



TUGAS AKHIR - TE 145561

**PERANCANGAN PERANGKAT KERAS SISTEM PENGENDALI
NAVIGASI PADA MINIATUR MOBIL PENDETEKSI MARKA
JALAN**

Anis Mardhatillah
NRP 2214030019

Dosen Pembimbing
Suwito, ST., MT.

PROGRAM STUDI KOMPUTER KONTROL
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TE 145561

***DESIGN OF SYSTEM NAVIGATION CONTROL HARDWARE
ON CAR MINIATURE FOR ROAD MARK DETECTION***

Anis Mardhatillah
NRP 2214030019

Advisor
Suwito, ST., MT.

COMPUTER CONTROL STUDY PROGRAM
Electrical and Automation Engineering Department
Vocational Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

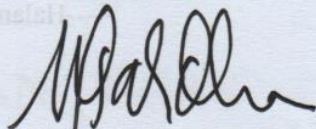
Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengendali Navigasi Pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 17 Juli 2017

Mahasiswa



Anis Mardhatillah
NRP 2214030019

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**PERANCANGAN PERANGKAT KERAS SISTEM
PENGENDALI NAVIGASI PADA MINIATUR MOBIL
PENDETEKSI MARKA JALAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi Komputer Kontrol
Departement Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Suwito, ST., MT.

NIP. 19810105 200501 1 004

**SURABAYA
JULI, 2017**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

PERANCANGAN PERANGKAT KERAS SISTEM PENGENDALI NAVIGASI PADA MINIATUR MOBIL PENDETEKSI MARKA JALAN

Nama : Anis Mardhatillah
Pembimbing : Suwito, ST., MT.

ABSTRAK

Perkembangan jumlah kendaraan di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat, salah satunya adalah kendaraan jenis mobil pribadi. Perkembangan ini diikuti oleh peningkatan angka kecelakaan akibat kelelahan pengemudi pada saat mengendarai mobil. Saat ini telah dikembangkan kendaraan otomatis untuk mengurangi resiko kecelakaan di jalan raya. Tujuan utama dari program ini adalah untuk kenyamanan dalam berkendara. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk membuat sistem navigasi otomatis adalah teknologi pengolahan citra. Sistem ini dapat melakukan tindakan pada kendaraan agar tetap berada dalam jalur lalu lintas dan dapat mendeteksi halangan.

Pada Tugas Akhir ini telah dirancang dan diimplementasikan sebuah sistem pengendali navigasi pada miniatur mobil yang dapat melakukan navigasi secara otomatis. Sistem ini terdiri dari mikrokontroler yang akan menerima informasi dari sistem pendeteksi marka sebagai penggerak miniatur mobil. Sistem ini juga dilengkapi fitur untuk mendeteksi halangan. Hasil pengujian pada sistem menunjukkan miniatur mobil berjalan dengan kecepatan rata-rata 0,55 m/s pada saat melalui lintasan lurus, dan kecepatan rata-rata 0,42 m/s pada saat melalui lintasan belok. Miniatur mobil dapat berhenti pada jarak rata-rata 43,15 cm terhadap halangan.

Kata Kunci : navigasi otomatis, marka jalan, pendeteksi halangan.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DESIGN OF SYSTEM NAVIGATION CONTROL HARDWARE ON CAR MINIATURE FOR ROAD MARK DETECTION

Name : Anis Mardhatillah
Advisor : Suwito, ST., MT.

ABSTRACT

The growth of vehicle quantity in indonesia is rapidly increasing, one of them is private car type. This growth is followed with the increasing of accident rate caused by driver fatigue when driving the car. Nowadays, automatic vehicles has been developed to reduce the risk of road accident. The main purpose of this program is to increase comfort while driving. A technology that could be applied to create an automatic navigation system is image processing technology. This system could take action on the vehicle to keep it stay on the traffic lane and detect obstacles.

In this final project a navigation control system is designed and implemented on a car miniature that can navigate automatically. This system consist of a microcontroller unit that will acquire information from road marker detection system as the car miniature actuator. This system also has an obstacles detector system. The test result on the system shows the car miniature could run on average velocity 0,55 m/s on straight track and 0,42 m/s average velocity on curvaceous track. The car miniature can stop on 43,15 cm average distance against obstacles.

Keywords : *Automatic navigation, road mark, hitch detector.*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kami panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas limpahan rahmat dan kemudahan dariNya, hingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik, begitu pula dengan pembuatan buku Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi beban satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis di Jurusan D3 Teknik Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma di Teknik Elektro Otomasi dengan judul :

PERANCANGAN PERANGKAT KERAS SISTEM PENGENDALI NAVIGASI PADA MINIATUR MOBIL PENDETEKSI MARKA JALAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu dan Bapak penulis yang memberikan berbagai bentuk doa serta dukungan tulus tiada henti, Bapak Suwito. ST., MT. atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 17 Juli 2017

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi Penelitian	2
1.6 Sistematika Laporan.....	3
1.7 Relevansi.....	4
BAB II TEORI DASAR	5
2.1 Mikrokontroler	5
2.2 Motor DC	7
2.2.1 Pengaturan Arah Putar dan Kecepatan Motor DC.....	8
2.3 <i>Driver Motor</i>	10
2.4 Motor Servo	11
2.5 <i>Ackerman Steering</i> ^[7]	13
2.6 Sensor Ultrasonik	15
2.7 <i>Buck Converter</i>	16
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALATSTEM KONTROL	19
3.1 Blok Fungsional Sistem	19
3.2 Perancangan Mekanik	20
3.2.1 Perancangan Mekanik Miniatur Mobil.....	20
3.2.3 Perancangan Lintasan.....	22
3.3 Perancangan <i>Hardware</i>	23
3.3.1 Modul Arduino UNO	23

3.3.2	Perancangan <i>Shield</i> Arduino UNO	25
3.3.3	Perancangan Catu Daya	26
3.3.4	Perancangan Kontrol <i>Driver Motor</i>	27
3.3.5	Pengkabelan <i>Driver Motor</i> dengan Mikrokontroler.....	28
3.3.6	Pengkabelan Servo dengan Mikrokontroler.....	30
3.3.7	Pengkabelan Sensor Ultrasonik dengan Mikrokontroler.....	31
3.4	Perancangan <i>Software</i> Pengendali Navigasi Miniatur Mobil Menggunkan Arduino	32
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA		37
4.1	Pengujian Servo	37
4.2	Pengujian Sudut Belok Miniatur Mobil	38
4.3	Pengujian Kecepatan Motor DC	40
4.4	Pengujian Kecepatan Miniatur Mobil	42
4.5	Pengujian Sensor Ultrasonik.....	45
4.6	Pengujian Sensor Ultrasonik Terhadap Halangan Pada Miniatur Mobil	49
BAB V PENUTUP		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN A		57
A.1.	Listing Program pada Arduino.....	57
LAMPIRAN B.....		61
B.1	DATASHEET ARDUINO UNO	61
B.2.	DATASHEET L298N	63
B.3.	DATASHEET MP1584.....	66
B.4	DATASHEET SERVO MG90S.....	68
B.5	DATASHEET HC-SR04.....	69
LAMPIRAN C.....		71
C.1.	PENGUJIAN KECEPATAN MOTOR DC	71
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		75

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1	IC ATmega328	6
Gambar 2.2	Konfigurasi Pin ATmega328.....	6
Gambar 2.3	Motor DC.....	8
Gambar 2.4	Konfigurasi <i>H-Bridge</i> MOSFET.....	8
Gambar 2.5	Modulasi PWM.....	10
Gambar 2.6	Konfigurasi Pin IC L298N.....	11
Gambar 2.7	Loop Tertutup Motor Servo	12
Gambar 2.8	Bagian-bagian Motor Servo	12
Gambar 2.9	PWM Motor Servo	13
Gambar 2.10	<i>Ackerman Steering</i>	14
Gambar 2.11	<i>Parallel Steering</i>	14
Gambar 2.12	Kemudi Belok Kanan.....	15
Gambar 2.13	Ilustrasi Cara Kerja Sensor Ultrasonik.....	16
Gambar 2.14	Rangkaian <i>Buck Converter</i>	17
Gambar 3.1	Blok Fungsional Sistem	19
Gambar 3.2	Tampak Atas Miniatur Mobil	21
Gambar 3.3	Tampak Samping Miniatur Mobil.....	21
Gambar 3.4	Tikungan Maksimal yang Dapat Dilewati (a) Diameter Lebar (b) Diameter Kecil	22
Gambar 3.5	Desain Lintasan.....	23
Gambar 3.6	Konfigurasi Pin ATmega328 pada Arduino UNO	24
Gambar 3.7	Rangkaian <i>Shield</i> Arduino UNO.....	26
Gambar 3.8	Skematik MP1584 dengan Mikrokontroler.....	27
Gambar 3.9	Rangkaian <i>H-Bridge</i> IC L298N	28
Gambar 3.10	Diagram Blok Mikrokontroler dengan <i>Driver Motor</i>	29
Gambar 3.11	Pengkabelan Arduino dengan <i>Driver Motor</i>	30
Gambar 3.12	Diagram Blok Mikrokontroler dengan Servo	31
Gambar 3.13	Pengkabelan Mikrokontroler dengan Servo.....	31
Gambar 3.14	Diagram Blok Sensor Ultrasonik dengan Mikrokontroler.....	32
Gambar 3.15	Pengkabelan Mikrokontroler dan Sensor Ultrasonik	32
Gambar 3.16	<i>Flowchart</i> Sistem Keseluruhan	34
Gambar 3.17	Program Pengaturan Sudut Servo	35
Gambar 3.18	Program Sensor Ultrasonik	36

Gambar 3.19	Program Pengaturan Kecepatan.....	36
Gambar 4.1	Pengujian Sudut Servo.....	37
Gambar 4.2	Ilustrasi Pengujian Sudut Belok Miniatur Mobil	39
Gambar 4.3	Pengujian Kecepatan Motor DC dengan <i>Oscilloscope</i> dan <i>Tachometer</i>	40
Gambar 4.4	Hasil Pengujian Kecepatan Motor dengan (a) <i>Oscilloscope</i> (b) <i>Tachometer</i> dan (c) AVO meter	41
Gambar 4.5	Mobil Saat Melintasi Marka Lurus.....	42
Gambar 4.6	Mobil Saat Melintasi Marka Belok.....	44
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Waktu Interval oleh Pin Echo terhadap Jarak Terukur Sensor Ultrasonik.....	46
Gambar 4.8	Program Sensor Ultrasonik pada Arduino	47
Gambar 4.9	Jarak Antara Sensor Ultrasonik dengan Halangan.....	47
Gambar 4.10	Jarak yang Terukur pada Serial Monitor Arduino	48
Gambar 4.11	Pengukuran Jarak Miniatur Mobil Terhadap Halangan..	50
Gambar 4.12	Hasil Pengujian Jarak Miniatur Mobil Terhadap Halangan.....	50

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Arah Putar Motor terhadap Kondisi Saklar	9
Tabel 3.1 Spesifikasi Arduino UNO	24
Tabel 3.2 <i>Mapping</i> Pin Arduino UNO	25
Tabel 3.3 Spesifikasi MP1584	27
Tabel 3.4 Konfigurasi Pin <i>Driver Motor</i> dengan Arduino	29
Tabel 3.5 Spesifikasi IC L298N	30
Tabel 3.6 Spesifikasi Motor Servo Mg90s	31
Tabel 4.1 Pengujian Sudut Servo	37
Tabel 4.2 Pengujian Sudut Belok Miniatur Mobil	39
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kecepatan Motor.....	41
Tabel 4.4 Kecepatan Miniatur Mobil Pada Lintasan Lurus.....	43
Tabel 4.5 Kecepatan Miniatur Mobil Pada Lintasan Belok	44
Tabel 4.6 Jarak dan Interval Waktu Sensor Ultrasonik	45
Tabel 4.7 Tabel Hasil Linierisasi Sensor Ultrasonik.....	48
Tabel 4.8 Tabel Pengujian Jarak Miniatur Mobil terhadap Halangan....	50

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan jumlah kendaraan di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat. Salah satunya adalah kendaraan jenis mobil pribadi. Pada tahun 2009 terdapat 7.910.407 unit mobil pribadi, sedangkan pada tahun 2013 meningkat menjadi 11.484.514 unit^[1]. Perkembangan ini diikuti oleh peningkatan angka kecelakaan akibat pengemudi kendaraan yang kemungkinan mengalami kelelahan pada saat mengendarai mobil.

Untuk mengurangi resiko kecelakaan tersebut, saat ini telah dikembangkan sebuah teknologi yang disebut ITS (*Intelligent Transportation System*). Menurut EU Directive 2010/40/EU (7 juli 2010), ITS didefinisikan sebagai sebuah sistem yang menggabungkan teknologi informasi, elektronika dan komunikasi yang kemudian diaplikasikan pada bidang transportasi^[2]. Tujuan utama dari sistem ini adalah untuk meningkatkan kenyamanan dalam berkendara. Salah satu aplikasi dari ITS adalah navigasi otomatis pada kendaraan roda empat menggunakan kamera melalui proses pengolahan citra. Dengan pengolahan citra ini, kendaraan dapat melakukan tindakan agar tetap berada dalam jalur lalu lintas dan mengontrol kecepatan mobil.

Atas latar belakang dan permasalahan tersebut didalam tugas akhir ini akan dibuat sebuah perancangan perangkat keras sistem pengendali navigasi pada miniatur mobil menggunakan mikrokontroler yang dilengkapi fitur pendeteksi halangan. Sistem ini dapat melakukan navigasi otomatis melintasi rute tertentu berdasarkan informasi yang diperoleh dari sistem pendeteksi marka jalan, serta mampu mendeteksi halangan didepannya.

1.2 Permasalahan

Peningkatan jumlah kendaraan jenis mobil pribadi berbanding lurus dengan peningkatan angka kecelakaan akibat faktor kelelahan pengemudi, sehingga mengurangi tugas manusia dalam mengemudi merupakan tindakan yang bijaksana. Maka dari itu dibutuhkan alat yang dapat menggantikan pengemudi untuk meningkatkan kenyamanan dalam berkendara serta mengurangi resiko kecelakaan akibat faktor kelelahan pengemudi. Adapun pertanyaan penelitian pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengendalikan haluan dan posisi miniatur mobil berdasarkan informasi dari sistem pendeteksi marka jalan?
2. Bagaimana cara mikrokontroler dapat melakukan komunikasi serial dengan sistem pengolahan citra?
3. Bagaimana cara miniatur mobil dapat berhenti saat mendeteksi halangan berupa bidang datar?

1.3 Batasan Masalah

Didalam pembuatan Tugas Akhir ini terdapat batasan masalah yang meliputi:

1. Ukuran miniatur mobil yang digunakan memiliki panjang 34,8 cm dan lebar 15 cm.
2. Jenis kendali yang digunakan pada miniatur mobil adalah *ackerman steering* dengan sudut belok maksimum 70° .
3. Sistem hanya dapat mendeteksi halangan berupa bidang datar didepannya.

1.4 Tujuan

Tujuan utama dari Tugas Akhir ini adalah untuk merencanakan dan membangun sebuah alat yang dapat menggantikan manusia sebagai pengemudi, sehingga dapat meningkatkan kenyamanan dalam berkendara serta mengurangi resiko kecelakaan akibat faktor kelelahan pengemudi. Selain itu, sebagai referensi alternatif bagi perkembangan dunia transportasi dalam hal kendaraan otomatis. Dari uraian tersebut, maka dapat dibagi menjadi tiga tujuan dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. Dapat mengendalikan haluan dan posisi miniatur mobil berdasarkan informasi dari sistem pendeteksi marka jalan.
2. Dapat berkomunikasi secara serial antara mikrokontroler dengan sistem pengolahan citra.
3. Miniatur mobil dapat berhenti saat mendeteksi halangan berupa bidang datar didepannya.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam pembuatan Tugas Akhir Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengendali Navigasi Pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan, ada beberapa tahap kegiatan yaitu meliputi tahap persiapan (*study literature*), tahap perencanaan dan pembuatan alat, tahap pengujian dan analisa, serta penyusunan laporan

Pada tahap studi literatur akan dipelajari mengenai konsep dasar untuk kendali navigasi miniatur mobil, mempelajari konsep *ackreman steering* sebagai kendali roda depan miniatur mobil, mempelajari pengaturan arah putar dan kecepatan motor DC, mempelajari karakteristik sensor ultrasonik yang digunakan untuk mendeteksi adanya halangan.

Tahap perancangan *hardware* dan *software* meliputi perancangan kendali miniatur mobil menggunakan servo sebagai kendali roda depan dan motor DC sebagai kendali roda belakang dengan rangkaian pendukung seperti *driver motor* dan sensor ultrasonik yang nantinya terhubung dengan mikrokontroler. Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan program pada Arduino untuk kendali miniatur mobil dengan menentukan besar kecilnya sudut servo dan pengaturan kecepatan mobil, serta mendeteksi adanya halangan.

