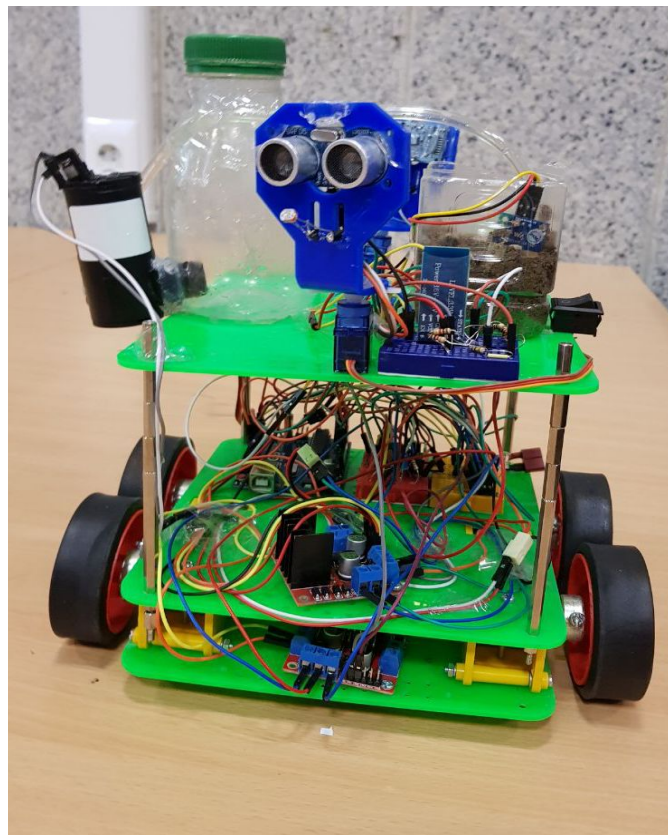




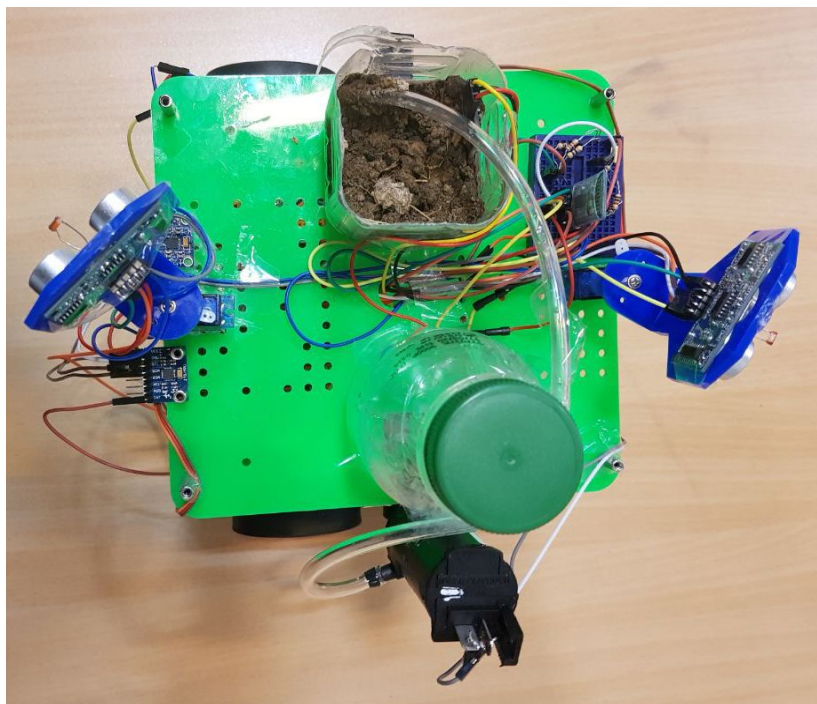
گلدان هوشمند متحرک

نیمسال دوم ۱۳۹۶-۱۳۹۷
علی شهیدی، ستاره عسکری، نگار میرگتی
۱۳۹۷/۴/۱۲



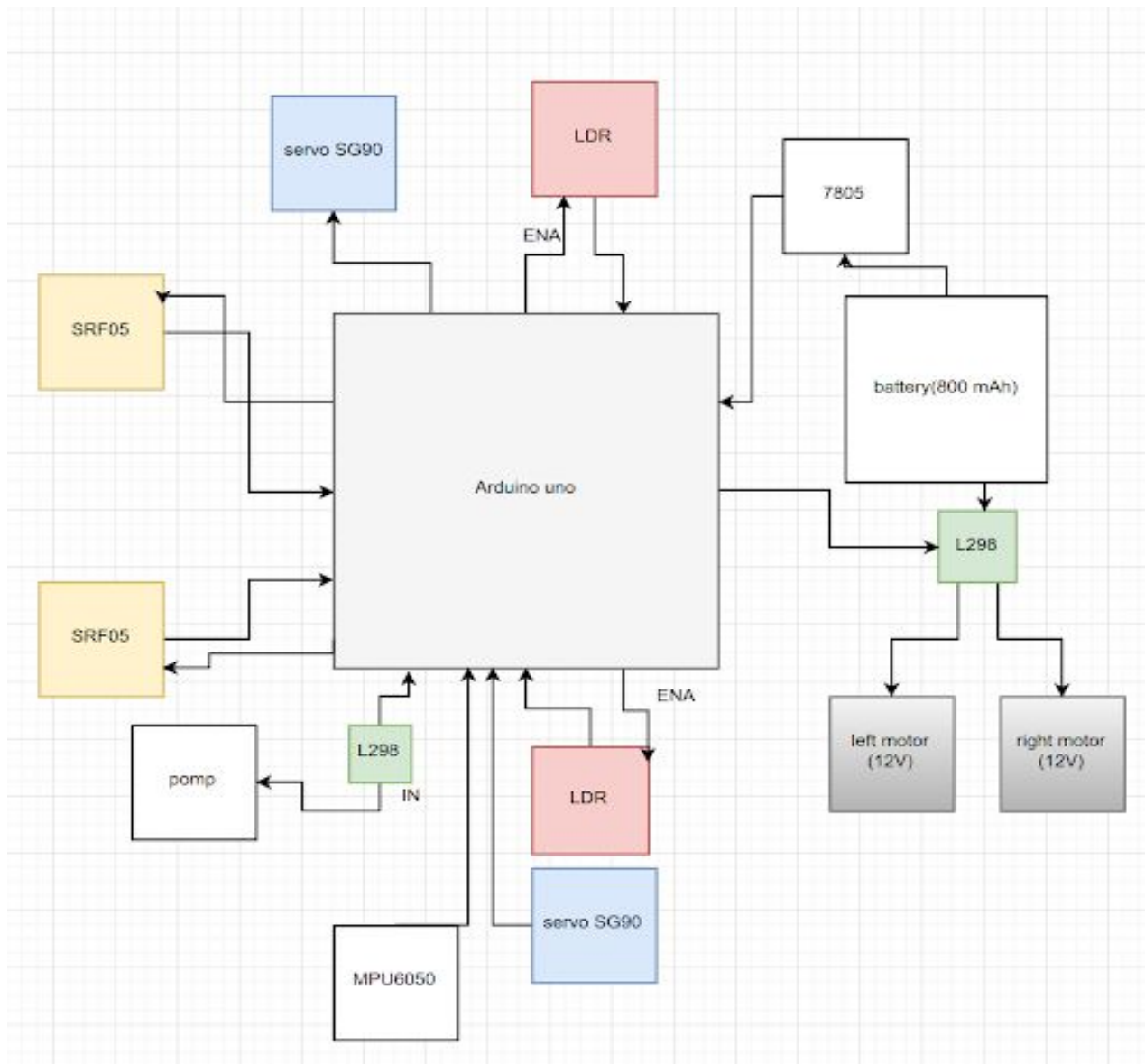
شرح کلی پروژه

در این پروژه سیستمی برای نگهداری از گیاهان گلدانی پیاده سازی شده است. گلدان بر روی رباتی تعبیه شده است که در صورت نیاز داشتن به نور آن را دنبال می کند. سنسور رطوبت سنج قرار داده شده در خاک وضعیت رطوبت خاک را مشخص می کند و در صورت نیاز گیاه به رطوبت بیشتر خاک (با توجه به اطلاعات وارد شده توسط کاربر) گیاه توسط یک پمپ آب به صورت خودکار آبیاری می شود.



