower Response

Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.



Single Supply



Split Supplies

Figure 3.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

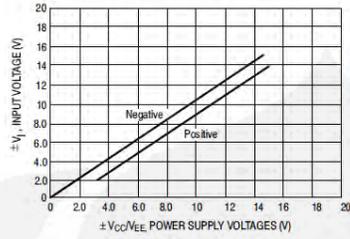


Figure 4. Input Voltage Range

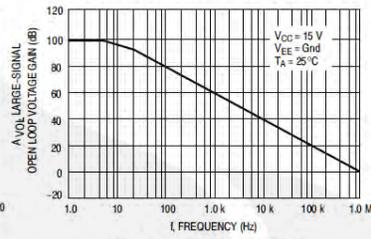


Figure 5. Open Loop Frequency

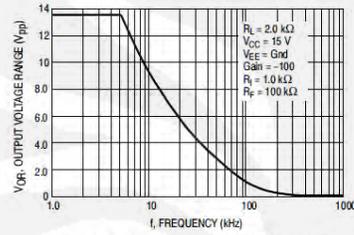


Figure 6. Large-Signal Frequency Response

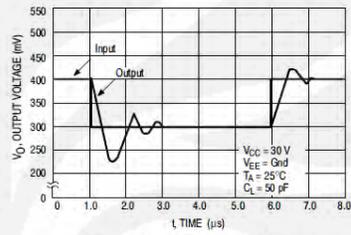


Figure 7. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

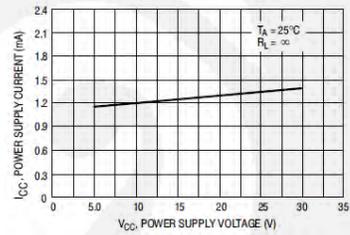


Figure 8. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

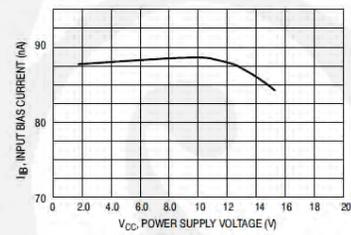


Figure 9. Input Bias Current versus Power Supply Voltage

<http://onsemi.com>

6

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

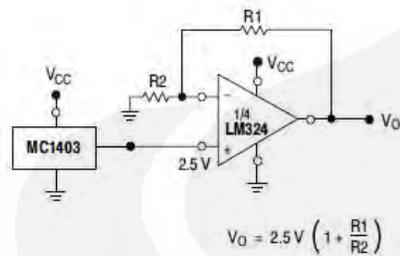


Figure 10. Voltage Reference

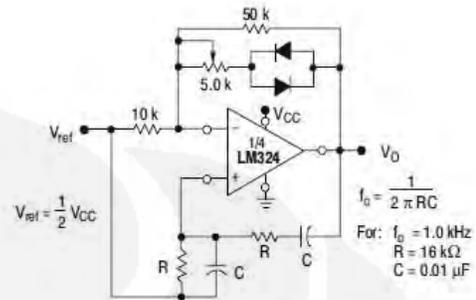


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

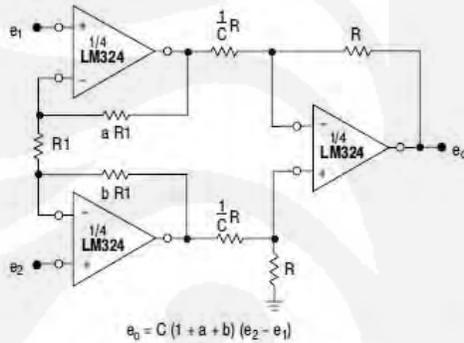


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

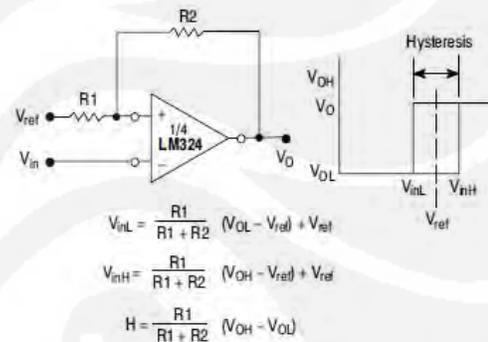


Figure 13. Comparator with Hysteresis

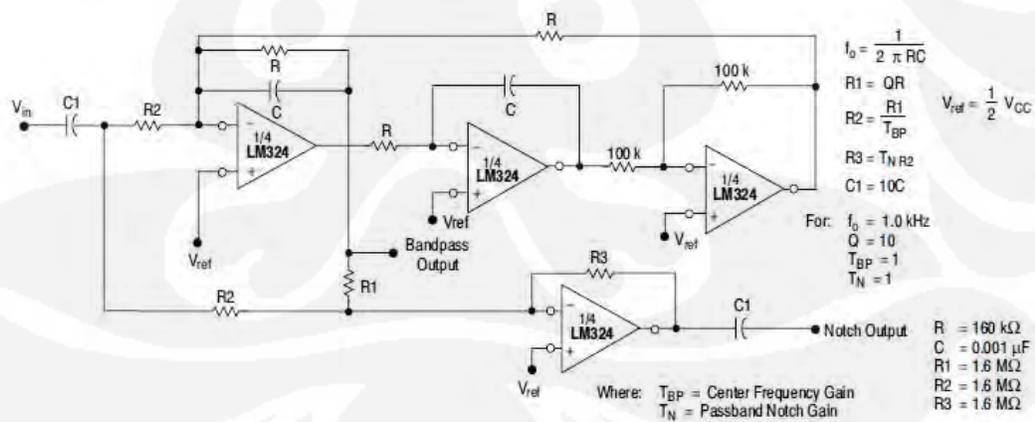


Figure 14. Bi-Quad Filter

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

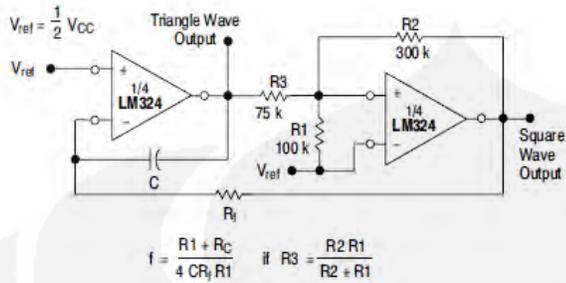


Figure 15. Function Generator

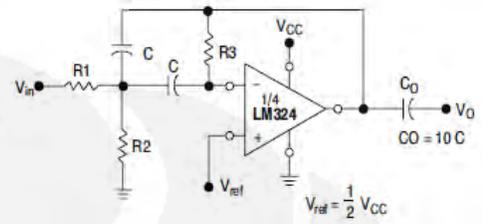


Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter

Given: f_0 = center frequency
 $A(f_0)$ = gain at center frequency

Choose value f_0, C

Then: $R3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$

$R1 = \frac{R3}{2 A(f_0)}$

$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier, $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$
 where f_0 and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Operating Temperature Range	Shipping
LM224D	SO-14	-25° to +85°C	55 Units/Rail