Setelah itu dilakukan pengujian alat, menganalisa kesalahan atau kegagalan pada alat dan mengatasi permasalahan tersebut. Tahapan ini dilakukan dengan melakukan pengujian kemampuan sistem dalam melakukan navigasi dan pengujian sensor ultrasonik. Data hasil pengujian tersebut akan dianalisa kemudian mencari tahu faktor apa saja yang menyebabkan alat tidak bekerja sesuai dengan keinginan atau terjadi *error*. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan laporan penelitian.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima Bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.

Bab II Teori Dasar

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

Bab III Perancangan Sistem

Bab ini membahas mengenai desain perancangan kendali miniatur mobil baik rangkaian *hardware* maupun *software* yang digunakan

Bab IV Simulasi, Implementasi dan Analisis Sistem

Bab ini memuat hasil simulasi dan implementasi serta analisis dari hasil tersebut.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dari Tugas Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

1.7 Relevansi

Dengan adanya Tugas Akhir ini diharapkan dapat diaplikasikan pada mobil sesungguhnya, serta dapat dijadikan sebagai referensi atau ide dalam kemajuan transportasi, khususnya sistem navigasi otomatis.

BAB II

TEORI DASAR

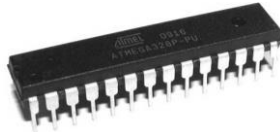
Pada bab ini membahas teori dasar dan teori penunjang dari peralatan-peralatan yang digunakan dalam pembuatan Tugas Akhir dengan judul Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengendali Navigasi Pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan.

2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler, sering dikenal dengan sebutan MCU (*Microcontroller Units*) adalah komputer yang berukuran mikro dalam satu chip IC (*Integrated Circuit*) yang terdiri dari prosessor, *memory*, dan antarmuka yang bisa diprogram. Dapat dikatakan sebagai komputer mikro karena didalamnya sudah terdapat CPU (prosessor), *memory*, dan I/O (*Input/Output*) yang bisa dikontrol dan diprogram I/O juga sering disebut GPIO (*General Purpose Input Output*) yang berarti pin yang dapat diprogram sesuai kebutuhan.

ATMega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain^[3] :

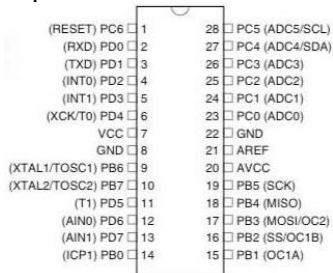
1. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
2. 32 x 8-bit register serba guna.
3. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan *clock* 16 MHz.
4. 32 KB *Flash memory* dan pada Arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash memory* sebagai *bootloader*.
5. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
6. Memiliki SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 2KB.
7. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) *output*.
8. *Master / Slave SPI Serial interface*.



Gambar 2.1 IC ATmega328

Mikrokontroler ATmega328 memiliki arsitektur *Harvard*, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*. Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. IC ATmega328 ditunjukkan oleh Gambar 2.1.

Konsep inilah yang memungkinkan instruksi–instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (*Arithmetic Logic unit*) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit. Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selear 64 *byte*. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai *register control Timer/ Counter*, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register-register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh. Adapun konfigurasi pin IC ATmega328 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konfigurasi Pin ATmega328

2.2 Motor DC

Motor DC merupakan motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk merubah besaran listrik menjadi besaran mekanik. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut :

1. Kutub Medan Magnet

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan kumparan motor DC yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

2. Kumparan Motor DC

Bila arus masuk menuju kumparan motor DC, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Kumparan motor DC yang berbentuk silinder, dihubungkan ke penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, kumparan motor DC berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan kumparan motor DC.

3. *Commutator* Motor DC

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam kumparan motor DC. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan motor DC dan sumber daya.

Singkatnya, prinsip kerja motor didasarkan pada gaya elektromagnetik. Motor DC bekerja bila mendapatkan tegangan searah yang cukup pada kedua kutubnya. Tegangan ini akan menimbulkan induksi elektromagnetik yang menyebabkan motor berputar. Secara umum, kecepatan putaran poros motor DC akan meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan yang diberikan. Dengan demikian, putaran motor DC akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga dirubah^[4].



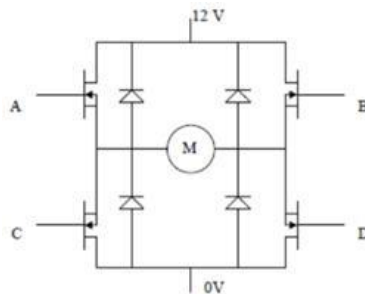
Gambar 2.3 Motor DC

Bentuk fisik motor DC dapat dilihat pada Gambar 2.3. Motor DC tidak dapat dikendalikan langsung oleh mikrokontroler, karena kebutuhan arus yang besar sedangkan keluaran arus dari mikrokontroler sangat kecil. *Driver motor* merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk menggerakkan motor DC. Motor DC biasanya memiliki kecepatan putar yang cukup tinggi, sehingga cocok digunakan untuk roda robot yang membutuhkan kecepatan gerak yang tinggi.

2.2.1 Pengaturan Arah Putar dan Kecepatan Motor DC

Pengontrolan motor DC secara sederhana dibagi menjadi dua, yaitu mengatur arah putar dan kecepatan motor DC. Arah putar motor secara prinsip dapat diatur dengan mengubah polaritas tegangan yang masuk ke motor. Sedangkan untuk kecepatan motor DC dapat diatur dengan mengatur tegangannya. Mekanisme pengaturan ini ditangani oleh *driver motor*.

Salah satu rangkaian untuk mengendalikan motor DC adalah *H-Bridge*. *H-bridge* adalah sebuah perangkat keras berupa rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan motor. Rangkaian ini diberi nama *H-bridge* karena bentuk rangkaiannya yang menyerupai huruf H seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konfigurasi *H-Bridge* MOSFET

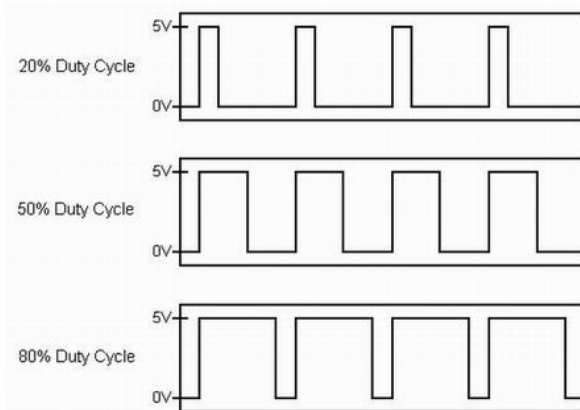
Tabel 2.1 Arah Putar Motor terhadap Kondisi Saklar

A	B	C	D	Aksi
1	0	0	1	Motor berputar searah jarum jam
0	1	1	0	Motor berputar berlawanan arah jarum jam
0	0	0	0	Bebas
0	0	1	1	Pengereman
1	1	0	0	Pengereman

Rangkaian ini terdiri dari dua buah MOSFET kanal P dan dua buah MOSFET kanal N. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan mengatur mati-hidupnya ke empat MOSFET tersebut. Huruf M pada gambar adalah motor DC yang akan dikendalikan. Bagian atas rangkaian akan dihubungkan dengan sumber daya kutub positif, sedangkan bagian bawah rangkaian akan dihubungkan dengan sumber daya kutub negatif. Pada saat MOSFET A dan MOSFET D *on* sedangkan MOSFET B dan MOSFET C *off*, maka sisi kiri dari gambar motor akan terhubung dengan kutub positif dari catu daya, sedangkan sisi sebelah kanan motor akan terhubung dengan kutub negatif dari catu daya sehingga motor akan bergerak searah jarum jam. Lebih jelasnya perhatikan Tabel 2.1.

Dioda yang dipasang paralel secara *reverse* pada *drain source* MOSFET berfungsi sebagai *clamber* dioda, berfungsi untuk melindungi mosfet dari lonjakan tegangan balik induksi dari motor DC, sehingga MOSFET tidak cepat rusak.

Salah satu cara untuk mengatur kecepatan motor DC adalah dengan metode modulasi lebar pulsa atau disebut dengan PWM (*Pulse Width Modulation*). PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi *high* kemudian berada di zona transisi ke kondisi *low*. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. *Duty cycle* merupakan representasi dari kondisi logika *high* dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan *range* 0% sampai 100%. Total 1 periode (T) pulsa dalam PWM adalah tetap, dan data PWM pada umumnya menggunakan perbandingan pulsa positif terhadap total pulsa^[5]. Modulasi PWM dapat dilihat pada Gambar 2.5.



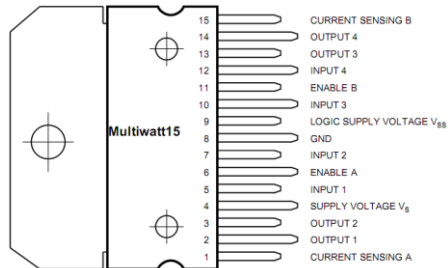
Gambar 2.5 Modulasi PWM

Metode PWM digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor, informasi yang dibawa oleh pulsa-pulsa persegi merupakan tegangan rata-rata. Besarnya tegangan rata-rata tersebut dapat diperoleh dari: $V_{out} = (V_{ref} * duty\ cycle) / periode$. Semakin lebar durasi waktu tunda positif pulsa dari sinyal PWM yang dihasilkan, maka perputaran motor akan semakin cepat, demikian sebaliknya.

2.3 Driver Motor

Driver motor digunakan sebagai penghubung suatu mikrokontroler ke motor DC. Digunakan *driver motor* karena arus dari mikrokontroler tidak mampu mencukupi kebutuhan motor DC. *Driver motor* sendiri berfungsi untuk menggerakkan motor DC, dimana perubahan arah dan kecepatan putar motor DC tersebut bergantung dari nilai tegangan yang diberikan pada *input driver motor* itu sendiri.

Salah satu IC terintegrasi yang digunakan pada *driver motor* adalah IC L298N. IC L298N terdiri dari dua buah rangkaian *H-bridge* di dalamnya, sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan dua motor DC atau *stepper*. Masing-masing rangkaian *H-bridge* didalamnya dapat mengantarkan arus hingga 2A dan tegangan yang dapat digunakan untuk mengendalikan robot bisa mencapai tegangan 46 VDC. Namun, dalam penggunaannya, *H-Bridge driver motor* DC L298 dapat digunakan secara paralel, sehingga kemampuan menghantarkan dari *H-Bridge driver motor* DC L298N arusnya menjadi 4A^[6].

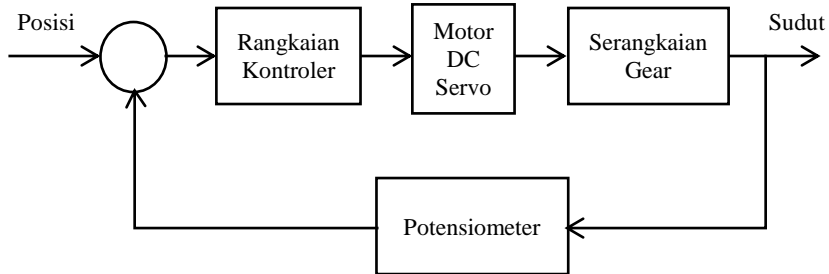


Gambar 2.6 Konfigurasi Pin IC L298N

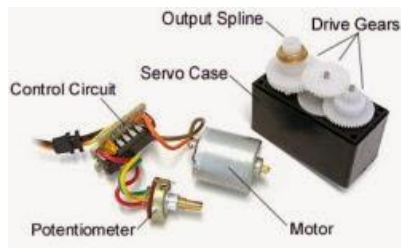
IC L298N memiliki 4 buah kaki *input* (*input* 1/2/3/4), 4 buah kaki *output* (*output* 1/2/3/4), 2 buah kaki aktivasi masing-masing rangkaian *H-bridge* (ENABLE_A dan ENABLE_B) dan selebihnya adalah kaki Vcc/Vss (tegangan kerja IC, ± 5 volt), Vs (tegangan motor DC, ± 12 volt), juga kaki GND. Konfigurasi pin IC L298N dapat dilihat pada Gambar 2.6.

2.4 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo) seperti pada Gambar 2.7, sehingga dapat di *set-up* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Penggunaan sistem kontrol loop tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Posisi poros *output* akan di sensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol *input* akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan.



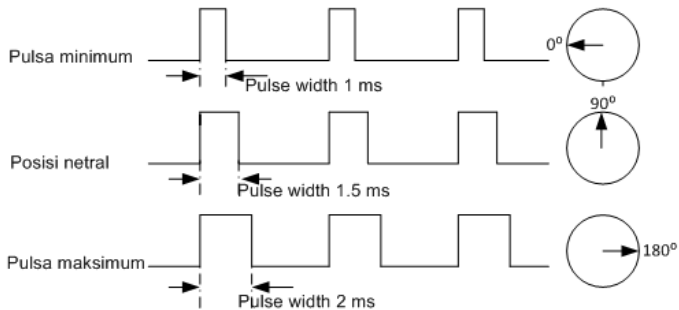
Gambar 2.7 Loop Tertutup Motor Servo



Gambar 2.8 Bagian-bagian Motor Servo

Bagian – bagian motor servo dapat dilihat pada Gambar 2.8. Ada dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo AC lebih dapat menangani arus yang tinggi atau beban berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC biasanya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Dan bila dibedakan menurut rotasinya, umumnya terdapat dua jenis motor servo yang dan terdapat di pasaran, yaitu motor servo *rotation 180⁰* dan servo *rotation continuous*.

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation / PWM*) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90⁰. Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0⁰ atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180⁰ atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan Gambar 2.9.

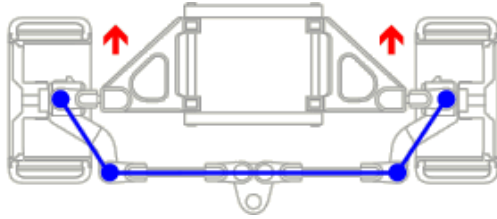


Gambar 2.9 PWM Motor Servo

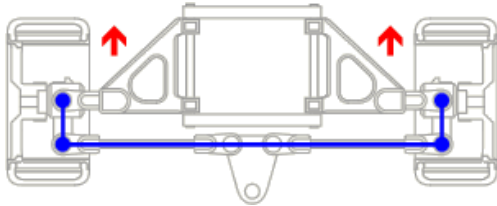
Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi servo). Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.

2.5 Ackerman Steering^[7]

Ackerman steering merupakan pengendalian arah gerak robot dengan menggerakkan sudut putar roda depan. Kinematika *ackerman* sangat mirip dengan mobil yang dikenal umum, sehingga dinamakan *car-like steering* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. Kinematika *ackerman* pada dasarnya hampir sama dengan kinematika *tricycle steering* dengan dua roda penentu arah di bagian depan. Penggunaan dua roda depan akan mempermudah pengendalian posisi. Sebelum prinsip *ackerman steering* ini ditemukan, sebelumnya masih menggunakan prinsip *parallel steering*. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2.11 yang merupakan gambar *parallel steering*. *Parallel steering* lebih kaku dan sudut putar yang bisa diatur sangat terbatas.



Gambar 2.10 Ackreman Steering



Gambar 2.11 Parallel Steering

Ackerman steering merupakan proses pergerakan tuas antar roda kemudi, dengan menggunakan derajat. Sistem ini dirancang untuk memastikan gerak roda depan dalam diputar ke sudut yang sedikit lebih tajam dari luar roda saat membelok, sehingga menghilangkan *geometrically* disebabkan ban selip. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.12 sumbu dua roda depan berpotongan di satu titik yang sama dan terletak pada sumbu poros belakang. Dapat dirumuskan dalam persamaan :

$$\cot\theta_i - \cot\theta_o = \frac{d}{l}$$

Keterangan :

- θ_i = sudut kemudi relatif dari roda bagian dalam
- θ_o = sudut kemudi relatif dari roda luar
- d = pemisahan roda membujur
- l = pemisahan roda lateral

Sudut kemudi kendaraan dapat dianggap sebagai sudut (relatif SA kendaraan) dengan roda pusat imajiner yang terletak di titik acuan P, dinyatakan dalam sudut *steering* atau di luar *steering* SA.

