



## پروژه کارشناسی

طراحی و ساخت کنترل از راه دور یک ربات حساس به فاصله اجسام

محمد کثیری

زمستان 1397

## فهرست مطالب

چکیده .....	3
1-1 مقدمه .....	4
فصل دوم: هدف و عملکرد .....	5
1-2- وسایل استفاده شده .....	5
فصل سوم: برنامه نویسی .....	6
1-3- نرم افزار Code Wizard .....	6
2-3- کدهای آردینو .....	6
3-3- طراحی سیستم در برنامه پرتئوس .....	11
فصل چهارم: معرفی قطعات .....	12
فصل پنجم: کاربر سیستم کنترلی و سنسوری طراحی شده .....	17
خلاصه .....	20
مراجع .....	21

هدف از انجام این پروژه ساخت ربات حساس به فاصله به منظور حفظ فاصله خود با اجسام مقابل یا کنار ربات و همچنین پاسخ ربات به ورودی ها برای حرکت و جایگیری در فاصله تعیین شده به وسیله موبایل است، ربات به وسیله کنترل کننده PID کنترل میشود و متغیرهای کنترلی و فاصله خود را از طریق برنامه داخل گوشی دریافت مینماید. برای ساخت ربات از یک میکرو کنترل کننده آردینو استفاده شده است و قدرت ربات به وسیله باتری تامین می شود. بر روی ربات یک LCD 16 کاراکتری به منظور نشان دادن خروجی سنسور که حلقه کنترل را کامل میکند نشان داده میشود.

از کاربرد های مهم ربات در تکنولوژی حفظ فاصله خودرو با خودرو جلویی و همچنین کالسکه های خودران و هوشمند برای حفظ فاصله خود از فرد حامل مورد استفاده قرار میگیرد.

اگر چه هدف ما از انجام این پروژه بیشتر به صورت اهداف کنترلی و پاسخ زمانی و تغییر متغیر های کنترلی و حلقه کنترل (ابزار دقیق) می باشد و اهمیت بیشتر این پروژه نیز از منظر کنترل است.

## 1. مقدمه و معرفی

### کنترل کننده های PID

PID از سه قسمت مجزا به نام های Proportional تناسبی Integral انتگرال گیر و Derivative مشتق گیر تشکیل شده که هر کدام از آن ها سیگنال خطا را به عنوان ورودی گرفته و عملیاتی را روی آن انجام می دهند و در نهایت خروجی شان با هم جمع می شود. خروجی این مجموعه که همان خروجی کنترل کننده PID است برای اصلاح خطا (error) به سیستم فرستاده می شود.

$$\text{Output}(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de}{dt} \right)$$

بنابراین تابع تبدیل یک کنترل کننده PID به صورت زیر درمی آید:

$$G_c = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

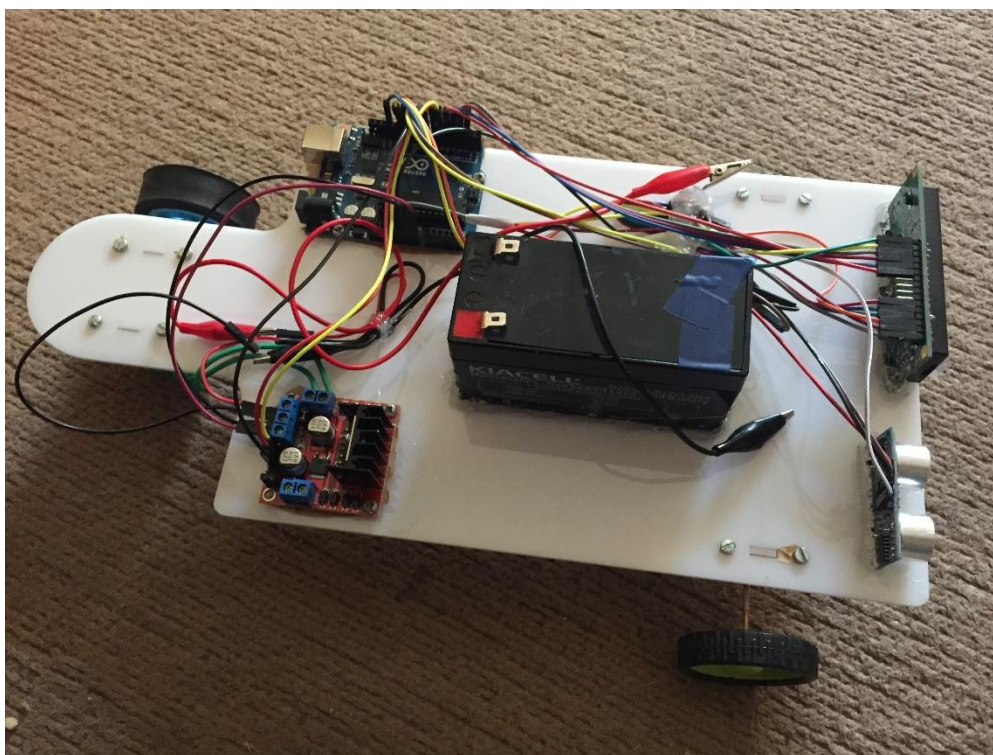
در بسیاری از کنترل کننده ها به علت حساسیت عبارت مشتق نسبت به نویز و دشواری اجرا، از آن صرف نظر و کنترل را به صورت PI پیاده سازی می کنند. سیگنال  $U(t)$  خروجی PID بر اساس نسبتی از خطای کنونی سیستم (عملکرد حاضر)، به اضافه مجموع خطاهای سیستم (رفتار گذشته)، به اضافه مشتق خطای کنونی (تخمین خطی رفتار آینده) محاسبه می شود و برای اصلاح خطا به سیستم اعمال می گردد. ضرایب  $K$ ،  $T_i$  و  $T_d$  نیز می توانند با روش های شناخته شده ای مانند تابع انتقال به صورت بهینه محاسبه شوند، اگرچه در کاربردهای عملی، بطور رضایت بخش می توانند با آزمون و خطا و مشاهده رفتار سیستم بطور تقریبی تعیین گردند.

از کنترل کننده های PID به منظور جبران سازی خروجی سیستم و خطاهای دائمی و موجود است.

که کنترل کننده تناسبی برای تغییر حدود خروجی سیستم و کنترل کننده انتگرالی به منظور حذف خطای دائمی و از کنترل کننده دیفرانسیلی به منظور بهبود حالت گذرا استفاده می شود.

## 1-2 هدف و عملکرد

هدف از این پروژه این است که با تغییر فاصله جسم هدف از سنسور آلتراسونیک، سرعت موتور DC تغییر کند. بدین منظور یک سیستم کنترلی PID درون برنامه ی میکروکنترلر تعبیه شده است که سعی دارد فاصله ربات را از جسم هدف ثابت نگه دارد. بنابراین پس از عبور از یک فاصله رفرنس، جهت چرخش موتور عوض شده و همچنین هر چه فاصله بیشتر باشد (در هر دو جهت نسبت به فاصله رفرنس)، سرعت موتور نیز بیشتر خواهد بود.



ربات ساخته شده

## 2-2 وسایل استفاده شده

تعداد	مشخصات قطعه	قطعه
2	Simple	Plexiglass
1	SRF05	Ultrasonic Sensor
1	12 V	DC Motor
1	32 Character	LCD
1	AVR Atmega32+Arduino UNO	Microcontroller
1	L298N Module	Driver

جدول 1-2 وسایل استفاده شده در پروژه

## ۳-۱ برنامه نویسی CodeWizard

برنامه به زبان C و با کمک کتابخانه های موجود در CodeWizard نوشته شده است. توضیحات لازم مربوط به بخش برنامه، در خود برنامه Comment شده اند.

برنامه دوم که برای کنترل ربات استفاده شده، به کمک Arduino و زبان مختص به خود نوشته شده است.

## ۳-۲ کدهای برنامه به زبان آردینو

```
include <LiquidCrystal.h>#

const unsigned int TRIG_PIN=9;
const unsigned int ECHO_PIN=10;

int EN = 6;
int IN1 = 7;
int IN2 = 8;
float U , U1;
float kp1 = 1.5 , kd1 = 0.0065 , ki1 = 0.055;
float kp , kd , ki;
int fixdistance = 30.0;
int error = 0 ;
float errorold = 0;
unsigned long start1 , finished , finished1 , elapsed;
float derror , ierror;
float dt =0.15;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup() {

lcd.begin(16, 2);
Serial.begin(74880);
```

```

pinMode(EN, OUTPUT);
pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);
pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
pinMode(ECHO_PIN, INPUT);

lcd.clear();

lcd.print("  Instrumentation      Project");
delay(2000);

lcd.clear();

{

void loop() {

start1= micros();

lcd.clear();

digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);

const unsigned long duration= pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);

int distance= duration/29/2;           //Sound speed is about 29 centimeters per microsecond

if (distance < 200 & distance > 4)

}

error = fixdistance - distance;

derror = (error - errorold)/dt;

ierror = ierror + (error + errorold)*dt/2;

if (error < 2 && error >= -2)           //These parameters are for Fuzzy Controller //

}

kp = 0.3 , kd = 0.0025 , ki = 0.03; //

{