LM224DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM224DTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM224DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM224N	PDIP-14		25 Units/Rail
LM324D	SO-14	0° to +70°C	55 Units/Rail
LM324DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM324DTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM324DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM324N	PDIP-14		25 Units/Rail
LM324AD	SO-14		55 Units/Rail
LM324ADR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM324ADTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM324ADTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM324AN	PDIP-14		25 Units/Rail
LM2902D	SO-14	-40° to +105°C	55 Units/Rail
LM2902DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM2902DTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM2902DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM2902N	PDIP-14		25 Units/Rail
LM2902VD	SO-14	-40° to +125°C	55 Units/Rail
LM2902VDR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM2902VDTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM2902VDTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM2902VN	PDIP-14		25 Units/Rail
NCV2902DR2	SO-14		2500 Tape & Reel

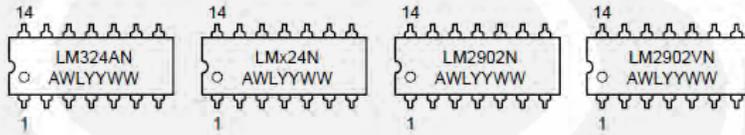
<http://onsemi.com>

9

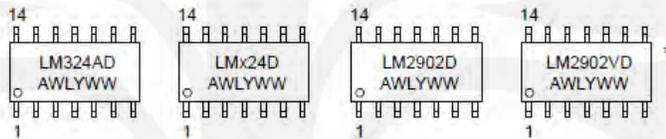
LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

MARKING DIAGRAMS

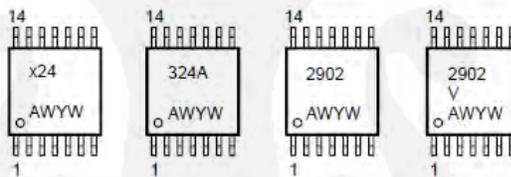
PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646



SO-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G



x = 2 or 3
A = Assembly Location
WL = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

*This marking diagram also applies to NCV2902.

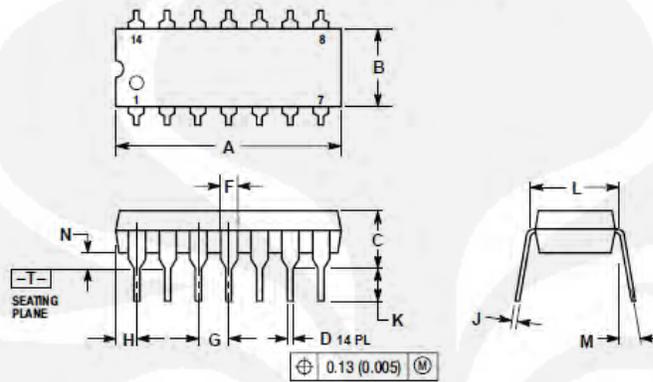
<http://onsemi.com>

10

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

PACKAGE DIMENSIONS

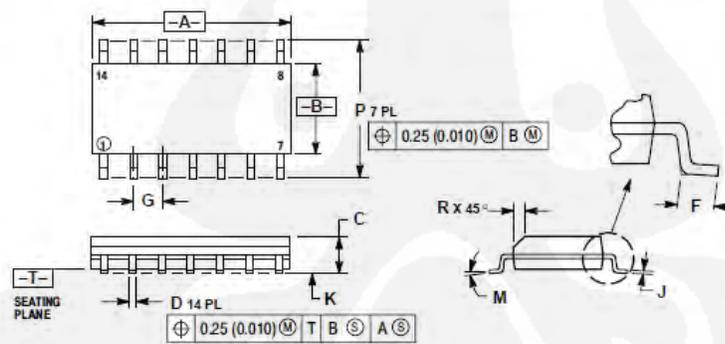
PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646-06
ISSUE M