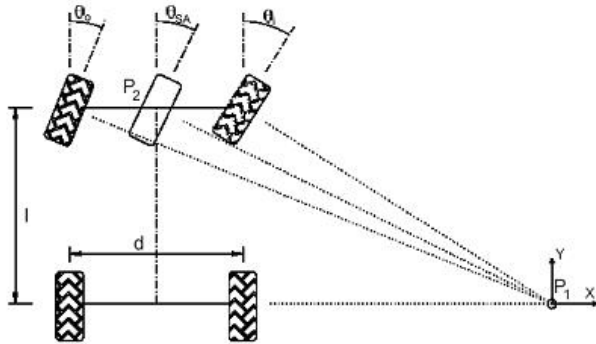
$$\cot\theta_{SA} = \frac{d}{2l} + \cot\theta_i$$

atau

$$\cot\theta_{SA} = \cot\theta_o - \frac{d}{2l}$$

Keterangan :

θ_{SA} = sudut belok *ackreman steering*

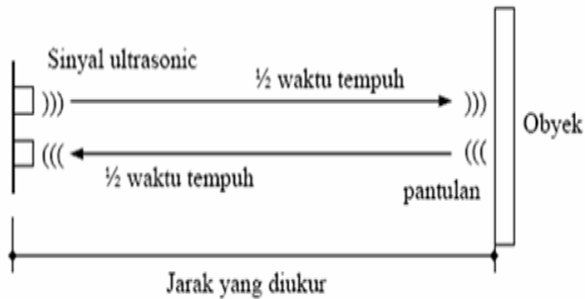


Gambar 2.12 Kemudi Belok Kanan

2.6 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang memanfaatkan pancaran gelombang ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor.

Sensor ultrasonik memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu *ultrasonic transmitter* dan *ultrasonic receiver*. Fungsi dari *ultrasonic transmitter* adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian *ultrasonic receiver* menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek. Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar hingga sampai ke penerima sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dan bidang pantul seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Ilustrasi Cara Kerja Sensor Ultrasonik

Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut. Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan persamaan :

$$s = \frac{v \cdot t}{2}$$

Dimana, s merupakan jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul), v adalah kecepatan gelombang bunyi (340 m/s) dan t adalah selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh *transmitter* dan waktu ketika gelombang pantul diterima *receiver*.

2.7 Buck Converter

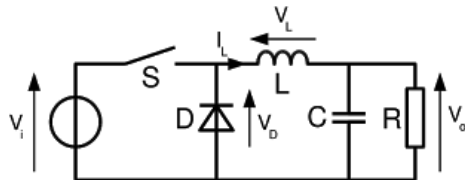
Konverter jenis *buck* merupakan jenis konverter yang banyak digunakan dalam industri catu-daya. Konverter ini akan mengkonversikan tegangan dc masukan menjadi tegangan dc lain yang lebih rendah (konverter penurun tegangan).

Rangkaian ini terdiri atas satu saklar aktif (MOSFET) dan satu saklar pasif (diode). Untuk tegangan kerja yang rendah, saklar pasif sering diganti dengan saklar aktif sehingga susut daya yang terjadi bisa dikurangi. Kedua saklar ini bekerja bergantian. Setiap saat hanya ada satu saklar yang menutup. Nilai rata-rata tegangan keluaran konverter sebanding dengan rasio antara waktu penutupan saklar aktif terhadap periode penyaklarannya (faktor kerja). Nilai faktor kerja bisa diubah dari

nol sampai satu. Akibatnya, nilai rata-rata tegangan keluaran selalu lebih rendah dibanding tegangan masukannya.

Beberapa konverter *buck* bisa disusun paralel untuk menghasilkan arus keluaran yang lebih besar. Jika sinyal ON-OFF masing-masing konverter berbeda sudut satu sama lainnya sebesar $360^0/N$, yang mana N menyatakan jumlah konverter, maka didapat konverter dc-dc N -fasa. Konverter *buck* N -fasa inilah yang sekarang banyak digunakan sebagai regulator tegangan mikroprosesor generasi baru. Dengan memperbanyak jumlah fasa, ukuran tapis yang diperlukan bisa menjadi jauh lebih kecil dibanding konverter dc-dc satu-fasa. Selain digunakan sebagai regulator tegangan mikroprosesor, konverter *buck* multifasa juga banyak dipakai dalam industri logam yang memerlukan arus dc sangat besar pada tegangan yang rendah.

Arus masukan konverter *buck* selalu bersifat tak kontinu dan mengandung riak yang sangat besar. Akibatnya pada sisi masukan, konverter *buck* memerlukan tapis kapasitor yang cukup besar untuk mencegah terjadinya gangguan interferensi pada rangkaian di sekitarnya. Untuk tegangan kerja yang rendah, saklar pasif (dioda) sering diganti dengan saklar aktif (MOSFET) sehingga susut daya pada saklar bisa dikurangi. Apabila menggunakan 2 saklar aktif, kedua saklar ini akan bekerja secara bergantian, dan hanya ada satu saklar yang menutup setiap saat. Nilai rata-rata tegangan keluaran konverter sebanding dengan rasio antara waktu penutupan saklar (saklar konduksi/ON) terhadap periode penyalakannya. Biasanya nilai faktor daya ini tidak lebih kecil dari 0.2, karena jika dioperasikan pada rasio tegangan yang lebih tinggi, saklar akan bekerja dibawah keandalannya dan menyebabkan efisiensi konverter turun. Untuk rasio (V_d/E_d) yang sangat tinggi, biasanya digunakan konverter DC-DC yang terisolasi atau topologi yang dilengkapi dengan trafo. Rangkaian *buck converter* dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Rangkaian *Buck Converter*

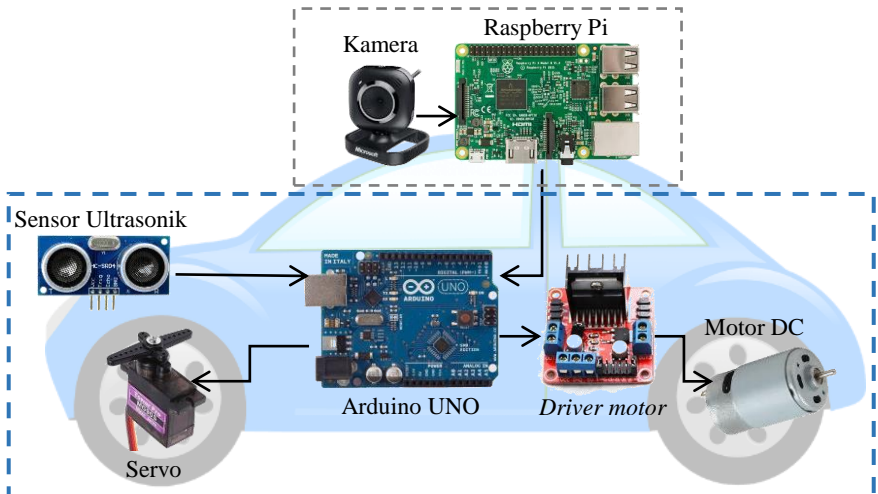
-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan Sistem Pengendali Navigasi pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan yang meliputi, blok fungsional sistem yang akan menjelaskan proses kerja alat dalam bentuk alur diagram, perancangan mekanik yang mendukung cara kerja alat, perancangan elektrik yang membahas perancangan rangkaian elektrik sebagai rangkaian kontrol dan rangkaian pendukung alat, dan perancangan perangkat lunak (*software*) yang akan menjelaskan mengenai pembuatan program kendali servo dan kecepatan motor DC, serta pembuatan program deteksi halangan menggunakan pemrograman Arduino.

3.1 Blok Fungsional Sistem

Sebelum melakukan pembuatan sistem yang meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), diperlukan sebuah perencanaan sistem berupa blok diagram yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Keterangan :

----- dikerjakan oleh Anis Mardhatillah

----- dikerjakan oleh Dimas Novian Aditya Syahputra

Gambar 3.1 Blok Fungsional Sistem

Dari Gambar 3.1 di atas merupakan gambaran kerja dari sistem secara keseluruhan. Dalam Tugas Akhir ini hanya akan dibahas kerja sistem didalam kotak putus-putus warna biru. Cara kerja sistem diatas, yaitu Arduino akan mengatur besar kecilnya sudut servo yang digunakan untuk mengendalikan navigasi roda depan miniatur mobil sesuai dengan informasi pengolahan citra yang dikirim serial dari Raspberry Pi ke Arduino. Arduino juga digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor DC pada roda belakang yang dihubungkan dengan *driver motor* sebelum ke motor DC. Selain itu, Arduino menerima informasi dari sensor ultrasonik, apabila sensor ultrasonik mendeteksi halangan maka motor akan berhenti.

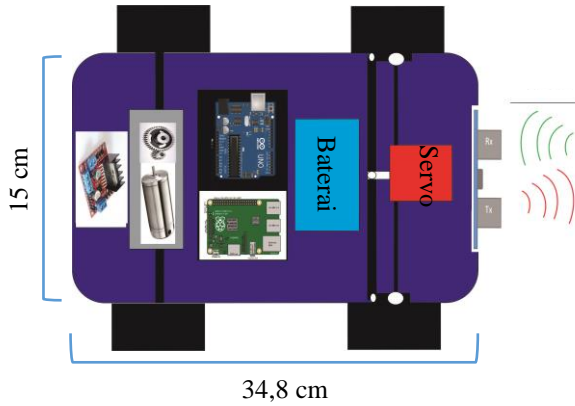
3.2 Perancangan Mekanik

Pada bab perancangan mekanik akan dibahas mengenai perancangan mekanik dari alat sistem Pengendali Navigasi pada Miniatur Mobil menggunakan Algoritma Pendeteksi Marka Jalan Berbasis Pengolahan Citra. Perancangan mekanik berupa perancangan perangkat keras yang mendukung seluruh perancangan dan pembuatan alat. Perancangan mekanik yang dibahas meliputi perancangan mekanik miniatur mobil dan perancangan lintasan.

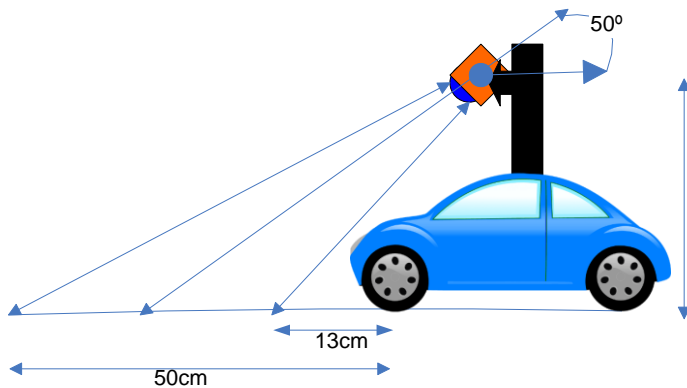
3.2.1 Perancangan Mekanik Miniatur Mobil

Pada miniatur mobil yang digunakan dalam Tugas Akhir ini menggunakan mobil *remote control*. Digunakan mobil *remote control* karena struktur navigasi roda depan dan bentuk fisik menyerupai sebuah mobil. Kontrol navigasi pada miniatur mobil ini menggunakan *ackerman steering*, yang dikendalikan oleh servo. Adapun perancangan miniatur mobil, ditunjukkan oleh Gambar 3.2 dan Gambar 3.3. Berikut spesifikasi mekanik miniatur mobil :

1. panjang body mobil = 34,8 cm
2. lebar body mobil = 15 cm
3. diameter roda = 5,5 cm
4. pemisahan roda membujur = 21,5 cm
5. pemisahan roda lateral = 15 cm



Gambar 3.2 Tampak Atas Miniatur Mobil



Gambar 3.3 Tampak Samping Miniatur Mobil

Pengaturan besar sudut navigasi mobil *remote control* yang digunakan awalnya digerakkan oleh motor *gearbox*. Namun motor *gearbox* memiliki kelemahan dalam kendali navigasi, karena motor *gearbox* hanya mampu memberi tiga kondisi navigasi, yaitu berbelok maksimal kekanan atau berbelok ke kiri maksimal dan lurus. Hal tersebut tidak relevan terhadap mobil sebenarnya. Oleh karena itu modifikasi penggerak kemudi roda depan menggunakan metode *ackerman steering* dengan servo agar sudut navigasi yang diberikan lebih beragam.

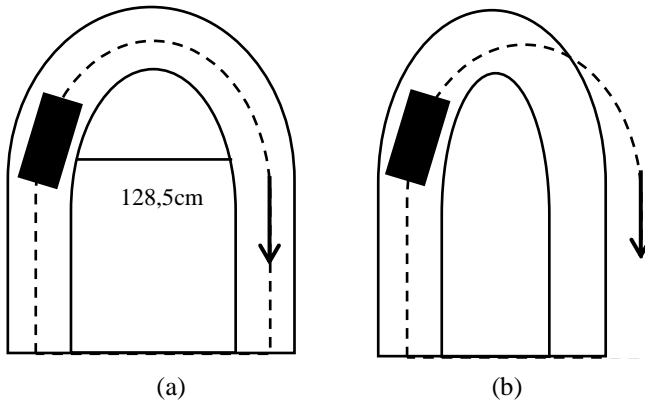
Kemampuan mobil saat berbelok dapat dilihat dari besar kecilnya lingkaran yang dapat dibuat oleh roda depan. Dapat dikatakan semakin kecil sudut yang dibentuk terhadap arah normal maka semakin kecil pula lingkaran yang dapat dibuat atau semakin tajam tikungan yang dapat dilalui.

Miniatur mobil pada saat melakukan navigasi diamati dari besarnya resolusi lingkaran dari terbesar sampai yang terkecil yang dapat dilakukan. Kemudian untuk merubah posisi roda depan dilakukan dengan mengatur sudut pergerakan motor servo. Sudut belok maksimum yang dapat dilakukan oleh miniatur mobil ini adalah 70° .

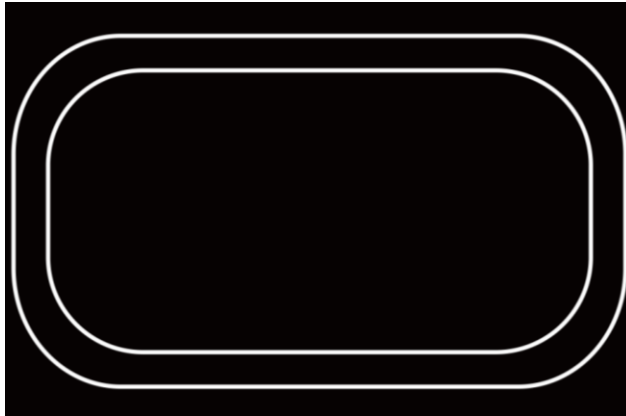
3.2.3 Perancangan Lintasan

Miniatur mobil memiliki keterbatasan ketika melalui lintasan yang berbelok. Pada saat navigasi, miniatur mobil hanya mampu menggerakkan posisi roda depan sebesar 70° . Dalam hal ini lingkaran terkecil yang dibuat berdiameter 128,5 cm. sehingga tajamnya belokan yang dibuat tidak boleh lebih kecil daripada besarnya juring yang dibuat oleh miniatur mobil saat melakukan navigasi.

Dari Gambar 3.4 dapat dilihat jika lintasan berbelok memiliki juring yang lebih kecil dibanding juring atau lingkaran yang dapat dibuat oleh miniatur mobil saat berbelok maksimal, maka miniatur mobil akan keluar dari lintasan.



Gambar 3.4 Tikungan Maksimal yang Dapat Dilewati (a) Diameter Lebar (b) Diameter Kecil



Gambar 3.5 Desain Lintasan

Dalam Tugas Akhir ini, lintasan yang digunakan seperti huruf O seperti Gambar 3.5 yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Panjang lintasan = 4,28 m
2. Lebar lintasan = 2,43 m
3. Lebar marka lurus = 21,5 cm
4. Lebar marka belok = 29,6 cm
5. Lebar garis marka = 3 cm

3.3 Perancangan *Hardware*

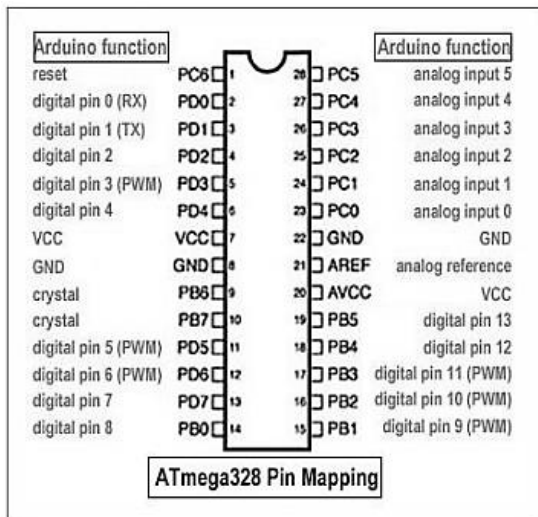
Pada bab perancangan *hardware* dibahas tentang rangkaian elektrik beserta komponen-komponen pendukungnya. Sehingga Sistem Pengendali Navigasi pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan dapat berfungsi dengan baik dan benar. Pembahasan bab ini meliputi modul Arduino UNO, perancangan *shield* Arduino UNO, perancangan catu daya, perancangan kontrol *driver motor*, pengkabelan *driver motor* dengan mikrokontroler, pengkabelan motor servo dengan mikrokontroler, serta pengkabelan sensor ultrasonik dengan mikrokontroler.

