بزرگترین مرجع مقالات الکترونیک و روباتیک

مقالات فارسی و انگلیسی

www.epdf.ir

www.epdf.ir

ساخت روبات لابیرنت

سالار بابایی
دانشگاه علم وصنعت ایران salar_babaei@ee.iust.ac.ir
پژمان لطفعلی کاظمی
دانشگاه علم و صنعت ایران pejman444@yahoo.com
علی مشهدی
دانشگاه علم و صنعت ایران a_mashhadi@yahoo.com

چکیده:

ماز به صورت یک صفحه شطرنجی ۲۰×۲۰ است که ارتفاع دیواره های آن ۲۰ cm می باشد روی دیواره ها نوار چسب قرمز رنگ به عرض ۱/۸ cm کشیده شده است و هر ماز دارای خانهٔ ورود (۱و۱) و خروج(۲۰و۲۰) و دو خانه خطا می باشد . روبات مورد نظر بایستی در ورودی این زمین قرار گرفته و خروجی را بیابد.[۱]

کلمات کلیدی: ماز،استپ موتور،نوسان ساز،میکرو کنترلر

۱- مقدمه:

این روبات در مجموع از ۳ قسمت کلی سنسور ها، استپ موتور ها و میکرو کنترلر تشکیل می گردد :

۱- سنسورها برای تشخیص دیواره ها در اطراف روبات و همچنین مرز بین خانه های سیاه و سفید زمین

۲- استپ موتورها برای قسمت محرکه روبات.

۳- میکروکنترلر برای گرفتن اطلاعات از چشمها و تصمیم گیری برای حرکت و راه اندازی استپ موتورها.

برای این روبات در مجموع ۱۴ سنسور در نظر گرفته شده است که ۱۲ تای آنها در بالای دیواره ها و دو تای آنها در زیر روبات قرار می گیرند. برای هر طرف روبات در بالای دیواره ها ۵ سنسور قرار دارد که وظیفه آنها تشخیص وجود دیواره و نیز تشخیص انحراف روبات از وسط دو دیواره است

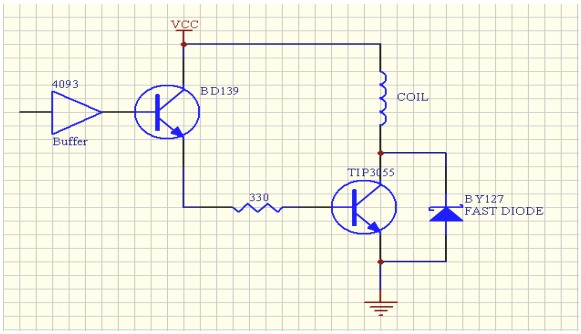
۲-طرح کلی روبات :

همانطور که در مقدمه اشاره شد ، روبات طراحی شده از چند قسمت تشکیل شده است:

www.epdf.ir

۱- ۲قسمت محرکه روبات : برای این قسمت,دو استپ موتور با مشخصات ۱/۸درجه و۴ ولت و۲۰۰ پالس برای یک دور گردش در نظر گرفته شده است که به دو چرخ به شعاع **cm** ۲/۵ وصل شده است و دو چرخ هرز گرد برای حفظ تعادل روبات و راحتی گردش روبات و حرکت آن به کار گرفته خواهد شد. در این روبات دو استپ موتور مانند ویلچر عمل می کنند، بدین صورت که اگر هر دو موتور همزمان کار کنند روبات مستقیم می رود، و اگر یکی از دو موتور کار کند, روبات می چرخد و اگر دو موتور در خلاف جهت هم کار کنند, روبات در جا دور می زند . در ضمن روبات طوری طراحی شده است که عقب و جلوی آن فرقی نمی کند یعنی زمانی که روبات به خانهٔ بن بست رسید احتیاجی به دور زدن ندارد .[۳]