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.80
B	0.240	0.280	6.10	6.80
C	0.145	0.185	3.68	4.68
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.085	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	— 10°		— 10°	
N	0.015	0.039	0.38	1.01

SO-14
D SUFFIX
CASE 751A-03
ISSUE F



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0° 7°		0° 7°	
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

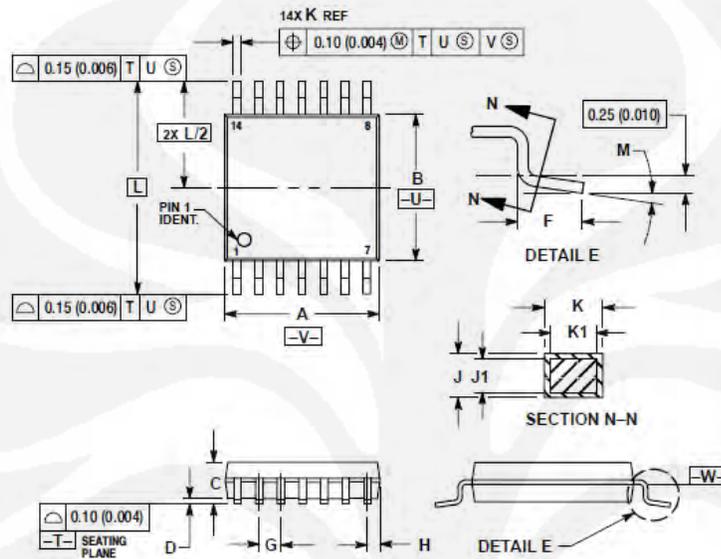
<http://onsemi.com>

11

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

PACKAGE DIMENSIONS

TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G-01
ISSUE O



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
5. DIMENSION K DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE K DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
6. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
7. DIMENSION A AND B ARE TO BE DETERMINED AT DATUM PLANE -W-

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.90	5.10	0.193	0.200
B	4.30	4.50	0.169	0.177
C	---	1.20	---	0.047
D	0.05	0.15	0.002	0.006
F	0.50	0.75	0.020	0.030
G	0.65 BSC		0.026 BSC	
H	0.50	0.50	0.020	0.020
J	0.09	0.20	0.004	0.008
J1	0.09	0.15	0.004	0.006
K	0.19	0.30	0.007	0.012
K1	0.19	0.25	0.007	0.010
L	6.40 BSC		0.252 BSC	
M	0°	8°	0°	8°

ON Semiconductor and are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

Literature Fulfillment:
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: ONlit@hibbertco.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center
4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-0031
Phone: 81-3-5740-2700
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

LM324/D

Xiamen Elane Electronics Company Ltd. 厦门依兰电子有限公司

Elane Electronics Group ...solutions through technology...

Xiamen, China
www.elane.net

2x16 LCD Module

DATA SHEET

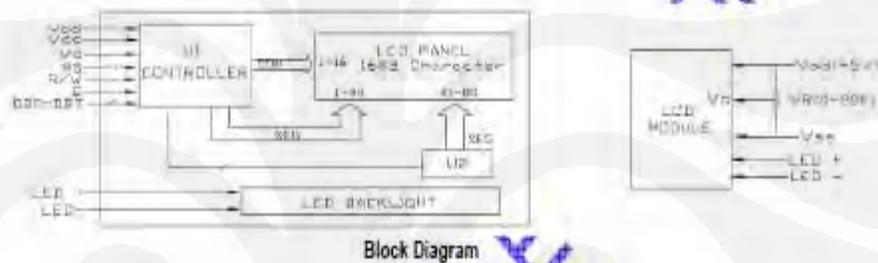
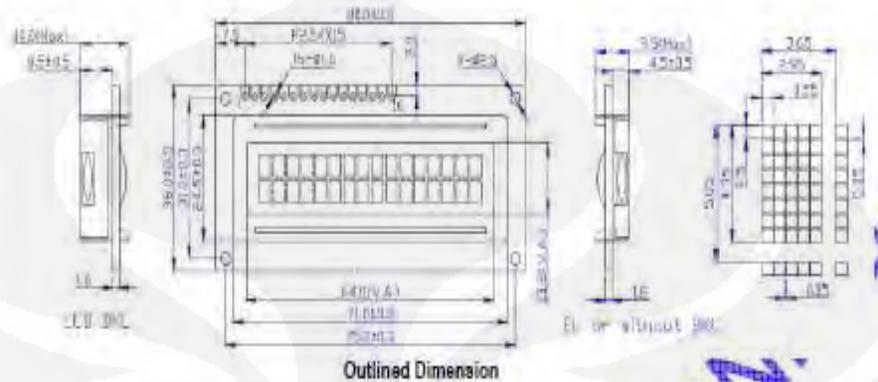
RoHS
Leadfree Soldering



Specifications:

Display Format	: 16 characters (W) x 2 lines (H)
General Dimensions	: 39.0 mm (W) x 36.0 mm (H) x 9.5 mm (T)
Character Size	: 2.95 mm (W) x 4.35 mm (H)
Character Pitch	: 3.65 mm (W) x 5.05 mm (H)
Viewing Area	: 6.0 mm (W) x 13.8 mm (H)
Dot Size	: 0.55 mm (W) x 0.50 mm (H)
Dot Pitch	: 0.60 mm (W) x 0.55 mm (H)
Display Type	: Positive or Negative
LC Fluid	: STN Yellow-Green
Backlight LED	: Optional
Polarizer Mode	: Reflective
View Angle	: 6 o'clock or 12 o'clock
Controller	: S6A0069 or Equivalent
Temperature Range	: 0°C to 50°C (Operating); -20°C to 70°C (Storage)