```

```

if (error < 10 && error >= 2)//
{
}
kp = 1.2 , kd = 0.003 , ki = 0.05; //
{
}
if (error < 20 && error >= 10)//
{
}
kp = 1.7 , kd = 0.004 , ki = 0.06; //
{
}
if (error >=20)//
{
}
kp = 2 , kd = 0.0055 , ki = 0.07; //
{
}
//
if (error < -2 && error >= -10)//
{
}
kp = 0.3 , kd = 0.003 , ki = 0.05; //
{
}
if (error < -10 && error >= -20)//
{
}
kp = 1.2 , kd = 0.004 , ki = 0.06; //
{
}
if (error <= -20)//
{
}
kp = 2 , kd = 0.0055 , ki = 0.07; //
{

U1 = kp1*error + kd1*derror + ki1*ierror;
U = kp*error + kd*derror + ki*ierror;           // This controller will work for U between -100 to 50
errorold = error;
if (U1 > 0.5)
}

```



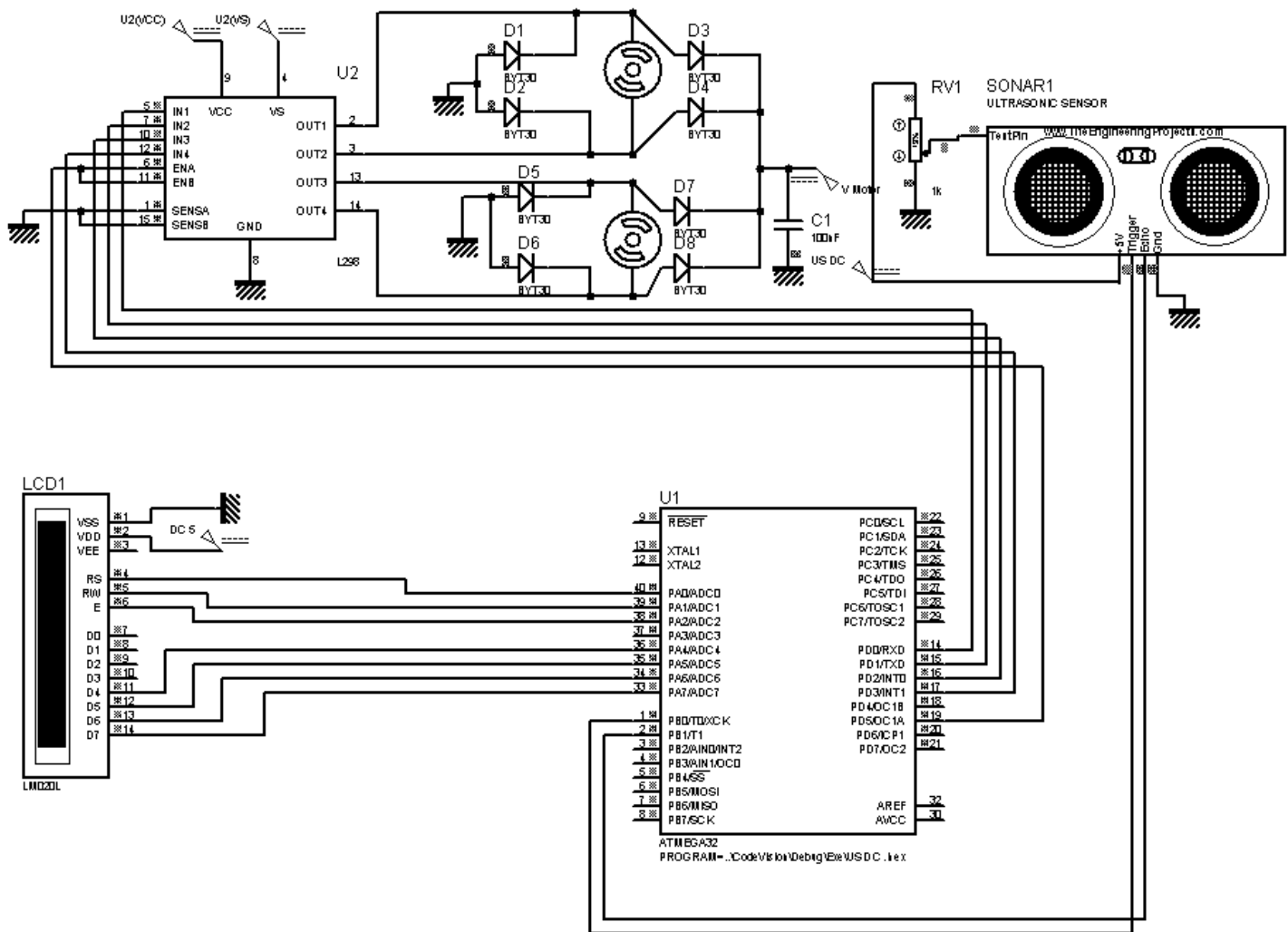
```

digitalWrite(IN1 , HIGH);
digitalWrite(IN2 , LOW);
if (abs(U1)+40 < 254)
{
analogWrite(EN , gerd(100 + abs(U1)));
lcd.clear();
lcd.print(distance);
delay(5);
{
{
if (U1 < -0.5)
}
digitalWrite(IN2 , HIGH);
digitalWrite(IN1 , LOW);
if (abs(U1)+40 < 254)
}
analogWrite(EN , gerd(100 + abs(U1)));
lcd.clear();
lcd.print(distance);
delay(5);
{
{
if (U1 > -0.25 && U1 < 0.25)
}
digitalWrite(IN1 , LOW);
digitalWrite(IN2 , LOW);
{
Serial.println(distance);
{
else
}
}
}