شکل ۱: نمای ربات از بالا

مدل سیستم



نرم افزار

کد مربوط به اندازه گیری زاویه چرخش با استفاده از کتابخانه `MPU6050.h`¹ در زیر آمده است.

```

int get_wheels_degree()
{
    mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);

    x=x+gx-bx;
    y=y+gy-by;
    z=z+gz-bz;

    cz=map(z, -750000, 750000, -90, 90)*2;
    return cz;
}

```

کد زیر برای پیدا کردن فاصله طبق الگوریتم گفته شده می باشد. اطلاعات سنسورها در آرایه `luxes_and_degrees` ذخیره می شوند. در خانه اول آن شدت نور اندازه گیری شده و در خانه دوم معتبر یا نامعتبر بودن آن مشخص می شود (اگر ۰ یا ۲ باشد آن زاویه غیر معتبر می باشد و اگر ۱ باشد آن زاویه معتبر می باشد) اگر داده فاصله سنج بیشتر از ۲۰۰۰ باشد این داده پرت است در نتیجه دوباره از سنسور داده دریافت می کنیم. برای جلوگیری از افتادن برنامه در حلقه این حلقه حداکثر ۱۱ بار اجرا می شود.

```

front_distance = 2001 ;
count = 0;
while ( front_distance > 2000 && count < 11 )
{
    front_distance = calc_distance(1);
    count++;
}
if ( front_distance > 60 ){
    luxes_and_degrees[j][0] = luxf;
    if (luxes_and_degrees[j][1] == 2) {
        (luxes_and_degrees[j][1] = 2);
    }
    else if (luxes_and_degrees[j][1] != 2) {
        (luxes_and_degrees[j][1] = 1);
    }
    luxes_and_degrees[j][2] = front_distance;
}
else if(front_distance <= 60 && front_distance >= 25){
    luxes_and_degrees[j][0] = luxf;
    luxes_and_degrees[j][1] = 0;
    luxes_and_degrees[j][2] = front_distance;
}
else if(front_distance < 25){
    if(j-1 >= 0){
        luxes_and_degrees[j][1] = 0;
        luxes_and_degrees[j-1][1] = 0;
        luxes_and_degrees[j][2] = front_distance;
    }
}
if(j+1 <= 6){
    luxes_and_degrees[j][1] = 0;
    luxes_and_degrees[j][2] = front_distance;
    luxes_and_degrees[j+1][1] = 2;
}

```

نحوه بدست آوردن بیشترین نور در کد زیر قابل مشاهده است :

```
) for(int cnt = 0; cnt <= 13; cnt++){
1   if ( cnt <= 6 )
2   {
3       Serial.println(cnt*30);
4   }
5
6   if( (luxes_and_degrees[cnt][1] == 1) && (luxes_and_degrees[cnt][0] > maxLX)){
7       maxLX = luxes_and_degrees[cnt][0];
8       if ( cnt <= 6 ){
9           degreeMax = cnt * 30;
10          max_in_front = true;
11      }
12      else if ( cnt >= 7 ){
13          degreeMax = (cnt - 7) * 30;|
14          max_in_front = false;
15      }
16  }
17  }
18  return degreeMax;
19 }
```

سیستم عامل و محیط توسعه

محیط توسعه نرم افزار ² Arduino v1.8.1 می باشد که در آن بخش نرم افزاری پروژه به زبان C++ پیاده سازی شده است.

ورودی ها و خروجی ها

ورودی ها : در یک بار پردازش برای پیدا کردن نور: ۲۸ ورودی از سنسورهای فاصله سنج و نور دریافت می شود. در هر زاویه از پردازش 1 ورودی از هر کدام از سنسورهای نور و فاصله سنج دریافت میشود (≤ 4) ورودی در هر زاویه- زاویه چرخش سروو موتور ۳۰ درجه می باشد)

هر ۱۰ دقیقه یک بار از سنسور رطوبت داده دریافت میکنیم.

خروجی ها : پس از دریافت داده از سنسورها اطلاعات به سروو موتورها برای چرخش ۳۰ درجه فرستاده می شود. پس از چرخش ۱۸۰ درجه و دریافت اطلاعات از سنسورها درجه سروو دوباره صفر میشود.

پس از پردازش بر روی داده های دریافت شده از سنسورهای نور و فاصله سنج بین های مربوط به موتور ها با استفاده از الگوریتم چرخش یک یا صفر می شوند.

اگر رطوبت خاک کمتر از رطوبت مدنظر باشد بین مربوط به پمپ با مقدار بیشینه ۵ ولت تغذیه می شود و تا وقتی رطوبت به رطوبت مدنظر نرسیده است تغذیه بین به مقدار بیشینه باقی میماند.

بین های Trig برای فرستادن دستور شروع ارسال پالس مافوق صوت استفاده می شوند.

نحوه ی ارتباط با اجزای سخت افزار

ورودی ها : با استفاده از بین A0 اطلاعات سنسور نور (شدت نور) جلوی ربات را دریافت میکنیم و با استفاده از بین A3 شدت نور عقب ربات را دریافت میکنیم.

بین 12 برای دریافت اطلاعات از SRF05 که در جلوی ربات تعبیه شده است استفاده می شود و بین 11 برای دریافت اطلاعات از SRF05 که برای اندازه گیری فاصله عقب ربات تا مانع قرار داده شده استفاده میشود.

از بین A1 برای دریافت اطلاعات رطوبت از سنسور رطوبت سنج استفاده میشود.

بین اینترایت سنسور شتاب سنج را به بین 2 در آردوینو اونو که به عنوان اینترایت در نظر گرفته شده است وصل کرده ایم.

از بین SDL برای دریافت داده از سنسور MPU استفاده کردیم و از بین SDA و SCL برای ارتباط I2C استفاده کردیم.

خروجی ها : برای راه اندازی پمپ آب بین 8 در نظر گرفته شده است.

بین های 3 و 5 و 6 و 7 برای کنترل موتورهای ربات در نظر گرفته شده است.

بین 9 برای کنترل سروو موتور تعبیه شده در جلوی ربات و بین 10 برای کنترل سروو موتور عقب ربات در نظر گرفته شده است.

دو بین A2 و 13 برای trig بین های SRF05 ها می باشند. بین A2 برای سنسور جلو و 13 برای عقب در نظر گرفته شده است.

پین های ورودی : 12 - 11 - 2 - A5 - A4 - A3 - A1 - A0

پین های خروجی : 3 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 13 - A3

سخت افزار

برد آردوینو اونیو

در این پروژه با توجه به تعداد پین های مورد نیاز، میزان حافظه لازم و توان پردازشی مناسب برد آردوینو اونیو انتخاب شده است که این نیازها را با هزینه ی مناسب برآورده می کند. تعداد پین های مورد نیاز ما در این پروژه دقیقاً برابر تعداد پین های موجود در برد آردوینو اونیو است، در نتیجه امکان اینکه بردی با پین های کمتر استفاده شود وجود ندارد. مشخصات برد آردوینو اونیو در شکل ۲ قابل ملاحظه است. با توجه به اینکه ولتاژ کاری این برد ۵ ولت و جریان ورودی/خروجی پین های دیجیتال آن ۲۰ میلی آمپر است، موتور ربات و همچنین پمپ آب را نمی توان مستقیماً به برد متصل کرد؛ در نتیجه یک واسط (درایور موتور L298n) بین آردوینو و موتور و همچنین آردوینو و پمپ آب قرار داده می شود.

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

شکل ۲ : مشخصات برد Arduino Uno

سنسور فاصله سنج

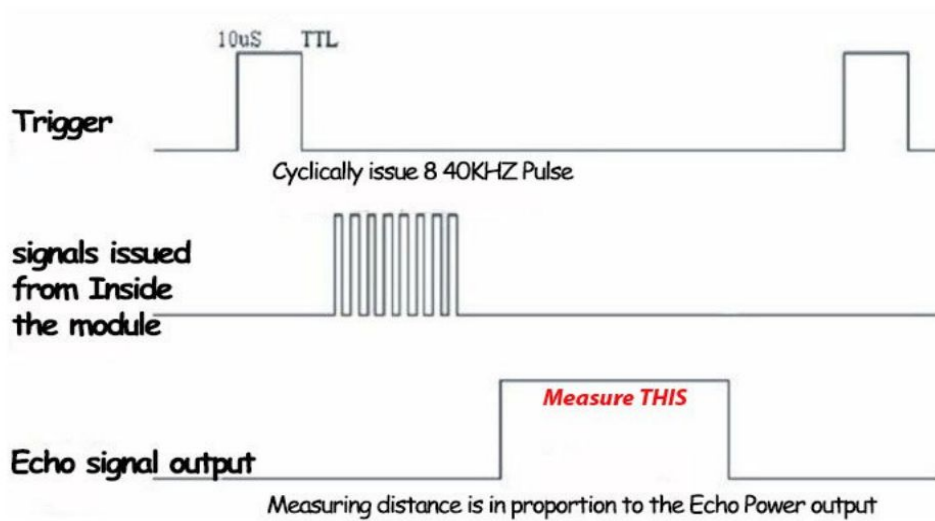
سنسور التراسونیک فاصله را به کمک امواج فراصوت بدست می آورد. سر سنسور موج فراصوت را منتشر می کند و این موج از جسم هدف بازتابیده میشود. سنسور به کمک فاصله زمانی میان انتشار موج و دریافت بازتاب موج فاصله را اندازه گیری می کند.



شکل ۳ : سنسور فاصله سنج SRF-05

نمودار تایمینگ این سنسور در شکل ۴ قابل ملاحظه است. با توجه به این نمودار، این سنسور باید به صورت polling مورد دسترسی قرار گیرد. برای بدست آوردن فاصله ابتدا باید پین trig برای مدت حداقل یک ثانیه با ولتاژ بیشینه ۵ ولت تغذیه شود؛ سپس زمانی که پین echo ولتاژ بیشینه دارد را اندازه می گیریم. این زمان، همان زمان رفت و برگشت موج فراصوت تا مانع است. در نهایت این زمان بر ۲ تقسیم شده و در ۳۴۰ که همان سرعت صوت است ضرب می شود تا فاصله بر حسب متر بدست آید. رنج اندازه گیری فاصله ی این سنسور حدودا بین ۲ سانتی متر تا ۴.۵ متر می باشد و همچنین رزولوشن اندازه گیری آن ۰.۳ سانتیمتر می باشد. نکته ی مهم دیگر راجع به ویژگی های این سنسور رنج زاویه ای آن می باشد که برابر با ۱۵ درجه است. در نتیجه اگر سنسور بیش از ۱۵ درجه با مانع زاویه داشته باشد احتمالا داده ی درستی بدست نمی دهد.

Ultrasonic Timing Diagram



شکل ۴: نمودار تایمینگ سنسور ultrasonic

در این پروژه برای جلوگیری از برخورد ربات با موانع هنگام پیدا کردن نور از دو سنسور التراسونیک استفاده می شود. این سنسور ها روی دو سروو موتور سوار شده اند و تا فاصله موانع را در رنج ۱۸۰ درجه و در هر ۳۰ درجه تشخیص می دهند.

سنسور نور

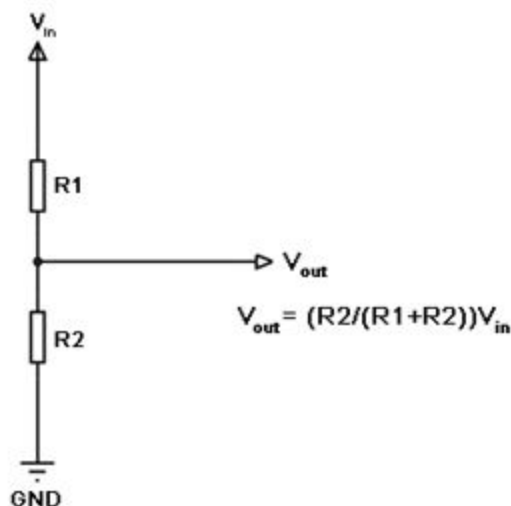
مقاومت نوری یا **ال دی آر** (Light Dependent Resistor) نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن بر اثر افزایش شدت نور تابیده شده بر آن کاهش می یابد، به عبارت دیگر از خود فوتورسانندگی نمایش می دهد. مقاومت های نوری از یک نیمه رسانای دارای مقاومت بالا تشکیل شده اند و در صورتی که نور تابیده شده بر روی آن از بسامد کافی برخوردار باشد، فوتون های جذب شده توسط نیمه رسانا به الکترون های وابسته اش انرژی کافی برای جهش به نوار رسانش را می دهند. الکترون آزاد به دست آمده و حفره های حاصل جریان الکتریکی را هدایت می کنند و به این شکل مقاومت الکتریکی کاهش می یابد.



شکل ۵ : مقاومت نوری

حساسیت یک مقاومت نوری با طول موج نور تغییر می کند. اگر طول موج خارج از یک رنج مشخص باشد، مقاومت دستگاه را تغییر نمی دهد. یکی دیگر از ویژگی های مهم مقاومت نوری تاخیر بین زمان تغییر میزان روشنایی و تغییر مقاومت است. این پدیده **resistance recovery rate** نامیده می شود. معمولاً حدود ۱۰ میلی ثانیه زمان لازم است تا وقتی که نور پس از تاریکی کامل اعمال می شود مقاومت به طور کامل کاهش یابد. همچنین پس از حذف کامل نور تا ۱ ثانیه زمان لازم است که مقاومت به مقدار اولیه افزایش یابد. در این پروژه با توجه به این نکته تاخیر چرخش سرووها برای بدست آوردن میزان روشنایی در زوایای مختلف تعیین شده اند.

برای تبدیل این مقاومت به تغییرات ولتاژ، از یک مدار تقسیم کننده ولتاژ استفاده می شود. در این شبکه که در شکل ۶ مشخص شده است، یک مقاومت ثابت و یک مقاومت متغیر وجود دارد.

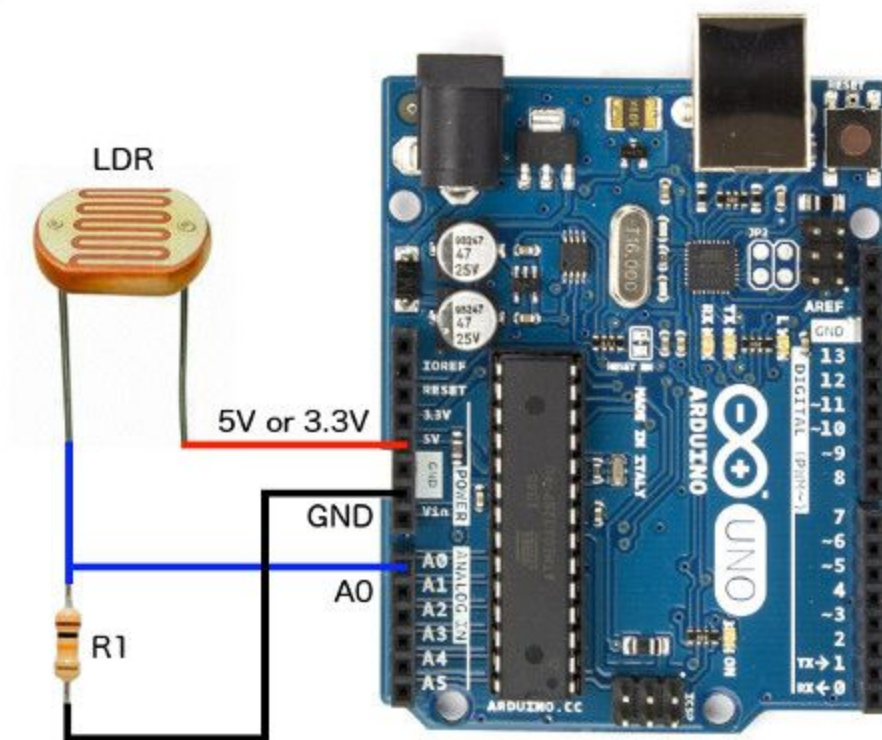


شکل ۶ : مدار تقسیم ولتاژ

با توجه به شکل v_{out} برای اندازه گیری استفاده می شود. هنگامی که مقاومت $R2$ تغییر می کند، ولتاژ خروجی v_{out} هم بصورت خطی با آن تغییر می کند. نکته ی قابل توجه در اینجا این است که ورودی توسط کنترلر برای تبدیل ADC

دریافت می شود. اثر بار مقاومتی بر اساس تقسیم ولتاژ مورد اهمیت است چرا که جریان کشیده شده از v_{out} تقسیم کننده ولتاژ باعث افزایش درصد خطا می شود.

در این پروژه با توجه قیمت مناسب سنسور LDR، ملاحظات زمانی، دقت مورد نیاز از این سنسور ها استفاده شده است. در شکل ۷ نحوه ی اتصال مقاومت نوری به برد آردوینو نشان داده شده است. برای اتصال هر یک از سنسور های LDR از سه مقاومت $1k\Omega$ به صورت موازی قرار گرفته اند استفاده کرده ایم. با توجه به رنج روشنایی مورد مورد نیاز در این پروژه این مقاومت ها انتخاب شده اند. در این شرایط مقاومت های نوری در نور یکسان داده های تقریباً مساوی را بدست می دهند.

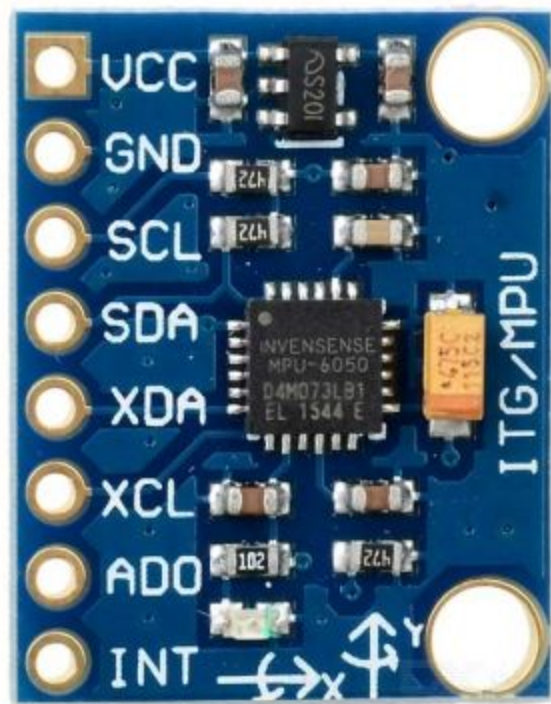


شکل ۷ : اتصال مقاومت نوری به آردوینو

همانطور که در شکل مشخص است، یک سر مقاومت نوری به یکی از پین های آنالوگ متصل می شود. عددی که توسط آردوینو می خوانیم در رنج [0-1023] قرار می گیرد.

سنسور زاویه سنج

این سنسور شامل مجموعه شتاب سنج و gyro با دقت بالا (۱۶ بیتی) و بافر FIFO با ظرفیت ۱۰۲۴ بایت است. این سنسور زاویه را با دقت ۱ درجه اندازه گیری می کند. این ماژول برای ارتباط با برد آردوینو از ارتباط سریال استفاده می کند. بدین منظور پین های SCL و SDA ماژول به ترتیب به پین های A5 و A4 در آردوینو متصل می شوند. همچنین پین interrupt ماژول نیز به پین ۲ آردوینو متصل شده است.



شکل ۸ : سنسور زاویه سنج MPU6050

در این پروژه پس از اینکه زاویه ی چرخش ربات مشخص شد، حرکت ربات به سمت چپ یا راست به کمک زاویه بدست آمده توسط این ماژول کنترل می شود به این صورت که پین های متصل به موتور با توجه به زاویه بدست آمده برای حرکت به سمت چپ یا راست تغذیه می شوند و در یک حلقه زاویه فعلی ربات توسط سنسور زاویه سنج بدست می آید و تا زمانی که قدر مطلق تغییرات زاویه برابر با میزان تغییر زاویه مورد نظر نشده حرکت به سمت راست یا چپ ربات ادامه می یابد.

ماژول بلوتوث

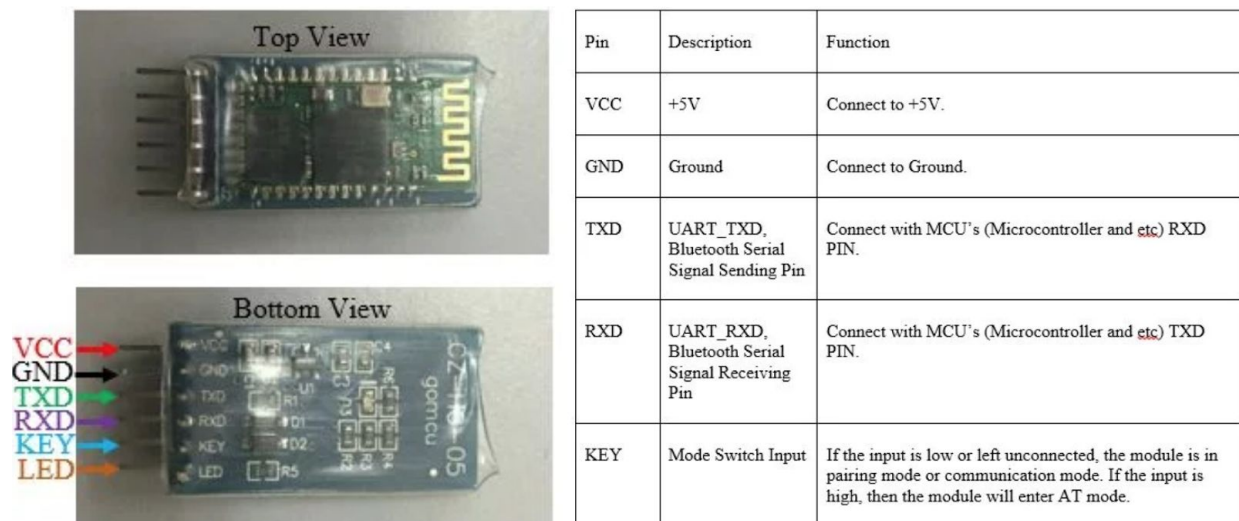
در این پروژه برای تعامل با کاربر از ماژول HC-05 استفاده شده است. HC-05 یک ماژول بلوتوث Serial Port Protocol است که برای ارتباط بی سیم استفاده می شود. این ماژول به صورت SMD می باشد اما برای سهولت استفاده اغلب در بازار مدل هایی یافت می شود که ماژول SMD بر روی برد مبدل لحیم شده است و قطعات مورد نیاز جهت راه اندازی نیز بر روی برد مبدل قرار داده شده است ، با استفاده از این نوع ماژول ها تنها کافی است پین های 26 تغذیه ۵ ولت (VCC و GND) و RX و TX (خطوط ارسال و دریافت داده UART) متصل شوند. همچنین گفتنی است این نوع ماژول به دلیل تبدیل نوع پایه ها به پین هدر به سادگی بر روی برد قابل نصب و راه است. این ماژول دارای لیستی از دستورات AT Command است که می توان در مد command با ارسال این دستورات از طریق UART به ماژول ، عملیاتی را انجام داد. به عنوان مثال با ارسال عبارت "AT+RESET" به ماژول، عبارت "OK" را برمی گرداند و ریست می شود. یا برای بازگردانی تنظیمات پیشفرض ماژول کافیهست تا عبارت "AT+ORGL"