Diagrams:



Pin Connections:

Pin Number	Symbol	Function
1	Vss	Ground for Logic
2	Vddi	Power Supply for Logic
3	Vdo	Power Supply for LCD
4	RS	Register Selection (H: Data, L: Instruction)
5	RW	Read/Write Selection (H: Read, L: Write)
6	E	Enable Signal
7-14	D0 - D7	Data Bus Lines
15	A	BKL +
16	K	BKL -

Electrical Characteristics:

Item	Symbol	Test Condition	Minimum	Typical	Maximum
Operating Voltage (V)	Vddi	Ta=25°C	-	5.0	-
Operating Voltage for LCD (V)	Vddo	Ta=25°C	-	4.5	-
Current Supply (mA)	Iddi	Ta=25°C, Vddi=5.0V	-	2.0	3.0
Voltage Supply for LED (V)	Vf	Ta=25°C, R=6.8Ω	-	4.2	-
Current Supply for LED (mA)	If	Ta=25°C, Vf=4.2V	-	110	-



ELECTRONICS, INC.
 44 FARRAND STREET
 BLOOMFIELD, NJ 07003
 (973) 768-8089
<http://www.ntemc.com>



**NTE30037 thru NTE30043,
 NTE30045
 Super Bright LED Indicators, 5mm**

Features:

- All Plastic Mold Type *Water Clear Lens:
 - NTE30037 (Yellow Green, AlGaP/GaAs)
 - NTE30038 (Pure Green, GaInN/GaN)
 - NTE30039 (Yellow, AlInGaP/GaP)
 - NTE30040 (Orange, AlInGaP/GaAs)
 - NTE30041 (Deep Red, GaAs/GaAlAs)
 - NTE30042 (Amber, AlGaP/GaAs)
 - NTE30043 (Blue, GaInN/GaN)
 - NTE30045 (White, GaInN/GaN)

Absolute Maximum Ratings: (T_A = +25°C unless otherwise specified)

Reverse Voltage, V _R	All devices	.....	5V
Continuous Forward Current, I _F	NTE30037, NTE30038, NTE30040, NTE30041, NTE30042	.....	25mA
	NTE30039, NTE30043, NTE30045	.....	30mA
Peak Forward Current (1.10 Duty Cycle, 0.1ms Pulse Width), I _F M	NTE30037, NTE30040, NTE30041, NTE30042	.....	50mA
	NTE30039, NTE30043, NTE30045	.....	100mA
	NTE30038	.....	150mA
Power Dissipation, P _D	NTE30037, NTE30039, NTE30040, NTE30042	.....	100mW
	NTE30041	.....	110mW
	NTE30038, NTE30043, NTE30045	.....	120mW
Operating Temperature Range, T _{OP}	NTE30038 Only	.....	-40°C to +100°C
Storage Temperature Range, T _{STG}	NTE30038 Only	.....	-40°C to +100°C
	All other devices	.....	-25°C to +100°C
Lead Temperature (During Soldering, .063 (1.6mm) from body, 5sec max), T _L		.....	+260°C

Electro-Optical Characteristics: (T_A = +25°C unless otherwise specified)