```

```
if (distance <= 4)
{
  lcd.clear();
  lcd.print("Too close!");
  delay(5);
}
if (distance >= 200)
{
  lcd.clear();
  lcd.print("Too far!");
  delay(5);
}
{
  delay(5);
  finished=micros();
  elapsed=finished-start1;
  dt=elapsed/1000000.0;
  start1 = elapsed = 0;
}
```

در ابتدای کار به منظور شبیه سازی سیستم قبل پیاده سازی به روی میکرو کنترلر از برنامه پرتئوس استفاده شده است و یک نمای کلی از سیستم در این نرم افزار کشیده شده و نتیجه نیز مشاهده شده است.



شماتیک پروژه شبیه سازی شده در پرتئوس

• میکروکنترلر ATmega32A

میکروکنترلر اولیه استفاده شده از نوع AVR مدل ATmega32A میباشد. نحوه اتصال پایه ها به ماژول ها در شکل شماتیک پروتئوس آمده است.

برخی از ویژگی های این میکرو

کارایی بالا و توان مصرفی کم

دارای 32 رجیستر 8 بیتی

سرعت تا 16 مگاهرتز

پایه های میکرو کنترل Atmega32

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(AIN0/ INT2) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(AIN1/OC0) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
( $\overline{SS}$ ) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
$\overline{RESET}$	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

شماتیک میکرو کنترلر



شکل برد مدار آردینو

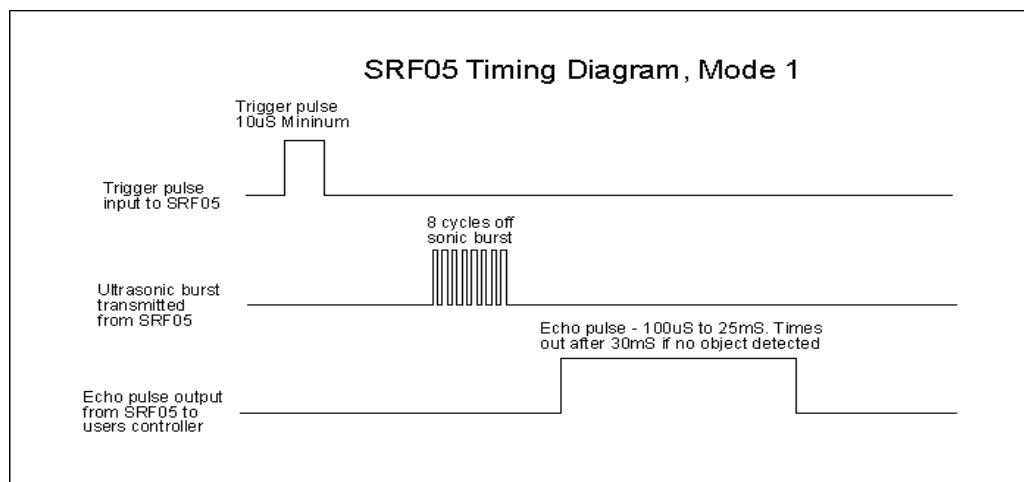
• ماژول آلتراسونیک (SRF05)

