وزارت آموزش وپرورش
اداره کل آموزش و پرورش استان قم
اداره آموزش و پرورش ناحیه 4 قم
مجتمع آموزشی شهید قدوسی

گزارش مستندسازی سیزدهمین جشنواره جوان خوارزمی

عنوان طرح

SQR (روبات امدادگر)

طراحان:امیر حسین رصافی و محمد نوید شاهسواری

رشته روباتیک

سال دوم دبیرستان(رشته ریاضی فیزیک)

شماره تماس:09375309195-09375648815

سال تحصیلی 90-1389

وزارت آموزش و پرورش
اداره کل آموزش و پرورش استان قم
اداره آموزش و پرورش ناحیه4 قم
مجتمع آموزشی شهید قدوسی

گزارش مستندسازی سیزدهمین جشنواره جوان خوارزمی

عنوان طرح

SQR (روبات امدادگر)

طراحان:امیر حسین رصافی و محمد نوید شاهسواری

رشته روباتیک

سال دوم دبیرستان(رشته ریاضی فیزیک)

شماره تماس:09375309195-09375648815

سال تحصیلی 90-1389

تقدیم به:

تلاشگران خستگی ناپذیر راه علم، گسترش دهندگان پژوهش و هدایتگران نسل آینده

چکیده

روبات امدادگر دانش آموزی ، روباتی است که طبق قوانین باید مسیری به رنگ سیاه را دنبال کرده ، مصدوم های نمادین موجود در مسیر اعم از آلومینیومی و سبز رنگ را تشخیص داده و اعلام کند. این روبات باید بتواند موانع را دور بزند ،اتاق بدون خط را اسکن کند ، شیب را بالا برود و ...

روبات امدادگر این تیم قادر است تمامی اعمال فوق را به طور صحیح انجام دهد . سیستم کار این روبات کاملا جدید و خلاقانه است که قادر است اعمال فوق را با دقت بالاتر اجرا کند.حتی الامکان از سنسور ها،قطعات مکانیکی و قطعات داخل بازار استفاده نشده است بلکه سعی شده تا با خلاقیت و ابتکار عمل، لوازم ساخت روبات را با کیفیت و دقت بالاتر و قیمت مناسبتر طراحی و ساخته شود .

فهرست

چکیده 5
مقدمه 8
اهداف تحقیق 8
سوال و فرضیه های تحقیق 8
الکترونیک 9
باتری 10
مدار تغذیه 10
تقویت کننده ها 13
سنسور اندازه گیری جریان 14
درایور 15
برد سنسور 16
ماژول hm-tr 19
فاصله یاب ها 21
قطب نما 22
برد اصلی(mainboard) 23
مکانیک 25
شاسی و بدنه 26
موتورها 27
نحوه بستن موتورها ..... 27.
چرخ ها 28
اتصالات 29
برنامه نویسی 30
الگوریتم زاویه یابی خط توسط سنسورهای ir 30
الگوریتم حرکتی روبات 31
الگوریتم استفاده از قطب نما 34
الگوریتم استفاده از فاصله یاب 34

مدت زمان اجرای طرح و برآورد هزینه 34
منابع و مأخذ 35

مقدمه

در حال حاضر ، علم روباتیک در سطح جهان به سرعت در حال پیشرفت است . خوشبختانه کشور ما، ایران جزو کشورهای پیشرو در این عرصه است .متاسفانه هر ساله در ربوکاپ ها شاهد روبات هایی هستیم که همگی از یک سیستم برای کار خود استفاده می کنند و با نمونه های آن در سال های ماضی تفاوت خاصی ندارند . این مشکل ما را بر آن داشت تا روباتی طراحی کرده که از سیستم متفاوت و بهتری نسبت به نمونه های دیگر برخوردار باشد .
روباتیک ترکیبی از سه علم مکانیک ، الکترونیک و برنامه نویسی است . لذا روبات امدادگر این تیم در این 3 بخش مورد بررسی قرار گرفته است . در هر کدام از بخش ها خلاقیت هایی صورت گرفته است که در همان بخش به آن اشاره شده است .

اهداف تحقیق

هدف از این تحقیق طراحی و ساخت سیستمی جدید و پیشرفته از یک روبات امدادگر است . استفاده از قطعات و قسمت هایی که توسط اعضا طراحی و ساخته شده است می تواند تحولی در روبات های امدادگر ایجاد کند و زمینه را برای پیشرفت های بعدی این علم فراهم کند .

سؤال و فرضیه های تحقیق

سوال هایی باعث شدند که این پژوهش صورت گیرد . روبات های امدادگر نیاز به سیستمی مکانیک دارند که بتواند در مسیر های صعب العبور حرکت کند و مانور آن در حرکت بالا باشد . این نیاز باعث طراحی وساخت چرخ های mecanum توسط اعضا شد که مانور فوق العاده ای دارد . احساس نیاز به سیستمی که روبات امدادگر بتواند دیتا را به افراد بیرون از منطقه انتقال دهد باعث استفاده از ماژول هایی برای ارتباط با بیرون شد . در زمین مسیر هایی که روبات باید دنبال کند دارای شکستگی هایی می باشد که گاها مشاهده می شود که روبات مسیر را گم می کند . این احساس نیاز باعث طراحی چینش سنسوری شد که قابلیت تشخیص شکستگی های بسیار سخت را نیز داشته باشد . شیب ها مسیرهایی هستند که روبات باید بتواند از آن عبور کند. طراحی سنسوری برای تشخیص شیب باعث می شود که در این حالت از تمام توان موتورها استفاده کرد

و از شیب به راحتی عبور کند .گاها در مسابقات روباتیک مشاهده می شود که روبات ها قادر به تشخیص مصدوم های نمادین نیستند . ساخت سنسور رنگی که بتواند به خوبی این مصدوم ها را تشخیص دهد نیازی بود که به تلاش اعضای این تیم بر آورده شد . از این قبیل سوالات و فرایض در این تحقیق به وفور یافت می شود که تمامی آن ها با خلاقیت هایی حل شده است .

شیوه کار

حال به شرح و توضیح قسمت های این روبات می پردازیم :

الکترونیک

این بخش از10 زیر مجموعه تشکیل شده است که در قسمت «الف» به معرفی و در قسمت «ب» به شرح کامل آن ها می پردازیم :

الف) معرفی قسمت ها

1 – باتری : وظیفه تامین تغذیه روبات بر عهده باتری می باشد . این باتری از نوع لیتیم پلیمر است .

2 –مدار تغذیه : ولتاژ غیر قابل استفاده برای قطعات الکترونیک دقیق و حساس روبات را به ولتاژ استاندارد آنها تبدیل میکند .

3 – تقویت کننده ها (opamp): این قسمت وظیفه تبدیل جریان ها (ولتاژ)های ضعیف به جریان های قابل اندازه گیری را دارد.

4 – سنسور اندازه گیری جریان : این سنسور به منظور اندازه گیری جریان کشی روبات می باشد .

5 – درایور ها : درایور های این روبات وظیفه کنترل جهت و سرعت موتور را دارند .

6 – برد سنسور : این برد خود شامل دو قسمت سنسورهای خط یاب و سنسورهای تشخیص رنگ می باشد .

7 – ماژول hm-tr : این ماژول از یک فرستنده و یک گیرنده تشکیل شده است و وظیفه ارتباط روبات با کامپیوتر را دارد .

8 – فاصله یاب ها : این سنسورها وظیفه بدست آوردن موقعیت روبات در قسمت های بدون خط زمین ، به منظور اسکن اتاق را دارند .

9 – قطب نما : این ماژول وظیفه تعیین زاویه روبات به منظورگردش های ضروری و دقیق را دارد .

10 – برد اصلی(main):این برد در واقع قسمت اصلی روبات می باشد که دیتا های ورودی را پردازش کرده و دستورات لازم را به قسمت های مختلف ارسال می کند .

ب) شرح قسمت ها

1 – باتری

باتری این روبات از نوع لیتیم پلیمر می باشد که جریان دهی معادل 2200 میلی آمپربر ساعت دارد.
این به این معناست که اگر در مدت یک ساعت جریانی معادل 2.2 آمپر از باتری گرفته شود باتری تخلیه (decharge)می شود . معمولا در روباتها از دو نوع باتری لیتیم پلیمر و لیتیم یون استفاده می شود که در ذیل به مقایسه این دو نوع باتری می پردازیم :
الف) لیتیم پلیمر جریان دهی لحظه ای بسیار خوبی دارد (جریان دهی لحظه ای باتری استفاده شده برابر 70 آمپر می باشد) اما لیتیم یون جریان دهی لحظه ای بسیار کمتری دارد .
ب) لیتیم پلیمر خطر انفجار ندارد و پس از اتصال کوتاه گازی از سل هایش ساتع می شود که باعث باد کردن باتری می شود . اما لیتیم یون بسیار خطرناک می باشد و پس از اتصال کوتاه احتمال انفجار آن زیاد است .
اگر چه لیتیم یون عمر بالاتری دارد اما مزیت های لیتیم پلیمر باعث انتخاب شدن آن شده است .

2 – مدار تغذیه

این مدار از سه قسمت دیود های محافظ ، مبدل 7 تا 60 ولت به 5 ولت و یک فیلتر در خروجی مدار تشکیل شده است .

الف) در ورودی از دو دیود محافظ استفاده شده است که در صورت ورود برعکس ولتاژ ، تغذیه وارد مدار نمی شود و باعث می شود که قطعات سالم بمانند .دیود ها از نوع 1N4007 می باشند .

ب) قسمت مبدل ولتاژ از یک رگولاتور سوییچنگ SMD(زیرا پکیج SMD این قطعه از لحاظ توان و خروجی با سایر پکیج هایش برابر است و همچنین سایز کوچکتری دارد) ، سلف ، دیود و چند خازن در ورودی و خروجی تشکیل شده است که طریقه اتصالات این قطعات مطابق دیتاشیت می باشد .

DC to DC های استفاده شده در روبات ها عموما 7805و minmax می باشد . در این روبات از LM2576 استفاده شده است که مزیت و برتری های زیر را نسبت به DC to DC های ذکر شده دارد :

1 – از لحاظ اقتصادی 7805 قیمت بسیار ارزانی دارد LM2576 نسبتا ارزان است، اما minmax نسبت به این دو قطعه قیمت بسیار بالایی دارد .

2 – از لحاظ جریان خروجی 7805 جریانی بین 0.5 تا 1 آمپر می دهد LM2576 جریان خروجی 3 آمپری دارد و minmax با توجه به مدل آن متغیر است .

3 –از لحاظ سایز و اندازه 7805 از همه کوچکتر است (منظور از 7805 پکیج غیرSMD آن است زیرا جریان دهی SMD آن ماکزیمم نیم آمپر است) بعد از آن LM2576 اس ام دی و در نهایت مینی مکس است .

بر طبق نیاز این روبات از لحاظ تامین جریان و با توجه به صرفه اقتصادی ، LM2576 مناسب ترین گزینه می باشد .