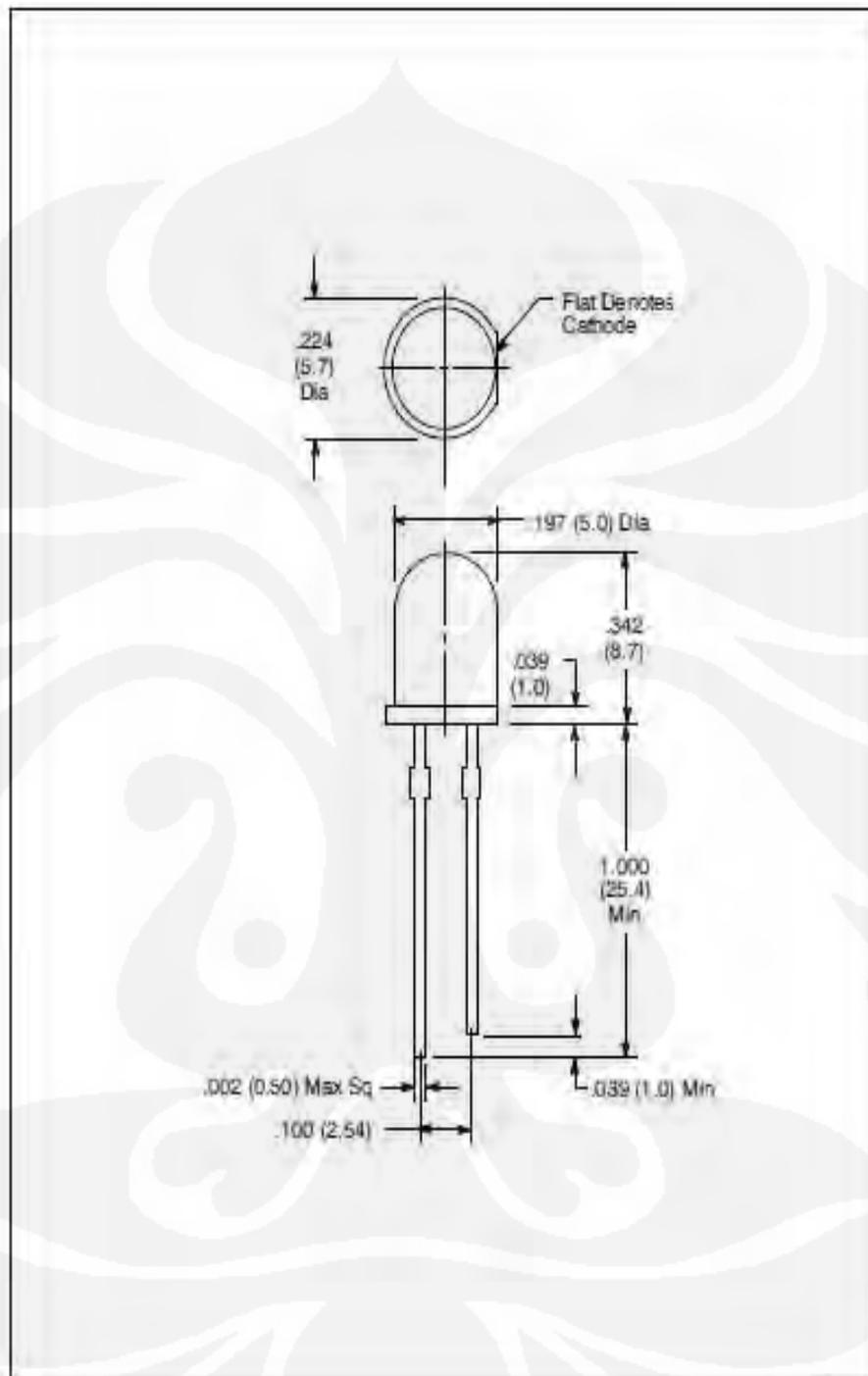
Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Forward Voltage	V _F	I _F = 20mA	-	NTE30037	2.2	2.4	V
NTE30038				3.0	3.3	3.6	V
NTE30039				2.25	2.6	V	
NTE30040				2.0	2.6	V	
NTE30041				1.86	2.5	V	
NTE30042				2.0	2.4	V	
NTE30043				3.5	4.0	V	
NTE30045				3.6	4.0	V	

Electro-Optical Characteristics (Cont'd): ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Reverse Current						
All Devices	I_R	$V_R = 5V$	-	-	10	μA
NTE30038			-	-	100	μA
NTE30043, NTE30045 Only		$V_R = 4V$			60	μA
Luminous Intensity						
NTE30037	I_V	$I_F = 20\text{mA}$, Note 1	-	2500	-	mod
NTE30038			-	11000	-	mod
NTE30039			-	7000	-	mod
NTE30040			-	2400	-	mod
NTE30041			-	3500	-	mod
NTE30042			-	5500	-	mod
NTE30043			-	3500	-	mod
NTE30045			-	18000	-	mod
Peak Emission Wave Length						
NTE30037	λ_p	$I_F = 20\text{mA}$	-	575	-	nm
NTE30038			-	523	-	nm
NTE30039			-	592	-	nm
NTE30040			-	620	-	nm
NTE30041			-	660	-	nm
NTE30042			-	607	-	nm
NTE30043			-	465	-	nm
NTE30045			CIE Coordinates, Typ		X: 0.30; Y: 0.31	
Dominate Wave Length (NTE30040 Only)	λ_d (HUE)	$I_F = 20\text{mA}$, Note 2	-	615	-	nm
Spectral Line Half Width						
NTE30037, NTE30040, NTE30041, NTE30042	$\Delta\lambda$	$I_F = 20\text{mA}$	-	20	-	nm
NTE30038			-	45	-	nm
NTE30039			-	25	-	nm
NTE30043			-	35	-	nm
Viewing Angle						
All Devices	$2\theta^{1/2}$	$I_F = 20\text{mA}$	-	12	-	deg.
NTE30038 Only			-	15	-	deg.
NTE30040 Only			-	40	-	deg.
NTE30045 Only			-	22	-	deg.
Terminal Capacitance (NTE30040 Only)	C_t	$V = 0V, f = 1\text{MHz}$	-	15	-	μF
Response Frequency (NTE30040 Only)	F_c		-	4	-	MHz

Note 1. Luminous intensity is measured with an Exeltron 2001.

Note 2. The dominate wavelength, λ_d , is derived from the CIE Chromaticity Diagram and represents the color of the device.



Lampiran 10

RS

Data Sheet

Light dependent resistors

NORP12 RS stock number 651-507
NSL19-M51 RS stock number 596-141

Two maximum sulphide (cdS) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.

Guide to source illuminations

Light source	Illumination (Lux)
Moonlight	0.1
80W bulb at 1m	50
1W MES bulb at 0.1m	100
Fluorescent lighting	500
Bright sunlight	30,000

Circuit symbol



Light memory characteristics

Light dependent resistors have a particular property in that they remember the lighting conditions in which they have been stored. This memory effect can be minimised by storing the LDRs in light prior to use. Light storage reduces equilibrium time to reach steady resistance values.