”ا به ماژول فرستاده شود و ماژول عبارت “OK” را برمی گرداند. در شکل ۹ مجموعه ای از دستورات AT این ماژول قابل ملاحظه است.

S. No	AT command	Response
1	AT	OK
2	AT+NAME?	+NAME:ENGINEERS GARAGE
3	AT+PSWD?	+PSWD:1234
4	AT+VERSION?	+VERSION:2.0-20100601
5	AT+ADDR?	+ADDR:96d3:34:9056fa
6	AT+UART?	+UART:9600,0,0
7	AT+INIT?	OK
8	AT+STATE?	+STATE:INITIALIZED
9	AT+ROLE?	+ROLE:1 , OK
10	AT+CMODE?	+COMDE:1, OK
11	AT+INQM?	+INQM:0,5,10, OK
12	AT+INQM=0,5,5	OK
13	AT+INQM?	+INQM:0,5,5
14	AT+INQ?	+INQ: [available address will display]
15	AT+INQ?	+INQ: <slave address will display>
16	AT+RNAM? <slave address>	HC-05
17	AT+STATE?	+STATE:INQUIRING
18	AT+PAIR=[slave address]	OK
19	AT+STATE?	+STATE:PAIRED
20	AT+LINK=[slave address]	OK

شکل ۹ : دستورات AT ماژول HC-05

ولتاژ کاری این ماژول ۵ ولت است و فاصله ی ارسال آن تا ۲۰متر - ۳۰ متر در فضای آزاد می باشد. در شکل ۱۰ مشخصات پین های این ماژول آورده شده است. در این پروژه سه مقدار رطوبت ممکن (کم : ۶۵۰، متوسط : ۷۰۰ و زیاد : ۷۵۰) برای خاک تعیین شده است. در ابتدای برنامه یکی از این سه مقدار توسط کاربر با توجه به نیاز گیاه انتخاب می شود و در صورتی که رطوبت خاک از این مقدار کمتر باشد، آبیاری انجام می شود.



شکل ۱۰: مشخصات پین های ماژول HC-05

در این پروژه برای ارتباط سریال با ماژول بلوتوث از کتابخانه SoftwareSerial استفاده شده است.

سروو موتور

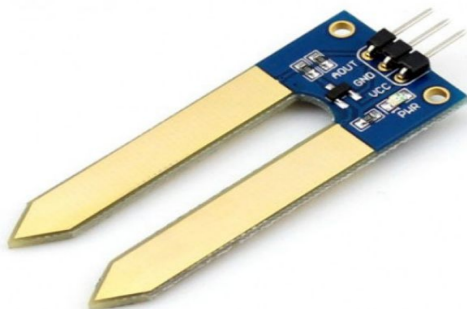
در این پروژه برای چرخاندن سنسورهای نور و فاصله سنج از دو سروو موتور در پشت و جلوی ربات استفاده شده است. هر یک از موتور ها از ۰ درجه تا ۱۸۰ درجه در فواصل ۳۰ درجه ای می چرخند. سروو موتور T-Pro Mini Servo SG90 9G دارای وزن ۱۰.۶ گرم است و قابلیت چرخش ۱۸۰ درجه (۹۰ درجه در هر جهت) را دارا می باشد. همچنین سرعت کار آن در ولتاژ ۴.۸ ولت $0.1s/60 \text{ degree}$ است. ولتاژ کاری این موتور ۴.۲ ولت الی ۷ ولت می باشد و مستقیماً به تغذیه ۵ ولت آردوینو متصل می شود. با توجه به قیمت مناسب این ماژول، سبکی آن و سرعت کاری و زاویه چرخش مورد نیاز پروژه این سروو موتور انتخاب شده است.



شکل ۱۱: سروو موتور T-Pro Mini Servo SG90

سنسور رطوبت سنج خاک

سنسور رطوبت خاک ساخت Waveshare با طراحی چنگال مانند خود به راحتی امکان داخل شدن در خاک را دارد. ولتاژ خروجی این سنسور با افزایش رطوبت خاک افزایش می یابد.



شکل ۱۲ : سنسور رطوبت سنج

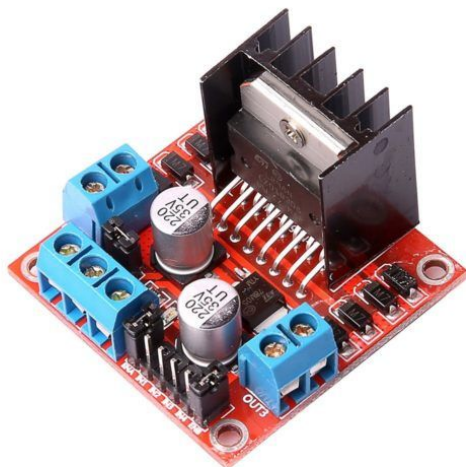
این ماژول یک کاربرد تقویت جریان به وسیله ترانزیستور است. هنگامی که آب درون خاک به اندازه ای باشد که جریان بین بیس و تغذیه مثبت را هدایت کند، میزان جریان خاصی بین بیس و امیتر تولید می شود. در عین حال یک جریان الکتریکی در یک ضریب تقویت خاص بین کلکتور و امیتر تولید می شود و به مقاومت در امیتر اعمال می شود تا یک ولتاژ تولید شود. در نهایت این ولتاژ توسط یک مبدل ADC دریافت می شود. مشخصات این سنسور در جدول زیر نشان داده شده است.

Operating voltage	2.0V-5.0V
Output type	Analog output
Detectable depth	38mm
Dimensions	20.0mm*51.0mm
Fixing hole size	2.0mm

در این پروژه حد رطوبت خاک لازم برای گیاه از کاربر توسط ماژول بلوتوث دریافت می شود. هر - دقیقه میزان رطوبت خاک توسط سنسور رطوبت سنج اندازه گیری می شود و در صورت کمتر بودن رطوبت بدست آمده از حد تعیین شده توسط کاربر، گیاه توسط پمپ آب کم کم آبیاری می شود تا میزان رطوبت به حد کافی برسد.

درایور موتور

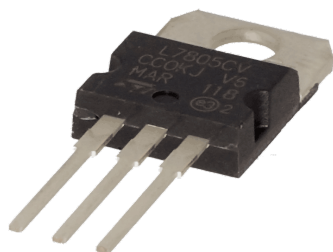
از آنجایی که موتور جریان زیادی برای راه اندازی و کار لازم دارد اگر مستقیماً به برد وصل شود به آن آسیب می رسد. درایور جریان مورد نیاز موتور را بدون آسیب رساندن به برد و دیگر قطعات تامین میکند. در این پروژه از درایور L298N استفاده شده است که توانایی کنترل همزمان ۲ موتور DC را دارد. این ماژول با توجه به اینکه از خنک کننده مناسب برخوردار است، توانایی جریان دهی بالا (۲ آمپر در هر کانال) را به صورت پیوسته دارد.



شکل ۱۳: درایور موتور L298N

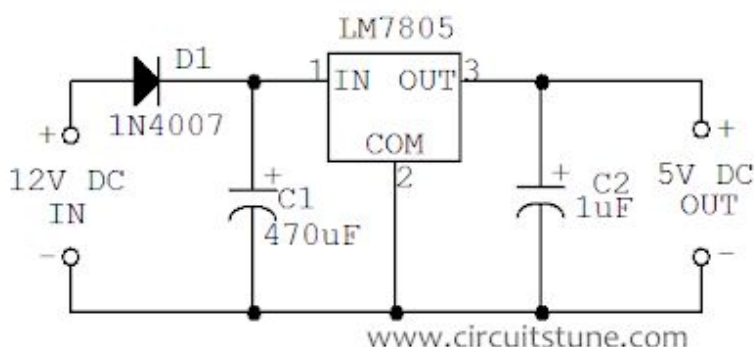
رگولاتور ولتاژ

رگولاتور وسیله‌ای است که به تثبیت ولتاژ می‌پردازد. این قطعه از سه پایه تشکیل شده است. در واقع رگولاتور ها تنظیم کننده های ولتاژ برای استفاده در مدارات برای داشتن ولتاژ ثابت هستند. استفاده از رگولاتور باعث جلوگیری از آسیب های ناشی از تغییر ولتاژ بر روی المان های مداری می شود. در این پروژه برای تغذیه ۵ ولت ربات از ماژول رگولاتور 7805 استفاده شده است. ورودی این ماژول بین ۷ تا ۳۵ ولت و خروجی آن ۵ ولت است. همچنین خروجی جریان آن تا ۱.۵ آمپر می باشد.



شکل ۱۴: رگولاتور ولتاژ 7805

شماتیک مدار تبدیل ۱۲ ولت به ۵ ولت به کمک رگولاتور ۷۸۰۵ در شکل ۱۵ نشان داده شده است. استفاده از خازن سبب می شود که شکل موج تمیز تری بدست آید.



شکل ۱۵: شماتیک مدار تبدیل ولتاژ ۱۲ ولت به ۵ ولت

باتری

شرکت Gens Ace یکی از بهترین و بزرگترین شرکت های تولید کننده باتری در دنیاست. ویژگی مشترک همه باتری های Gens Ace «کیفیت بالا» و «قیمت مقرون به صرفه» می باشد. این باتری ها برای انواع کاربردهای رباتیک و الکترونیک مناسب است. به دلیل واقعی بودن ظرفیت ها و ظرفیت دشارژ این باتری ها، کیفیت خیلی بهتر و ظرفیت دشارژ بیشتری نسبت به باتری های با مشخصات مشابه دریافت می شود. ابعاد کوچک، نرخ دشارژ بالا، مقاومت داخلی کم و عمر طولانی از ویژگی های منحصر به فرد این باتری ها می باشد. مشخصات این باتری در زیر قابل ملاحظه است.

- ظرفیت: 800mAh
- ولتاژ: 11.1V
- حداکثر ظرفیت دشارژ پیوسته: (20C و 16)
- حداکثر دشارژ بحرانی: (40C و 32A)
- وزن: 72g
- ابعاد: 58x30x23mm
- کابل بالانس: JST-XH
- کابل دشارژ: EC5
- نسبت شارژ: 1-3C مورد نیاز، 5C حداکثر.



شکل ۱۶ : باتری لیتیوم پلیمر ۳ سل ACE 800 mA

پمپ آب

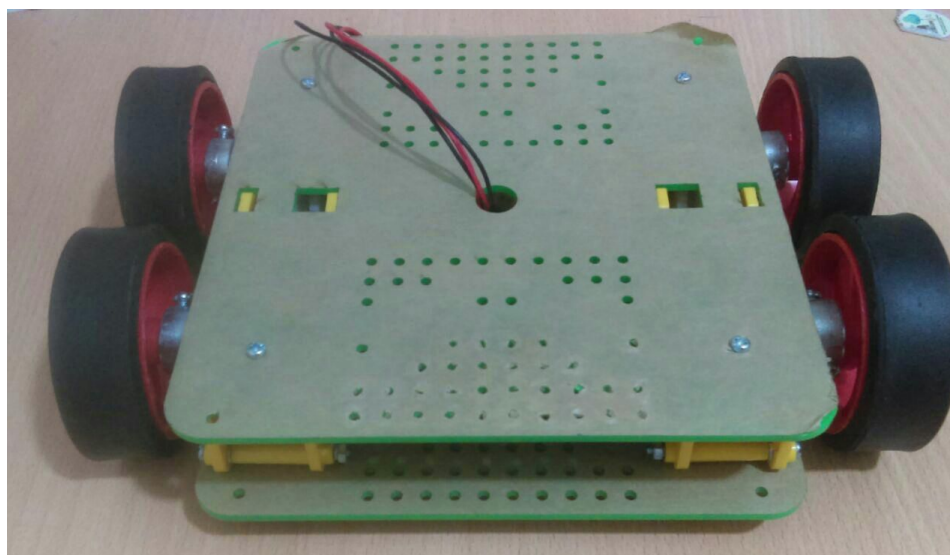
در این پروژه برای آبیاری گیاه از پمپ شیشه شور پژو ۲۰۶ استفاده شده که نسبت به پمپ های بر اشلز قیمت مناسب تری دارد و همچنین کاربری آن هم نسبت به این پمپ ها ساده تر است. برای ارتباط آردوینو با پمپ آب از درایور موتور L298N استفاده شده است.



شکل ۱۷ : پمپ شیشه شور پژو ۲۰۶

شاسی ربات

با توجه به اینکه روی شاسی ربات باید گلدان، مخزن آب و پمپ آب قرار گیرد که وزن زیادی دارند، برای این پروژه شاسی نشان داده شده در شکل ۱۸ انتخاب شده است که می تواند تا ۳ کیلو وزن را تحمل کند. موتور های این شاسی با ولتاژ ۱۲ ولت کار می کنند و ارتباط آنها با آردوینو به کمک درایور موتور L298N میسر شده است. همچنین یک طبقه به شاسی اضافه شده است که روی آن سروو موتور ها و سنسور هایی که روی آن ها سوار شده، پمپ آب و درایور مربوط به آن، گلدان و مخزن آب قرار داده شده است.



شکل ۱۸ : شاسی ربات

پیاده سازی (الگوریتم و نحوه ی کار کردن اجزای سیستم)

نرم افزار

الگوریتم یافتن نور مناسب : میزان نور توسط سنسور های نور تعبیه شده در پشت و جلوی ربات در فواصل ۳۰ درجه ای و در بازه ی ۰ تا ۱۸۰ درجه برای هر سمت محاسبه می شود و در یک آرایه قرار داده می شود. حین چرخش سروو موتور ها و دریافت داده های مربوط به شدت نور، داده های مربوط به فاصله ی ربات از موانع احتمالی برای هر یک از زوایا بدست می آید. اگر در هر کدام از این زوایه ها مانعی با فاصله ی کمتر از ۳۰ سانتیمتر تشخیص داده شود، خانه ی مربوط به آن زوایه و ۳۰ درجه قبل و بعد از آن نامعتبر می شود، به این معنا که در محاسبه درجه حرکت نهایی این زوایا در نظر گرفته نمی شوند. در غیر این صورت چنانچه مانعی در فاصله ی ۳۰ الی ۶۰ سانتیمتری ربات تشخیص داده شود، تنها خانه ای از آرایه که مربوط به همین زوایه است (و نه خانه های آرایه مربوط به ۳۰ درجه قبل و بعد آن) نامعتبر می شود. در غیر این صورت اگر مانعی در فاصله ی بیش از ۶۰ سانتیمتر تشخیص داده شود یا مانعی تشخیص داده نشود، خانه ی مربوط به آن زوایه معتبر خواهد بود. در این الگوریتم با توجه به اینکه عرض ربات زیاد است وقتی در فاصله ی نزدیک تر از ۳۰ سانتیمتر مانع تشخیص داده می شود احتمال می دهیم که اگر ربات به سمت ۳۰ درجه کمتر از آن یا ۳۰

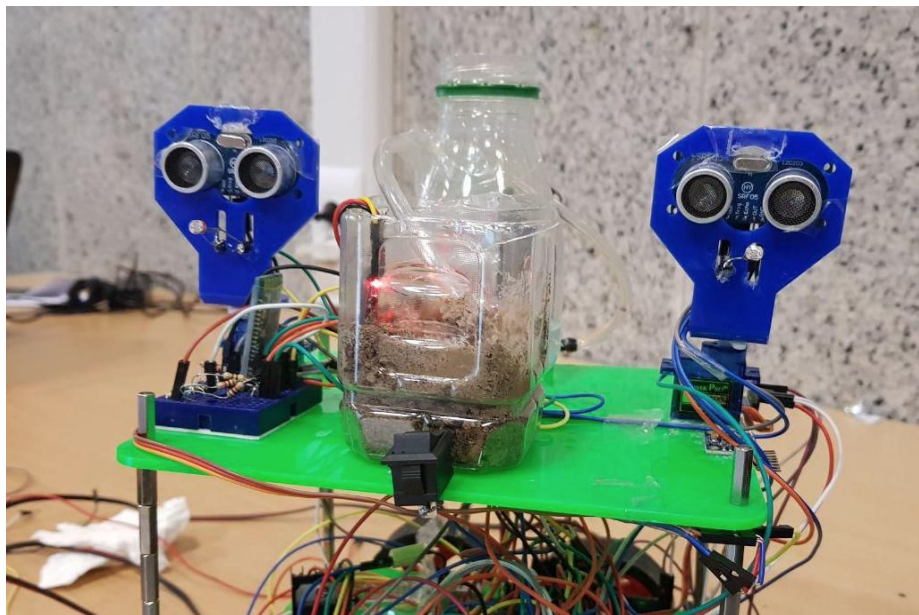
درجه بیشتر از آن جهت گیری کند با مانع مواجه می شود. به همین علت است که خانه های مجاور آن در آرایه نامعتبر می شوند. در نهایت روی آرایه که شامل ۱۴ داده ی نور است و تنها بین خانه های معتبر آن مقدار بیشینه نور مشخص می شود و در نتیجه بهترین زاویه برای حرکت بعدی ربات مشخص می شود. در ضمن اگر در همه ی جهات مانع وجود داشته باشد، ربات حرکت نمی کند.

الگوریتم چرخش ربات پس از یافتن زاویه حرکت : با توجه به توضیحات بالا پس از اینکه زاویه حرکت و جهت حرکت (جلو یا عقب) بدست آمد لازم است ربات با توجه به این زاویه جهت گیری کند. این عمل به کمک سنسور زاویه سنج انجام می شود. ابتدا زاویه ی اولیه ی ربات توسط این سنسور محاسبه و ذخیره می شود. حال اگر زاویه ی نور هدف بین ۰ و ۹۰ باشد ربات به سمت راست می رود تا زمانی که اختلاف مقدار دریافت شده در لحظه از سنسور زاویه سنج با مقدار اولیه ی ذخیره شده برابر زاویه ی نور هدف شود. اگر زاویه ی نور هدف بین ۹۰ و ۱۸۰ درجه باشد ربات به سمت چپ می رود. اگر ۹۰ باشد مستقیم به سمت جلو و اگر ۱۸۰ باشد مستقیم به سمت عقب می رود.

الگوریتم آبیاری گیاه : رطوبت خاک گیاه در فواصل زمانی معین (حدوداً ۱۰ دقیقه) اندازه گیری می شود و در صورتی که این عدد از حد تعیین شده توسط کاربر کمتر بود، آبیاری آنقدر صورت می گیرد تا رطوبت خاک به میزان کافی برسد.

سخت افزار

در هر مرحله در ابتدا سنسورهای فاصله سنج و مقاومت های نوری بوسیله سروو موتورها در فواصل ۳۰ درجه ای و در رنج ۰-۱۸۰ درجه می چرخند تا داده های مربوط به میزان روشنایی و فاصله از موانع احتمالی بدست آید. پس از تعیین بهترین زاویه برای حرکت (که نحوه ی تعیین آن در بالا توضیح داده شد) با کمک مازول زاویه سنج MPU جهت گیری ربات به سمت بهترین زاویه برای حرکت صورت می گیرد. نحوه ی قرار گیری سنسور ها و سروو موتور ها روی ربات در شکل - نشان داده شده است.



شکل ۱۹: سروو موتور ها و سنسور های سوار بر آن

تغییرات نسبت به فاز پروپوزال

در فاز پروپوزال برد آردوینو مگا به عنوان میکروکنترلر پروژه در نظر گرفته شده بود چون تعداد پورت های لازم بیشتر از تعداد پورت های آردوینو اونیو بود ولی در فاز عملی از پورت های آنالوگ هم برای دستگاه هایی که به پورت دیجیتال متصل می شوند استفاده کردیم، در نتیجه آردوینو اونیو به عنوان میکروکنترلر پروژه استفاده شد که قیمت مناسب تری دارد. همچنین در فاز پروپوزال قصد داشتیم دو سنسور التراسونیک و نور را روی یک سروو موتور سوار کنیم که در این حالت چرخش سروو موتور با مشکل مواجه می شد و دیگر دلیل آن ارتفاع گیاه و پمپ آب بود که مانع از دریافت اطلاعات درست می شدند؛ در نتیجه هر سنسور التراسونیک و نور را روی یک سروو جدا قرار دادیم.

همچنین در فاز عملی ماژول زاویه سنج MPU6050 به پروژه اضافه شد چرا که در فاز پروپوزال تصمیم داشتیم به صورت تجربی با استفاده از تاخیر جهت گیری ربات را در زاویه های مشخص پیاده سازی کنیم ولی با توجه به اینکه وزن ربات می تواند متغیر باشد (وزن مخزن آب و گلدان) تصمیم گرفتیم که از ماژول زاویه سنج برای پیاده سازی جهت گیری استفاده کنیم.

شکست ها

یکی از چالش های این پروژه قرار گیری تعداد زیادی سنسور که با ولتاژ ۵ ولت تغذیه می شوند و جریان کمی می کشند در کنار پمپ آب و موتور های ربات بود که با ولتاژ ۱۲ ولت تغذیه می شوند و جریان بیشتری می کشند. در صورت طراحی نادرست مدار سنسور ها و همچنین میکروکنترلر در معرض جریان بیش از حد تحملشان قرار می گرفتند و آسیب می دیدند.

تامین جریان مورد نیاز توسط باتری برای موتور ها : هر کدام از موتور ها حدود ۳ آمپر جریان نیاز دارند و باتری استفاده شده در این پروژه ۸۰۰ میلی آمپر ساعت است. با توجه به ظرفیت باتری و جریان بالای موتور ها تا قبل از اینکه باتری دوباره نیاز به شارژ شدن پیدا کند فقط ۲۰ دقیقه امکان استفاده از باتری وجود دارد. به دلیل گران بودن باتری های مورد نظر در بازار (هزینه ی باتری ۳۵۰۰ میلی آمپر ساعت = ۱۹۹ هزار تومان) و بازدهی کم آن ها (زمان کم استفاده) از استفاده از باتری برای موتور ها خودداری شده است و موتور های ربات با برق مستقیم با استفاده از آداپتور (خروجی ۱۲ ولت - و جریان خروجی ۳ آمپر با قیمت ۲۰ هزار تومان) کار میکند.

چرخش ابتدایی روبات : وقتی که موتور های ربات و سنسور ها همگی توسط باتری تغذیه می شدند، در حرکت ربات مشکل ایجاد می شد و ربات نیاز به نیروی اولیه برای حرکت داشت. برای حل این مشکل طراحی مدار را طوری تغییر دادیم که سنسور ها از باتری تغذیه کنند و موتور ها از برق شهر به کمک آداپتور.

تشخیص موانع کوتاه : فاصله سنج ها در طبقه سوم ربات قرار گرفته اند و در فاصله ۱۶ سانتی متری از سطح زمین به همین علت نمی توان موانع کوتاه تر از ۱۶ سانتی متر را تشخیص داد. با توجه به طراحی ربات و تعداد پین های محدود آردوینو امکان قرار دادن سنسور های فاصله سنج در پایین ربات امکان پذیر نبود.

کار با ماژول فاصله سنج : همانطور که در توضیحات این ماژول گفته شد، در صورتی که زاویه ماژول با مانع بیش از ۱۵ درجه باشد احتمالاً داده‌ی فاصله نادرست خواهد بود. به این دلیل ربات در تشخیص موانعی که با آن زاویه دارند به مشکل می‌خورد.

از کار افتادن ماژول MPU : ماژول MPU که در مدار قرار دادیم چندین بار به این علت که جریان بیش از حد تحملش می‌کشید از کار افتاد. با توجه به محدودیت پین‌ها و نداشتن پین خالی بر روی آردوینو مجبور شدیم که ۵ ولت درایور را به Vcc بقیه سنسورها متصل کنیم ولی وقتی منبع تغذیه سنسورها (با استفاده از باتری) از منبع تغذیه موتورها (استفاده از آداپتور) جدا کردیم و وقتی مدار را به آداپتور زدیم علیرغم این که منبع تغذیه سنسورها با موتورها متفاوت بود و باتری خاموش بود. باز هم سنسورها شروع به کار کردند و متوجه شدیم که این عامل باعث سوختن MPU شده است و برای همین زمین و منبع تغذیه ربات را از بقیه سنسورها جدا کرده و ۵ ولت درایور را به ۵ ولت آردوینو متصل کردیم.

محیط و شرایط آزمایش

عملکرد ربات هم در یک اتاق تاریک و هم در اتاق روشن تست شده است که ویدیوهای این تست‌ها بارگذاری شده است. در این تست‌ها رفتار ربات در هر یک از شرایط زیر نشان داده شده است.

نور در زوایای مختلف : نور در زوایای مختلف به پشت و جلوی ربات تابانده شده است. ربات به درستی این نور بیشینه را پیدا کرده، جهت‌گیری را به اندازه زاویه منتخب با دقت خوبی انجام می‌دهد و به سمت نور حرکت می‌کند.

حالتی که دو بیش از یک منبع نور با میزان روشنایی‌های متفاوت باشد : در این شرایط ربات به سمت بیشترین نور حرکت می‌کند.

حالتی که بیشترین نور در مکانی قرار گرفته باشد که مانعی هم در آن مکان باشد : در این شرایط ربات به جهتی حرکت می‌کند که میزان نور آن کمتر از مکانیست که به آن اشاره شد ولی بیشترین میزان نور را نسبت به کلیه مکان‌هایی دارد که مانعی در آنها وجود ندارد.

قرار دادن نور در فواصل مختلف نسبت به سنسور های نور ربات : منبع نور در فواصل مختلف از سنسور های ربات قرار داده شده است. ربات در اتاق تاریک موفق شد که به سمت منبع نوری که ۷۰ الی ۱۰۰ سانتیمتر با آن فاصله داشت حرکت کند.

تشخیص موانع : همانطور که پیش‌تر توضیح داده شد، در صورتی که در یک زاویه مانع تشخیص داده شود ۳۰ درجه قبل و بعد آن نامعتبر می‌شوند تا با توجه به عرض ربات مشکلی برای حرکت آن ایجاد نشود. همچنین اگر چندین مانع هم در زوایای مختلف در اطراف ربات وجود داشته باشد ربات به درستی وجود آنها را تشخیص می‌دهد و جهت‌گیری با توجه به وجود موانع انجام می‌شود.

لازم به ذکر است که عملکرد ربات در اتاق تاریک هنگام تحویل پروژه در آزمایشگاه در حضور آقای پناهی تست شده است.

نتایج

ربات به درستی اطلاعات را دریافت می کند و به موقع گیاه را آبیاری میکند و به دنبال بیشترین نور می رود . از قابلیت های دیگر ربات این میباشد که موانع با ارتفاع بیش از ۱۶ سانتیمتر که در ۶۰ سانتی متری آن قرار دارد را تشخیص داده و به آن برخورد نمی کند.

هزینه نهایی

قطعه	تعداد	هزینه واحد (تومان)	هزینه کل (تومان)
سنسور نور LDR	۲	۴۰۰	۸۰۰
سنسور رطوبت سنج	۱	۱۴۰۰۰	۱۴۰۰۰
دراپور L298N	۲	۸۴۰۰	۱۶۸۰۰
شناسی ربات	۱	۹۵۰۰۰	۹۵۰۰۰
ماژول رگولاتور 7805	۱	۱۰۰۰	۱۰۰۰
برد آردوینو اونو	۱	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
سروو موتور T-pro mini SG90	۲	۹۰۰۰	۱۸۰۰۰
براکت نصب اولتراسونیک	۲	۲۰۰۰	۴۰۰۰
پمپ آب	۱	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰
فاصله سنج التراسونیک SRF-05	۲	۶۰۰۰	۱۲۰۰۰
ماژول بلوتوث HC-05	۱	۱۶۶۰۰	۱۶۶۰۰
میکرو برد	۳	۱۵۰۰	۴۵۰۰
مقاومت و خازن	۹	۲۵-۵۰	۱۵۰
باتری لیتیوم پلیمر ۳ سل	۱	۴۹۰۰۰	۴۹۰۰۰
اسپیسر	-	-	۱۰۰۰۰
صفحه پلکسی	۱	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰

۱۴۰۰۰	-	-	سیم جامپر برد برد
۱۴۲۰۰	۱۴۲۰۰	۱	سنسور زاویه سنج MPU
۱۶۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱	سیم آردوینو
۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱	آداپتور
۵۰۰	۵۰۰	۱	کلید
۳۵۱۵۵۰	-	-	هزینه کل

مقالات و مراجع مورد استفاده

1. <https://github.com/jarzebski/Arduino-MPU6050>
2. <https://www.arduino.cc/en/Main/OldSoftwareReleases/>
3. <http://www.instructables.com/id/Arduino-Servo-Motors/>
4. <https://www.dfrobot.com/blog-551.html>
5. <http://www.circuitstune.com/2011/12/12-to-5-volt-dc-dc-converter-circuit.html>
6. <https://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>

کد پروژه و ویدیو ها

کد کامل پروژه در آدرس زیر قرار داده شده است :

https://github.com/NegarMirgati/CPS_Project

همچنین ویدیو های مربوط به تست ربات در آدرس زیر قابل مشاهده اند :

<https://www.youtube.com/channel/UCpUfccErvYgd8hIKPRu3pw>