همانطور که توضیح داده شد برای حرکت روبات از دو استپ موتور استفاده شده است برای راه اندازی این دو استپ موتور مدارات گوناگون موجود در بازار امتحان گردیدند (از جمله ULN2003 و L298) که این دو آی سی به دلیل آنکه ولتاژ و جریان موتورها بالا بود داغ می کردند. به همین دلیل مدار راه انداز استپ موتورها را خودمان توسط ترانزیستورهای قدرت طراحی کردیم که این مدار برای راه اندازی موتورها دارای سه طبقه تقویت بعد از میکروکنترلر است. طبقه اول از یک آی سی بافر (۴۰۹۳) تشکیل شده است (به دلیل آنکه خروجی میکروکنترلر جریان بسیار کمی را می تواند تامین کند و این جریان برای راه اندازی طبقه تقویت ترانزیستوری اول کافی نمی باشد). سپس طبقه تقویت ترانزیستوری اول قرار دارد که از ترانزیستور BD139 استفاده شده است. طبقه تقویت قدرت اصلی نیز از ترانزیستور قدرت TIP3055 تشکیل شده است که قادر است جریانی تا ۱۰ آمپر و ولتاژی تا ۹۰ ولت را تحمل نماید. برای هر ترانزیستور نیز یک Fast diode نقشه این مدار در زیر آمده است.



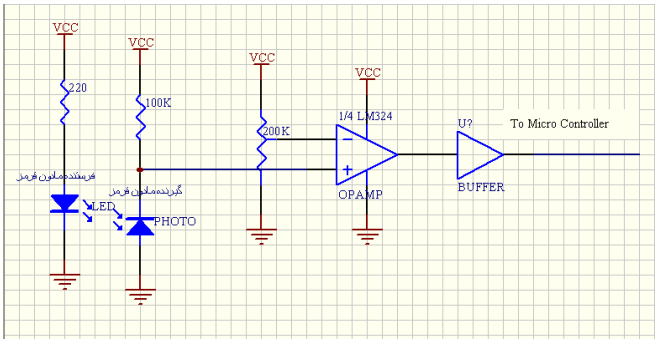
شکل ۱-۱ : درایور استپ موتور ها

۲- ۲قسمت سنسور ها : روبات دارای ۴ شاخک است که روی ۴ دیوارهٔ اطراف قرار می گیرند و روی هر شاخک ۳ سنسور قرار دارد. این سنسورها برای تشخیص اینکه آیا دیوار وجود دارد یا نه به کار می روند و کار دیگر این سنسورها تنظیم فاصله روبات تا دیواره ها می باشد (یعنی روبات در هر لحظه خود را با دیواره ها تطبیق می دهد تا از مسیر منحرف نشود .) بدین صورت که اگر سنسور وسط نوار قرمز را سنس کرد, روبات می فهمد که در مسیر اصلی قرار دارد . و اگر سنسور وسط به همراه یکی از دو سنسور کناری نوار قرمز را سنس کرد, روبات می فهمد که کمی از مسیر منحرف شده است و اگر تنها یکی از دو سنسور کناری خط را سنس کرد, روبات می فهمد که خیلی از خط منحرف شده است. بنابراین روبات بسته به میزان انحراف ، آن را تصحیح می کند. ۴ سنسور دیگر نیز در زیر روبات قرار دارد . این سنسورها در ۴ گوشهٔ زیر روبات قرار دارند و وظیفهٔ آنها این است که به دلیل آنکه زمین مسابقه شطرنجی است می توانند در هر بار عبور از مرز بین سیاه و سفید وضعیت زاویهٔ روبات را تصحیح کنند. دو سنسوری که باید همزمان از مرز ناحیه عبور کنند ، اگر یکی زودتر

www.epdf.ir

بگذرد, روبات, موتور مربوط به آن طرف را خاموش می کند تا سنسور دیگر نیز عبور کند و بـه ایـن صـورت از کـج شـدن روبات جلوگیری می کند.