NORP12 (RS stock no. 651-507)

Absolute maximum ratings

Voltage, ac or dc peak	320V
Current	15mA
Power dissipation at 30°C	250mW
Operating temperature range	-60°C to +75°C

Electrical characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$ (285.4°K) tungsten light source

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	1000 lux	-	400	-	Ω
	10 lux	-	30	-	k Ω
Dark resistance	-	1.0	-	-	M Ω
Dark capacitance	-	-	15	-	pF
Rise time 1	1000 lux	-	3.0	-	ms
	10 lux	-	15	-	ms
Fall time 2	1000 lux	-	45	-	ms
	10 lux	-	120	-	ms

1. Dark to 110% R_0

2. To 10 x R_0

R_0 = photoconductive cell dark resistance

Features

- Wide spectral response
- Low cost
- Wide ambient temperature range

Dimensions

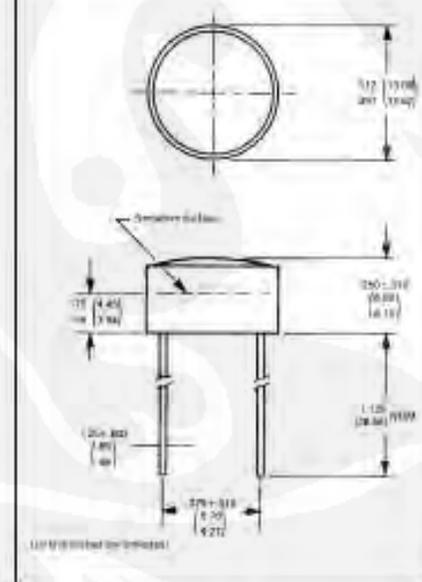


Figure 1 Power dissipation during

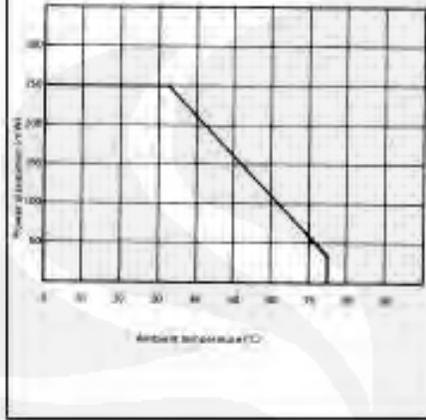
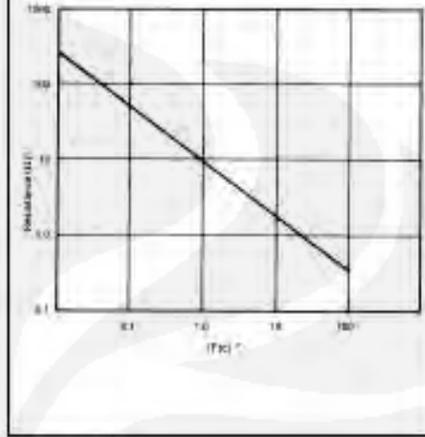
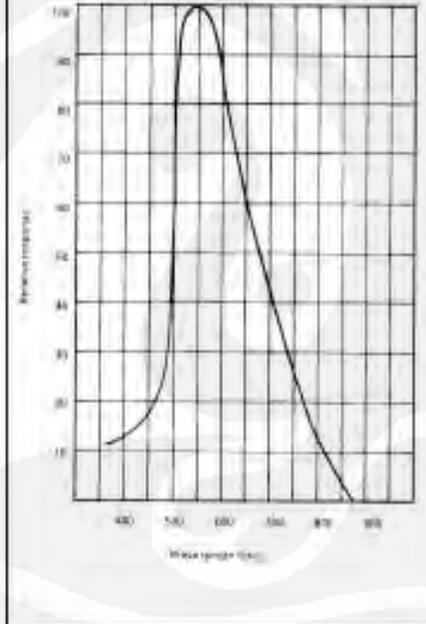


Figure 3 Resistance as a function of illumination



Power=0.704 lumens

Figure 2 Spectral response



Absolute maximum ratings

Voltage, across the peak _____ 100V
 Current _____ 5mA
 Power dissipation at 25°C _____ 50mW*
 Operating temperature range _____ 25°C + 75°C

*Degrade linearly from 50mW at 25°C to 0W at 75°C.

Electrical characteristics

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	100ms 100ms	30	5	100	kΩ kΩ
Dark resistance	10 ms after 10 sec	30	-	-	MΩ
Spectral response			550		nm
Rise time	100ns		25		ns
Fall time	100ns		55		ns

Figure 4 Resistance as a function illumination.