3.3.1 Modul Arduino UNO

Ada beberapa jenis mikrokontroler yang dapat digunakan, ada yang berupa sebuah modul, ada pula yang berupa sebuah IC atau *chip* yang dirangkai bersama beberapa rangkaian elektrik. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem Pengendali Navigasi pada Miniatur Mobil

Pendeteksi Marka Jalan adalah modul Arduino UNO dengan IC ATmega328.

Dalam Tugas Akhir ini Arduino UNO digunakan sebagai kendali navigasi roda depan dengan mengatur besar kecilnya sudut servo sesuai informasi pengolahan citra. Pengaturan kecepatan motor DC melalui *driver motor* dengan mengatur PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler. Serta terhubung dengan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi halangan. Adapun konfigurasi pin ATmega328 pada Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan spesifikasinya pada Tabel 3.1.



Gambar 3.6 Konfigurasi Pin ATmega328 pada Arduino UNO

Tabel 3.1 Spesifikasi Arduino UNO

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan <i>input</i> yang disarankan	7-12V
Batas tegangan <i>input</i>	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin <i>analog input</i>	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA

Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

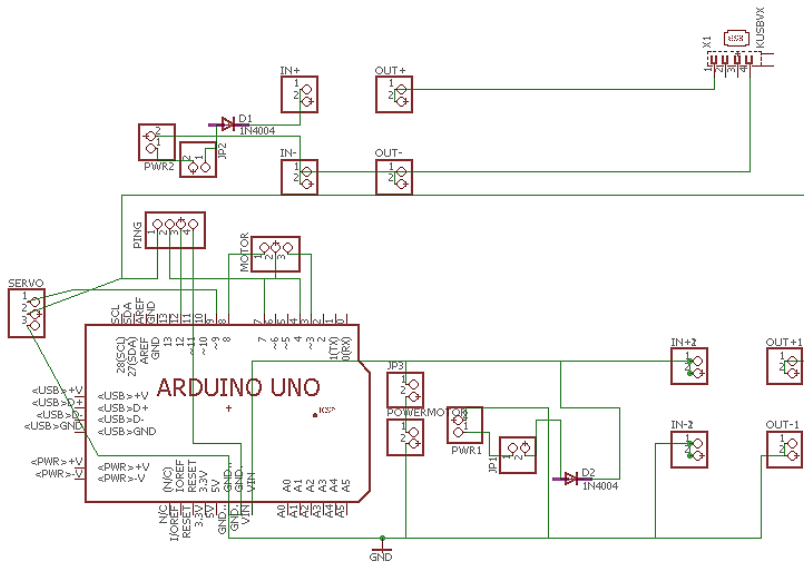
3.3.2 Perancangan *Shield* Arduino UNO

Perancangan *shield* ini digunakan untuk mempermudah koneksi antara Arduino UNO dengan modul – modul dan aktuator yang digunakan dalam Tugas Akhir ini. Pada perancangan ini Arduino UNO sebagai mikrokontroler digunakan untuk mengatur besar kecil sudut servo sebagai kendali roda depan miniatur mobil, untuk mengatur kecepatan motor DC sebagai penggerak miniatur mobil, serta menerima masukan dari sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan.

Pada rangkaian ini ditambahkan *shield* untuk *buck converter* sebagai penurun tegangan dari baterai yang akan digunakan untuk mencatu daya servo, *driver motor* dan sensor ultrasonik. Adapaun rangkaian *shield* Arduino UNO dengan sistem ditunjukkan oleh Gambar 3.7 dan *mapping* pin Arduino UNO tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Mapping* Pin Arduino UNO

No.	Modul / Aktuator	Pin Arduino UNO
1.	Servo	VCC : 5V GND Signal : 9 <i>Analog</i>
2.	<i>Driver Motor</i>	VCC : Baterai 7,4V GND : GND Arduino dan GND Baterai <i>Input</i> 1 : 7 <i>Analog</i> <i>Input</i> 2 : 8 <i>Analog</i> PWM : 3 <i>Analog</i> <i>Output</i> 1 : (+) Motor DC <i>Output</i> 2 : (-) Motor DC
3.	Sensor Ultrasonik	VCC : 5V GND Trig : 4 <i>Analog</i> Echo : 12 <i>Analog</i>

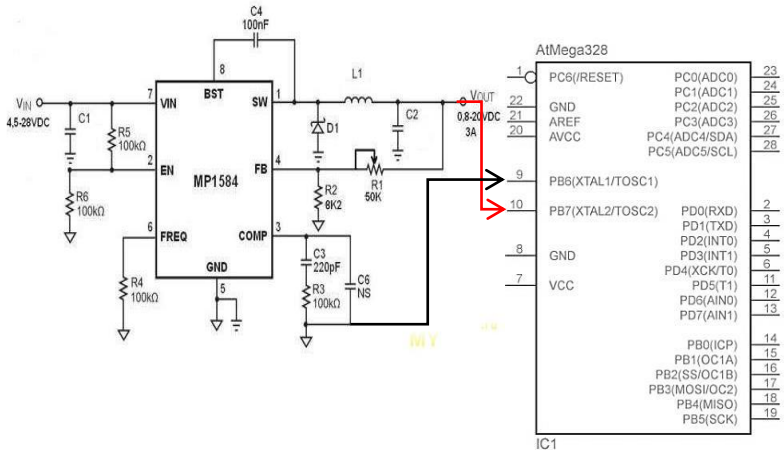


Gambar 3.7 Rangkaian *Shield* Arduino UNO

3.3.3 Perancangan Catu Daya

Pada sistem ini diperlukan catu daya untuk motor servo (5V), sensor ultrasonik (5V) dan *driver motor* (lebih dari 5V), sedangkan mikrokontroler hanya menyediakan tegangan 5V. Maka dari itu untuk menjalankan sistem diperlukan tegangan dari luar yaitu baterai. Baterai yang digunakan memiliki tegangan 8V dan arus 3A.

Untuk menurunkan tegangan 8V menjadi 5V, diperlukan *buck converter* yang berfungsi untuk mengubah keluaran tegangan 8V dari baterai menjadi tegangan 5V untuk mencatu rangkaian sistem yang lain. *Buck converter* yang digunakan dalam perancangan catu daya ini adalah MP1584, spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.3. Skema rangkaian *buck converter* dengan mikrokontroler ditunjukkan oleh Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Skematik MP1584 dengan Mikrokontroler

Tabel 3.3 Spesifikasi MP1584

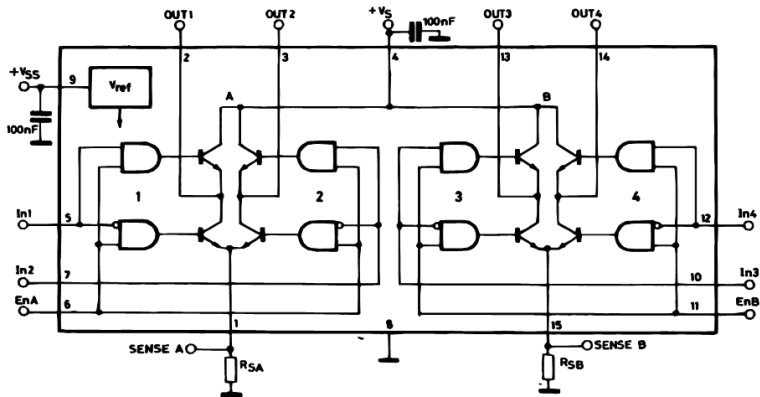
Tegangan <i>Input</i>	4.5-28V
Tegangan <i>Output</i>	0.8-20V (<i>adjustable</i>)
Arus <i>Output</i>	3A.
Efisiensi	96%
<i>Output Ripple</i>	30Mv
<i>Switching frequency</i>	100kHz sampai 1,5MHz
Suhu kerja	<i>Industrial grade</i> (-20 C to +85 C)
Ukuran	22*17*4mm

3.3.4 Perancangan Kontrol Driver Motor

Untuk menggerakkan motor DC diperlukan *driver motor* karena arus mikrokontroler tidak mencukupi kebutuhan motor DC. Dalam pergerakannya miniatur mobil memerlukan kontrol kecepatan motor DC. Pengaturan kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan cara mengatur tegangan yang masuk pada motor atau dengan cara memberikan tegangan dan frekuensi tetap tetapi mempunyai *duty cycle* yang diubah-ubah sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Semakin besar *duty cycle* maka kecepatan motor semakin besar. Metode ini biasa

disebut PWM (*Pulse Width Modulation*). Sinyal PWM pada rangkaian *driver motor* DC ini dibangkitkan oleh mikrokontroler ATmega328.

Driver motor ini menggunakan IC yang telah terintegrasi. Di dalam IC L298N telah terkandung 2 buah *H-bridge* untuk mengendalikan motor DC. Rangkaian *H-Bridge* IC L298N dapat dilihat pada Gambar 3.9.

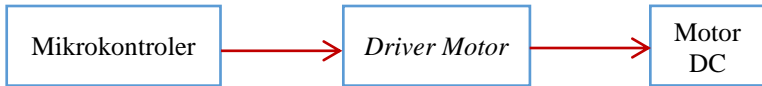


Gambar 3.9 Rangkaian *H-Bridge* IC L298N

Pada Gambar 3.9 tampak bahwa pada masing-masing kaki basis transistor *H-bridge* dihubungkan dengan sebuah gerbang logika AND yang salah satu kaki *input*-nya digabung dan dihubungkan dengan kaki In1 (*Input 1*) dan In2 (*Input 2*). Kemudian *input* salah satu gerbang AND (yaitu gerbang AND bagian bawah) diberi *inverter* (pembalik kondisi) yang berfungsi untuk pembalik sinyal. Selanjutnya (masih pada *H-bridge* sebelah kiri pada IC L298N), kaki *input* yang kedua pada keempat gerbang AND dihubungkan dengan kaki EnA (*Enable A*). Kaki EnA berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan rangkaian *H-bridge* pada IC L298N.

3.3.5 Pengkabelan *Driver Motor* dengan Mikrokontroler

Rangkaian *driver motor* yang digunakan untuk mengatur kecepatan dan arah putar motor DC dalam Tugas Akhir ini adalah *driver motor* L298N.



Gambar 3.10 Diagram Blok Mikrokontroler dengan *Driver Motor*

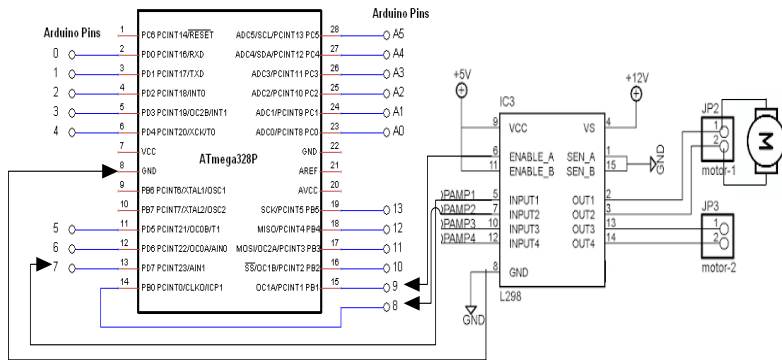
Gambar 3.10 merupakan blok diagram mikrokontroler dengan *driver motor* dimana yang dikirim oleh mikrokontroler ke *driver motor* berupa tegangan (0-5v) yang berfungsi untuk mengatur PWM. *Driver motor* juga mengirim tegangan pada motor DC sebagai penggerak.

Gambar 3.11 merupakan pengkabelan *driver motor* DC menggunakan IC L298N dengan modul Arduino UNO dan konfigurasi pin *driver motor* dengan Arduino UNO tertera pada Tabel 3.4. Untuk mengendalikan putaran motor DC menggunakan *H-bridge* pada IC L298N perlu melibatkan 3 buah pin/kaki IC L298N, yaitu kaki *Input 1* yang terhubung dengan pin 7 Arduino dan kaki *Input 2* yang terhubung dengan pin 8 Arduino. Keduanya diatur secara bersamaan (berpasangan namun berkebalikan logikanya) untuk menentukan arah putaran motor DC yang dikendalikan, apakah berputar CW atau berputar CCW. Sedangkan kaki *Enable A* terhubung dengan pin 3 Arduino. Kaki *Enable A* pada *driver motor* berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan rangkaian *H-bridge* pada IC L298. Aktif ketika kaki *Enable A* diberi logika *high* (1 atau 5 volt) dan nonaktif ketika kaki *Enable A* diberi logika *low* (0 atau 0 volt).

Driver motor ini membutuhkan tegangan dari baterai. *Driver motor* L298N memiliki 2 *input* tegangan, yaitu 12v dan 5v. Pada sistem ini hanya digunakan *input* 12v karena tegangan yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor DC adalah melebihi 5v. Tegangan *input driver motor* tidak bisa langsung diperoleh dari Arduino, maka dari itu diperlukan catu daya dari baterai. Spesifikasi IC L298N dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Konfigurasi Pin *Driver Motor* dengan Arduino

No.	Pin <i>Driver motor</i>	Keterangan
1.	In1	Pin 7 Arduino
2.	In2	Pin 8 Arduino
3.	EnA	Pin 3 Arduino
4.	Out1	<i>Input 1</i> Motor DC
5.	Out2	<i>Input 2</i> Motor DC
6.	Vcc +12	(+) Baterai
7.	Gnd	(-) Baterai dan Gnd Arduino



Gambar 3.11 Pengkabelan Arduino dengan *Driver Motor*

Tabel 3.5 Spesifikasi IC L298N

Parameter	Symbol	Nilai
Tegangan <i>supply</i>	V_s	50 V
Tegangan <i>supply logic</i>	V_{ss}	7 V
Tegangan <i>input & enable</i>	V_i, V_{en}	-0,3 sampai 7 V
Arus <i>output</i> puncak (<i>non-repetitive</i> , $t = 100\mu s$)	I_o	3 A
Arus <i>output</i> puncak (<i>repetitive</i> 80% <i>on</i> -, -20% <i>off</i> -, $t_{on} = 10ms$)	I_o	2,5 A
Arus <i>output</i> puncak (DC <i>operation</i>)	I_o	2 A
Tegangan <i>sensing</i>	V_{sens}	-1 sampai 2,3 V
Total disipasi daya ($T_{case} = 75^{\circ}C$)	P_{tot}	25 W
Suhu operasi (<i>junction</i>)	T_{op}	-25 sampai $130^{\circ}C$
Suhu <i>storage & junction</i>	T_{stg}, T_j	-40 sampai $150^{\circ}C$

3.3.6 Pengkabelan Servo dengan Mikrokontroler

Kendali navigasi roda depan miniatur mobil menggunakan servo Mg90s. Motor servo Mg90s hanya mengubah 90 derajat di kedua arah (kanan/kiri) dengan total gerakan 180 derajat. Sudut yang dilakukan oleh servo sebagai kendali navigasi roda depan mobil adalah 50° sampai 115° . Adapun diagram blok servo dengan mikrokontroler ditunjukkan

oleh Gambar 3.12 dimana mikrokontroler mengirim berupa tegangan (0-5v) untuk mengatur sudut servo.