این ماژول مانند یک سنسور عمل میکند و میتوان توسط آن فاصله اجسام از سنسور را مشخص کرد.

بازه اندازه گیری این سنسور بین 3 سانتی متر تا 4 متر میباشد. ولتاژ مورد نیاز آن 5 ولت و جریان مصرفی آن 4 میلی آمپر مدت زمانی بیشتر از 10 میکرو ثانیه، از میکروکنترلر به پایه ی Trig میدهیم. ماژول در اینجا تعداد 8 پالس را به سمت محیط ارسال میکند. پس از منعکس شدن این پالس از سطح جسم، ما پالسی را از پایه ی Echo دریافت میکنیم و با محاسبه ی طول این پالس (مدت زمان رفت و برگشت) و ضرب آن در مقادیری (مانند سرعت صوت) فاصله ماژول تا مانع را پیدا میکنیم.

\*دقت شود که اگر طول پالسی که دریافت کردیم بیشتر از 30 میلی ثانیه باشه، یعنی مانعی جلوی ماژول نیست.

\*پایه ی Out را به هیچ جا وصل نمیکنیم. از این پایه برای استفاده از مد کاری دوم سنسور استفاده میشود.



شکل پالس های خروجی سنسور



شکل مدار ماژول آلتراسونیک

### • موتور DC

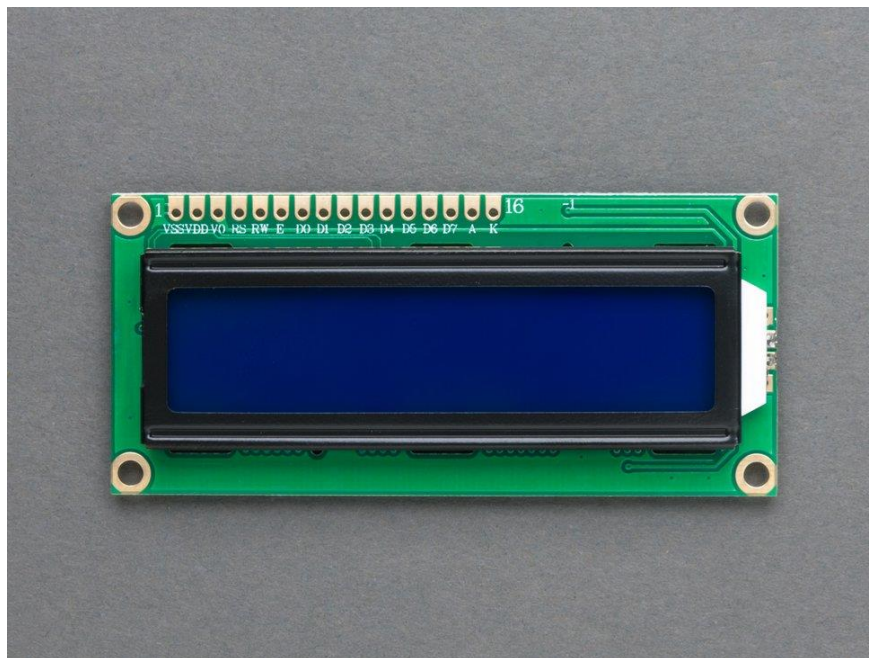
این نوع موتور DC از نوع Brushless DC Gear Motor 25GA میباشد. ولتاژ مورد نیاز آن 12 ولت است و سرعت حرکت آن را با استفاده از موج PWM ایجاد شده در میکروکنترلر استفاده میکنیم. جهت موتور بسته به جلوتر و یا عقب تر بودن حسم نیز تغییر میکند.