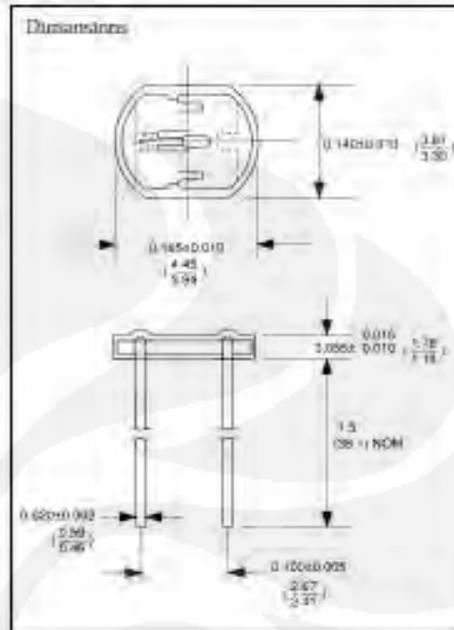
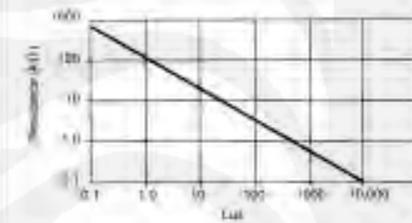
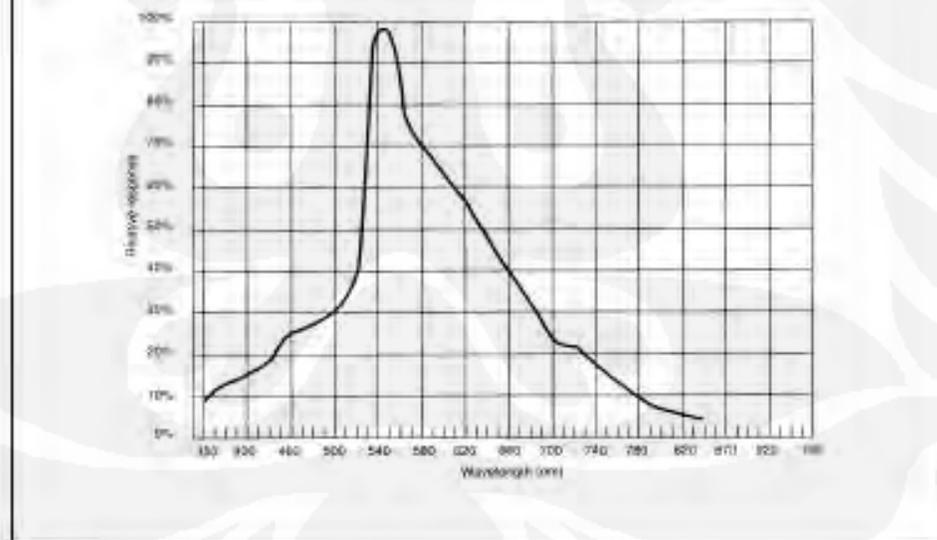
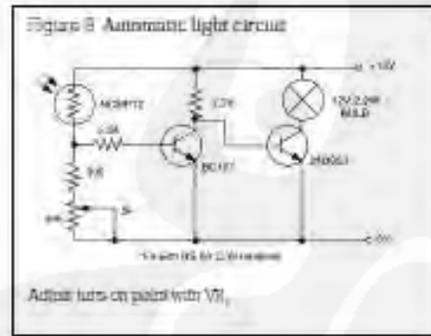
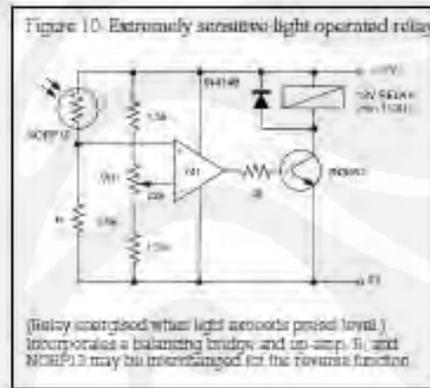
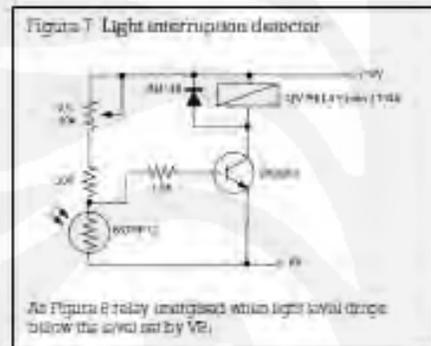
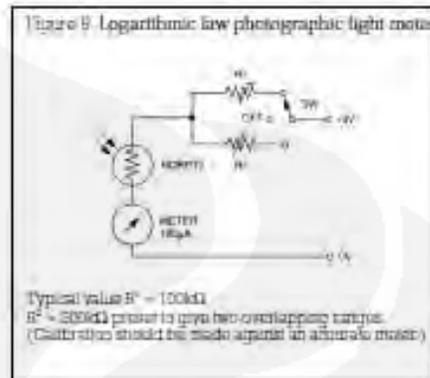
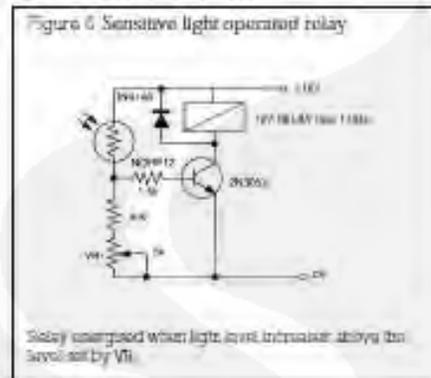


Figure 5 Spectral response.



Typical application circuits



The information provided is RS technical literature is intended to be accurate and reliable, however, RS Components cannot accept responsibility for consequences or systems, or for the use of the information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Responsibility is assumed by RS Components for any misinterpretation of points or other risks of their nature which may result from use. Specifications shown in RS Components technical literature are subject to change without notice.

BPV23NF, BPV23NFL

Vishay Semiconductors



Silicon PIN Photodiode, RoHS Compliant



FEATURES

- Package type: leaded
- Package form: side view
- Dimensions (in mm): 4.5 x 5 x 6
- Radiant sensitive area (in mm²): 4.4
- High radiant sensitivity
- Daylight blocking filter matched with 870 nm to 950 nm emitters
- Fast response times
- Angle of half sensitivity: $\phi = \pm 60^\circ$
- Lead (Pb)-free component in accordance with RoHS 2002/95/EC and WEEE 2002/96/EC



RoHS compliant

DESCRIPTION

BPV23NF is a PIN photodiode with high speed and high radiant sensitivity in a black, plastic package with side view lens and daylight blocking filter. Filter bandwidth is matched with 870 nm to 950 nm IR emitters. This lens achieves 80 % of sensitivity improvement in comparison with flat package. BPV23NFL has long leads; other specifications like BPV23NF.