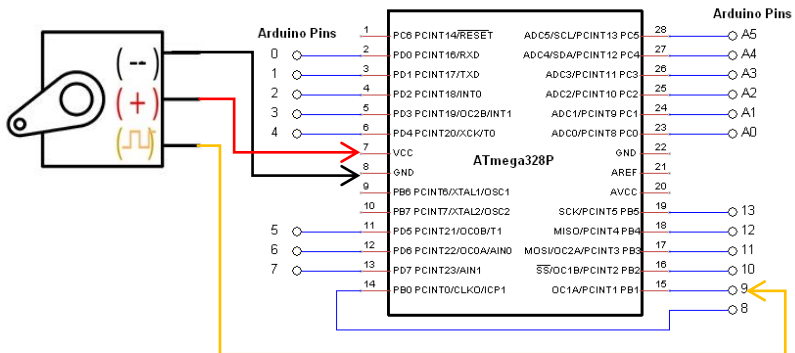


Gambar 3.12 Diagram Blok Mikrokontroler dengan Servo

Servo dihubungkan dengan Arduino UNO. Servo memiliki 3 pin, yaitu pin *Vcc* 5v, pin *ground* dan pin data yang terhubung dengan pin 9 Arduino. Pengkabelan servo dan Arduino ditunjukkan oleh Gambar 3.13 dan spesifikasi servo Mg90s ditunjukkan oleh Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Spesifikasi Motor Servo Mg90s

Berat	13,4 g
Dimensi	22,5 x 12 x 35,5 mm approx
Torsi	1,8 kgf·cm (4,8V), 2,2 kgf·cm (6V)
Operasi kecepatan	0,1 s/60 ⁰ (4,8V), 0,08 s/60 ⁰ (6V)
Operasi tegangan	4,8V – 6,0V
Dead band width	5us



Gambar 3.13 Pengkabelan Mikrokontroler dengan Servo

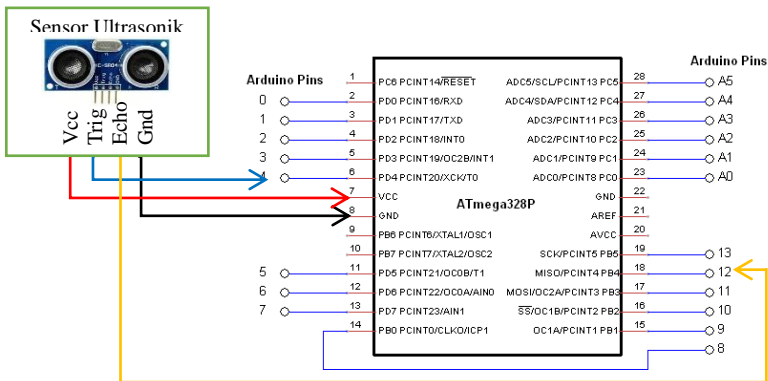
3.3.7 Pengkabelan Sensor Ultrasonik dengan Mikrontroler

Sensor ultrasonik yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah HC-SR04. Sensor ini dapat mengukur jarak antara 2 cm sampai 400 cm. keluaran dari sensor ini berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak.

Sensor ultrasonik dalam Tugas Akhir ini digunakan untuk mengetahui adanya halangan. HC-SR04 memiliki 4 pin, yaitu pin Vcc (5v), pin *ground*, pin trig yang dihubungkan dengan pin 4 Arduino dan pin echo terhubung dengan pin 12 Arduino. Pin trig digunakan untuk memberikan sinyal *trigger* agar gelombang ultrasonik dapat dipancarkan, sedangkan pin echo merupakan pin keluaran yang akan mengeluarkan pulsa yang mempresentasikan jarak sensor dengan benda. Diagram blok sensor ultrasonik dengan mikrokontroler ditunjukkan oleh Gambar 3.14 dan pengkabelan sensor ultrasonik dengan Arduino pada sistem ini seperti pada Gambar 3.15.



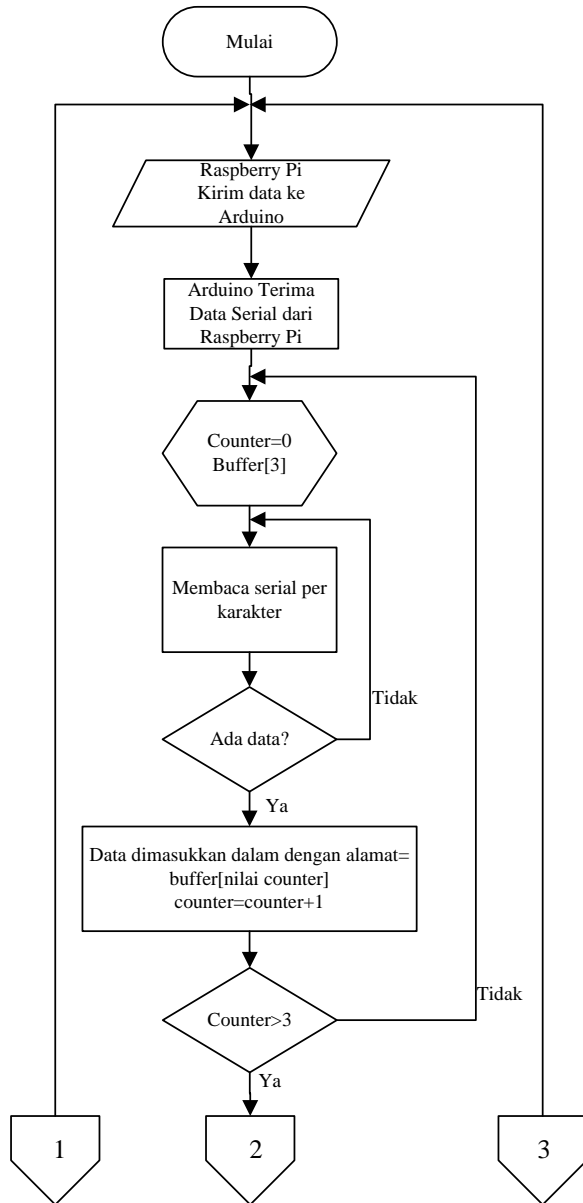
Gambar 3.14 Diagram Blok Sensor Ultrasonik dengan Mikrokontroler

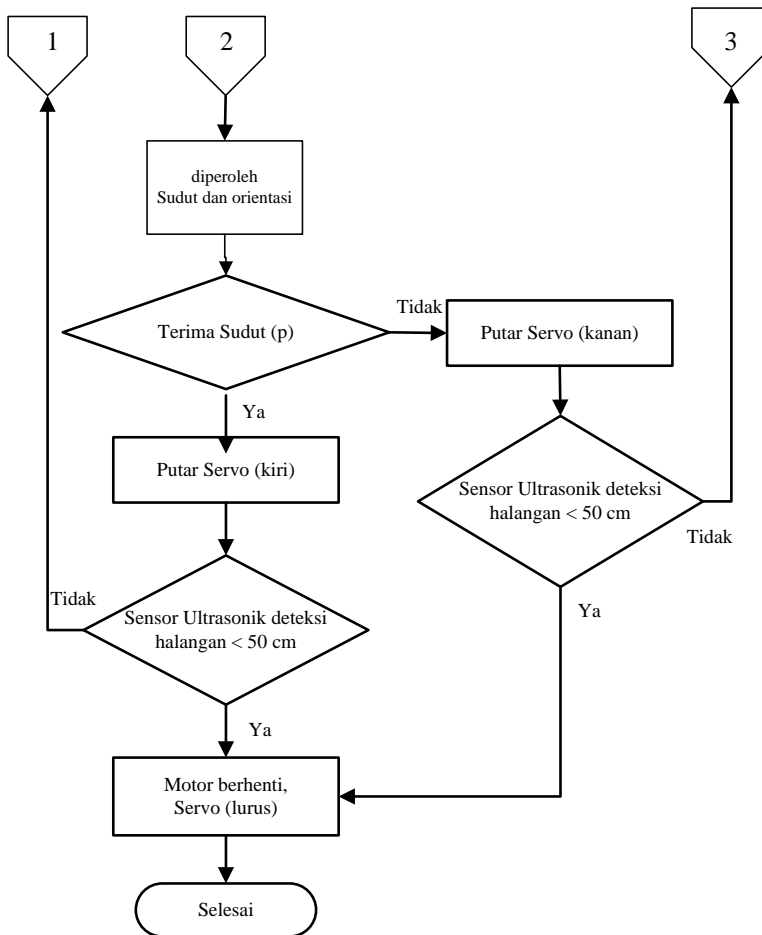


Gambar 3.15 Pengkabelan Mikrokontroler dan Sensor Ultrasonik

3.4 Perancangan *Software* Pengendali Navigasi Miniatur Mobil Menggunakan Arduino

Setelah semua *hardware* terangkai dan terintegrasi serta telah diuji kinerjanya maka dilakukan pembuatan program agar sistem dapat bekerja sebagaimana mestinya. Dalam Tugas Akhir ini *software* yang digunakan adalah pemrograman Arduino. Pada bab perancangan *software* dibahas tentang *flowchart* dan program untuk mendukung kerja sistem. Gambar 3.16 merupakan *flowchart* program Sistem Pengendali Navigasi pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan.





Gambar 3.16 Flowchart Sistem Keseluruhan

Untuk mengatur pergerakan *hardware* mekanis seperti servo, Raspberry Pi mengirim data serial ke mikrokontroler. Perintah yang dikirim oleh Raspberry Pi berupa perintah navigasi yang diperoleh dari proses pengolahan citra. Pengiriman perintah dilakukan dengan komunikasi serial UART dari USB host pada Raspberry ke Mikrokontroler. Komunikasi UART akan membaca data dalam berupa data string. Untuk itu perlu dilakukan pengaturan komunikasi agar data

yang dikirim dapat diterima dengan baik oleh mikrokontroler. Pengaturan tersebut dilakukan dengan cara membuat kontrol komunikasi dan *buffer* data yang dilakukan pada pemrograman python. Kontrol komunikasi berfungsi sebagai pemberi perintah orientasi navigasi ke kanan atau ke kiri. Untuk mengetahui orientasi kanan atau kiri, kontrol komunikasi menggunakan karakter “,” menunjukkan arah kanan dan “p” menunjukkan arah kiri. Pada bagian penerima, proses penerimaan karakter yang dikirim terjadi bertahap dalam setiap karakter dan kemudian disimpan terlebih dahulu dalam buffer sebelum nantinya akan diproses lebih lanjut. *Buffer* yang dibuat dapat menampung sedikitnya 4 karakter.

Data yang diterima dalam bentuk string kemudian diubah dalam bentuk integer untuk mengatur pergerakan servo. Apabila sudut yang terbaca berkarakter “p” maka servo akan berputar ke kiri. Jika sudut yang terbaca tidak berkarakter “p” atau berkarakter “,”, maka servo akan berputar kebalikannya (putar kanan). Adapun program pengaturan pergerakan sudut servo pada Arduino tertera pada Gambar 3.17 dan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A.1.

```

void tc(){
  if(Serial.available()!=0)
  {
    char c = Serial.read();
    if( c == 'p' )
    {
      if( counter == 3 )
      {
        memset(myValues, 0, sizeof(myValues));
        counter = 0;
      }
      m = myValues[counter]=concatStr.toInt();
      counter++;
      concatStr = "";
      zzz= 80+m;
      if (zzz<50){
        a.write(50);
      }
      else if(zzz>115){
        a.write(115);
      }
      else{
        a.write(zzz);
      }
    }
  }
}

```

Gambar 3.17 Program Pengaturan Sudut Servo

Dalam penelitian ini juga digunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi halangan. Jika sensor ultrasonik mendeteksi halangan pada jarak kurang dari 50 cm maka, motor akan berhenti (PWM = 0). Jika sensor ultrasonik tidak mendeteksi halangan maka motor berputar pada kecepatan yang telah ditentukan (PWM = 135) dan sudut servo berdasarkan data yang dikirim serial oleh Raspberry Pi. Program sensor ultrasonik sebagai pendeteksi halangan ditunjukkan oleh Gambar 3.18 dan program pengaturan PWM tertera pada Gambar 3.19.

```

void ping() {
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance=((0.018*duration)-0.15);
if (distance < 50)
{
state=1;
state1=0;
}
else
{
state=0;
state1=1;
}
}
}

```

Gambar 3.18 Program Sensor Ultrasonik

```

void motor(void)
{
switch(statel)
{
case 0: digitalWrite(A,LOW) ;
digitalWrite(B,HIGH) ;
analogWrite(pwm, 0);
break;
case 1: digitalWrite(A,HIGH) ;
digitalWrite(B,LOW) ;
analogWrite(pwm, 135) ;
break;
}
}

```

Gambar 3.19 Program Pengaturan Kecepatan

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Setelah tahap perancangan Sistem Pengendali Navigasi pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan selesai, berikutnya akan dilakukan pengujian dan analisa untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dirancang. Pengujian dilakukan secara terpisah, yaitu pengujian servo, pengujian sudut belok miniatur mobil, pengujian kecepatan motor DC, pengujian kecepatan miniatur mobil dan pengujian pada sensor ultrasonik. Dari pengujian ini akan dilihat apakah sistem yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

4.1 Pengujian Servo

Tujuan dari pengujian servo adalah untuk mengetahui apakah servo yang digunakan telah presisi. Untuk mengetahuinya yaitu dengan memberikan masukan pada servo yang telah dirangkai dengan Arduino dan kemudian di program. Keluaran dari servo berupa sudut yang diukur menggunakan busur. Contoh pengambilan data sudut servo ditunjukkan oleh Gambar 4.1. Pada pengujian ini diambil data sebanyak 18 data seperti pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian Sudut Servo

Tabel 4.1 Pengujian Sudut Servo

Sudut Servo	Sudut Realisasi Servo	%Error
0^0	0^0	0
10^0	10^0	0
20^0	23^0	15
30^0	32^0	6,7
40^0	42^0	5

Sudut Servo	Sudut Realisasi Servo	%Error
50 ⁰	54 ⁰	8
60 ⁰	65 ⁰	8,3
70 ⁰	74 ⁰	5,7
80 ⁰	85 ⁰	6,25
90 ⁰	95 ⁰	5,6
100 ⁰	103 ⁰	3
110 ⁰	114 ⁰	3,6
120 ⁰	125 ⁰	4,2
130 ⁰	134 ⁰	3,1
140 ⁰	145 ⁰	3,6
150 ⁰	155 ⁰	3,3
160 ⁰	164 ⁰	2,5
170 ⁰	175 ⁰	2,9
180 ⁰	185 ⁰	2,8
<i>Error rata-rata</i>		4,98

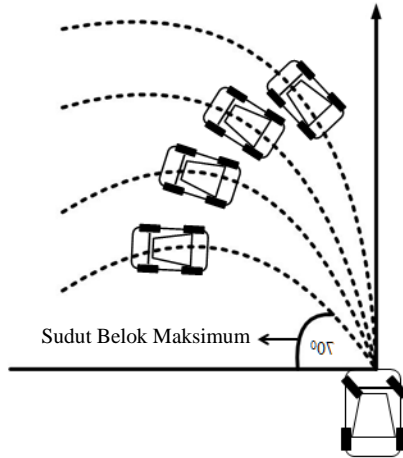
Pada pengujian servo dihitung prosentase *error* dari masukan sudut servo dengan sudut realisasi servo. Rumus prosentase *error* yaitu

$$\%error = \left| \frac{Sudut\ Servo - Sudut\ Realisasi\ Servo}{Sudut\ Servo} \right| \times 100\%$$

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa hasil antara masukan sudut servo dengan sudut realisasi servo masih terdapat *error* dengan rata-rata 4,98%.

4.2 Pengujian Sudut Belok Miniatur Mobil

Tujuan pengujian sudut belok miniatur mobil adalah untuk mengetahui besar sudut belok maksimum dan minimum yang dapat dilakukan oleh miniatur mobil. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah alat tulis yang ditempel pada bagian *body* miniatur mobil untuk menggambar setengah lingkaran yang dapat dibuat oleh miniatur mobil. Dari setengah lingkaran yang dibuat oleh miniatur mobil dapat diukur besar sudut beloknya menggunakan busur. Pengujian dilakukan dengan memberikan sudut masukan pada servo melalui pemrograman Arduino kemudian menjalankan miniatur mobil. Adapun ilustrasi pengujian sudut belok miniatur mobil dapat dilihat pada Gambar 4.2. Tabel 4.2 merupakan hasil dari pengujian sudut belok miniatur mobil.



Gambar 4.2 Ilustrasi Pengujian Sudut Belok Miniatur Mobil

Tabel 4.2 Pengujian Sudut Belok Miniatur Mobil

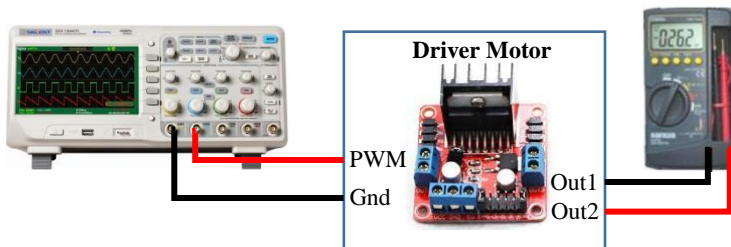
Sudut Servo	Sudut Belok Miniatur Mobil	Keterangan
50 ⁰	70 ⁰	Belok kiri
55 ⁰	73 ⁰	Belok kiri
60 ⁰	76,5 ⁰	Belok kiri
65 ⁰	80 ⁰	Belok kiri
70 ⁰	83 ⁰	Belok kiri
75 ⁰	86,5 ⁰	Belok kiri
80 ⁰	90 ⁰	Lurus
85 ⁰	93 ⁰	Belok Kanan
90 ⁰	97,5 ⁰	Belok Kanan
95 ⁰	102 ⁰	Belok Kanan
100 ⁰	106,5 ⁰	Belok Kanan
105 ⁰	111 ⁰	Belok Kanan
110 ⁰	116 ⁰	Belok Kanan
115 ⁰	120 ⁰	Belok Kanan

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa sudut servo dengan sudut belok miniatur mobil tidak sama. Hal ini di karenakan perancangan mekanik yang belum sempurna dimana poros roda miniatur mobil yang kurang presisi. Serta pemasangan mekanik servo pada miniatur mobil disesuaikan dengan fisik mobil *remote control*. Hal tersebut berpengaruh pada peletakan servo, sehingga sudut belok miniatur mobil tidak sesuai

dengan sudut masukan servo. Selain itu, pada pengujian servo sendiri masih terdapat *error*. Dari pengujian sudut belok miniatur mobil dapat disimpulkan bahwa sudut belok maksimum yang dapat dilakukan oleh miniatur mobil adalah 70^0 ketika diberi masukan 50^0 pada servo, sedangkan sudut belok minimumnya adalah $86,5^0$ dengan masukan servo 75^0 dan posisi lurus miniatur mobil ketika servo diberi masukan sudut 80^0 .

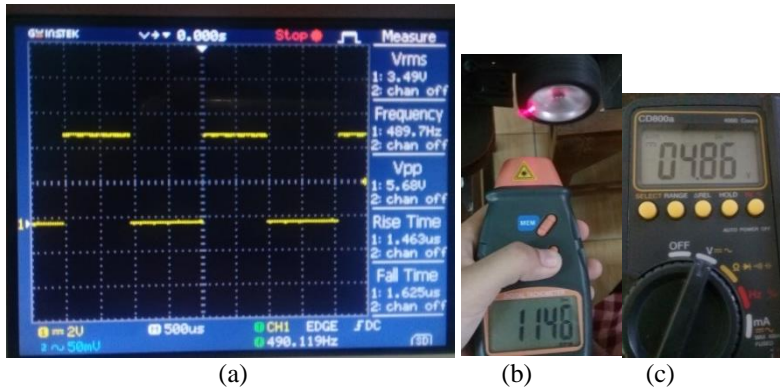
4.3 Pengujian Kecepatan Motor DC

Tujuan dari pengujian kecepatan motor DC adalah untuk mengetahui kecepatan yang sesuai dengan miniatur mobil agar miniatur mobil dapat berjalan dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian *driver motor* dengan *oscilloscope* untuk mengetahui *duty cycle* yang dihasilkan dari pengaturan PWM. Besar kecilnya PWM diatur dalam pemrograman Arduino (0-255). CH1(+) *oscilloscope* terhubung dengan pin PWM *driver motor* dan CH1(-) *oscilloscope* terhubung dengan pin *ground driver motor*. Selain itu digunakan AVO meter untuk mengukur tegangan yang terukur pada *output* motor DC, dan *tachometer* untuk mengukur kecepatan putar motor. Peralatan lain yang digunakan pada pengujian ini adalah baterai dengan tegangan 7,40 volt, Adapun cara pengujian kecepatan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengujian Kecepatan Motor DC dengan *Oscilloscope* dan *Tachometer*

Gambar 4.2 merupakan salah satu contoh dari hasil pengujian kecepatan motor. Gambar tersebut menunjukkan pada saat PWM=120 dengan *duty cycle* 48%, 1146 rpm dan 4,86V. Pengambilan data dilakukan pada 10 jenis PWM yang berbeda, ditunjukkan oleh Tabel 4.3.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Kecepatan Motor dengan (a) *Oscilloscope* (b) *Tachometer* dan (c) *AVO meter*

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kecepatan Motor

PWM	Tegangan (V)	Duty Cycle (%)	RPM	Kondisi Miniatur Mobil
50	3,37	20	786,6	Diam
70	4,08	25	901,8	Diam
80	4,27	32	1028	Pelan
100	4,6	40	1109	Pelan
120	4,86	48	1146	Pelan
135	4,96	55	1208	Berjalan
150	5,08	60	1246	Berjalan
200	5,36	80	1264	Berjalan
225	5,47	90	1273	Berjalan
235	5,5	94	1285	Berjalan
255	5,6	100	1303	Berjalan

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa semakin besar PWM yang diberikan, tegangan *output* motor DC semakin besar, begitu pula pada kecepatan putar motor. *Duty cycle* dapat dilihat sinyal yang dihasilkan oleh *oscilloscope* atau dapat dihitung dengan persamaan $V_{out} = Duty\ Cycle \times V_{in}$. Miniatur mobil dapat berjalan dengan baik pada PWM 135 dengan tegangan input 7,40. Semakin besar PWM yang diberikan, kecepatan miniatur mobil semakin besar.

4.4 Pengujian Kecepatan Miniatur Mobil

Pengujian kecepatan miniatur mobil bertujuan untuk mengetahui kecepatan mobil pada saat melalui lintasan lurus dan lintasan belok. Karena keduanya memiliki kecepatan yang berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan menghitung jarak yang ditempuh dalam 1 detik. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah *stopwatch* untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan mobil pada saat melalui lintasan lurus atau lintasan belok. Rumus kecepatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

$$v = \frac{s}{t}$$

Keterangan :

v = kecepatan (m/s)

s = jarak yang ditempuh (m)

t = waktu yang dibutuhkan (s)



Gambar 4.5 Mobil Saat Melintasi Marka Lurus

Gambar 4.5 merupakan pengujian miniatur mobil pada lintasan lurus. Lintasan lurus yang dibuat dalam Tugas Akhir ini sepanjang 2,5m. Dari pengujian yang telah dilakukan pada lintasan lurus kemudian dihitung kecepatan pada setiap pengujian menggunakan rumus kecepatan. Tabel 4.4 menunjukkan kecepatan miniatur mobil pada saat melalui lintasan lurus. Pengambilan data dalam pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali.

- 1) Kecepatan Lurus 1 = $2,5 \text{ m} : 5 \text{ s} = 0,5 \text{ m/s}$
- 2) Kecepatan Lurus 2 = $2,5 \text{ m} : 5 \text{ s} = 0,5 \text{ m/s}$
- 3) Kecepatan Lurus 3 = $2,5 \text{ m} : 5 \text{ s} = 0,5 \text{ m/s}$
- 4) Kecepatan Lurus 4 = $2,5 \text{ m} : 5 \text{ s} = 0,5 \text{ m/s}$
- 5) Kecepatan Lurus 5 = $2,5 \text{ m} : 4 \text{ s} = 0,625 \text{ m/s}$
- 6) Kecepatan Lurus 6 = $2,5 \text{ m} : 4 \text{ s} = 0,625 \text{ m/s}$
- 7) Kecepatan Lurus 7 = $2,5 \text{ m} : 4 \text{ s} = 0,625 \text{ m/s}$
- 8) Kecepatan Lurus 8 = $2,5 \text{ m} : 4 \text{ s} = 0,625 \text{ m/s}$
- 9) Kecepatan Lurus 9 = $2,5 \text{ m} : 5 \text{ s} = 0,5 \text{ m/s}$
- 10) Kecepatan Lurus 10 = $2,5 \text{ m} : 5 \text{ s} = 0,5 \text{ m/s}$

Tabel 4.4 Kecepatan Miniatur Mobil Pada Lintasan Lurus

Pengujian ke-	Kecepatan (m/s)
1	0,5
2	0,5
3	0,5
4	0,5
5	0,625
6	0,625
7	0,625
8	0,625
9	0,5
10	0,5
Kecepatan rata-rata	0,55

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata miniatur mobil pada saat melalui lintasan lurus adalah 0,55 m/s.

Berikutnya adalah pengujian kecepatan miniatur mobil pada saat melalui lintasan belok. Gambar 4.6 merupakan pengujian miniatur mobil pada lintasan belok. Lintasan belok yang dibuat dalam Tugas Akhir ini sepanjang 1,398 m. Dari pengujian yang telah dilakukan pada lintasan lurus kemudian dihitung kecepatan pada setiap pengujian menggunakan rumus kecepatan.



Gambar 4.6 Mobil Saat Melintasi Marka Belok

- 1) Kecepatan Belok 1 = $1,398 \text{ m} : 4 \text{ s} = 0,35 \text{ m/s}$
- 2) Kecepatan Belok 2 = $1,398 \text{ m} : 4 \text{ s} = 0,35 \text{ m/s}$
- 3) Kecepatan Belok 3 = $1,398 \text{ m} : 3 \text{ s} = 0,466 \text{ m/s}$
- 4) Kecepatan Belok 4 = $1,398 \text{ m} : 3 \text{ s} = 0,466 \text{ m/s}$
- 5) Kecepatan Belok 5 = $1,398 \text{ m} : 4 \text{ s} = 0,35 \text{ m/s}$
- 6) Kecepatan Belok 6 = $1,398 \text{ m} : 3 \text{ s} = 0,466 \text{ m/s}$
- 7) Kecepatan Belok 7 = $1,398 \text{ m} : 3 \text{ s} = 0,466 \text{ m/s}$
- 8) Kecepatan Belok 8 = $1,398 \text{ m} : 3 \text{ s} = 0,466 \text{ m/s}$
- 9) Kecepatan Belok 9 = $1,398 \text{ m} : 3 \text{ s} = 0,466 \text{ m/s}$
- 10) Kecepatan Belok 10 = $1,398 \text{ m} : 4 \text{ s} = 0,35 \text{ m/s}$

Tabel 4.5 menunjukkan kecepatan miniatur mobil pada saat melalui lintasan belok. Pengambilan data yang dilakukan dalam pengujian ini sebanyak 10.

Tabel 4.5 Kecepatan Miniatur Mobil Pada Lintasan Belok

Pengujian ke-	Kecepatan (m/s)
1	0,35
2	0,35
3	0,466
4	0,466
5	0,35
6	0,466
7	0,466
8	0,466

Pengujian ke-	Kecepatan (m/s)
9	0,466
10	0,35
Kecepatan rata-rata	0,42

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata miniatur mobil pada saat melalui lintasan belok adalah 0,42 m/s.

Dari kedua Tabel 4.4 dan 4.5, dapat dilihat bahwa kecepatan mobil pada saat melalui lintasan lurus memiliki kecepatan yang lebih besar daripada kecepatan pada saat melalui lintasan belok. Hal ini dipengaruhi oleh indentifikasi marka yang dilakukan oleh pengolahan citra. Selain itu, penurunan kecepatan saat belok dipengaruhi oleh rugi mekanis yang dialami miniatur mobil yang disebabkan oleh gaya gesek yang besar antara roda dengan lintasan pada saat melalui lintasan belok.

4.5 Pengujian Sensor Ultrasonik

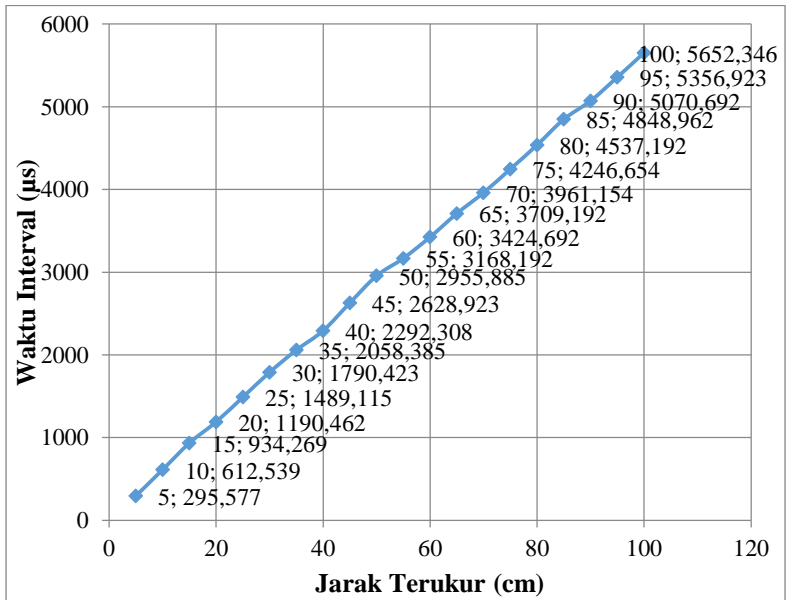
Pada pengujian sensor ultrasonik terdapat 2 tahap pengujian. Tahap pertama adalah pengujian linierisasi sensor ultrasonik. Sebelum digunakan pada alat, sensor ultrasonik perlu dilakukan pengujian linierisasi agar hasil yang terbaca oleh sensor telah sesuai dengan kebutuhan. Pengujian linierisasi sensor ultrasonik dilakukan menggunakan Arduino yang telah di program untuk mendapatkan waktu interval pada pin echo. Data yang diambil pada proses linierisasi sebanyak 20.

Hasil pengujian linierisasi dari sensor ultrasonik menggunakan pemrograman Arduino seperti Tabel 4.6 dan Gambar 4.7.

Tabel 4.6 Jarak dan Interval Waktu Sensor Ultrasonik

No.	Jarak sebenarnya (cm)	Interval Waktu (μ s)
1.	5	295,577
2.	10	612,539
3.	15	934,269
4.	20	1190,462
5.	25	1489,115
6.	30	1790,423
7.	35	2058,385
8.	40	2292,308
9.	45	2628,923
10.	50	2955,885

No.	Jarak sebenarnya (cm)	Interval Waktu (μ s)
11.	55	3168,192
12.	60	3424,692
13.	65	3709,192
14.	70	3961,154
15.	75	4246,654
16.	80	4537,192
17.	85	4848,962
18.	90	5070,692
19.	95	5356,923
20.	100	5652,346



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Waktu Interval oleh Pin Echo terhadap Jarak Terukur Sensor Ultrasonik

Dari grafik tersebut didapatkan persamaan linear dari sensor ultrasonik yaitu $y = 0,018x - 1,5$ menggunakan metode regresi linier. Dari persamaan tersebut kemudian diprogram pada Arduino untuk menghasilkan jarak dalam satuan cm (centimeter).

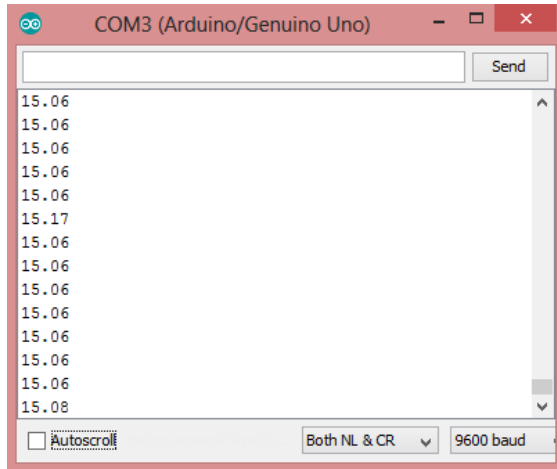
Tahap kedua adalah pengujian pada hasil linierisasi sensor ultrasonik. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah jarak yang terukur telah sesuai dengan jarak sebenarnya. Peralatan yang digunakan pada pengujian ultrasonik ini menggunakan alat ukur berupa meteran, dan laptop untuk melihat jarak yang terbaca oleh serial monitor pada Arduino. Persamaan yang diperoleh dari proses persamaan linierisasi sensor ultrasonik diprogram pada Arduino seperti pada Gambar 4.8.

```
void loop() {  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
    delayMicroseconds(2);  
    digitalWrite(trigPin, HIGH);  
    delayMicroseconds(10);  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
    distance=(0.018*duration)-1.5);  
    Serial.println(distance);  
}
```

Gambar 4.8 Program Sensor Ultrasonik pada Arduino



Gambar 4.9 Jarak Antara Sensor Ultrasonik dengan Halangan



Gambar 4.10 Jarak yang Terukur pada Serial Monitor Arduino

Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 merupakan salah satu hasil dari pengujian jarak sensor ultrasonik terhadap halangan. Hasil jarak yang ditampilkan oleh serial monitor akan dibandingkan dengan pengukuran yang sebenarnya. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mengukur jarak 15 cm, sedangkan pada serial monitor yang terbaca adalah rata-rata 15,06 cm. Data yang diambil dalam pengujian ini sebanyak 20 dengan selisih setiap jarak 5 cm. Hasil pengujian sensor ultrasonik setelah dilakukan linierisasi dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Tabel Hasil Linierisasi Sensor Ultrasonik

Jarak sebenarnya (cm)	Jarak yang terbaca oleh sensor (cm)	Error (%)
5	5,2	4
10	10,4	4
15	15	0
20	20,3	1,5
25	25,3	1,2
30	30,3	1
35	35	0
40	40,2	0,5
45	45,3	0,67
50	50,5	1
55	55	0

Jarak sebenarnya (cm)	Jarak yang terbaca oleh sensor (cm)	Error (%)
60	60,2	0,3
65	65,1	0,15
70	70,4	0,57
75	75,3	0,4
80	80,3	0,38
85	85,2	0,2
90	90,2	0,2
95	95,5	0,5
100	100,3	0,3
<i>Error rata-rata</i>		0,84

Pada pengujian sensor ultrasonik dihitung prosentase *error* dari jarak yang terukur dengan jarak sebenarnya. Rumus prosentase *error* yaitu

$$\%error = \left| \frac{Jarak\ sebenarnya - Jarak\ terukur}{Jarak\ sebenarnya} \right| \times 100\%$$

Dari hasil pengujian di atas, ternyata masih ada nilai *error* pada pengukuran jarak sebenarnya dengan jarak yang terbaca oleh sensor. Hal ini dikarenakan jarak benda yang diukur kurang presisi dan kurang tepatnya proses linierisasi yang dilakukan. Namun *error* yang dihasilkan masih dalam batas toleransi.

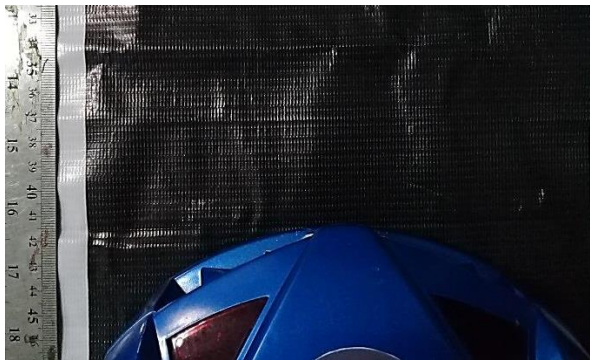
4.6 Pengujian Sensor Ultrasonik Terhadap Halangan Pada Miniatur Mobil

Pada pengujian ini sensor ultrasonik dirangkai dengan miniatur mobil. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah miniatur mobil dapat berhenti saat mendeteksi halangan terhadap batas jarak yang telah ditentukan. Jarak antara halangan dengan sensor ultrasonik adalah kurang dari 50cm. Maksudnya apabila sensor mendeteksi halangan kurang dari 50cm, maka miniatur mobil harus berhenti.

Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak berhentinya mobil terhadap halangan yang terdeteksi menggunakan alat ukur. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian sensor ultrasonik ini adalah penggaris berukuran 50cm yang diletakkan sebelum halangan. Sehingga pada saat miniatur mobil berhenti dapat dilihat besar jarak antara miniatur mobil dengan halangan. Sedangkan halangan yang digunakan berupa papan datar agar sensor ultrasonik dapat membaca dengan presisi.



Gambar 4.11 Pengukuran Jarak Miniatur Mobil Terhadap Halangan



Gambar 4.12 Hasil Pengujian Jarak Miniatur Mobil Terhadap Halangan

Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 merupakan salah satu hasil dari pengujian jarak miniatur mobil terhadap halangan. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa miniatur mobil berhenti pada jarak 41 cm. Pada pengujian ini pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali. Berikut adalah Tabel 4.8 pengujian sensor ultrasonik pada miniatur mobil.

Tabel 4.8 Tabel Pengujian Jarak Miniatur Mobil terhadap Halangan

Jarak Batas (cm)	Jarak Realisasi (cm)	Error (%)
50	45	10
50	37,5	25
50	48	4
50	48	4

Jarak Batas (cm)	Jarak Realisasi (cm)	Error (%)
50	44	12
50	43,5	13
50	46,5	7
50	41	18
50	37	26
50	41	18
<i>Error rata-rata</i>		13,7

Pada pengujian sensor ultrasonik dihitung prosentase *error* dari jarak batas dan jarak realisasi. Rumus prosentase *error* yaitu

$$\%error = \left| \frac{Jarak\ Batas - Jarak\ Realisasi}{Jarak\ Batas} \right| \times 100\%$$

Dari hasil pengujian pada Tabel 4.8, ternyata masih ada nilai *error* pada pengukuran jarak miniatur mobil terhadap halangan. Hal ini dipengaruhi oleh miniatur mobil yang digunakan tidak menggunakan pengereman mekanis akibatnya tetap menyisakan momentum linier pada miniatur mobil sehingga miniatur mobil masih bergerak sampai momentum linier miniatur mobil benar-benar habis.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB V

PENUTUP

Bab penutup ini berisi kesimpulan yang diperoleh selama proses pembuatan alat Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengendali Navigasi Pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan, kesimpulan dari hasil pengujian dan analisa data, serta saran untuk pengembangan alat ini kedepannya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir dengan judul Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengendali pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan adalah :

1. Sudut belok maksimum yang dapat dilakukan oleh servo adalah 70° , sedangkan sudut belok minimum yang dapat dilakukan servo adalah $86,5^{\circ}$.
2. Kecepatan rata-rata miniatur mobil pada saat melalui lintasan lurus adalah 0,55 m/s dan kecepatan rata-rata miniatur mobil pada saat melalui lintasan belok adalah 0,42 m/s.
3. Miniatur mobil dapat berhenti terhadap halangan dengan jarak rata-rata 43,15 cm.

5.2 Saran

Saran untuk alat Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengendali pada Miniatur Mobil Pendeteksi Marka Jalan adalah :

1. Kendali miniatur mobil sebaiknya menggunakan kontrol pengendali yang lebih baik seperti kontrol PID.
2. Penggunaan sensor ultrasonik lebih dari 1 agar mobil dapat mendeteksi halangan dari berbagai sisi.
3. Miniatur mobil dibuat pengereman mekanis agar miniatur mobil dapat berhenti sesuai batas jarak yang ditentukan terhadap halangan.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, 2014, “Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 1987-2013” www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1413 (diakses tanggal 27 Desember 2016)
- [2] EUR-Lex, 2010, “Directive 2010/40/Eu Of The European Parliament And Of The Council Of 7 July 2010” <http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/40/oj> (diakses tanggal 27 Desember 2016)
- [3] Syahwil, Muhammad. 2013. “Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino”. Yogyakarta: ANDI.
- [4] Wikipedia, 2017, “DC Motor” https://en.wikipedia.org/wiki/DC_motor (diakses tanggal 28 Maret 2017)
- [5] Wu, Keng C. 1996. “Pulse Width Modulated DC-DC Converter”. United States of America: Chapman & Hall.
- [6] Datasheet L298N, 2000, “Dual Full-Bridge Driver”, STMicroelectronics Group Of Companies, <http://www.alldatasheet.com/> (diakses tanggal 03 April 2017)
- [7] Ebit Nur Alfian, 2012, “Autonomous Mobile Robot Dengan Sistem Navigasi Menggunakan Deteksi Garis Marka Jalan”, Proyek Akhir PENS-ITS.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN A

A.1. Listing Program pada Arduino

```
#include <Servo.h>
Servo a;
const int trigPin = 4;
const int echoPin =12;
long duration;
int distance;
String concatStr;
int myValues[3];
byte counter;
int m;
int zzz;
int A=7;
int B=8;
int pwm=3;
int state=0;
int state1=0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  a.attach(9);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(A,OUTPUT) ;
  pinMode(B,OUTPUT) ;
  pinMode(pwm,OUTPUT) ;
}
void loop()
{
  tc();
  Serial.flush();
  ping();
  motor();
  servo();
}
void tc(){
  if(Serial.available()!=0)
```

```

{
char c = Serial.read();
if( c == 'p' )
  {
  if( counter == 3 )
  {
  memset(myValues, 0, sizeof(myValues));
  counter = 0;
  }
  m = myValues[counter]=concatStr.toInt();
  counter++;
  concatStr = "";
  zzz= 80+m;
  if (zzz<50){
  a.write(50);
  }
  else if(zzz>115){
  a.write(115);
  }
  else{
  a.write(zzz);
  }
  }
else if( c == ',' )
{
  if( counter == 3 )
  {
  memset(myValues, 0, sizeof(myValues));
  counter = 0;
  }
  m = myValues[counter]=concatStr.toInt();
  counter++;
  concatStr = "";
  zzz = 80-m;
  if (zzz<50){
  a.write(50);
  }
  else if(zzz>115){
  a.write(115);
  }
  }
}

```

```

    }
    else{
        a.write(zzz);
    }
}
else
{
    concatStr += c;
}
}
}
void ping(){
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance=((0.018*duration)-0.15);
if (distance >0)
{
    state=1;
    state1=0;
}
else
{
    state=0;
    state1=1;
}
}
}
void servo(void)
{
    switch(state)
    {
        case 0: a.write(zzz);
                Serial.flush();
                break;
        case 1: a.write(zzz);
                state=0;
    }
}

```

```
        break;
    }
}
void motor(void)
{
    switch(state1)
    {
        case 0: digitalWrite(A,LOW) ;
                digitalWrite(B,HIGH) ;
                analogWrite(pwm, 0);
                break;
        case 1: digitalWrite(A,HIGH) ;
                digitalWrite(B,LOW) ;
                analogWrite(pwm, 135) ;
                break;
    }
}
```

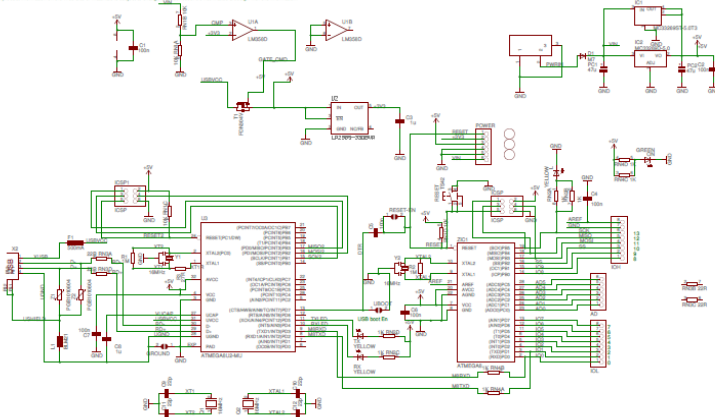

LAMPIRAN B

B.1 DATASHEET ARDUINO UNO

Arduino™ UNO Reference Design

Reference Design and PCB are provided as a guide only. All components are subject to change without notice. Express or implied warranty is disclaimed. NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

Arduino only makes changes to specifications and product descriptions when the application is the Customer's choice. We are not responsible for any hardware or software modifications or changes to the Arduino™ Arduino Uno PCB. The product information in this file is subject to change without notice. For the latest information, please visit the Arduino website.



Technical Specification



EAGLE files: arduino-draw@nove-uno-datasheet Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0.5 KB is used for the bootloader); it has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an Input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial:** 0 (RX) and 1 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega328P USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts:** 2 and 3. These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM:** 3, 5, 6, 9, 10, and 11. Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI:** 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED:** 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I²C:** 4 (SDA) and 5 (SCL). Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

B.2. DATASHEET L298N



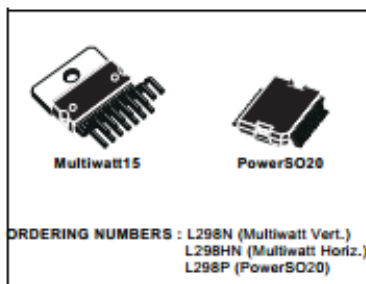
L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

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

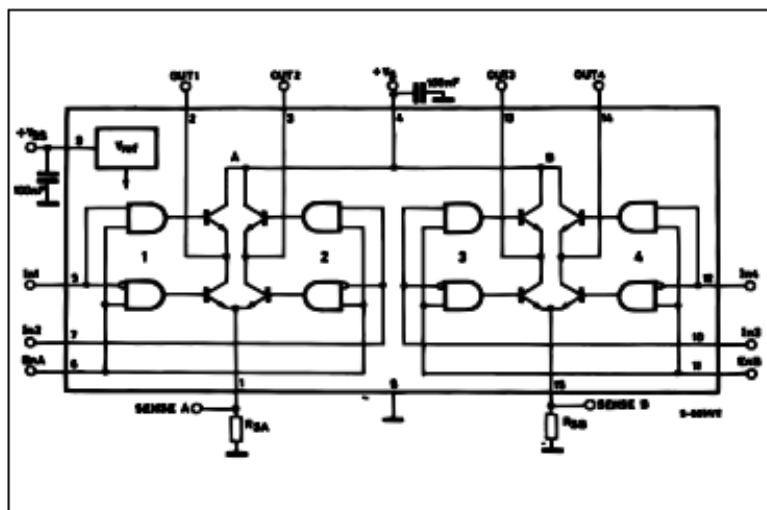
DESCRIPTION

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



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

BLOCK DIAGRAM

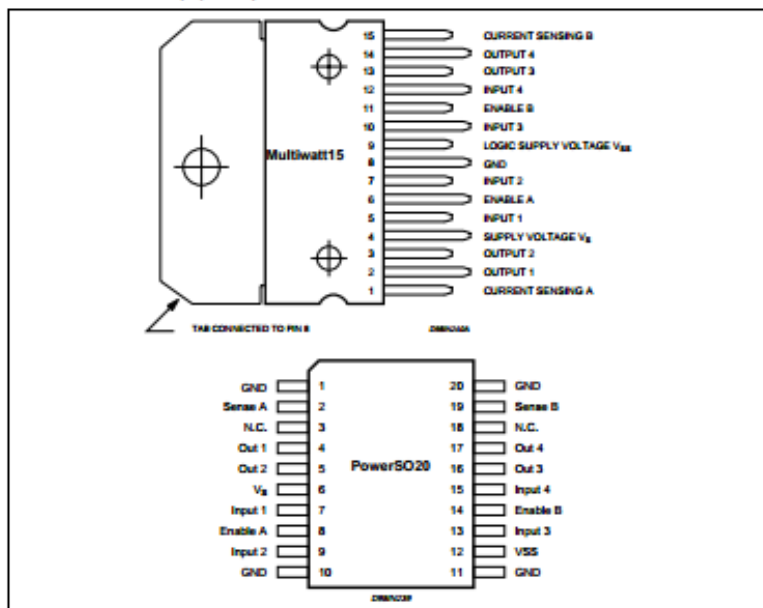


L298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
$V_{I, Ven}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ($t = 100\mu s$)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $I_{OAV} = 10ms$)	2.5	A
	- DC Operation	2	A
V_{Sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{Case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_J	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = 42V$; $V_{SS} = 5V$, $T_J = 25^\circ C$; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	$V_{H1} + 2.5$		46	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I_S	Quiescent Supply Current (pin 4)	$V_{en} = H$; $I_L = 0$ $V_1 = L$ $V_1 = H$		13 50	22 70	mA mA
		$V_{en} = L$ $V_1 = X$			4	mA
I_{SS}	Quiescent Current from V_{SS} (pin 9)	$V_{en} = H$; $I_L = 0$ $V_1 = L$ $V_1 = H$		24 7	36 12	mA mA
		$V_{en} = L$ $V_1 = X$			6	mA
V_L	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V_H	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V_{SS}	V
I_L	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	$V_1 = L$			-10	μA
I_H	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	$V_1 = H \leq V_{SS} - 0.6V$		30	100	μA
$V_{en} = L$	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
$V_{en} = H$	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V_{SS}	V
$I_{en} = L$	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	$V_{en} = L$			-10	μA
$I_{en} = H$	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	$V_{en} = H \leq V_{SS} - 0.6V$		30	100	μA
$V_{CEsat(H)}$	Source Saturation Voltage	$I_L = 1A$	0.95	1.35	1.7	V
		$I_L = 2A$		2	2.7	V
$V_{CEsat(L)}$	Sink Saturation Voltage	$I_L = 1A$ (5)	0.85	1.2	1.6	V
		$I_L = 2A$ (5)		1.7	2.3	V
V_{CEsat}	Total Drop	$I_L = 1A$ (5) $I_L = 2A$ (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V_{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$T_1 (V_L)$	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_1$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		1.5		μs
$T_2 (V_L)$	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.2		μs
$T_3 (V_L)$	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_1$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		2		μs
$T_4 (V_L)$	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.7		μs
$T_5 (V_L)$	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_1$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.7		μs
$T_6 (V_L)$	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.25		μs
$T_7 (V_L)$	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_1$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		1.6		μs
$T_8 (V_L)$	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.2		μs
$f_c (V_L)$	Commutation Frequency	$I_L = 2A$		25	40	KHz
$T_1 (V_{en})$	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		3		μs
$T_2 (V_{en})$	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		1		μs
$T_3 (V_{en})$	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.3		μs
$T_4 (V_{en})$	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.4		μs
$T_5 (V_{en})$	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		2.2		μs
$T_6 (V_{en})$	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.35		μs
$T_7 (V_{en})$	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.25		μs
$T_8 (V_{en})$	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.1		μs

B.3. DATASHEET MP1584



MP1584

3A, 1.5MHz, 28V
Step-Down Converter

DESCRIPTION

The MP1584 is a high frequency step-down switching regulator with an integrated internal high-side high voltage MOSFET. It provides 3A output with current mode control for fast loop response and easy compensation.