موتور DC استفاده شده

## • LCD

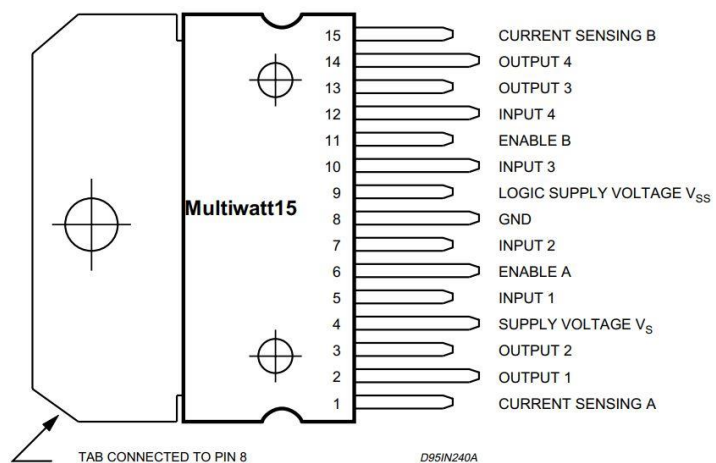
LCD مورد استفاده از نوع 16x2 میباشد که دارای 2 سطر 16 کاراکتر است. برای تنظیم نور صفحه ی LCD از یک پتانسیومتر استفاده میشود. توضیحات بیشتر در فایل دیتاشیت آمده است.



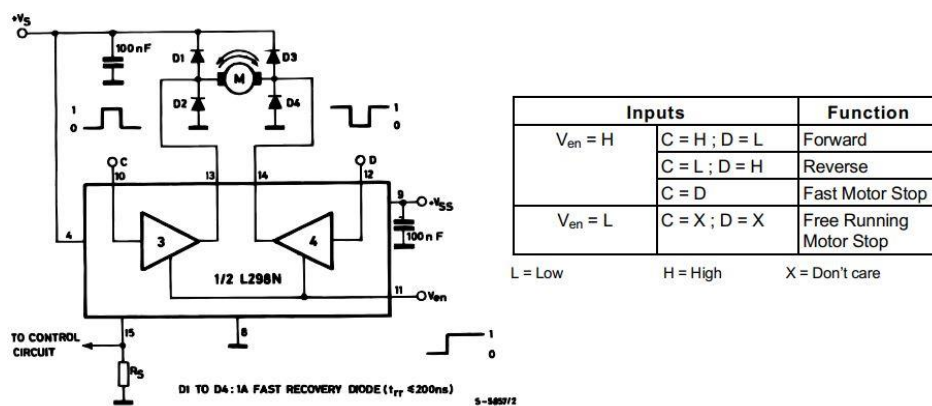
شکل مدار LCD

## • L298 Driver

برای تامین تغذیه و کنترل دور موتور از یک درایور L298 استفاده میکنیم. درایور دارای 15 پایه است و میتوان با آن 2 موتور DC یا یک Stepper Motor را کنترل کرد. برای اتصال، موج PWM را از میکروکنترلر به پایه ی Enable 1 و خروجی های میکروکنترلر را به Input 1 & 2 از L298 متصل میکنیم. لازم به ذکر است که در مدار از 4 دیود به عنوان دیود هرزگرد استفاده شده است تا جریان زیادی کشیده نشود و از سوختن موتور و L298 جلوگیری شود. (در دیتاشیت آمده است).



شماتیک درایور موتور



شماتیک ساختار درونی درایو

در نسخه ابتدایی پروژه، از المان L298N استفاده کردیم که برای قرار دادن پایه های آن در برد برای آن PCB طراحی کردیم. در نسخه جدیدتر از ماژول L298 استفاده کرده ایم که مزایای بیشتری از جمله گرفتن نویز محیط، قابلیت خنک کاری بهتر و ... را داراست.



شکل مدار درایو



## فصل پنجم: کاربرد سیستم کنترلی و سنسورهای طراحی شده

انسان از دیرباز همواره به دنبال عملی کردن تخیلات خود بوده است و علم امروز حاصل همین تخیلات نسل های قبلی می باشد. صنعت خودرو سازی روز به روز به پیشرفت های چشمگیری دست پیدا میکند. در سال های اخیر استفاده کردن از سیستم های ناوبری ماهواره ای، انواع حسگر ها، دوربین های تصویر برداری و .. در صنعت اتومبیل سازی زمینه های بسیار زیادی را برای سازندگان به ارمغان آورده است.

سیستم های کنترل سرعت یکی از این زمینه های است که کدر آن پیشرفت زیادی شده است و به زودی به تخیل انسان ها جامه عمل می پوشاند.

سیستم کنترل سرعت فعال به خودرو امکان یافتن مسافت و موقعین اتومبیل را در هنگام حرکت با دیگر اتومبیل های مجاور می دهد و با نظارت کامل بر روی سیستم موتور خودرو، سرعت و موقعینت اش را حفظ میکند تا از بروز هرگونه حوادث ناشی از بی احتیاطی راننده جلوگیری کند.

در این سیستم ها هدف دستیابی به سیستمی مشابه سیستم طراحی شده در طی پروژه و پیاده سازی این طرح می باشد.

از سنسور های التراسونیک برای فاصله سنجی و از یک موتور DC همراه گیربکس که بر روی آن شفت انگدر نصب گردیده است برای به حرکت در آوردن مدل آزمایشی استفاده شده است. عملکرد مدل آزمایشی بیانگر اجرایی بودن این پروژه در مقیاس صنعتی می باشد.

حال به توضیح در مورد انواع سیستم های با این نوع حلقه کنترلی میپردازیم:

هدایت خودکار هواپیما ها و سیستم های ناوبری دریایی متخصصین را به فکر هدایت خودکار اتومبیل ها نیز انداخته است. اما دو مشکل در پیش روی آن ها قرار دارد.

1- هزینه گزاف پروژه از جمله هزینه های پژوهش و اجرا

2- حجم بالای تجهیزات موجود و نبود فضای کافی در اتومبیل

اما امروزه با پیشرفت علم الکترونیک و کم کردن فضای تجهیزات الکترونیکی تقریباً هر دو مشکل فوق مرتفع گردیده است. برای هدایت خودکار اتومبیل ما به دو سیستم احتیاج داریم:

1- سیستمی برای تشخیص موقعیت و بدست آوردن فاصله تا موانع در محیط

2- سیستمی برای کنترل سرعت اتومبیل

برای بدست آوردن فاصله و موقعیت از دو روش کلی می توان استفاده کرد:

1- استفاده از سیستم ناوبری ماهواره ای

2- استفاده از انواع سنسورها و دوربین ها

هر دو سیستم دارای معایب و مزایایی هستند که مختصراً به توضیح آن ها میپردازیم:

سیستم ناوبری ماهواره ای (GPS)

بزرگترین مزیت هایی که این سیستم دارد، موجود بودن نقشه تقریباً همه مسیر ها در سرتاسر جهان است، کلان شهر ها گرفته تا مسیر روستاهای بسیار کوچک، همچنین

بروز رسانی سریع نقشه ها در سیستم. از محاسن دیگر اسن سیستم می توان به اطلاعات دقیق که این سیستم در اختیار ما قرار می دهد اشاره کرد از جمله : سرعت ارتفاع و از همه مهم تر موقعیت جغرافیایی دقیق. از معایت این سیستم نیز می توان به مقدار کمی تاخیر زمانی در دریافت اصطلاحات در این سیستم اشاره کرد. در پروژه ای که ما پیاده سازی کردیم ما با پارامتری مانند سرعت سر و کار داریم، پس صدم ثانیه برای ما مهم و ارزشمند می باشد. در نتیجه از تاخیر سیستم در دریافت اطلاعات نمی توان صرف نظر کرد.

## استفاده از انواع سنسور ها و دوربین ها

این روش به علت دقت و سرعت بالا، نسبت به روش اول بیشتر مورد استفاده قرار میگیرد. همانطور که اشاره شد مزایای این روش شمال سرعت و دقت بسیار بالا و از همه مهمتر بروز رسانی در لحظه می باشد و نسبت به روش اول قابل اطمینان تر است.

فرق بین این دو روش در همین جا خلاصه نمیشود بلکه بزرگتری فرق این دو روش در فهم و درک سیستم ها از پیرامون خود می باشد که در روش دوم ما دارای تصاویر زنده از محیط هستیم ولی در روش اول ما با یک سری تصاویر دیجیتالی و شبیه سازی شده از پیرامون اتومبیل روبرو هستیم.

روش دوم نیز هم مانند سیستم در محیط های حوی نامساعد، درسرها اجرای روش های پردازش تصویر و مشکلات خاص سنسورها.

مثلا با سنسورهای نور و صوتی نمی توان فواصل دور را اندازه گرفت، همچنین سنسور های صوتی با مشکل تداخل امواج روبرو هستند. سنسور های لیزری نیز دارای مشکل عبور نور از اجسام شفاف را دارند. به هر حال مهندسين و متخصصين اين شرکت ها تا حد امکان مشکلات را مرتفع کرده اند و از تفهيق هر دو روش در اتومبيل های لوکس خود استفاده کرده اند.

این سیستم ، روش کاری مشابه سیستم کنترل سرعت با این تفاوت که سنسور های خارجی نظیر سنسور های لیزری و سنسور های آلتراسونیک ، دوربین های تصویر بردای با قابلیت پردازش تصویر در آن استفاده شده است. حال مختصر به توضیح طرز کا و موقعیت سنسور ها و دوربین ها میپردازیم.

در زیر چراغ های جلو در هر طرف یک فرستنده و گیرنده از نوع سنسورهای لیزری و در کنار آن ها یک دوربین نیز وجود دارد. قسمت عقب اتومبیل نیز مجهز به دوربینو سنسور های آلتراسونیک می باشد. در طرفین خودرو هم در قسمت عقب اتومبیل نیز مجهز به سنسور های نوری تابشی است. از سنسوری های لیزری و آلتراسونیک برا بدست آوردن فاصله استفاده می شود با این تفاوت که سنسور های لیزری سرعت و عکس العمل بیشتر و فواصل طولانی تری را نسبت به سنسور های آلتراسونیک اندازه میگیرند. به همین خاطر از سنسور های لیزری در قسمت جلوی خودرو و در طرفین و عقب اتومبیل از سنسور های آلتراسونیک استفاده شده است.

هنگامی که سیستم کنترل سرعت فعال را روشن میکنیم، تمام سنسور های خودرو درایو شده و با استفاده از میکرو پروسسور مربوط به این سیستم فاصله تمام موانع و خودروهای پیرامون اتومبیل بدست می آید. اگر خودرو یا جسمی در جلو این اتومبیل باشد فاصله آن بدست آمده، اگر هدف سرعتی بیشتر از این اتومبیل داشته باشد در نتیجه فاصله بین دو خودرو زیاد شده و اگر سرعت کمتری داشته باشد فاصله کم می شود. حال نوبت راننده است که اتومبیل را با یک هدق احتمالی یا همان خودرویی که در جلوی اتومبیلش است هماهنگ کند به طوریکه با فشار یک دکمه فاصله بین دو خودرو که توسط سنسور ها بدست آمده در لحظه فشار

دکمه به عنوان مبدا تعیین کند. اگر اتومبیلی که به عنوان هدف انتخاب شده است سرعتش زیاد شود در نتیجه فاصله اشت زیاد می شود، پس سیستم که متوجه اضافه شدن فاصله می شود سرعت اتومبیلی را با استفاده از سیستم کنترل سرعت افزایش می دهد تا اضافه فاصلی بوجود آمده کم و خودرو فاصله مشابه در لحظه مبدا از هدف قرار گیرد. اما اگر فاصله کمتر از مقدار مبدا باشد سیستم سرعت خودرو را کم میکند تا کسر فاصله جبران شود و خودرو به مقعیت مناسب برسد.

در این فرایند سه عامل بسیار مهم وجود دارد:

- 1- بدست آوردن مقدار صحیح فاصله با کمترین زمان ممکن
- 2- پردازش و انتقال اطلاعات و کنترل دقیق بر روی سیستم موتور خودرو
- 3- حرکت اتومبیل بطوریکه سرنشینان خودرو متوجه کمترین تغییرات سرعت شتاب نشوند، به عبارت دیگر حرکت پیوسته داشته باشد

در فصول گذشته به توضیح روش های فاصله یابی با استفاده از سنسور آلتراسونیک و راه اندازی موتور DC و طراحی کنترل کننده و تغییر ضراب PID از طریق ماژول بلوتوث پرداخته شده است و در ادامه به کاربرد سیستم کنترلی طراحی شده در صنعت روز پرداخته شده است.

<http://www.datasheetcatalog.com>

<http://www.national.com>

<http://www.st.com>

[https://www.bmw.com/com/en/newvehicles/x1/x1/2009/allfacts/ergonomics/dynamic\\_cr](https://www.bmw.com/com/en/newvehicles/x1/x1/2009/allfacts/ergonomics/dynamic_cr)

کتاب آموزش AVR & CodeVision، نویسنده محمد امین مصلائی، انتشارات سروش، چاپ دوم، سال 1386