APPLICATIONS

- High speed detector for infrared radiation
- Infrared remote control and free air data transmission systems, e.g. in combination with TSFPxxxx series IR emitters

PRODUCT SUMMARY			
COMPONENT	I_{sp} (µA)	ϕ (deg)	A_{s2} (mm)
BPV23NF	85	$\pm 60^\circ$	790 to 1050
BPV23NFL	65	$\pm 60^\circ$	790 to 1050

Note
Typical condition: see table "Basic Characteristics"

ORDERING INFORMATION			
ORDERING CODE	PACKAGING	REMARKS	PACKAGE FORM
BPV23NF	Bulk	MOQ: 4000 pcs, 4000 pcs/bulk	Side view
BPV23NFL	Bulk	MOQ: 4000 pcs, 4000 pcs/bulk	Side view, long leads

Note
MOQ: minimum order quantity

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Reverse voltage		V_{R}	80	V
Power dissipation	$T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	PV	215	mW
Junction temperature		T_j	150	$^\circ\text{C}$
Operating temperature range		T_{amb}	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range		T_{stg}	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Soldering temperature	$t = 5\text{ s}$	T_{sol}	260	$^\circ\text{C}$
Thermal resistance junction-to-ambient	Connected with Cu wire, 0.14 mm ²	$R_{th(j-a)}$	350	K/W

Note
 $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified



BASIC CHARACTERISTICS						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_f = 50 \text{ mA}$	V_f		1	1.5	V
Breakdown voltage	$I_D = 100 \text{ }\mu\text{A}, E = 0$	V_{BR}	80			V
Reverse dark current	$V_D = 10 \text{ V}, E = 0$	I_{D0}		0	30	nA
Diode capacitance	$V_D = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}, E = 0$	C_D		45		pF
Series resistance	$V_D = 12 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$	R_{DS}		900		Ω
Open circuit voltage	$E_s = 1 \text{ mW/cm}^2, \lambda = 850 \text{ nm}$	V_{OC}		380		mV
Temperature coefficient of V_{OC}	$E_s = 1 \text{ mW/cm}^2, \lambda = 850 \text{ nm}$	TR_{VOC}		-2.4		mV/K
Short circuit current	$E_s = 1 \text{ mW/cm}^2, \lambda = 850 \text{ nm}$	I_{SC}		85		μA
Reverse light current	$E_s = 1 \text{ mW/cm}^2, \lambda = 850 \text{ nm}, V_D = 5 \text{ V}$	I_{R0}	45	85		μA
Temperature coefficient of I_{R0}	$E_s = 1 \text{ mW/cm}^2, \lambda = 850 \text{ nm}, V_D = 10 \text{ V}$	TR_{R0}		0.1		%/K
Absolute spectral sensitivity	$V_D = 5 \text{ V}, \lambda = 870 \text{ nm}$	$\mathcal{R}(\lambda)$		0.57		A/W
	$V_D = 5 \text{ V}, \lambda = 850 \text{ nm}$	$\mathcal{R}(\lambda)$		0.60		A/W
Angle of half sensitivity		θ		± 60		deg
Wavelength of peak sensitivity		λ_p		840		nm
Range of spectral bandwidth		$\lambda_{0.1}$		700 to 1050		nm
Quantum efficiency	$\lambda = 850 \text{ nm}$	η		50		%
Noise equivalent power	$V_D = 10 \text{ V}, \lambda = 850 \text{ nm}$	NEP		4×10^{-11}		W/Hz
Detectivity	$V_D = 10 \text{ V}, \lambda = 850 \text{ nm}$	D^*		5×10^{12}		cm^2/HzW
Rise time	$V_D = 10 \text{ V}, R_L = 1 \text{ k}\Omega, \lambda = 850 \text{ nm}$	t_r		70		ns
Fall time	$V_D = 10 \text{ V}, R_L = 1 \text{ k}\Omega, \lambda = 850 \text{ nm}$	t_f		70		ns
Cut-off frequency	$V_D = 12 \text{ V}, R_L = 1 \text{ k}\Omega, \lambda = 870 \text{ nm}$	f_c		4		MHz
	$V_D = 12 \text{ V}, R_L = 1 \text{ k}\Omega, \lambda = 850 \text{ nm}$	f_c		5		MHz

Note
 $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

BASIC CHARACTERISTICS
 $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

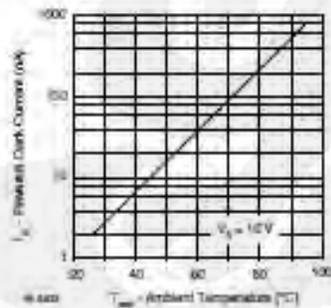


Fig. 1 - Reverse Dark Current vs. Ambient Temperature

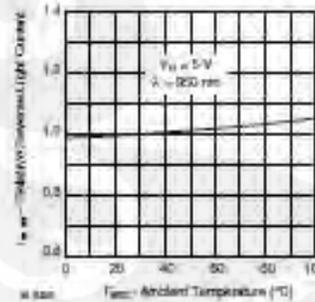


Fig. 2 - Relative Reverse Light Current vs. Ambient Temperature

Lampiran 12