همانطور که در بالا توضیح داده شد، در این روبات از ۱۴ سنسور استفاده شده است که به دلیل تعداد زیاد سنسورها می بایست تا حد امکان مدارات سنسورها را ساده انتخاب نماییم تا مدارات روبات ساده گردند. سنسوری که بـرای ایـن کـار در نظر گرفته شده است سنسور مادون قرمز می باشد. سنسوری که در روبات استفاده شده است به صورت یک Package است که فرستنده و گیرنده در داخل آن قرار دارند. سنسور فرستنده نور مادون قرمز را می فرستد و اگر در مقابـل آن مـانعی قـرار داشته باشد، قسمتی از نور فرستاده شده را باز می گرداند و گیرنده این نور بازتابیده را آشکار می کند و سپس توسط مدارات، تقویت می شود. مدار فرستنده بسیار ساده است و تنها از یک مقاومت سری با فرسـتنده تشـکیل شـده اسـت کـه وظیفـه آن گذراندن جریان ثابت ۲۰ میلی آمپر از دیود مادون قرمز فرستنده می باشد. مدار گیرنده نیز از یک OP AMP به عنوان مقایسه کننده و تقویت کننده و یک بافر تشکیل شده است. در این مدار از آپ امپ LM324 استفاده شده است که در خود ۴ عـدد آپ امپ دارد. نقشه این مدار در زیر آمده است.



شکل ۲-۲: مدار مربوط به سنسورها

۳- ۲قسمت میکرو کنترولر: این قسمت وظیفه هماهنگی بین سنسورها واستپ موتـور و کـامپیوتر را بـر عهـده دارد . بدین صورت که سنسورها اطلاعات مربوط به دیواره ها را به میکروکنترلر ارسال می کننـد و میکروکنترلـر پـس از پـردازش اولیه, آنها را به کامپیوتر می فرستد و کامپیوتر نیز پس از تصمیم گیری در مورد مسـیر, اطلاعـات مربـوط بـه نخـوهٔ حرکـت موتورها را به میکروکنترلر می فرستد و میکروکنترلر نیز پس از تجزیه و تحلیل آنها اسـتپ موتورهـا را کنتـرل مـی کنـد . در حقیقت میکروکنترلر نقش واسطهٔ بین مدارات و کامپیوتر را بر عهده دارد .

دراین روبات از میکروکنترلر ۸۹C۵۱ استفاده شده است. این میکروکنترلر با کریستال ۱۲ مگابایت کار می کند کـه ایـن کلاک بر ۱۲ تقسیم می شود (یعنی هر دستورالعمل ۱ میکروثانیه طول خواهد کشید). برای کنترل روبـات تقریبـاً از تمـامی امکانات این میکروکنترلر استفاده شده است که ریز آنها به شرح زیر می باشد:

۲۷۵۶ بایت از حافظه Flash میکروکنترلر برای نوشتن برنامه روبات

۱۲۸ بایت Ram داخلی تراشه

۲ تایمر و وقفه های تایمر میکروکنترلر برای کنترل زمان بندی درایور استپ موتورها

www.epdf.ir

۳ پورت I/O میکروکنترلر برای کنترل موتورها و سنسورها

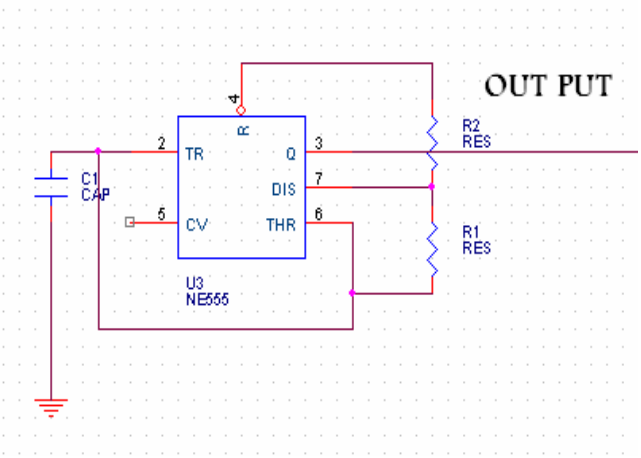
۴- ۲قسمت برنامه کامپیوتری : این قسمت نتیجهٔ سنسورها را از میکروکنترلر گرفته و پس از پردازش آنها فرامین را برای استپ موتور به میکروکنترلر می فرستد . در این قسمت از زبان برنامه نویسی دلفی استفاده شده است واز پورت پرینتر (Parallel) برای انتقال داده ها استفاده شده است .