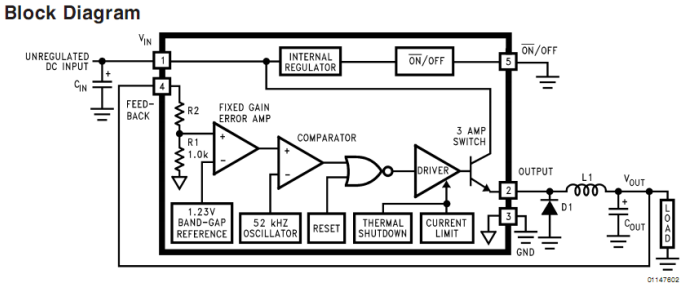
یک سلف ویک دیود و چند خازن در ورودی و خروجی این مدار به کار برده شده است که ولتاژ خروجی را تثبیت می کند .(دیتاشیت این قطعه ضمیمه TDP شده است)

ج) در خروجی از یک فیلتر که در صفحه ی 19 دیتاشیت در figure 15 پیشنهاد شده ،برای تثبیت هرچه بیشتر آن استفاده شده است .

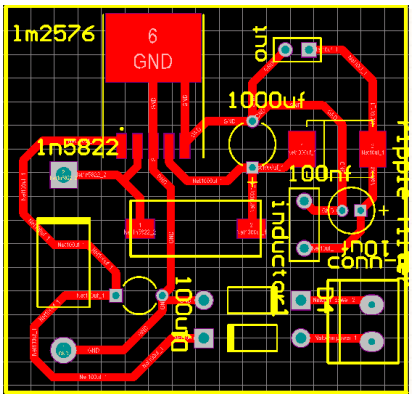
حال به شرح بلوک داخلی lm2576، قسمتی که باعث می شود خروجی آی سی 5 ولت 3 آمپر باشد می پردازیم:

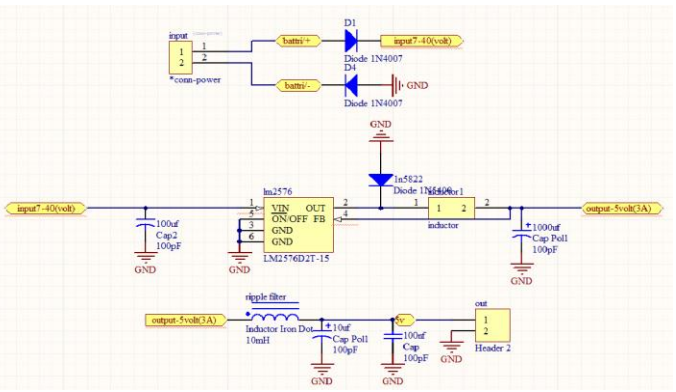
همان طور که در تصویر مشاهده می کنید،اولین قسمت مربوط به یک مولد پالس مربعی می باشد.duty cycle و فرکانس این قسمت در مدل adj با دو مقاومت کنترل می شود . اما در مدل های ثابت آن این مقاومت ها به صورت داخلی تعبیه شده اند .خروجی این مولد پالس به قسمت های دیگر می رود و پس از مقایسه و تقویت دراین قسمت ها به بیس یک ترانزیستور می رسد و ترانزیستور را خاموش و روشن می کند چون سرعت خاموش و روشن شدن ترانزیستور بسیار بالاست با تغییر پالس در بیس ترانزیستور ،در خروجی تغییر ولتاژ

دیده نمی شود . داخل این آی سی ، قسمت های دیگری هم مشاهده می شود که این قسمت ها بیشتر مربوط به بالا بردن بازدهی آی سی می باشد .تصویر بلوک داخلی آی سی را در زیر مشاهده میکنید :

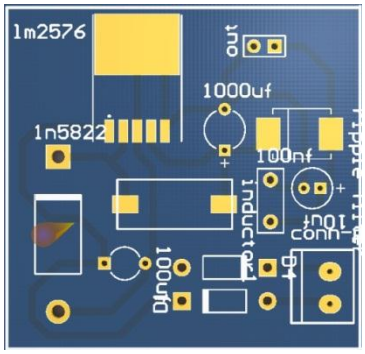


در ذیل تصاویری ازschematic و PCBطراحی شده و ... مشاهده می شود .





Application (Fixed Output Voltage



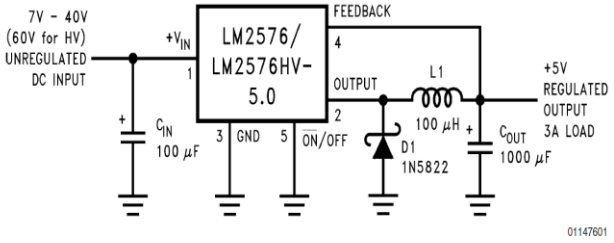
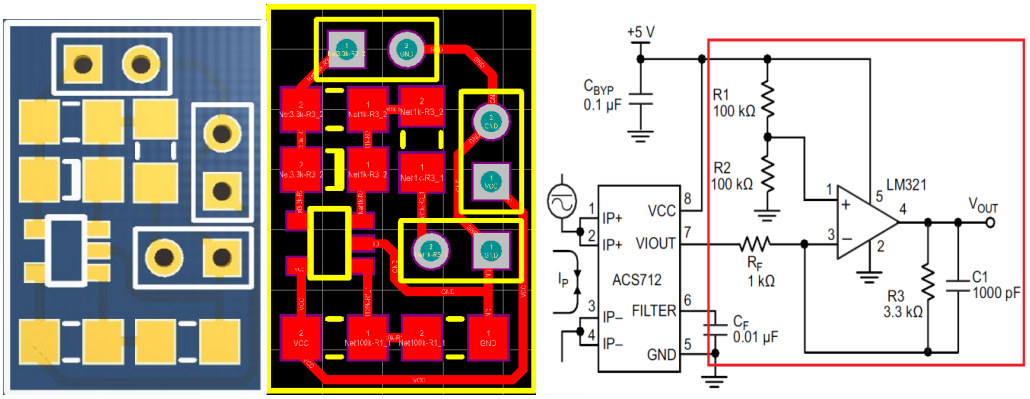


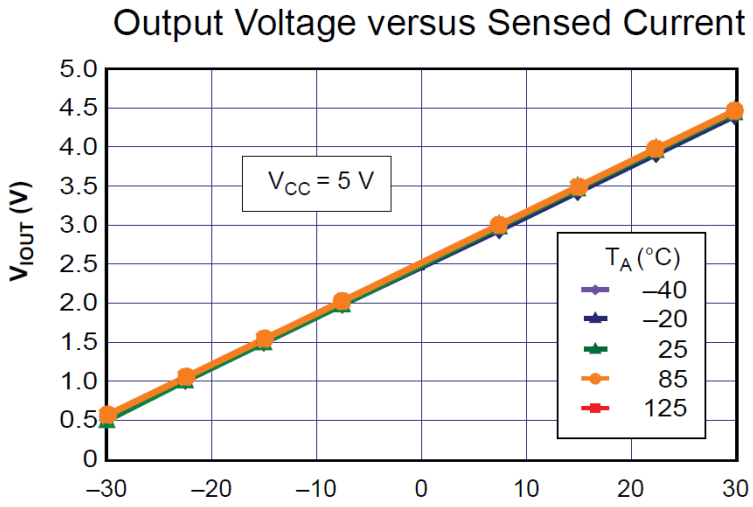
FIGURE 1.

در زیر تصویری از ماژول miw1124که نوعی dc to dc میباشد

3 – تقویت کننده (Opamp)

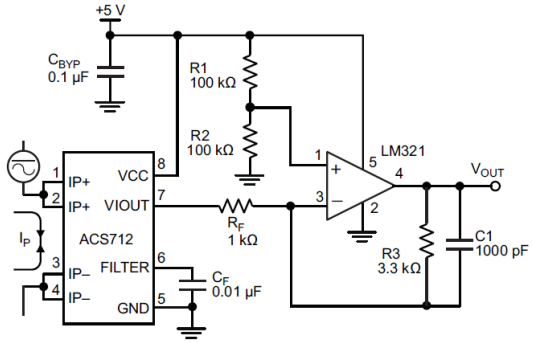
در این روبات از آی سی LM321استفاده شده است که داخل آن یک آپ امپ می باشد .از مزایای این آی سی نسبت به آی سی هایی مثل LM324 میتوان به دقت و حساسیت بیشتر و اندازه بسیار کوچک آن اشاره کرد . استفاده از این آی سی در سنسور جریان کشی می باشد .زیرا خروجی سنسور جریان کشی نسبت به تغییرات جریان در مقدار کم محسوس نمی باشد و یک میکروکنترلر AVR با 10 ADC بیت توانایی اندازه گیری خروجی این سنسور را ندارد به همین دلیل از این آی سی استفاده شده است . در مدار این آی سی از چند مقاومت و خازن استفاده شده است که مطابق دیتاشیت متصل شده است (مقدار مقاومت ها هم بر طبق دیتاشیت است)



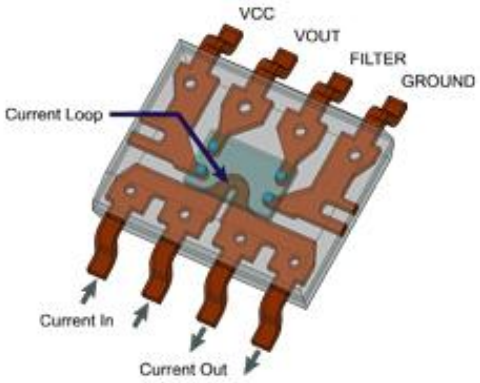


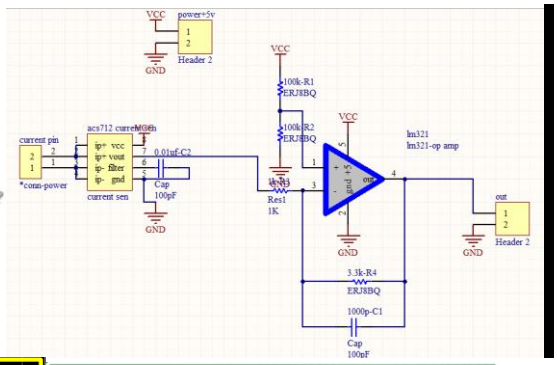
4–سنسور جریان کشی (acs712)

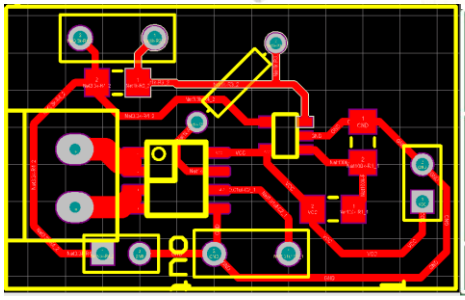
در این روبات از سنسور جریان کشی acs712استفاده شده است از این سنسور برای اندازه گیری جریان موتورها و جریان برد main استفاده می شود . این به این معناست که از این سنسور به تعداد سه یا چهار تا در روبات استفاده می شود . همانطور که در قبل گفته شد ، حساسیت این آی سی نسبت به تغییرات آمپراژ کم ، زیاد نیست و یک آپ امپ در خروجی استفاده شده است . با استفاده از این سنسور ما می توانیم بفهمیم که وضعیت فعلی روبات اعم از در سربالایی بودن یا در گوشه گیر کردن و... چگونه است . همچنین کمک به تثبیت دیتا از فاصله یاب ها می کند . این آی سی SMD و دارای 8 پایه می باشد .

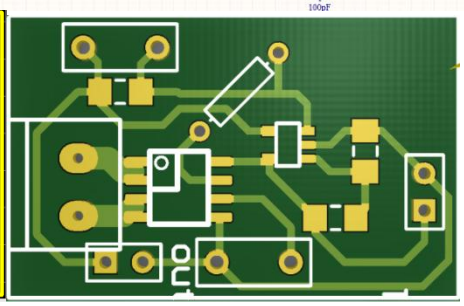


Application 3. This configuration increases gain to 610 mV/A (tested using the ACS712ELC-05A).









5- درایورها

همانطور که ذکر شد درایور های استفاده شده در این روبات وظیفه کنترل جهت و سرعت موتورها را دارند . درایور استفاده شده از نوع L6201psمی باشد.به دلیل سایز کوچک و جریان دهی برابر بانوع multiwatt11 ، از نوع SMD بهره گرفته شده است .این آی سی از20 پایه تشکیل شده است که با صرف نظر کردن از این ncها و مشترک گرفتن Gnd ها به 11 پایه می رسیم . طریقه ی اتصال این آی سی با قطعات جانبی طبق دیتاشیت می باشد . حال به شرح طریقه عملکرد این آی سی می پردازیم :

این آی سی از دو پایه به عنوان input که جهت موتور را و enable برای تعیین سرعت موتورها استفاده می شود . موجی که در پایه enable داده می شود پالس مربعی می باشد که از میکروکنترلر به درایور فرستاده می شود . چون پالس مربعی می باشد (یعنی یا فقط در یک منطقی قرار دارد یا در صفر منطقی)و درایور مانند یک کلید می مانند که با این پالس خاموش و روشن می شود ، موتور طبق دستور داده شده به حرکت در می آید . (این نکته که در بالا توضیح داده شد ، اثباتی است تئوری برای خطی درایو کردن یک درایور)

برای حل مشکل خطی نبودن خروجی درایور (برای مثال اگر 50٪ duty cycle در ورودی تنظیم شودو تغذیه 18 ولت باشد ،خروجی درایور برابر نصف ولتاژ تغذیه اش یعنی 9 ولت نمی باشد) پایه enable آی سی به طور دائم در حالت یک منطقی و پالس مورد نظر به یکی از پایه های input داده میشود . حال فرض می کنیم که این پالس را به پایه input1 داده ایم . دراین صورت برای تغییر جهت موتور باید فقط از پایه input2 استفاده کرد . برای مثال یک پالس pwm(مربعی) با 80 ٪ duty cycle به پایه input1 داده می شود . در این حالت اگر پایه input2 در حالت یک منطقی باشد با توجه به یک بودن پایه enable حرکت موتور 20 درصد حرکت خود را دارد و در جهت برعکس می باشد . هم چنین اگر پایه input2 در حالت صفر منطقی قرار داشته باشد حرکت موتور 80 درصد و در جهت اصلی خود می باشد . در ظاهر این موضوع ممکن است مشکل ایجاد کند اما این مشکل در برنامه نویسی حل شده (در قسمت برنامه نویسی شرح داده خواهد شد)و در حرکت روبات با توجه به الگوریتم حرکتی بسیار دقیق ، کمک شایانی می کند .

علت استفاده از این آی سی جریان خروجی بالای آن است که برابر 10 آمپر لحظه ای و 5 آمپر به صورت دائم می باشد .

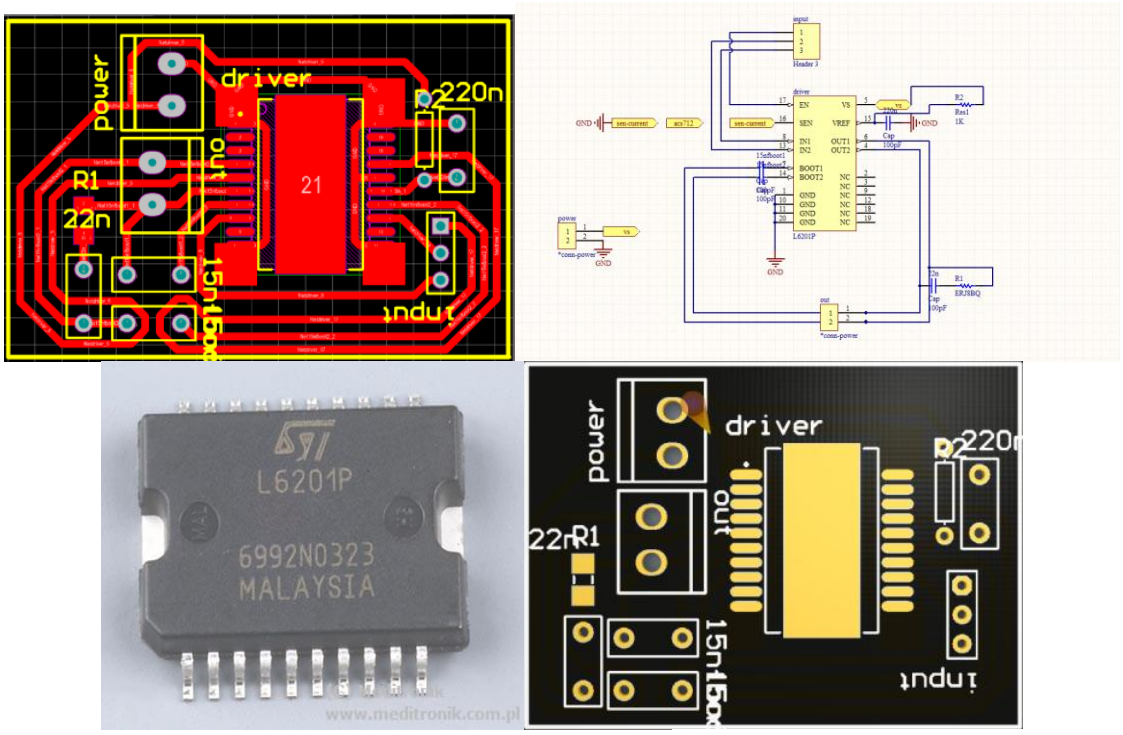
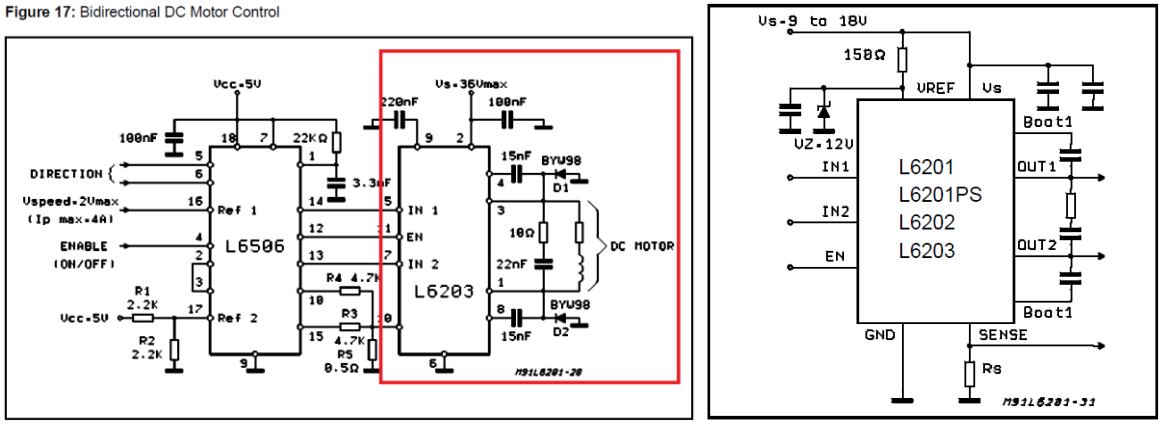


Figure 20: L6201/1P/2/3 Used at a Supply Voltage Range Between 9 and 18V

Figure 17: Bidirectional DC Motor Control



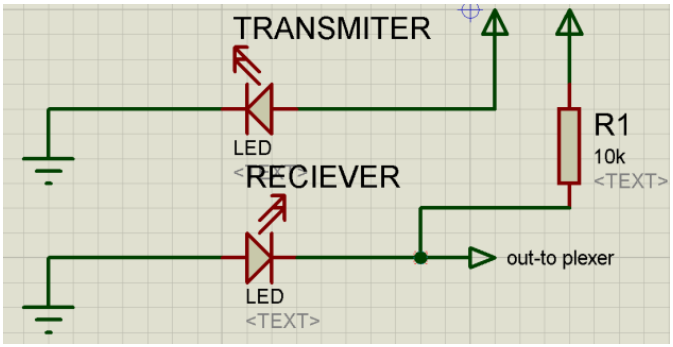
6-برد سنسور

همانگونه که ذکر شد این بخش خود به دو بخش سنسورهای تشخیص خط و سنسورهای تشخیص رنگ تقسیم می شود که در دو بخش الف و ب به شرح آن ها می پردازیم :

الف) سنسورهای خط یاب

در این روبات به منظور تشخیص خط سیاه در زمینه سفید یا بالعکس وهمچنین تشخیص مصدوم های آلومینیومی ، از فرستنده و گیرنده های IR 3 میلی متری استفاده شده است که یک فرستنده و یک گیرنده در

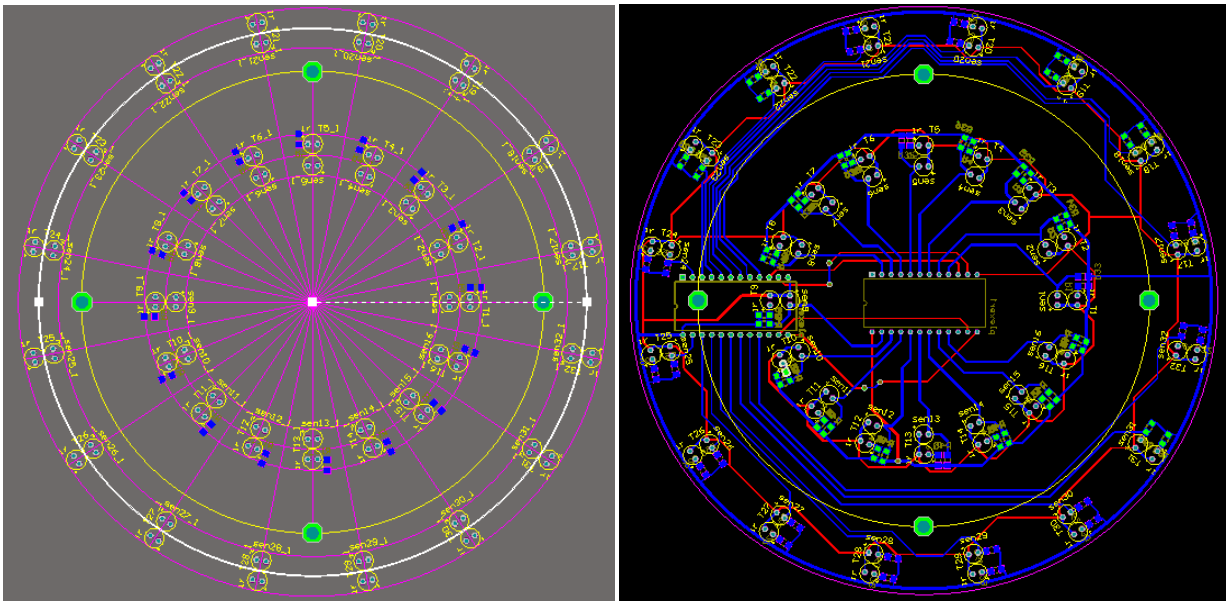
کنار هم قرار دارند . سنسور گیرنده به صورت بر عکس بسته می شود و با مقاومت pull up می شود .(نتایج آزمایشات تجربی توسط اعضای تیم نشان داده است که این روش برای بستن گیرنده های مادون قرمز بهترین روش می باشد) سنسور فرستنده نیز با یک مقاومت به تغذیه وصل می شود تا از جریان کشی زیاد و سوختن فرستنده جلوگیری شود . سنسور در نزدیکی زمین قرار می گیرد و با توجه به اختلاف قابل توجه بازتاب روی رنگ سفید ، سیاه و آلومینیومی ، بوسیله ADC میکروکنترلر ، موارد ذکر شده تشخیص داده می شوند .



با توجه به سه موتوره بودن روبات ، و این که زاویه روبات در طول مسیر زمین تغییر نمی کند ، نیاز به چینش سنسوری داریم که تغییر زاویه خط نسبت به روبات را بتوان فهمید . در نتیجه باید در تمام جهت ها سنسور داشته باشیم . همچنین برای دقت بیشتر از دو ردیف سنسور استفاده کردیم . در ردیف اول سنسورها بر روی محیط یک دایره به شعاع 38.197 میلی متر قرار دارند . علت صحیح نبودن عدد شعاع این است که اگر 16 سنسور با زاویه 22.5 درجه روی محیط دایره به این شعاع قرار گیرند فاصله هر سنسور با سنسور کناری (طول کمان22.5 درجه روی محیط دایره)برابر با 1.5 سانتی متر می باشد . علت انتخاب عدد 1.5 سانتی متر ،حدود قطر خط زمین است که بین 1.4 تا 1.8 سانتی متر است . در ردیف دوم سنسورها بر روی یک دایره به شعاع 71.247 میلی متر قرار دارند . با این تفاوت که هر سنسور از ردیف دوم در امتداد وسط سنسورهای ردیف اول است. در این دایره سنسور ها به فاصله 3 سانتی متر از یک دیگر چیده شده اند .

از ویژگی های منحصر به فرد این چینش سنسور می توان به مسیر یابی دقیق که تا شکستن زاویه348.75 را نیز می تواند مسیر یابی کند

با توجه به این که تعداد پایه های ADC میکرو کنترلر8 عدد می باشد و تعداد سنسورها 32 می باشد . لذا از دو مالتی پلکسر استفاده شده است. همچنین مالتی پلکسر بر روی بردسنسور قرار دارد که تعداد سیم ها برای اتصال به برد main کم شود .سیستم کار هر مالتی پلکسر به گونه ای است که 16 خطی که از سنسورها فرستاده میشود را میتواند در یک خط خلاصه کند که با 4 آدرس کنترل میتوان 16 سنسور را بررسی کرد .



ب) سنسور تشخیص رنگ

در این روبات برای تشخیص رنگ ، سه روش اجرا شده است.در زیر به تشریح این سه روش می پردازیم :

1- طبق قوانین اپتیک هرگاه نور همرنگ نگاتیو رنگ جسم باشد آن جسم تمام آن نور را جذب کرده و هیچ بازتابی نداشته و در نتیجه دیده نمی شود. یعنی فتوسلی که در زیر روبات تعبیه شده است به دلیل این که هیچ نوری دریافت نمی کند، به حداکثر مقاومت خود می رسد و روبات متوجه رنگ آن جسم می شود.

2- سه فتوسل که روی اولی طلق قرمز ، دومی آبی و سومی سبز قرار دارد ، در زیر برد سنسور قرار می دهیم. طبق قوانین اپتیک ، طلق سبز نور سبز را عبور می دهد، طلق قرمز نور قرمز و همچنین آبی نور آبی .در نتیجه وقتی که روبات روی رنگ سبز که نور سبز را بازتاب می کند ، قرار گیرد فقط فتوسلی دریافت می کند که روی آن طلق سبز قرار دارد. سفید همه و سیاه هیچ کدام از رنگ ها را جذب نمی کند .

3- همانطور که می دانیم نور ماهیتی موجی دارد و طول موج محدوده ی مرئی بین 400 تا 700 نانو متر می باشد در نتیجه می توان با سنسور هایی مثل TCS230 و tsl2301 که نور را به موج

قابل اندازه گیری میکرو تبدیل می کند ،با توجه به این که طول موج سبز حدودا 520 تا 570 است، می توان رنگ سبز را از سایر رنگ ها تشخیص داد .

4- سه فتوسل با سه led به رنگ های سبز ، قرمز و آبی کنار هم در زیر روبات قرار می دهیم . هنگامی که این سه فتوسل و led ها روی رنگ سبز قرار بگیرند. تنها فتوسلی که تغییر مقاومت می دهد فتوسلی است که در کنار آن led سبز قرار گرفته است . زیرا رنگ سبز فقط نور سبز را بازتاب می کند .

در میان این چهار طرح ، از تمامی لحاظ، طرح دوم مناسب تر است. لذا روش دوم بر روی روبات اجرا شده است.

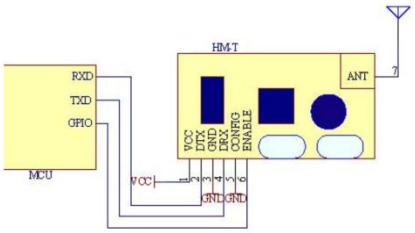
7- ماژول hm-tr

روبات امدادگر ساخته شده مجهز به سیستم ارتباط با کامپیوتر می باشد که این ارتباط از طریق ماژول hm – tr انجام می گیرد.این ماژول خود دارای یک فرستنده و یک گیرنده است که در موارد نیاز از transmiter یا reciever استفاده می شود .برد این ماژول 330 متر می باشد .

ماژول فرستنده از طریق ارتباط سریالUSART به میکرو متصل می شود . همانطور که در زیر مشاهده می کنید ماژول به طور مستقیم از طریق RXDو TXD به میکروکنترلر متصل می شود و اطلاعات را ارسال می کند.

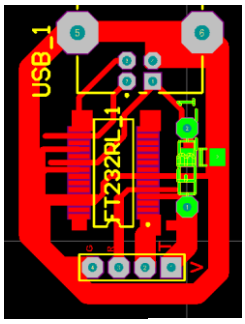
همچنین این ماژول یک پایه ENABLE دارد که در صورتی که این پایه 1 باشد ماژول در حالت آماده به کار قرار می گیرد .

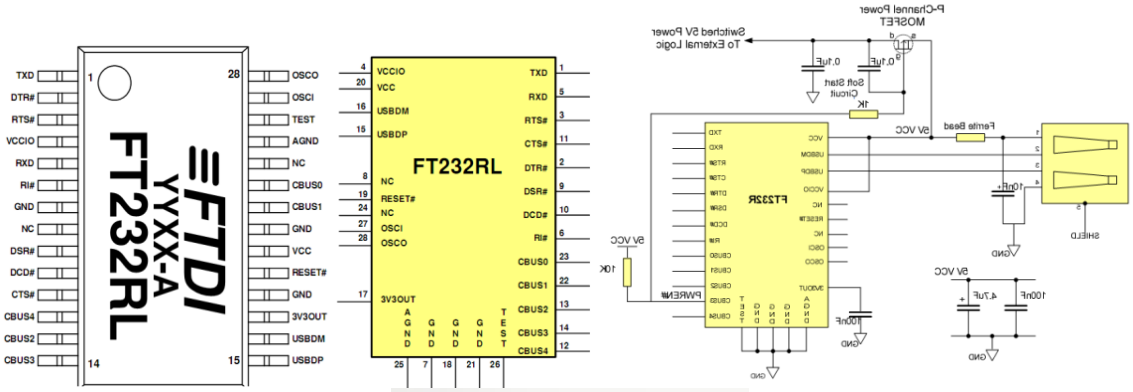
HM-TRXXX-TTL



این ماژول با یک آی سی تبدیل سریال به USB به نام FT232R به کامپیوتر متصل می شود و با برنامه ی visual basic اطلاعات را از درگاه سریال که به دلیل وجود ft232r به usb تبدیل شده است ،دریافت می کند و روی نمایشگر نشان می دهد .حال به توضیحات بیشتر در مورد این آی سی می پردازیم :

تراشه FT232ساخت FTDI CHIP یک مبدل USB به سریال است که برای برقراری ارتباط سریال بین کامپیوتر و تجهیزات خارجی از طریق درگاه USB طراحی شده است . با این تراشه می توان از ارتباط USB بدون وارد شدن به پروتکل پیچیده و مسائل مربوط به آن استفاده کرد. اهمیت این مسئله آن است که امروزه واسطه USB به عنوان یک واسطه استاندارد همه منظوره شناخته می شود و کاربرد واسط سریال RS232 رو به کاهش است .به طوری که در لپ تاپ ها دیگر استفاده نمی شود . تراشه FT232 در 4 مدل مختلف FT232BL،FT232BM ، FT232BQ و جدید ترین آن ها FT232R می باشد. مدار طراحی شده برای این آی سی در ذیل قابل مشاهده است :

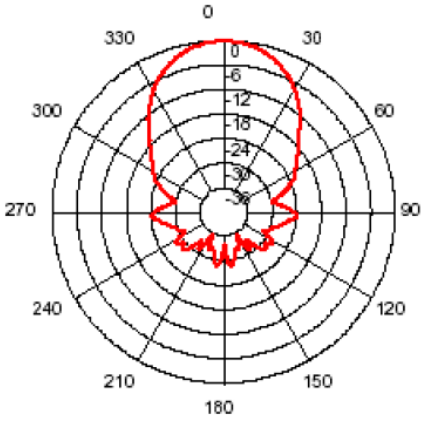


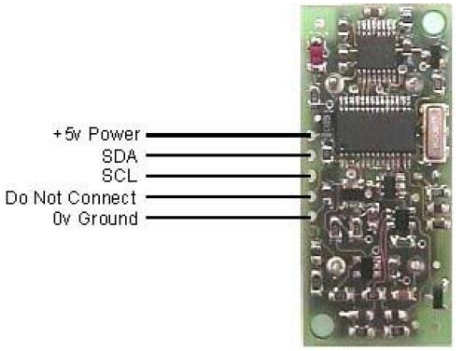


8- فاصله یاب ها

این روبات برای اسکن طبقه دوم از فاصله یاب استفاده میکند . فاصله یاب ها از نوع فراصوت یا اولتراسونیک (SRF08)می باشند . فرستنده امواج فراصوت را ارسال کرده در صورتی که این امواج به یک مانع برخورد کنند بازتاب می شوند و توسط گیرنده دریافت می شوند. نصف حاصلضرب سرعت این امواج در اختلاف زمان بین موج فرستاده شده و گرفته شده برابر با فاصله جسم از سنسور می باشد . در این ماژول از یک فرستنده و گیرنده در کنار هم استفاده شده است. امواج ورودی و خروجی با تعدادی مولد و تقویت کننده تولید و تقویت میشوند و اختلاف زمان توسط یک میکروکنترلر بر روی ماژول اندازه گیری می شود و از طریق I2C با هسته اصلی ارتباط برقرار می کند .

این ماژول خروجی های متفاوتی اینچ ، سانتی متر و میکرو ثانیه دارد که در این روبات از خروجی سانتی متر آن در رنجینگ مود استفاده می شود . این ماژول 55 درجه بازه دارد که نمودار آن را در زیر مشاهده می کنید . علت اینکه از فاصله یاب های مادون قرمز) شارپ (استفاده نشده خروجی غیر دقیق آن می باشد که امکان فاصله یابی دقیق را نمی دهد . همچنین به دلیل آی تو سی بودن این سنسور میتوان همزمان 128 سنسور را با هم خواند . اما در میکرو ماکزیمم 8 ای دی سی وجود دارد و این به این معناست که فقط می توان از 8 شارپ استفاده کرد .این موضوع انعطاف پذیری شایانی به الگوریتم های روبات می دهد.





9- ماژول قطب نما

به منظور جهت یابی روبات درون زمین از ماژول cmp03 استفاده شده است .سیستم کار این ماژول بر اساس کار دو آی سی زاویه یابphillips KMZ51 بنا شده است که می تواند شمال مغناطیسی زمین را که با شمال حقیقی آن 1 درجه اختلاف دارد به ما نشان بدهد . این قطب نما قابلیت کالیبره شدن را دارد و توسط این عمل پیش‌فرض زاویه‌ای آن را تغییر می‌دهیم .این ماژول از طریق پروتکل I2C با میکرو کنترلر رابطه برقرار می‌کند خروجی این کامپس عددی بین 0 تا 259 می باشد که بیانگر زاویه نسبت به درجه کالیبره شده می باشد.
در صورت استفاده از ماژول cmp 09 با توجه به سه محوره بودن آن، می‌توانیم شیب را نیز تشخیص دهیم.
اما برای تشخیص شیب دست به طراحی یک سنسور تشخیص شیب زدیم که در ذیل به شرح این سنسور می‌پردازیم:
این سنسور از یک لوله شفاف، یک ساچمه، یک فرستنده و یک گیرنده مادون قرمز تشکیل شده است. به این صورت که فرستنده در یک طرف لوله قرار دارد . گیرنده مادون قرمز نیز در طرف دیگر لوله مقابل فرستنده قرار می‌گیرد.ساچمه نیز درون لوله قرار دارد . سنسور را به سمت جلوی روبات با زاویه کمی خم می کنیم .هنگامی که روبات در شیب قرار می‌گیرد ساچمه به سمت عقب حرکت کرده و بین فرستنده و گیرنده قرار می گیرد. لذا این باعث می شود تا روبات به روی شیب بودن خود پی ببرد . علت اینکه سنسور را کمی به سمت جلوی روبات خم میکنیم این است که در حرکت به صورت تصادفی ساچمه به عقب حرکت نکند که باعث تشخیص اشتباه روبات شود .

10 – برد اصلی (mainboard)

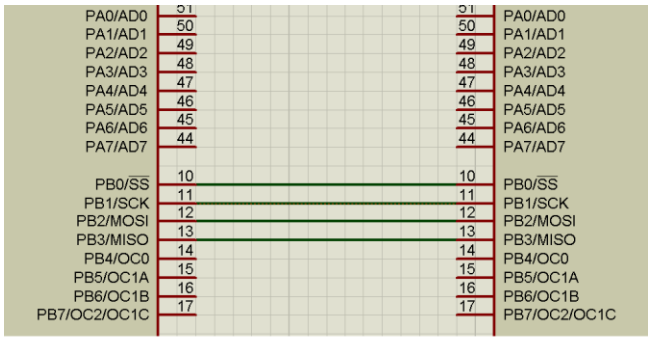
این برد از دو میکرو کنترلر AVR-ATmega64 که با یکدیگر با SPI با هم ارتباط بر قرار می کنند . ارتباط سریال به صورت پروتکل SPI توسط شرکت موتورولا ارائه گردیده است . امروزه بسیاری از تراشه ها و مدارات واسط از این ارتباط استفاده میکنند . این نوع ارتباط سریال برای فواصل کوتاه و با سرعت بالا صورت می گیرد. توسط این ارتباط دهی می توان چندین میکرو کنترلر را به صورت master و slave شبکه بندی کرد که در این روبات این دو میکرو کنترلر به این طریق به یک دیگر متصل شده اند . یکی از ویژگی های ارتباطی SPI در AVR که باعث شده است که آن را برای ارتباط بین دو میکرو کنترلر انتخاب کنیم سرعت بسیار بالا و دو طرفه بودن (full duplex یعنی انتقال دیتا به صورت همزمان توسط 3 خط است) آن می باشد . پایه های ارتباط در پروتکل spi شامل ss , sck , mosi , miso می باشد.

Miso (master input slave output) :خط انتقال اطلاعات از slave به master می باشد .

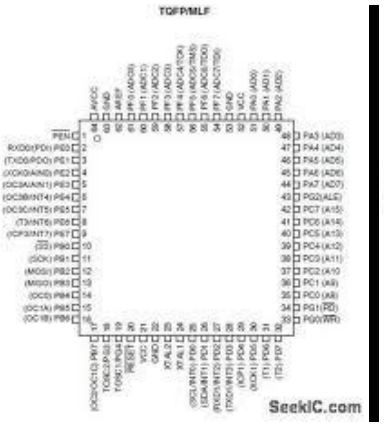
Mosi (master output slave input): خط انتقال اطلاعات master به slave می باشد .

Sck (spi clock):خط کلاک ایجاد شده توسط master .

Ss(slave select) : خط انتخاب slaveبا سطح منطقی صفر.



علت استفاده از سری AVR شرکت atmel این بوده که این میکرو کنترلر به وفور در کشور یافت میشود و از قیمت نسبتا مناسبی برخوردار است وعلت اینکه از ATmega64استفاده شده است این بوده که دارای 64 پایه که 8 پایه ADCو 4 تایمر و 7 پورت و 6 خروجی PWM می باشد این میکرو از ارتباط USART ، SPI و I2C پشتیبانی می کند در نتیجه با توجه به نیاز های روبات بهترین گزینهATmega64 می باشد.در زیر تصاویری از mega64مشاهده میشود.



حال این سوال مطرح است که چرا دو میکرو کنترلر ؟ در جواب این سوال به موارد زیر اشاره می کنیم :

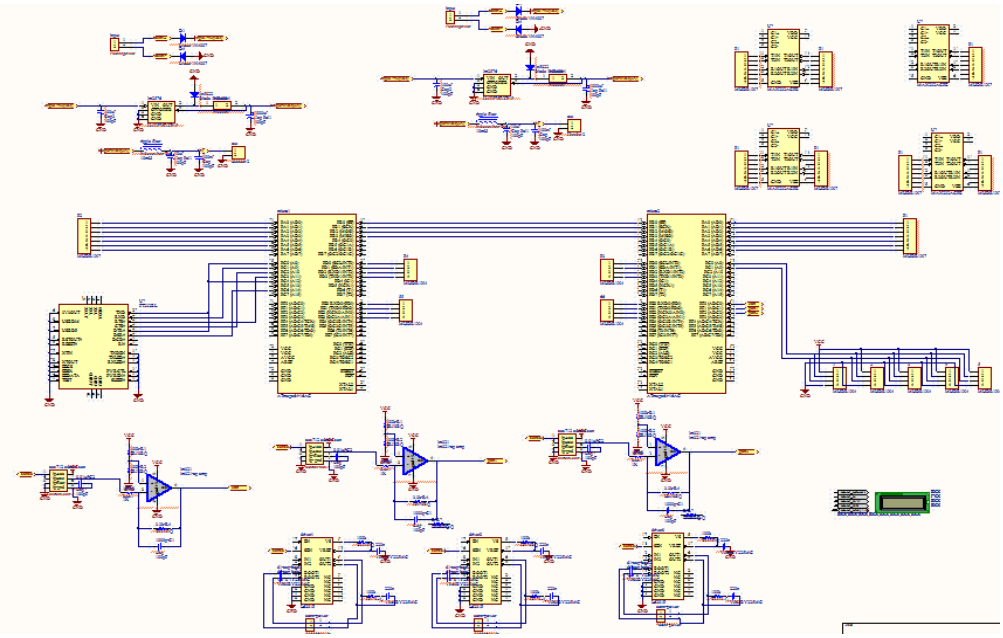
استفاده از دو میکرو کنترلر باعث می شود که وظایف محاسباتی و اندازه گیری توسط دو میکرو کنترلر تقسیم شود .

میکرو کنترلر 1 دیتا را از سنسورها گرفته ،پردازش کرده و فرامین اجرایی را به درایور ها می دهد . در نتیجه موتور ها را کنترل می کند . هم چنین این میکرو کنترلر دیتا هایی که از میکروکنترلر 2 دریافت می کند را با دیتا های خود مقایسه کرده و ایده آل ترین فرامین ممکن را صادر میکند . برای مثال قسمت اندازه گیری ولتاژ باتری در کنترل میکروکنترلر 2 می باشد که این میکرو کنترلر دائم به اندازه گیری مقدار ولتاژ می پردازد و دیتای بدست آورده را در درگاه SPI نگه می دارد تا میکرو کنترلر 1 در موقع نیاز و در هنگام پردازش از آن استفاده کند این کار به میکروکنترلر 1 کمک میکند که بدون هیچ وقفه ای ،متمرکز روی کار اصلی خود که محاسبه حرکت و سرعت موتورها باشد .قسمت هایی مانند فاصله یاب ها و ماژول hm-tr در هنگام کارتاخیری معادل 30 تا 60 میلی ثانیه دارند . در نتیجه بر عهده میکرو کنترلر 2 می باشد که کارهای فاصله یابی ، اندازه گیری ولتاژ باتری ، فرستادن دیتا به PC ، اندازه گیری خروجی آی سی acs712 یا به عبارتی میزان جریان کشی هر موتور ، تشخیص رنگ را انجام دهد و همانطور که گفته شد دیتا را از طریق SPI که از سرعت بسیار بالایی برخوردار است به میکرو کنترلر 1 ارسال میکند در نتیجه پردازش میکرو کنترلر اصلی بهینه ترین و با سرعت ترین حالت خود را پیدا میکند .

تمامی قسمت هایی که در بالا شرح داده شد به جز برد سنسورها ،همگی عضوی از برد main می باشند و در این برد قرار دارند . قسمت باتری به مدار تغذیه متصل می شود و همانطور که گفته شد مدار تغذیه ولتاژ مناسب را در اختیار قسمت های حساس و فرمانده میگذارد همچنین سنسورها که به پلکسر وصل می باشند از طریق یک فلت 20 رشته به برد اصلی و میکرو کنترلر های روبات متصل می شوند . سنسورهای اندازه گیری جریان بین GNDو پایه sens درایور ها قرار میگیرد همچنین یک آپ امپ خروجی این آی سی را تقویت

کرده و خروجی آپ امپ به ADC میکروکنترلر (2) وصل می شود از سر مدار کنترل باتری هر سل به طور جداگانه به پایه ADC میکرو کنترلر2وصل می شود . درایور ها که به میکرو کنترلر یک متصل می باشند از طریق OCR های میکرو کنترلر که خروجی آنها پالسی است با فرکانس و duty cycleمتغیر، کنترل می شود . همچنین input های درایور ها به میکرو کنترلر 1 متصل می باشند ولازم به ذکر است که 3 درایور بر روی برد قرار دارد . ماژول قطب نما از طریق ارتباط I2C با میکرو کنترلر اصلی (1) ارتباط برقرار میکند و زاویه روبات را به صورت عددی ارسال می کند . همچنین 4ماژول فاصله یاب از طریق ارتباط I2C به هر دو میکرو کنترلر متصل می باشند . ماژول های hm-tr با ارتباط USART به میکروکنترلر2 متصل می شوند و اطلاعات را ارسال میکنند

در زیر قسمتی از مراحل طراحی شماتیک را مشاهده می کنید :



مکانیک

مکانیک ،عبارت است از قسمتی از روبات که سخت افزار بر روی آن سوار شده، و نرم افزار بوسیله سخت افزار آن را کنترل می کند .

بخش های مکانیکی این روبات به دسته های زیر تقسیم می شوند که در دو قسمت الف و ب به معرفی و توضیح آن ها می پردازیم :

الف)معرفی

1-شاسی و بدنه:قسمتی از روبات که تمامی بردها،سنسورها،موتورهاو چرخ ها روی آن سوار می شود .

2-موتور ها:قسمتی که بوسیله چرخ ها روبات را به حرکت(در جهات مختلف) در می آورد.

3- نحوه بستن موتورها :با توجه به نوع حرکت روبات طریقه ی بستن موتورها متفاوت می باشد که مفصل به شرح آن خواهیم پرداخت.

4-چرخ ها :قسمتی که نیروی موتور را به زمین منتقل کرده و روبات حرکت می کند.

5-اتصالات:اسپیسرها،پیچ ها و غیره که باعث اتصال قسمت های مختلف روبات به یکدیگر می شود.

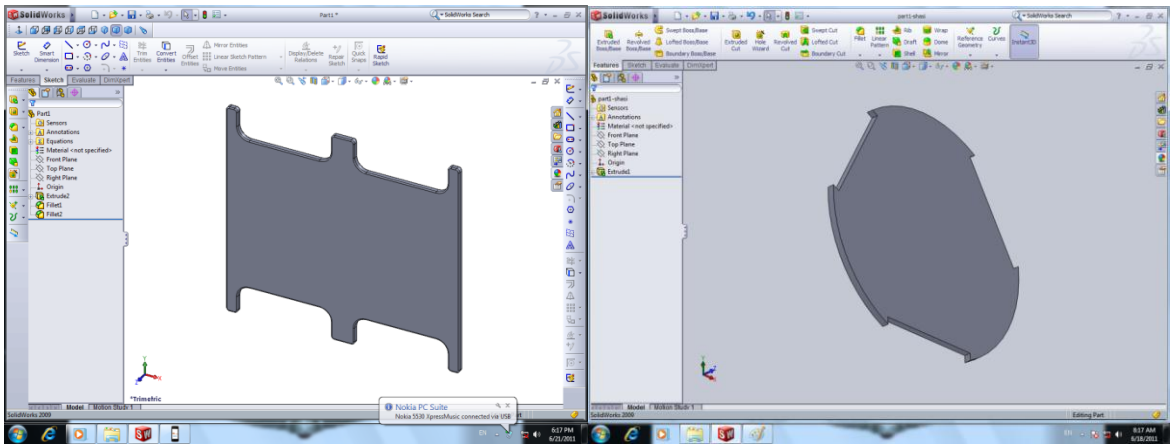
ب)توضیح

1- شاسی و بدنه :

شاسی این روبات از جنس آلیاژ آلومینیوم و استیل به قطر 3 میلی متر می باشد . این آلیاژ مقاومت بسیار بالایی در مقابل خم شدن و شکستن دارد. شاسی روبات در نرم افزار corel draw و solidwork طراحی شده است حالت های مکانیک انتخاب شده برای این روبات دو مورد است که در هر مورد شکل شاسی متفاوت است . در ذیل به توضیح این دو مورد می پردازیم:

الف) سه موتور با چرخ خورشیدی : در این حالت شاسی روبات به صورت یک دایره به قطر 18 (طبق قوانین) سانتی متر می باشد که موتورها در زیر شاسی قرار می گیرند تا بتوان برد سنسورها را زیر موتورها نصب کرد.

ب)چهار موتور با سیستم جدید چرخ های omni (mecanum) : در این حالت شاسی به صورت مستطیلی به اندازه 20*18 سانتی متر است که باز هم موتور ها زیر شاسی قرار می گیرند.



2-موتور ها :

موتورهای استفاده شده در این روبات، از نوع بوهلر می باشد. موتور انتخاب شده دارای گشتاور خروجی برابر 1.7 نیوتون متر ، سرعتی برابر 170 rpm و وزنی معادل 155 گرم می باشد .موتور ها توسط بست های L شکل به شاسی فیکس شده اند .

3- نحوه بستن موتورها :

موتورها در دو سیستم مکانیک طراحی شده برای این روبات به اشکال مختلفی بسته می شوند که در دو قسمت به شرح آن ها می پردازیم:

الف) سیستم 3 چرخ با چرخهای خورشیدی : در این حالت، سه موتور با زاویه 120 درجه نسبت به هم بر روی شاسی دایره شکل بسته می شوند که قابلیت حرکت در تمامی جهات بدون احتیاج به چرخیدن روبات را دارند.

این قسمت را می توان به صورت سه موتور یا چهار موتور اجرا کرد.در زیر به مقایسه این دو روش می پردازیم:

1- قدرت: از لحاظ قدرت ، روش 4 موتور قدرت بیشتری در حرکت دارد.

2- الگوریتم حرکتی: با توجه به الگوریتم حرکتی روبات که در قسمت برنامه نویسی شرح داده خواهد شد،3موتور و 4 موتور از از این لحاظ تفاوتی با یکدیگر ندارند.

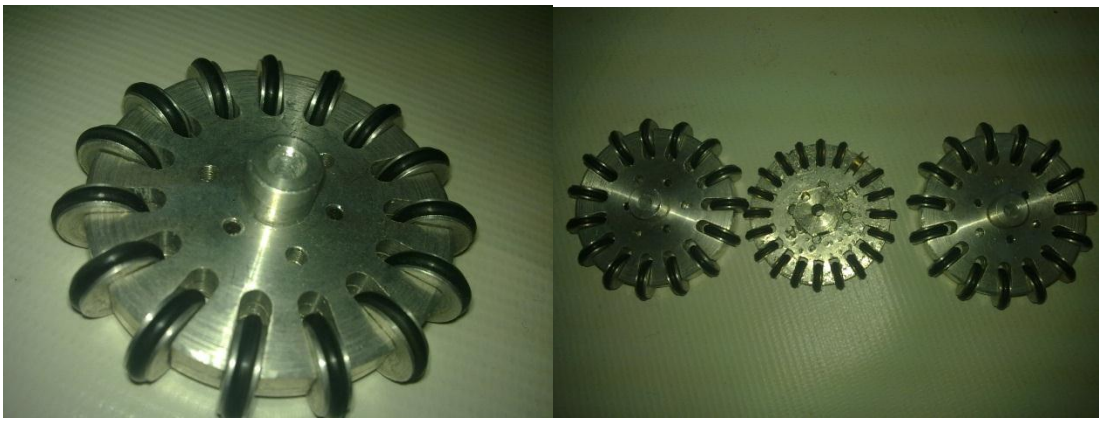
3- بالانس بودن چرخ ها : در روش 3 موتور با توجه به این که می دانیم سه نقطه همیشه در یک صفحه قرار دارند ، لذا این روش همیشه بالانس خواهد بود . در روش چهار موتور تنها در صورتی بالانس خواهد بود که چهار موتور بسیار دقیق یک ارتفاع از زمین داشته باشند یا موتورها با سیستم تعلیق و فنر بندی به شاسی فیکس شده باشند.

با توجه به نیاز های روبات ، همچنین با توجه به الگوریتم حرکتی بسیار دقیق که به بالانس بودن کامل روبات نیازمند است ، لذا روش 3 موتور برای این روبات مناسب تر است .

ب) سیستم 4 چرخ با سیستم جدید چرخ های omni (mecanum) :این چرخها همانند چرخ های خورشیدی موجود در بازار، می باشند با این تفاوت که اصطکاک بسیار بالایی دارند و این که زاویه اورینگ ها با سطح مقطع چرخ 90 نمی باشد . بلکه 45 درجه می باشد. حال اگر چهار چرخ mecanum دو بدو پشت یکدیگر و موازی قرار گیرند (همانند روش بستن چرخ اتومبیل ها)،در واقع به دلیل زاویه 45 درجه اورینگ ها ، روش چهار موتور با زاویه 90 درجه نسبت به یکدیگر با چرخ های خورشیدی معمولی را اجرا کرده ایم .با این حساب به بالانس بودن روبات نیز نیازمندیم که به این منظور موتورها بر روی بست L شکل بسته شده ، بست ها توسط فنر های نرم به شاسی متصل می شوند. شرح کامل و معرفی چرخ های mecanum در قسمت چرخ ها مشاهده می شود .

4-چرخ ها:

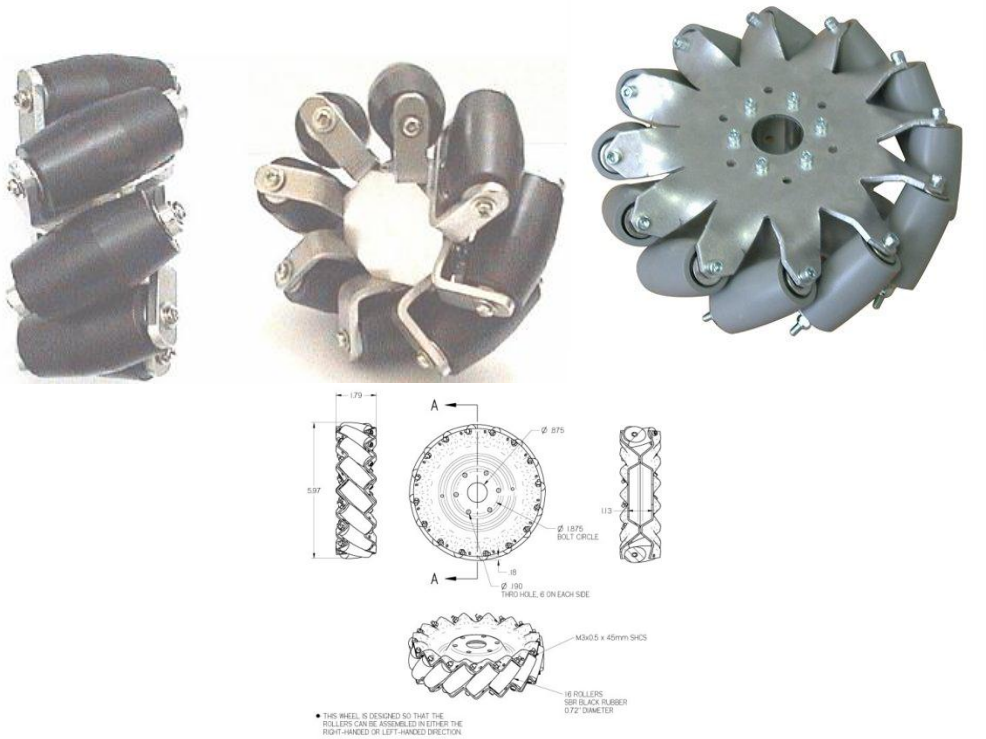
با توجه به دو سیستم مکانیک طراحی شده ، لذا دو نوع چرخ نیز برای این روبات در نظر گرفته شده است :
الف) چرخ خورشیدی معمولی : این چرخ ها همان طور که میدانیم قابلیت حرکت در تمامی جهات را دارند.چرخ های موجود در بازار به دلیل قطر نامناسب،اصطکاک کم(با توجه به این که روبات باید از سطوحی مثل سطح شیب دار عبور کند) و پهنای کم ، مناسب برای استفاده بر روی این روبات نمی باشند. لذا چرخ هایی توسط اعضا در نرم افزار solid work طراحی و ساخته شده است که مناسب برای بستن بر روی این روبات می باشند. لازم به ذکر است که این چرخ ها برای سیستم الف بستن موتورها یعنی، سه موتور با زاویه 120 درجه نسبت به یک دیگر ساخته شده اند .تصویر چرخ ساخته شده را در زیر مشاهده می کنید:



ب)چرخ های mecanum : این چرخ ها همانگونه که ذکر شد دو تفاوت با چرخ ها خورشیدی معمولی دارند که عبارت است از:

1-اصطکاک این چرخ ها با سطح زمین بسیار بیشتر از چرخ های خورشیدی معمولی است و برای عبور از سطوح صعب العبور مثل شیب بسیار مناسب است .
2-اورینگ های پهن این چرخ ها با سطح مقطع چرخ زاویه 45 درجه دارند.

تصاویری از چرخ های mecanum را در زیر مشاهده می کنید:

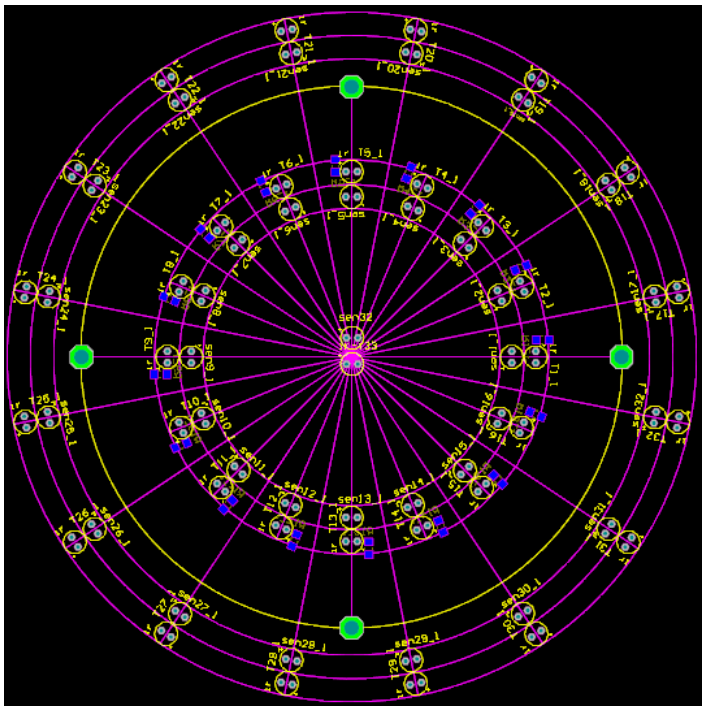


لازم به ذکر است که چرخ هایmecanum در بازار ایران موجود نیستند. هم چنین وارد کردن آن ها نیز از لحاظ اقتصادی به صرفه نیست . لذا اعضای این تیم این چرخ ها را طراحی کرده و در حال ساخت آن می باشند. لذا سیستم مکانیکی ب یعنی چهار موتور با این چرخ ها ، روی این روبات اجرا می شود. هدف از بیان سیستم 3 موتور تنها مقایسه این دو سیستم که هر دو ابتکار و خلاقیت در این رشته هستند می باشد.

5 – اتصالات

برای اتصال قسمت های مختلف روبات به یکدیگر، از اسپیسر استفاده شده است . به این صورت که برد سنسور با یک اسپیسر 4 سانتی متری به زیر شاسی متصل می شود . شاسی با اسپیسرها 3 سانتی متری به برد اصلی متصل می شود . همچنین قطب نما به دلیل مصون بودن از نویز محیط، با اسپیسرهای 6 سانتی متری از برد اصلی بالاتر قرار می گیرند

برنامه نویسی قسمتی است که برای کنترل هوشمند سایر قسمت های سخت افزاری و مکانیکی (موتورها و...).
با توجه به این که برای روبات دو مدل چرخ،شاسی و چینش موتور در نظر گرفته شده .برای قسمت الگوریتم حرکتی دوحالت پیش می آید اما سایر قسمت ها مشابه می باشند .
الگوریتم های روبات در این دو مدل دارای بخش های زیر است :
الف)الگوریتم زاویه یابی خط توسط سنسورهای ir
ب)الگوریتم حرکتی روبات
ج)الگوریتم استفاده از قطب نما
د)الگوریتم استفاده از فاصله یاب ها
حال به شرح مفصل هر قسمت می پردازیم :
الف)الگوریتم زاویه یابی خط توسط سنسورهای ir:
هدف این تیم از بستن سه یا 4 موتور با چرخ های mecanum ،همه جهته بودن حرکت روبات و این که روبات بتواند بدون دور زدن تغییر جهت دهد و خط را دنبال کند می باشد و طبق الگوریتم حرکتی که روبات باید به زاویه ای که از سنسورها می گیرد حرکت کند روبات به برد سنسور دایره شکل که سنسورها روی محیط دایره چیده شده اند نیاز دارد تا بتواند زاویه خط نسبت به روبات را بدست آورد. حال به بررسی این برد سنسور می پردازیم:



فرض می کنیم که روبات مسیر صافی را طی می کند و به پیچ 90 درجه می رسد.روبات تا زمانی که روی خط صاف قرار دارد سه سنسور آن که در یک راستا می باشند خط را در یافت می کنند .(سنسورهای 5 و 33 و 13) زمانی که خط شکسته شود، روبات تا جایی پیش می رود که سنسور 5 (بالایی)دریافت نکند. سپس دائم به بررسی سنسور های دیگر می پردازد اگر سنسور دیگری زمانی که سنسور 5 روی خط نبود، خط را دریافت کرد، با توجه به این که روبات زاویه سنسورهای خودش را می داند،اختلاف زاویه سنسور را که برابر است با اختلاف زاویه روبات و خط ، بدست می آورد و با آن زاویه حرکت می کند . حال این سوال پیش می آید که اگر در راه بریدگی دیده شود روبات چگونه به حرکت خود ادامه می دهد؟ در این حالت روبات باز هم تا جایی پیش می رود که سنسور 5 دیگر دریافت نکند. در این حالت سنسورهای دیگر روبات اگر خطی را دریافت نکنند روبات به حرکت قبلی خود ادامه می دهد و متوقف نمی شود. قسمت دیگر از مسیر دیود،دایره،مربع یا اشکال دیگر است که در مسیر حرکت روبات بر روی خط به رنگ سیاه قرار دارند. در این حالت وقتی که روبات در این قسمت ها قرار گیرد چون بیش از نیمی از سنسورها دریافت دارند،روبات به وجود این حالت پی برده و باز به حرکت قبلی خود ادامه می دهد. سنسورهای تشخیص مصدوم در زیر روبات تعبیه شده اند که موازی با کار خط یابی دائما در زیر روبات به چک کردن رنگ ها می پردازند و در صورت تشخیص روبات مکس کرده و با یک led وجود مصدوم را اعلام می کند .هم چنین بقیه حالت هایی که ممکن است اتفاق بیفتد،روبات با الگوریتم فوق زاویه خط را بدست آورده و در جهت آن حرکت می کند .

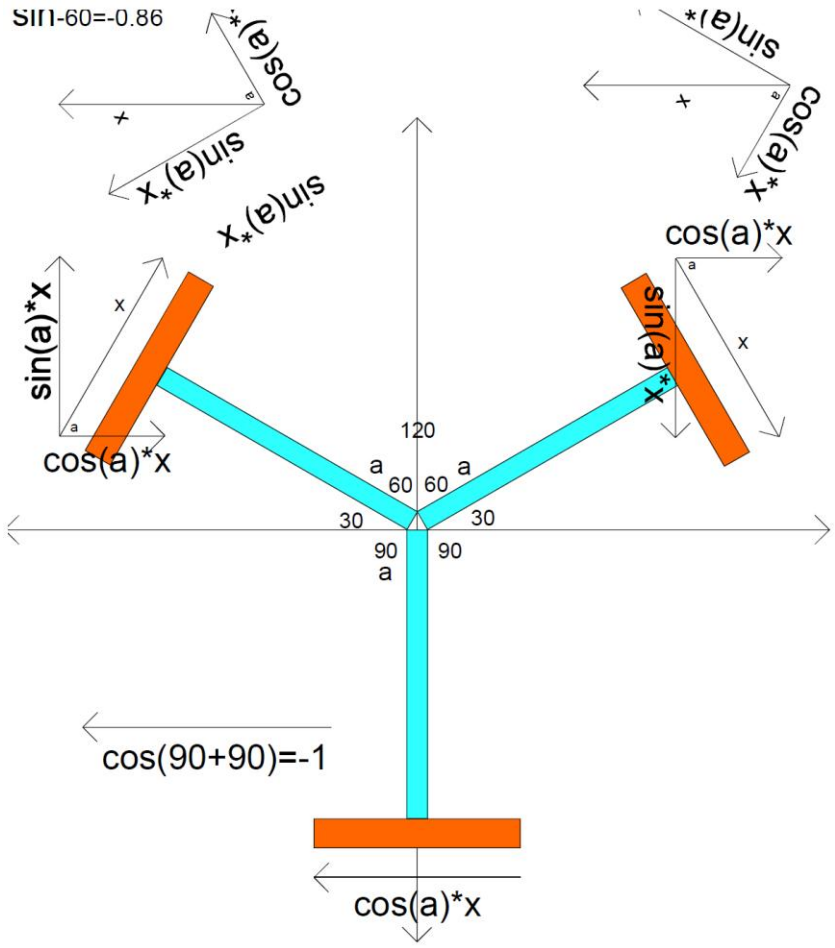
ب) الگوریتم حرکتی روبات

با توجه به دو حالت مکانیک ،الگوریتم حرکتی روبات در دو قسمت توضیح داده خواهد شد.

الف)سه موتور با زاویه120 درجه

در این حالت روبات همانطور که تصاویر را در قسمت مکانیک مشاهده شد. شاسی به صورت دایره است که سه موتور با زاویه 120 درجه نسبت به هم روی آن قرار دارد. سرعت های موتورها محاسبه شده به صورت تجربی نیست زیرا حرکت روبات غیر دقیق و الگوریتم غیر علمی خواهد بود.لذا الگوریتم دیگری بر روی این روبات پیاده شده است. به تجزیه برداری این الگوریتم می پردازیم :

در این قسمت سه بردار با زاویه 120 درجه به طول واحد را در نظر می گیریم . با چند مثال زوایایی را در نظر گرفته و الگوریتم را توضیح می دهیم.

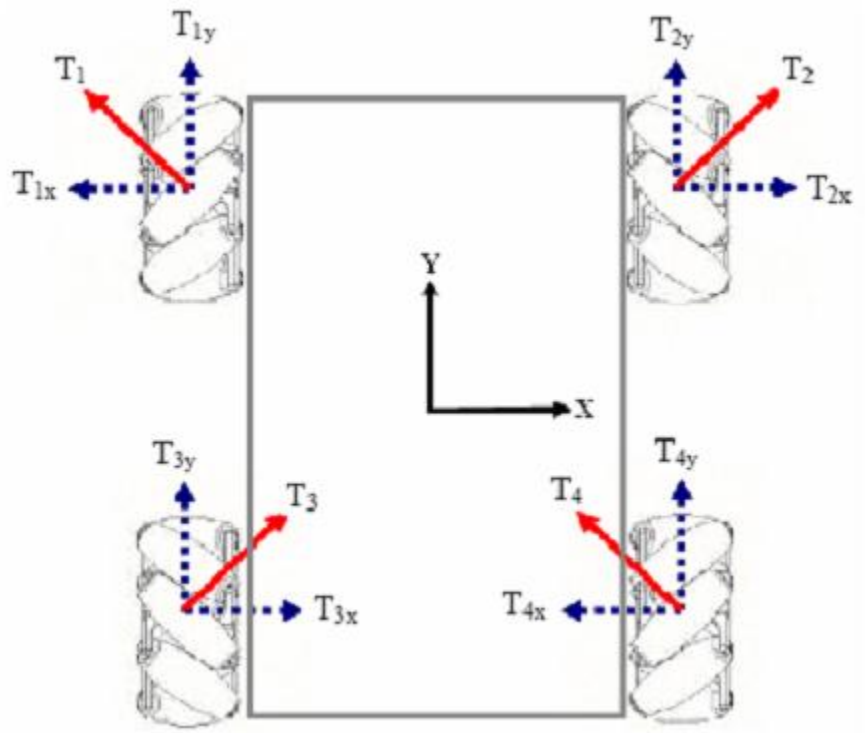


فرض می‌کنیم روبات می‌خواهد به زاویه -90 برود

همان طور که مشاهده می کنید، طبق قوانین بردارها و تجزیه آنها، اگر سرعت موتور1 را X در نظر بگیریم. فرض می کنیم به روبات دستور حرکت در زاویه 90 درجه داده شده است . سرعت موتور 1 با توجه به این که چرخ عمود بر موتور می باشد معادل با X * cos 60 می باشد . سرعت موتور 2 برابر باX * cos 0 می باشد و سرعت موتور 3 برابر با X* cos -60می باشد. اما این فقط سرعت موتورها می باشد . جهت موتورها نیز در شکل مشاهده می شود . در تجزیه بردارهای فوق ، سینوس در برنامه در نظر گرفته نمی شود زیرا سینوس ها قرینه یک دیگر بوده و حذف می شوند .لذا در محاسبات حرکتی فقط مقدار کسینوس ها را در نظر می گیریم.

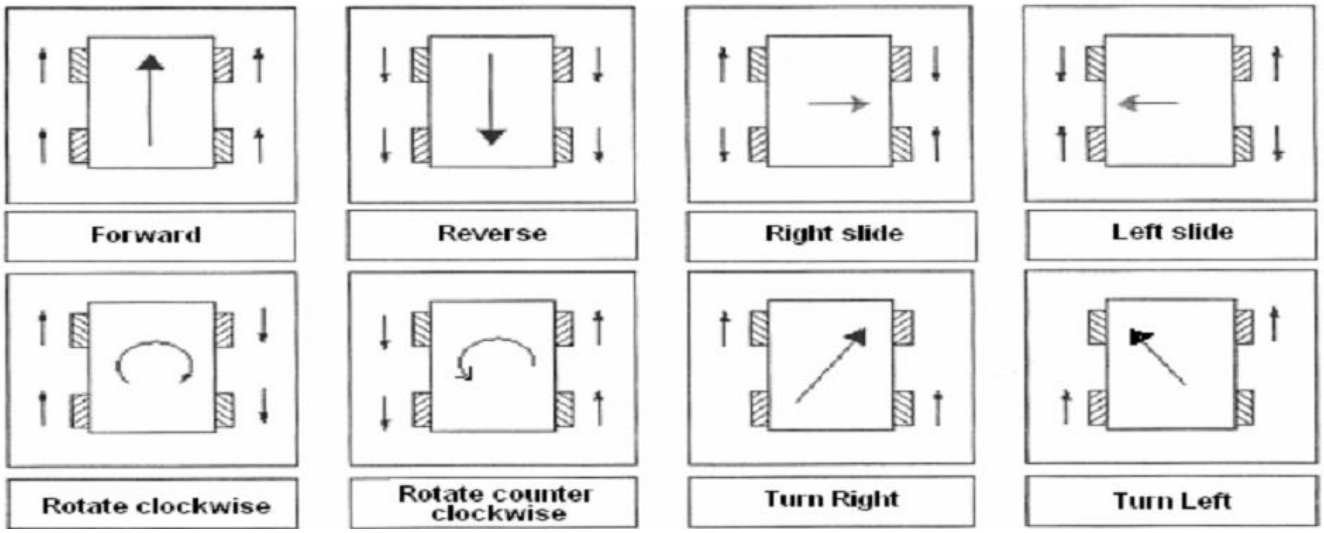
به طور کلی سرعت موتور 1 برابر است با X* cos (30-M) ، سرعت موتور 2 برابر X* cos(M-30) ، و سرعت موتور 3 برابر X * cos(M-90) که در آن M زاویه ای می باشد که روبات به آن زاویه حرکت می کند. همواره بر آیند بردار سینوس ها صفر بوده لذا هیچ تاثیری در حرکت روبات ندارند.

ب) سیستم چهار چرخ با چرخ های MecanuM :



همانطور که بردار ها را در تصویر ملاحظه می کنید کافیست که بردار جهتی که می خواهیم روبات به آن سمت حرکت کند را نسبت به هر چرخ تجزیه کنیم و به این طریق مقدار سرعت هر یک بدست می آید.

طبق محاسبات ، کسینوس ها یکدیگر را خنثی کرده و سینوس ها در حرکت این چرخ ها موثر است .با توجه به 45 درجه بودن اورینگ ،مؤلفه ی X و Y با هم برابر بوده و برابر با $\frac{\sqrt{2}}{2}$ بردار برایند که جهت حرکت چرخ ها می باشد است . در زیر 8 حرکت اصلی این سیستم را مشاهده می کنید:



به طور کلی برای حرکت هر زاویه ای می توان از معادله ی زیر که پس از محاسبات و خلاصه کردن بدست آمده است استفاده کرد: (شماره موتور ها طبق شکل ابتدای این بخش است)

Motor 1speed : $\sin(45+\theta)$ *X
Motor 2speed : $\sin(45-\theta)$ *X
Motor 3speed : $\sin(45-\theta)$ *X
Motor 4speed : $\sin(45+\theta)$ *X

ج)الگوریتم استفاده از قطب نما

می دانیم که قطب نما عددی بین 0 تا 360 می دهد . با الگوریتمی آن را تبدیل به 180 تا 180- تبدیل می کنیم. و سپس با موتور ها جمع و تفریق می شود . طریقه ی جمع و تفریق شدن به شرح زیر است :

الف) سه موتور با زاویه 120 درجه :

در این حالت عدد کامپس با سرعت سه موتور جمع می شود. یعنی زمانی که عدد + است زاویه کامپس به سرعت اضافه شده و زمانی که – است از آن کم می شود.

ب) چهار موتور با سیستم چرخ های MECANUM:

در این حالت نیز عدد کامپس همانند مورد قبلی با همه موتور ها جمع می شود.

د)الگوریتم استفاده از فاصله یاب ها:

برای اسکن طبقه دوم و همچنین دور زدن موانع 6 عدد فاصله یاب با زاویه60 درجه نسبت به هم بر روی روبات تعبیه شده است . الگوریتم به این صورت می باشد که روبات 6 فاصله را اندازه گیری می کند و طبق فواصلی که از دیوار ها دارد شروع به حرکت در زمین می کند . اگر به مانعی برسد بوسیله ی فاصله یاب هایی که فاصله بیشتری نشان می دهند و قطب نما ، آن را دور می زند .

مدت زمان اجرای طرح و برآورد هزینه

مدت زمان اجرای این طرح دو ماه می باشد و هزینه برای ساخت این روبات با توجه به طراحی سیستم های جدید مکانیکی که در بازار موجود نیستند و احتیاج به شبیه سازی و ساخت با دستگاهc.n.c دارند .حدود 2 میلیون می باشد .

منابع و مأخذ

1- نساج پور ،حمزه و ملکی،علیرضا(سال 1388) پروژه های علمی با میکرو کنترلر های AVR ،انتشارات یاوریان

2- R M Marston (سال 1388)،مدارهای کاربردی power control ،رضا خوش کیش ،کانون نشر علوم

3- قلی پور ، حسین (سال 1389)دائره المعارف قطعات الکترونیک

4- بادامی نجات ، حمید (سال1388)آموزش میکرو کنترلرهای avrبه زبانc ، انتشارات ادبستان،جهان نو

5- نداف اسکویی،علیرضا و قلی پور چناری، کیومرث و فرقانی اله آبادی،عباسعلی(سال 1386) مکاترونیک، انتشارات سپاهان

6- نیوتون سی . براگا (سال 1388)،روبوتیک،مکاترونیک و هوش مصنوعی،مهندس بابک اکبر زاده ،مهندس لاله سید علیزاده،انتشارات علمیران

7- Http://www.atmel.com

8- http://www.ftdichip.com

9- http://www.datasheetcatalog.com

10-mori,y.,Nakano,E.,Takahashi,T.and Takayama,K.A study of mechanism and control of omni directional vehicle.IROS96,PP.52-59

11- Ferriere, L., Raucent, B. and Campion, G. Design of Omni Mobile Robot Wheels. ICRA96, PP. 3664-3670

12- Wada, M. and Mori, S. *Holonomic and Omni directional Vehicle with Conventional Tires.* ICRA96, PP.
3671-3678.

13- Borenstein, J. (1993). "Multi-layered control of a four-degree-of-freedom mobile robot with compliant
linkage." *Proceedings of the 1993 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Atlanta,

Georgia, May 2-7.

14- Mascaro, S., Spano, J. and Asada, H. *A Reconfigurable Holonomic Omni directional Mobile Bed with*
Unified Seating (RHOMBUS) for Bedridden Patients. ICRA97, PP. 1277-1282.

15- Fiegel, O., A. Badve and G. Bright, *et al*., 2002.Improved mecanum wheel design for omnidirectional robots. Proc. Australasian Conf.Robotics and Automation, 27-29 Nov., pp: 117-121.

16- Phillips, J.G., 2000. Mechatronic design andconstruction of an intelligent mobile robot foreducational purposes. Master of Technology Thesis, Massey University, Palmerston North, NewZealand, pp: 150.

17- K. Nagatani, S Tachibana, I Nagai and Y Tanaka, " Navigation of Omni-directional Vehicle wheel with Mecanum Wheels", Okayama University.

18- Resource Materials Omni-Directional Robot by University of South Australia on the World Wide Web Available from
http://robotics.ee.uwa.edu./eyebot/omni.html

19- Resource Materials Omni-Directional Vehicle (ODV) by the U.S. Navy on the World Wide Web Available from:
http://www.robotics.com/robomenu/odv.html.