The wide 4.5V to 28V input range accommodates a variety of step-down applications, including those in an automotive input environment. A 100 μ A operational quiescent current allows use in battery-powered applications.

High power conversion efficiency over a wide load range is achieved by scaling down the switching frequency at light load condition to reduce the switching and gate driving losses.

The frequency foldback helps prevent inductor current runaway during startup and thermal shutdown provides reliable, fault tolerant operation.

By switching at 1.5MHz, the MP1584 is able to prevent EMI (Electromagnetic Interference) noise problems, such as those found in AM radio and ADSL applications.

The MP1584 is available in a thermally enhanced SOIC8E package.

FEATURES

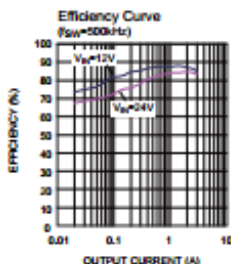
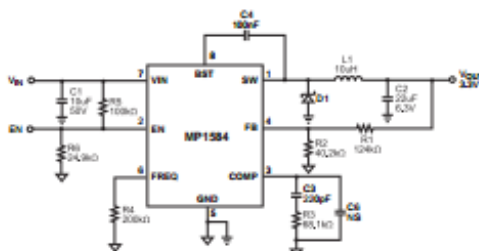
- Wide 4.5V to 28V Operating Input Range
- Programmable Switching Frequency from 100kHz to 1.5MHz
- High-Efficiency Pulse Skipping Mode for Light Load
- Ceramic Capacitor Stable
- Internal Soft-Start
- Internally Set Current Limit without a Current Sensing Resistor
- Available in SOIC8E Package.

APPLICATIONS

- High Voltage Power Conversion
- Automotive Systems
- Industrial Power Systems
- Distributed Power Systems
- Battery Powered Systems

MPS® and "The Future of Analog IC Technology" are Registered Trademarks of Monolithic Power Systems, Inc.

TYPICAL APPLICATION



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ⁽¹⁾

Supply Voltage (V_{IN}).....-0.3V to +30V
 Switch Voltage (V_{SW}).....-0.3V to $V_{IN} + 0.3V$
 BST to SW-0.3V to +6V
 All Other Pins-0.3V to +6V
 Continuous Power Dissipation ($T_A = +25^\circ C$)⁽²⁾

..... 2.5W
 Junction Temperature 150°C
 Lead Temperature 260°C
 Storage Temperature -65°C to +150°C

Recommended Operating Conditions ⁽³⁾

Supply Voltage V_{IN} 4.5V to 28V
 Output Voltage V_{OUT} 0.8V to 25V

Operating Junct. Temp (T_J) -20°C to +125°C

Thermal Resistance ⁽⁴⁾ θ_{JA} θ_{JC}
 SOIC8E 50 10... °C/W

Notes:

- Exceeding these ratings may damage the device.
- The maximum allowable power dissipation is a function of the maximum junction temperature $T_J(MAX)$, the junction-to-ambient thermal resistance θ_{JA} , and the ambient temperature T_A . The maximum allowable continuous power dissipation at any ambient temperature is calculated by $P_D(MAX) = (T_J(MAX) - T_A) / \theta_{JA}$. Exceeding the maximum allowable power dissipation will cause excessive die temperature, and the regulator will go into thermal shutdown. Internal thermal shutdown circuitry protects the device from permanent damage.
- The device is not guaranteed to function outside of its operating conditions.
- Measured on JE5D51-7, 4-layer PCB.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{IN} = 12V$, $V_{EN} = 2.5V$, $V_{COMP} = 1.4V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.

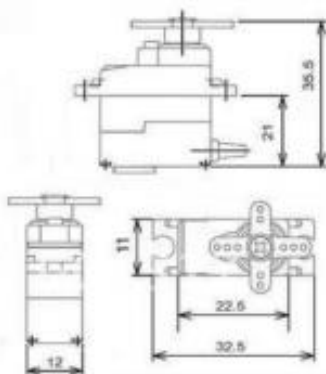
Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Units
Feedback Voltage	V_{FB}	$4.5V < V_{IN} < 28V$	0.776	0.8	0.824	V
Upper Switch On Resistance	$R_{DS(ON)}$	$V_{BST} - V_{SW} = 5V$		150		mΩ
Upper Switch Leakage		$V_{EN} = 0V$, $V_{SW} = 0V$, $V_{IN} = 28V$		1		μA
Current Limit			4.0	4.7		A
COMP to Current Sense Transconductance	G_{CS}			9		A/V
Error Amp Voltage Gain ⁽⁵⁾				200		V/V
Error Amp Transconductance		$I_{COMP} = \pm 3\mu A$	40	60	80	μA/V
Error Amp Min Source current		$V_{FB} = 0.7V$		5		μA
Error Amp Min Sink current		$V_{FB} = 0.9V$		-5		μA
V_{IN} UVLO Threshold			2.7	3.0	3.3	V
V_{IN} UVLO Hysteresis				0.35		V
Soft-Start Time ⁽⁵⁾		$0V < V_{FB} < 0.8V$		1.5		ms
Oscillator Frequency		$R_{FREQ} = 100k\Omega$		900		kHz
Shutdown Supply Current		$V_{EN} = 0V$		12	20	μA
Quiescent Supply Current		No load, $V_{FB} = 0.9V$		100	125	μA
Thermal Shutdown				150		°C
Thermal Shutdown Hysteresis				15		°C
Minimum Off Time ⁽⁵⁾				100		ns
Minimum On Time ⁽⁵⁾				100		ns
EN Up Threshold			1.35	1.5	1.65	V
EN Hysteresis				300		mV

Note:

- 5) Guaranteed by design.

B.4 DATASHEET SERVO MG90S

MG90S Metal Gear Servo



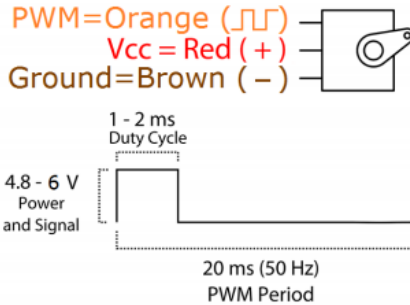
MG90S servo, Metal gear with one bearing

Tiny and lightweight with high output power, this tiny servo is perfect for RC Airplane, Helicopter, Quadcopter or Robot. This servo has *metal gears* for added strength and durability.

Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but *smaller*. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.

Specifications

- Weight: 13.4 g
- Dimension: 22.5 x 12 x 35.5 mm approx.
- Stall torque: 1.8 kgf·cm (4.8V), 2.2 kgf·cm (6 V)
- Operating speed: 0.1 s/60 degree (4.8 V), 0.08 s/60 degree (6 V)
- Operating voltage: 4.8 V - 6.0 V
- Dead band width: 5 μ s



Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2 ms pulse) is all the way to the right, "-90" (~1 ms pulse) is all the way to the left.

B.5 DATASHEET HC-SR04

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

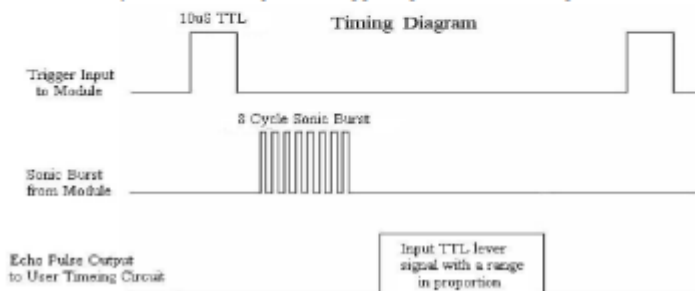
- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

Timing diagram

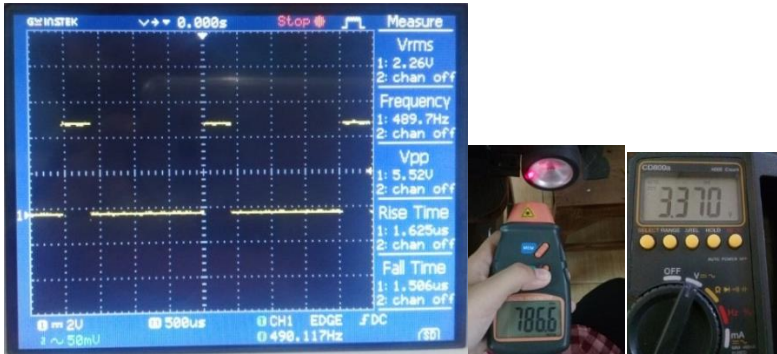
The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



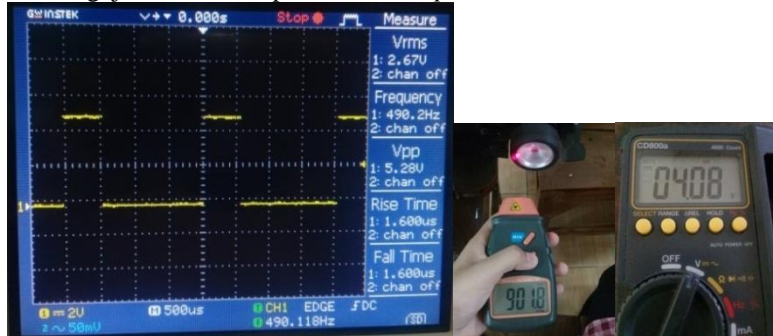
LAMPIRAN C PENGUJIAN ALAT

C.1. PENGUJIAN KECEPATAN MOTOR DC

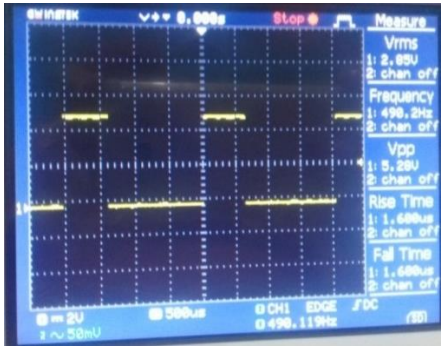
a. Pengujian PWM=50 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVOMeter



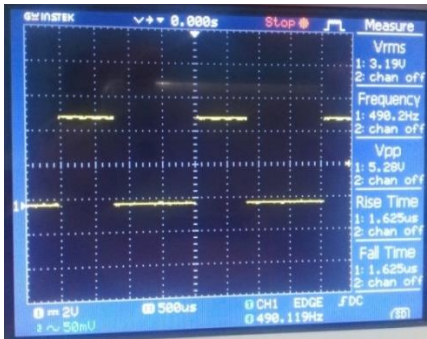
b. Pengujian PWM=70 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVOMeter



c. Pengujian PWM=80 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVometer



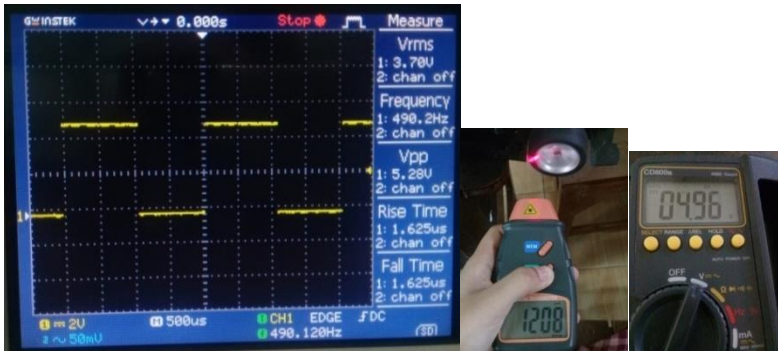
d. Pengujian PWM=100 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVometer



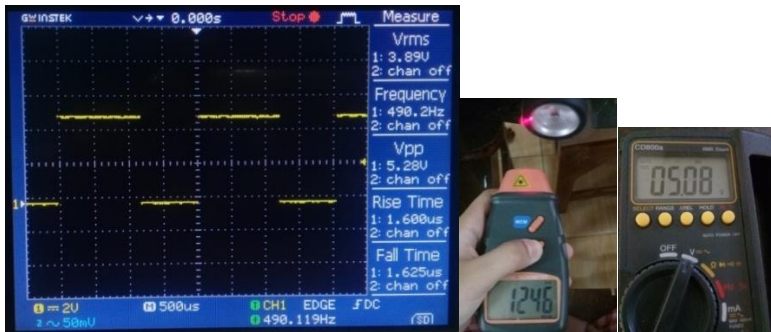
e. Pengujian PWM=120 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVometer



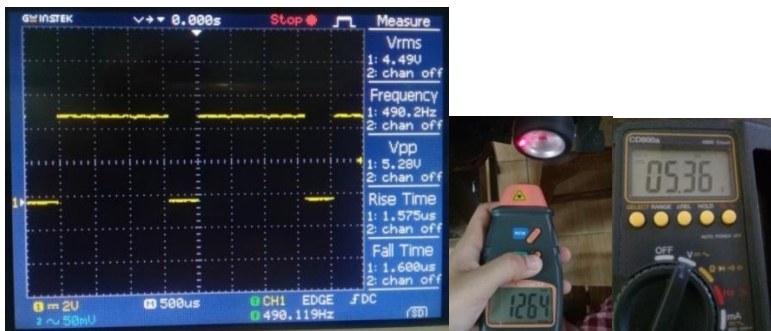
f. Pengujian PWM=135 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVOMeter



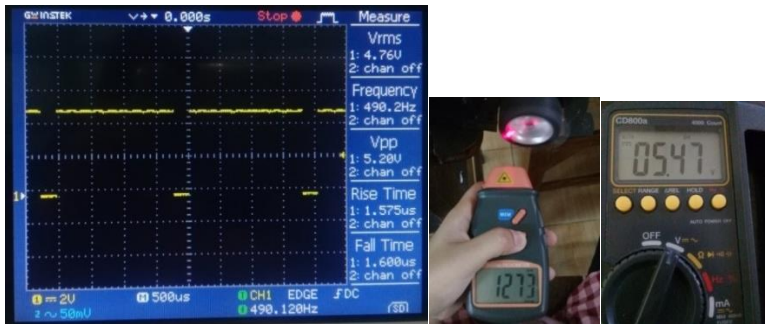
g. Pengujian PWM=150 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVOMeter



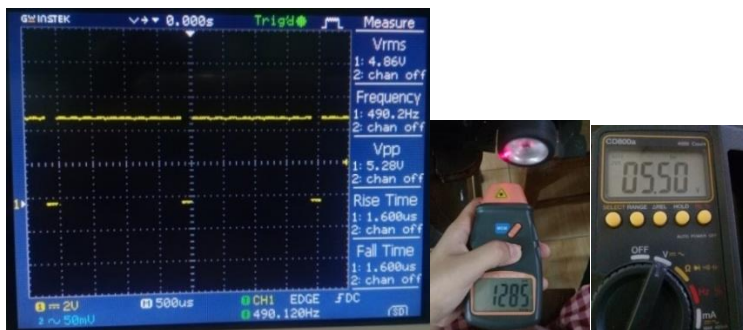
h. Pengujian PWM=200 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVOMeter



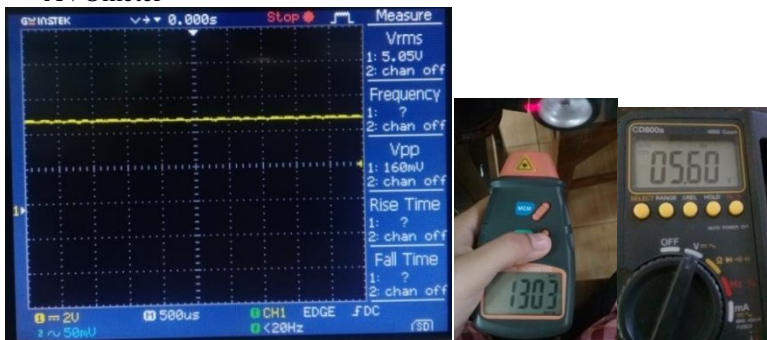
i. Pengujian PWM=225 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVOMeter



j. Pengujian PWM=235 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVOMeter



k. Pengujian PWM=255 pada *oscilloscope*, *tachometer*, dan AVOMeter



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Anis Mardhatillah
TTL : Sumenep, 05 September
1996
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : JL. Berlian III / 19E,
Bangselok, Sumenep
Telp/HP : 085607551160
E-mail :
anis.mardhatillah@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2002 – 2008 : SDN Bangselok 1
2. 2008 – 2011 : SMP Negeri 1 Sumenep
3. 2011 – 2014 : SMA Negeri 1 Sumenep
4. 2014 – 2017 : D3 Teknik Elektro Otomasi, Program Studi Teknik Elektro Komputer Kontrol – Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT PLN (Persero) APD Jawa Timur

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Departemen Sosial Masyarakat HIMAD3TEKTRO 2015-2016
2. Kepala Biro Departemen Sosial Masyarakat HIMAD3TEKTRO 2016-2017