۳- مراحل انجام آزمایشها و پیشرفت کار:

۱-۳آزمایش اول: کنترل استپ موتور به وسیلهٔ نوسان ساز

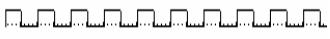
طرح ساده استپ موتور شامل ۴ کویل ثابت است که روتور در بین آنها قرار دارد. اگر به یکی از این روتور ها جریان اعمال شود روتور گشته و در جهت آن کویل قرار می گیرد . حال باید طوری به این کویلها جریان اعمال کنیم که موتور بچرخد . برای این کار ابتدا توسط IC 555 که یک نوسان ساز است پالسهایی را تولید می شود, سپس توسط IC 4022 که شمارنده است آنها را تقسیم میکنیم و در آخر نیز توسط درایور استپ موتور ULN2003 آنها را به موتور اعمال می کنیم .

مدار نوسان ساز با استفاده از IC 555 : با تغییر مقاومتهای R1 و R2 وخازن C1 می توان نوسان با پریودهای مختلف تولید کرد.



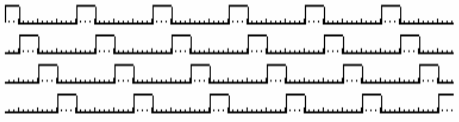
شکل ۱-۳:مدار نوسان ساز با استفاده از IC 555

فرض کنیم نوسان به وجود آمده به صورت زیر باشد:



شکل ۲-۳: نوسان به وجود آمده

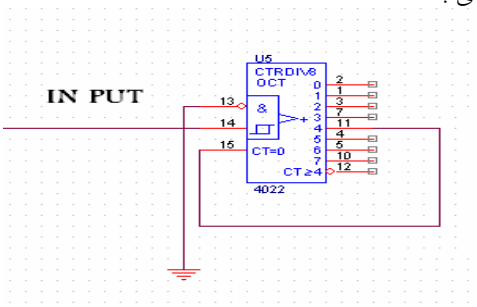
حال با استفاده از یک شمارنده 4022 این نوسانها را به چهار قسمت تقسیم میکنیم تا به صورت زیر در آیند:



شکل ۳-۳: نوسانهای تقسیم شده

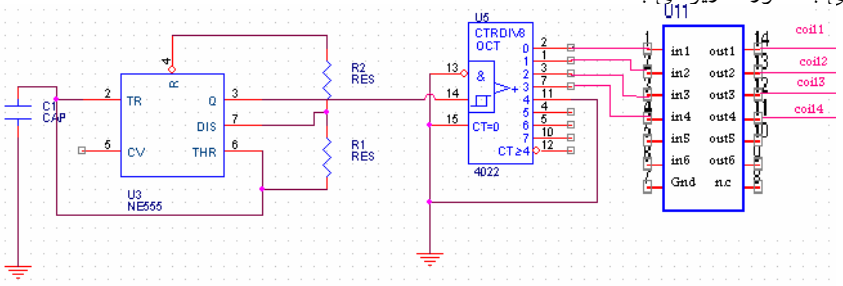
www.epdf.ir

مدار IC 4022 به صورت زیر می با شد:



شکل ۴-۳: IC 4022

مدار کلی به صورت زیر می باشد :

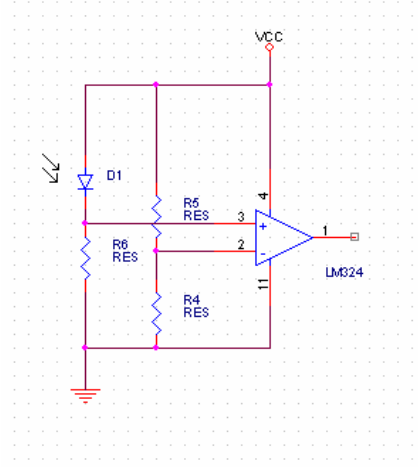


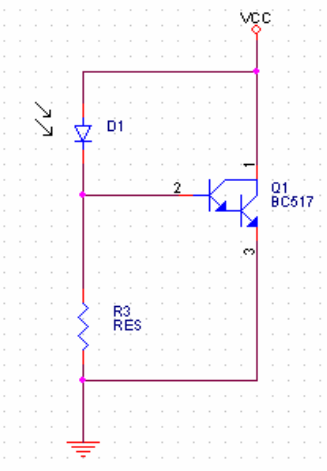
شکل ۵-۳: مدار کلی نوسان ساز

۲-۳آزمایش دوم: مدارهای چشمهای الکتریکی:

مدار چشمهای الکتریکی همانطور که در طرح کلی روبات گفته شده در قسمتهای مختلف روبات کاربرد دارد که قسمت اصلی کار این چشمها تشخیص تغییر رنگ برای استفاده در زیر روبات روی صفحه شطرنجی و تشخیص بودن شئ در فاصله نزدیک برای روی دیوارها می باشد.

در طرح کلی ۱۶ عدد از این چشمها موجود می باشد. بنابراین باید با توجه به تعداد زیاد آنها از مدار ساده ای برخوردار باشد و در عین حال کارا باشند. بدین منظور دو مدار زیر موجود می باشند، که در نهایت یکی انتخاب خواهد شد.





www.epdf.ir

شکل ۶-۳: مدارات پیشنهادی برای سنسور ها

مدار سمت راست از دو مزیت برخوردار است یکی اینکه به دلیل آنکه ترانزیستورهای BC517 به دلیل این که دارلینگتون می باشد، از ضریب تقویت(b) بالایی برخوردار می باشند ، این مدار دارای حساسیت زیادی می باشد و دوم آنکه مدار به دلیل ترانزیستوری بودن ساده و ارزان قیمت است . اما خروجی آن برای ارسال به میکروکنترلر مناسب نمی باشد و باید آن را به یک IC اشمیت تریگر وصل نمود و سپس خروجی IC را به میکروکنترلر متصل نمود. مدار دوم این مشکل را ندارد ولی در عوض قابلیت اطمینان IC LM324 کم است و احتمال سوختن آن وجود دارد.

مدار IC LM324 به صورت بالا می باشد که می توان از هر IC برای ساخت ۴ چشم استفاده کرد .

در شکل بالا خروجی گرفته شده از IC 555 به کلاک IC 4022 وصل می شود و خروجی های 0,1,2,3 به ترتیب به ورودی های ULN 2003 متصل می شوند.

می توان چهار ورودی در شکل بالا را به طور مستقیم به پورت پرینتر وصل کرد و از برنامه برای گردش موتور به طرز دلخواه کمک گرفت که در برنامه های بعدی انجام خواهد گرفت.

۳-۳ برنامه های کامپیوتری :

در آزمایشهای قبلی بدون استفاده از کامپیوتر مدارهای کنترل استپ موتور و چشم های الکتریکی بسته شده اند ولی با توجه به هدف نهایی یعنی هدایت روبات به وسیلهٔ کامپیوتر به صورت خودکار برنامه های کنترل چشمهای الکتریکی به صورت جدا گانه نوشته شده اند .

توانایی های برنامه کنترل استپ موتور عبارتند از:

۱. چرخش استپ موتور نیم پالس و تمام پالس (در حالت عادی در هر پالس روتور ۱/۸ درجه می چرخد ولی در حالت نیم پالس می توان آنرا ۰/۹ درجه چرخاند)

۲. تنظیم سرعت به صورت دلخواه

۳. گردش به راست و چپ به راحتی با زدن یک کلید و با سرعت زیاد .

۴. به وسیلهٔ این برنامه توانایی های استپ موتور و سرعت مناسب جهت به دست آوردن قدرت مناسب را بدست آوردیم.

خصوصیت دیگر برنامه پروسیجری بودن آن است که به راحتی آنرا می توان با برنامهٔ نهایی ترکیب کرد .

برنامهٔکنترل چشمها برای به دست آوردن میزان حساسیت آنها و حا لت های مختلف آن نوشته شده و میزان کیفیت دلخواه به دست آمد .

توضیح اینکه این دو برنامه به وسیلهٔ پورت پرینتر به قسمتهای الکترونیکی متصل می با شند و با استفاده از برنامهٔ توربو پاسکال برای کنترل پورت پرینتر مدار های الکترونیکی کنترل می شوند .

استپ موتور به وسیلهٔ اتصال بهIC ULN2003 و چند مقاومت جهت جلو گیری از ضربه دیدن کامپیوتر به پورت متصل می شود. چشمهای الکترونیکی به صورتی که توضیح داده شد مورد استفاده قرار می گیرد منتها به جای استفاده از دیود نور افشان به پورت پرینتر متصل می گردد.

قدم بعدی شبیه سازی طریقهٔ یافتن مسیر ماز به وسیلهٔ کامپیوتر می باشد و برنامهٔ نهایی ترکیب این چند برنامه و ساخت نهایی روبات می باشد.

www.epdf.ir

برای یافتن مسیر ماز توسط کامپیوتر چند الگوریتم موجود می باشد:

۱. **الگوریتم راست گرد(یا چپ گرد)** : در این الگوریتم کامپیوتر مسیر سمت راست را چک می کند اگر باز بود می رود واگر بسته بود مسیر مستقیم را چک می کند ، اگر باز بود می رود و اگر بسته بود مسیر سمت چپ را چک می کند ، اگر باز بود می رود و اگر بسته بود دور میزند (البته روبات به دلیل اینکه متقارن می باشد و عقب و جلو ندارد احتیاج به دور زدن ندارد)[۴].

۲. **الگوریتم بازگشتی** : ابتدا روبات چهار طرف خود را سنس می کند و مسیر هایی را که باز است می فهمد. سپس اگر فقط یک طرف آن باز بود دور می زند و اگر بیشتر باز بود یکی را (به تصادف و یا مسیری را که به خانه خروجی نزدیک می شود)انتخاب میکند و در حین جلو رفتن مسیر را علامت گذاری می کند و اگر مسیر بسته بود برمیگردد. مسیر های بازگشتی را نیز علامت می گذارد. اگر به خانه ای رسید که یا هر سه طرف آن بسته بود و یا قبلا علامت گذارده شده بود روبات به آخرین چند راهی برمی گردد و مسیرهای دیگر را انتخاب می کند . البته باید برنامه را طوری نوشت که اولا روبات از خانه های خروجی انحرافی خارج نشود و ثانیا وارد دو خانهٔ ممنوعه نگردد و ثالثا اگر مسیر دارای حلقه بود روبات نباید داخل حلقه بیفتد.

برنامه میکروکنترلر به زبان اسمبلی ۸۰۵۱ نوشته شده است و حدود ۱۴۰۰ خط طول این برنامه می باشد.

برنامه نوشته شده دارای برخی مزایا و قابلیتها می باشد، از جمله اینکه استپ موتورها توسط وقفه های تایمر و به صورت جدای از برنامه اصلی کنترل می شود و به همین جهت می توانند با سرعتها و جهتهای مختلف بچرخند و در کار الگوریتم اصلی برنامه که حل ماز (پیدا کردن مسیر خروجی) می باشد، تاثیری نخواهد داشت. در ضمن روبات موقع شروع حرکت سرعت خود را به تدریج زیاد می کند و در هنگام ایستادن نیز سرعت خود را به تدریج کم می کند. مشکل اصلی بالا بردن سرعت استپ موتورها آن است که در موقع شروع حرکت نمی توانند به یکباره سرعت خود را از صفر به ماکزیمم برسانند و شروع به هرز گردی می نمایند و در هنگام ایستادن نیز نمی توانند سرعت خود را کاهش دهند و در حالی که می خواهیم بایستند، می چرخند (نکته قابل توجه آنکه این قابلیت روز قبل از مسابقه اصلی به روبات اضافه شد و با اضافه کردن این قابلیت به روبات نهایی توانستیم سرعت روبات را در مسابقه سه برابر نماییم). قابلیت دیگر روبات آن است که در انتهای مسیر بسته، احتیاج ندارد که دور بزند؛ و به عقب برمی گردد (یعنی روبات سر و ته ندارد و در دو جهت می تواند حرکت نماید). این کار با توجه به حذف زمانهای دور زدن، زمان حرکت روبات را کاهش می دهد. نکته دیگر آنکه در مسابقات دوره قبل مشکل اصلی روباتها آن بود که به دلیل وجود خطا در ساخت بدنه مکانیکی روبات، روباتها پس از عبور از چند خانه از مسیر اصلی منحرف می شدند و به دیوار ها برخورد می نمودند. برای حل این مشکل دو الگوریتم برای تصحیح انحراف روبات در نظر گرفته شد که در زیر خواهد آمد:

۱- همانطور که گفته شد خانه ها یک در میان سیاه و سفید می باشند و روبات در حین عبور از مرز بین ناحیه سیاه و سفید می تواند از لحاظ زاویه ای خود را تصحیح نماید و مطمئن خواهد بود که در ابتدای ورود به هر خانه از لحاظ زاویه ای در راستای مسیر قرار دارد.

۲- دیواره هایی در اطراف زمین وجود دارند که ۷ سانتیمتر ارتفاع و ۱/۸ سانتیمتر عرض دارند و به فاصله ۱۸/۲ سانتیمتر از هم قرار گرفته اند. حد اکثر ابعاد روبات نیز ۱۸ سانتیمتر است و بنابراین روباتها به طور عادی نمی توانند در بالای

www.epdf.ir

دیواره ها قرار بگیرند و به همین دلیل می بایست با سیستمهای آلتراسونیک و یا مادون قرمز فاصله خود از دیواره ها را اندازه گیری نموده و در صورت انحراف، آن را تصحیح نمایند؛ و یا اینکه پس از برخورد با دیواره ها با سنسورهای برخـورد آن را آشکار نمایند. دو موردی که در بالا توضیح داده شد، کارهای پیچیده ای می باشند و نیز دقت کمی دارند. به همین دلیـل بـه فکر راه حل بهتری افتادیم و آن این بود که روبات به صورت مورب و قطری در زمین قرار گیرد. با این کار طول مفید روبات از ۱۸ سانتیمتر به ۲۵/۵ سانتیمتر افزایش می یابد و از هر طرف حدود ۳/۵ سانتیمتر از روبات می تواند در بـالای دیـواره هـا قرار گیرد. در این چند سانتیمتری که در بالای دیواره ها قرار دارد ما می توانیم ۵ سنسور مادون قرمز را قرار دهیم کـه بـرای تشخیص وجود و یا عدم وجود دیواره ها در زیر روبات و همچنین مکان نسبی روبات نسبت به دیواره ها به کار مـی رونـد. در صورت وجود دیواره در زیر روبات در هر لحظه دو و یا سه سنسور از ۵ سنسور آن را تشخیص می دادند و با دقت ۶ میلیمتر می توانیم انحراف روبات را تشخیص دهیم و آن را اصلاح نماییم (طرح قطری قرار گرفتن روبات در بالای دیواره ها به عنوان بهترین طرح در مسابقات شناخته شد).

۴-نتیجه گیری:

با توجه به مطالب مطرح شده واضح است در ساخت این روبات تمامی قسمتهایی که می تواند در ساخت یک روبـات کامل از نظر الکترونیکی مطرح گردد ، مورد بررسی قرار گرفته اند.

۵- مراجع:

[۱] مجموعه مقالات هشتمین کنفرانس مهندسی برق ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، الکترونیـک و کـامپیوتر ، جلـد اول، ICEE 2000، صفحه ۲۴۵، مقاله " مکان یابی ربات های متحرک چرخدار با اسلفاده از ترکیب اطلاعات سنسورهای داخلی"، مجید نیلی احمد آبـادی و بامداد موذنی.

[۲] خبرنامه داخلی دانشجویی IEEE دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ۱۳۷۸/۱۲/۱.

[3]Leonard J., Durrant-Whte, H.F., 1991"Mobile Robot Localization by Tracking Geometric Beacon',IEEE Transaction on Robotics and Automation, vol.7, No.3,pp.376-382

[۴] *مجله تخصصی برق دانشگاه علم و صنعت ایران*، سال دوم- شماره اول- پائیز ۱۳۸۲، صفحه ۸۲، قسمت مهندسی کنترل، مقاله " شبیه سازی موشهای هوشمند به وسیله کامپیوتر، نیما کلاهدوز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد.