طراحی و ساخت ربات کشنده دوربین کابلی (دوربین عنکبوتی)

شهریورماه ۱۳۹۰

چکیده

وجه تمایز دوربین عنکبوتی (اسپایدرکم) با دیگر دوربینها ، مکانیزم جابجا کننده آن می باشد . در طراحی و ساخت این مکانیزم از علوم مختلفی استفاده شده است . با بررسی دینامیک مساله به هوشمندی نسبی و دقت و قدرت کشنده آن پی برده می شود ، بنابراین پس از بررسی اولیه و روشن شدن موضوع ، تلاشها به موازات تمرکز بر روی دینامیک مساله ، برای یافتن راهکاری در جهت عملیاتی نمودن یک سیستم نیمه هوشمند نیز معطوف گردید . یک راه قابل دسترس و مطمئن با قابلیت مانوردهی بالا ، کنترل الکترونیکی و بهره مندی از میکروکنترلر (mcu) بود . با بررسی بسیار زیاد و گردآوری اطلاعات مربوطه در میان منابع مکتوب دینامیک و منابع محدود لاتین در اینترنت ، روابطی در جهت تحلیل دینامیکی حرکت دوربین در فضای سه بعدی استخراج شد . در طی فرایند برنامه نویسی و بررسی دیگرابعاد سیستم ، یک روش ابتکاری نیز استخراج و مورد بررسی بیشتر قرار گرفت ، بهره گیری از این روش بسیاری از نواقص روش اول را تکمیل و قابلیتهای سیستم را افزایش می دهد . البته این روش تجربی معایبی نیز به همراه دارد . در نهایت این نوشته با معرفی کلی دو روش ، شروع و با معرفی کامل ساختار الکترونیکی مدل اولیه طراحی شده برای پایان نامه و نحوه برنامه نویسی ، خاتمه می یابد . در این نوشته از ارائه اصل برنامه هر دو روش خودداری می گردد .

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : کلیات سیستم

۱-۱-بازوهای دوربین و کنترلر آن ۲

۱-۲-مجموعه کشنده دوربین عنکبوتی ۳

۱-۳-معرفی نمونه تجاری اسپایدرکم ۴

۱-۳-۱-مشخصات فنی قویترین مدل اسپایدرکم ۵

موتورگیربکس کشنده ۶

کابل ۶

گلایدر ۷

ایستگاه کنترل ۸

فصل دوم : نتایج تحقیقات ، طراحی و ساخت

۲-۱-ویژگی های روش گزینش توان ۹

۲-۲-ویژگی های روش پیش بینی توان ۱۱

۲-۲-۱-معادلات تحلیل دینامیکی روش پیش بینی توان ۱۳

۲-۳-اجزای مجموعه دوربین عنکبوتی ۲۰

۲-۳-۱-مکانیکی ۲۰

اسکلت گلایدر ۲۰

کابل ۲۰

قرقره ۲۰

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پولی ۲۱

۲-۳-۲-الکترومکانیکی ۲۲

موتورگیربکس کشنده ۲۲

دوربین ۲۳

جویستیک ۲۳

۲-۳-۳-الکترونیکی ۲۴

معرفی میکروکنترلرهای AVR ۲۶

میکروکنترلر Atmega32 ..... ۲۸

پروگرامر ۳۰

منبع تغذیه ۳۲

درایور ۳۲

درایور دوبل L298 ..... ۳۲

سنسور فیدبک (انکودر) ۳۵

فلیپ فلاپ CD4013 ..... ۳۸

آپ امپ LM358 ..... ۴۲

نمایشگر ۴۲

۲-۳-۴-برنامه نویسی ۴۶

کامپایلر بسکام ۴۶

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

نرم افزار شبیه ساز پروتئوس ۴۷

پیکره بندی نمایشگر کاراکتری ۴۹

ساخت تایمر دقیق ۵۰

راه اندازی وقفه خارجی ۵۰

کنترل دور موتور توسط کنترل پهنای پالس ۵۱

ارتباط سریال SPI ۵۲

تبدیل آنالوگ به دیجیتال ۵۴

حافظه ای ایپرام ۵۵

۲-۴-مدل اولیه ۵۶

پیوست (راه حل ماتریس معکوس) ۵۷

فهرست اشکال

شکل صفحه

فصل اول : کلیات سیستم

شکل (۱-۱) طرح ابتدایی از مکانیزم ۳

شکل (۱-۲) دوربین ساخت شرکت اسپایدرکم ۴

شکل (۱-۳) چارت ارتباطی بین اجزای مکانیزم اسپایدرکم ۵

شکل (۱-۴) مجموعه موتورگیربکس ۶

شکل (۱-۵) کابل کولار ۷

شکل (۱-۶) مجموعه گلایدر ۷

شکل (۱-۷) ایستگاه کنترل ۸

فصل دوم : نتایج تحقیقات ، طراحی و ساخت

شکل (۲-۱) دیگر قابلیت های ربات کابلی ۱۰

شکل (۲-۲) مختصات دهی قرقره ها و گلایدر ۱۳

شکل (۲-۳) محدوده عملیاتی گلایدر ۱۸

شکل (۲-۴) روش مکانیکی جهت جابجایی دوربین ۱۹

شکل (۲-۵) قرقره ۲۱

شکل (۲-۶) دو روش برای مکانیزم هادی کابل ۲۲

شکل (۲-۷) شماتیک مدار جویستیک ۲۴

شکل (۲-۸) مجموعه جویستیک و پتانسیومترهای آن ۲۴

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل (۲-۹) خانواده های AVR ۲۸

شکل (۲-۱۰) میکروکنترلر Atmega32 در بسته بندی DIP و SMD ۲۸

شکل (۲-۱۱) شماتیک پروگرامر USBASP ۳۱

شکل (۲-۱۲) نمونه پروگرامر ۳۱

شکل (۲-۱۳) صفحه اصلی نرم افزار PROGISP برای پروگرمر USBASP ۳۲

شکل (۲-۱۴) بسته بندی های L298 ..... ۳۳

شکل (۲-۱۵) اتصالات درایور L298 به موتور ۳۴

شکل (۲-۱۶) مدار اتصالات L298 در نمونه اولیه ساخته شده ۳۴

شکل (۲-۱۷) سوئیچ انکودر ۳۵

شکل (۲-۱۸) شماتیک مدار سوئیچ انکودر ۳۶

شکل (۲-۱۹) قرارگیری سنسور A و B ۳۷

شکل (۲-۲۰) شماتیک مدار انکودر ۵ ولتی ۳۷

شکل (۲-۲۱) شماتیک مدار اتصال گیرنده مادون قرمز به میکروکنترلر ۳۸

شکل (۲-۲۲) عملکرد فلیپ فلاپ CD4013 ..... ۳۸

شکل (۲-۲۳) دنده های گیربکس ۳۹

شکل (۲-۲۴) اتصال صفحه انکودر به محور موتور ۴۰

شکل (۲-۲۵) نمایش اطلاعات حاصل از عملکرد موتورگیربکس ۴۰

شکل (۲-۲۶) انواع انکودرهای چرخشی ۴۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۲-۲۷) شماتیک مدار انکودر ۱۲ – ۲۴ ولتی ۴۲

شکل (۲-۲۸) نمایشگر کاراکتری ۴۳

شکل (۲-۲۹) شماتیک کامل مدار واحد کنترل موتور ۴۴

شکل (۲-۳۰) شماتیک کامل مدار طراحی شده برای این پروژه (بدن مدار منبع تغذیه) ۴۵

شکل (۲-۳۱) نرم افزار بسکام ۴۶

شکل (۲-۳۲) شماتیک مدار مثال بالا ۴۷

شکل (۲-۳۳) نقشه PCB مثال بالا ۴۸

شکل (۲-۳۴) کنترل پهنای پالس ۵۱

فهرست علائم

علامت	مفهوم
a	شتاب گلایدر
B	حاصل ماتریس ژاکوبین
C	نماد کسینوس
d	قطر پولی
g	شتاب گرانش
I	شدت جریان الکتریکی
i	نماد مربوط به هر کابل
J	ماتریس ژاکوبین
K_t	ثابت موتور
L	طول کابل
m	جرم گلایدر و قسمتی از کابل
R	مقاومت الکتریکی
r	نسبت تبدیل گیربکس
T	تنش کششی کابل
u	سرعت کابل
$\vec{u}$	نرخ تغییرات طول کابل
V	سرعت گلایدر
$\vec{V}$	بردار سرعت گلایدر

فهرست علائم

علامت	مفهوم
X	در امتداد محور مختصاتX
Y	در امتداد محور مختصاتY
Z	در امتداد محورZ
α	نسبت مختصاتی قرقره دوم
β	نسبت مختصات قرقره و طول کابل دوم به طول کابل اول
γ	نسبت مختصات قرقره و طول کابل سوم به مختصات قرقره و طول کابل دوم و طول کابل اول
ϑ	نسبت مختصات قرقره سوم به قرقره دوم
θ	زاویه شعاعی کابل نسبت به قرقره
π	عدد پی
τ	گشتاور مورد نیاز از موتورگیربکس
φ	زاویه کابل نسبت به افق
$\forall$	ماتریس۳×۳ نسبت زوایا
∂	نماد مشتق

مقدمه

با توجه به افزایش نیازمندی های بشر ، گسترش علوم در جهت های مختلف مسلم شده است . در این راستا و علاقه شخصی به افزایش قابلیت عملیاتی و اجرایی نمودن ایده های ذهنی و با توجه به پیش نیاز سیستم کشنده دوربین کابلی (Cablecam)- که از این پس همان دوربین عنکبوتی نامیده می شود - به علوم مختلف از جمله دینامیک ، استاتیک ، ارتعاشات ، مقاومت مصالح ، الکترونیک آنالوگ ، دیجیتال و برنامه نویسی و با توجه به پیشرفت این سیستم در نقاط مختلف جهان - اتریش ، فرانسه ، آلمان ، آمریکا ، روسیه ، استرالیا و ژاپن- و کمبود اطلاعات لازم برای این سیستم در منابع فارسی ، اینجانب بر آن شد تا به عنوان پروژه پایان نامه کارشناسی در جهت گردآوری و مطالعه مطالب موجود لاتین همت کند . پس از جستجوی فراوان در اینترنت و مطالعه برخی منابع مکتوب ، در جهت پیوسته نمودن این اطلاعات گسسته ، مبهم و ناقص گردآوری شده ، طراحی و ساخت نمونه آزمایشی ، تلاش هایی صورت گرفت .

به طور کلی تحلیل دینامیک مجموعه دوربین عنکبوتی به دو نظریه تقسیم می شود که عناوین آن عبارتند از :

۱. پیش بینی توان
۲. گزینش توان

در این نوشته در بخش اول ، ابتدا بطور کلی به این سیستم و اجزای عمومی آن نگاهی انداخته می شود و سپس به معرفی ساختار و مشخصات نمونه در حال بهره برداری و تجاری با نام اسپایدرکم (Spidercam) پرداخته می شود و در بخش دوم نتایج تلاشهای صورت گرفته در تحقیقات ، طراحی و ساخت نمونه اولیه این سیستم اشاره و سپس نگاهی گذرا به مدل اولیه آزمایشی این سیستم انداخته می شود .

فصل اول

کلیات سیستم

۱-این سیستم از دو مکانیزم کاملا مستقل تشکیل شده است :

۱-۱-بازوهای دوربین و کنترلر آن :

بخش جانبی الحاقی به سیستم ، که در این نوشته مختصر از آن عبور می کنیم . این بازوها از دو فک با دو تکیه گاه لولایی تشکیل شده و هر فک توسط یک موتور پله ای یا سروموموتور کنترل می شود . فک درونی که دوربین را نگه می دارد حرکت عمودی دوربین را فراهم می نماید و فک خارجی حرکت افقی دوربین را میسر می نماید . این دو موتور از یک واحد کنترل الکترونیکی فرمان می گیرند . اپراتور جویستیک دوربین ، وظیفه کنترل جهت و چرخش دوربین و تمرکز لنز دوربین بر روی هدف را بر عهده دارد . خروجی آنالوگ دسته فرمان (Joystick) به واحد کنترل و پردازش (میکروکنترلر) ارسال و پس از پردازش پایه های مربوط به موتورها را بر اساس الگوریتم سرعتی فعال می نماید . اطلاعات خروجی از واحد پردازش از طریق امواج رادیویی یا از طریق فیبر نوری - قرار گرفته در میان کابلهای کشنده - به درایور موتورها می رسد ، دیتای خروجی دوربین نیز به همین گونه به ایستگاه کنترل ارسال می شود . چند باتری مرغوب نیز جهت فعالیت دوربین در همین مجموعه نصب می گردد .

۱-۲-مجموعه کشنده دوربین عنکبوتی :

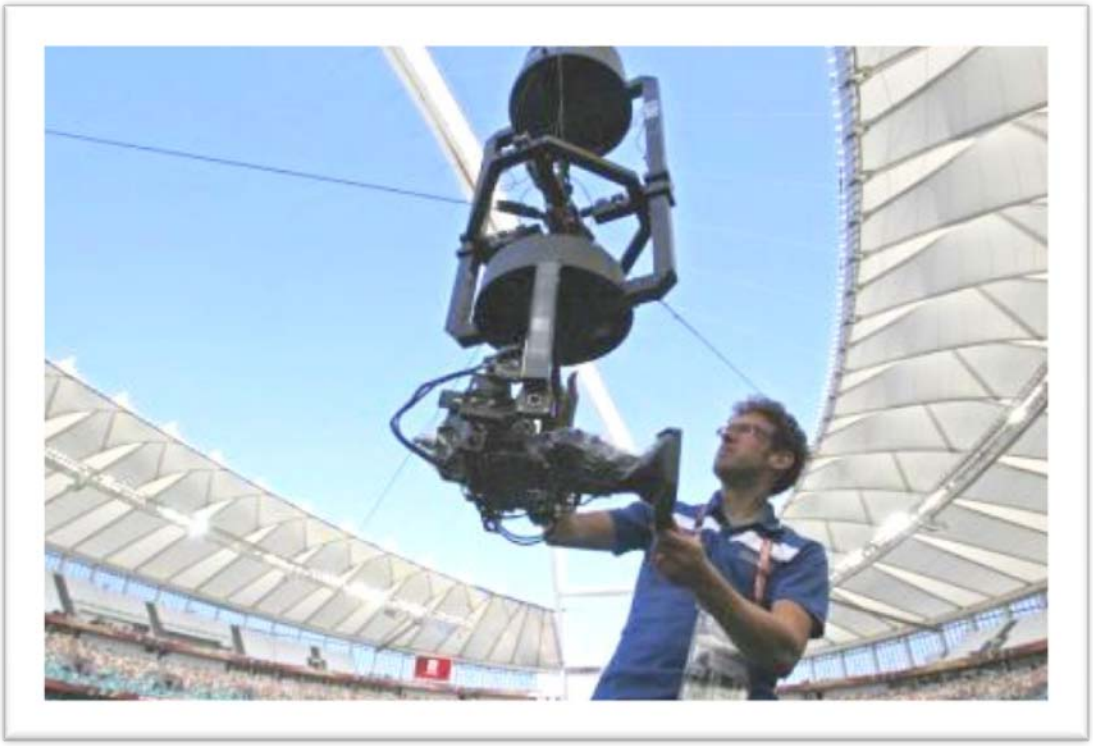
نحوه عملکرد این سیستم را می توان به صورت زیر به سادگی شبیه سازی نمود :

به یک وزنه کوچک چهار نخ متصل کنید ، این چهار نخ را از چهار قرقره که در ارتفاعی از چهار گوشه یک مستطیل متصلند آویزان کنید ، حالا با کشیدن و آزاد کردن هر چهار نخ به اندازه کافی می توانید وزنه را در یک فضای سه بعدی جابجا نمایید .

شکل (۱-۱) طرح ابتدایی مکانیزم

مکانیزم این سیستم نیز به همین صورت است به گونه ای که وزنه را می توان ، مجموعه دوربین و بازوهای آن فرض نمود (گلایدر) ، دست ها را با چهار موتور و مغز که به دست ها دستور می دهد را با واحد کنترل الکترونیکی (ECU) مستقر در ایستگاه کنترل و نخها را با کابلهای ویژه جایگزین نمود .

۱-۳-معرفی نمونه تجاری اسپایدرکم : [۱]



شکل (۱–۲) دوربین ساخت شرکت اسپایدرکم

اسپایدرکم ، نام تجاری سامانه ایست که یک شرکت اتریشی در سال ۲۰۰۰ ثبت نمود و در سال ۲۰۰۷ با یک شرکت تبلیغاتی تجاری با نام GMBH ادغام شد ، ولی خود فناوری ، نخستین بار توسط یک شرکت آمریکایی در سال ۱۹۸۴ معرفی شد ، اولین نام تجاری این فناوری SkyCam بود [۲] . تا سالهای میانی دهه ۹۰ استفاده از این وسیله گسترش پیدا نکرد که عمدتا بخاطر محدودیت های فناوری کامپیوتری و موتورهای کشنده کابلها بود . البته این سیستم برای فیلمبرداری از هر رویدادی در فضای باز یا بسته که میدان پوشش آن وسعت زیادی داشته باشد ، می تواند مورد استفاده قرار بگیرد و اختصاص به رویدادهای ورزشی ندارد ، مثلا در مراسمات سالنی و کنسرت ها نیز می توان از این فناوری استفاده نمود .

با اینکه اسپایدرکم امکانات زیادی به شبکه های پخش کننده رویدادهای ورزشی می دهد ، اما استفاده از تصاویر آن باید با دقت صورت بگیرد چرا که استفاده افراطی از آن ، قطع ناگهانی تصاویر معمول و سپس نمایش تصاویر اسپایدرکمی با زوایا و فوکوسهای متغیر ، حتی می تواند سبب آزار تماشاگران شود ، در سال ۲۰۱۰ در جریان یک مسابقه مهم شش جانبه راگبی ، بی بی سی که ۲۵ هزار دلار صرف اجاره اسپایدرکم نموده بود ، با

شکایات متعددی از سوی بینندگان مواجه شد ، آنها بعد از پخش تصاویر احساس گیجی و سرگیجه می کردند ، در حدود ۱۷۰ شکایت دریافت شد ، از سوی دیگر ، داشتن اسپایدرکم و غافل شدن از استفاده آن در ثبت تصاویر لحظه های حساس و نمایش ندادن لحظه های زیبا هم ، دلپسند تماشاگران نیست .

۱-۳-۱-مشخصات فنی قویترین مدل اسپایدرکم :

شکل (۱-۳) چارت ارتباطی بین اجزای مکانیزم اسپایدرکم

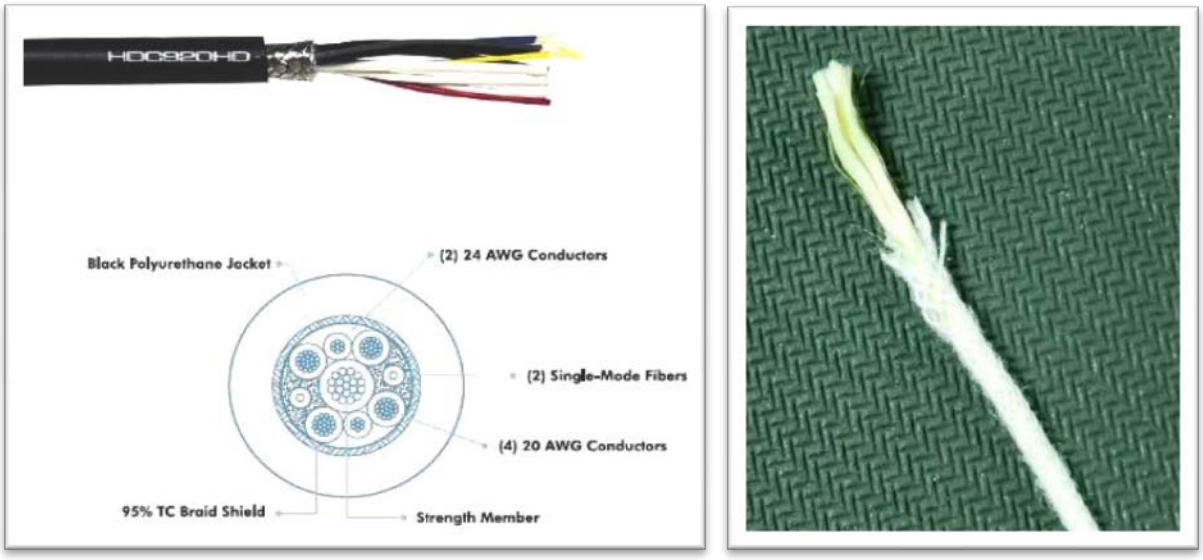
موتورگیربکس کشنده (Winch) :

شکل (۱–۴) مجموعه موتورگیربکس

وزن	۳۰۰ کیلوگرم
ابعاد	۱۵۰۰*۹۰۰*۸۰۰ میلیمتر
منبع تغذیه (برای هر کشنده)	۴۰۰ ولت / ۳۲ امپر

کابل :

جنس	کابل الیافی ترکیبی از جنس کولار (Kevlar)
طول برای هر کشنده	۳۴۰ متر
منطقه تحت پوشش	۲۳۰*۲۳۰ متر
حداکثر نیروی اعمالی	۱۰۰کیلوگرم
ضریب ایمنی	۱۲ مرتبه



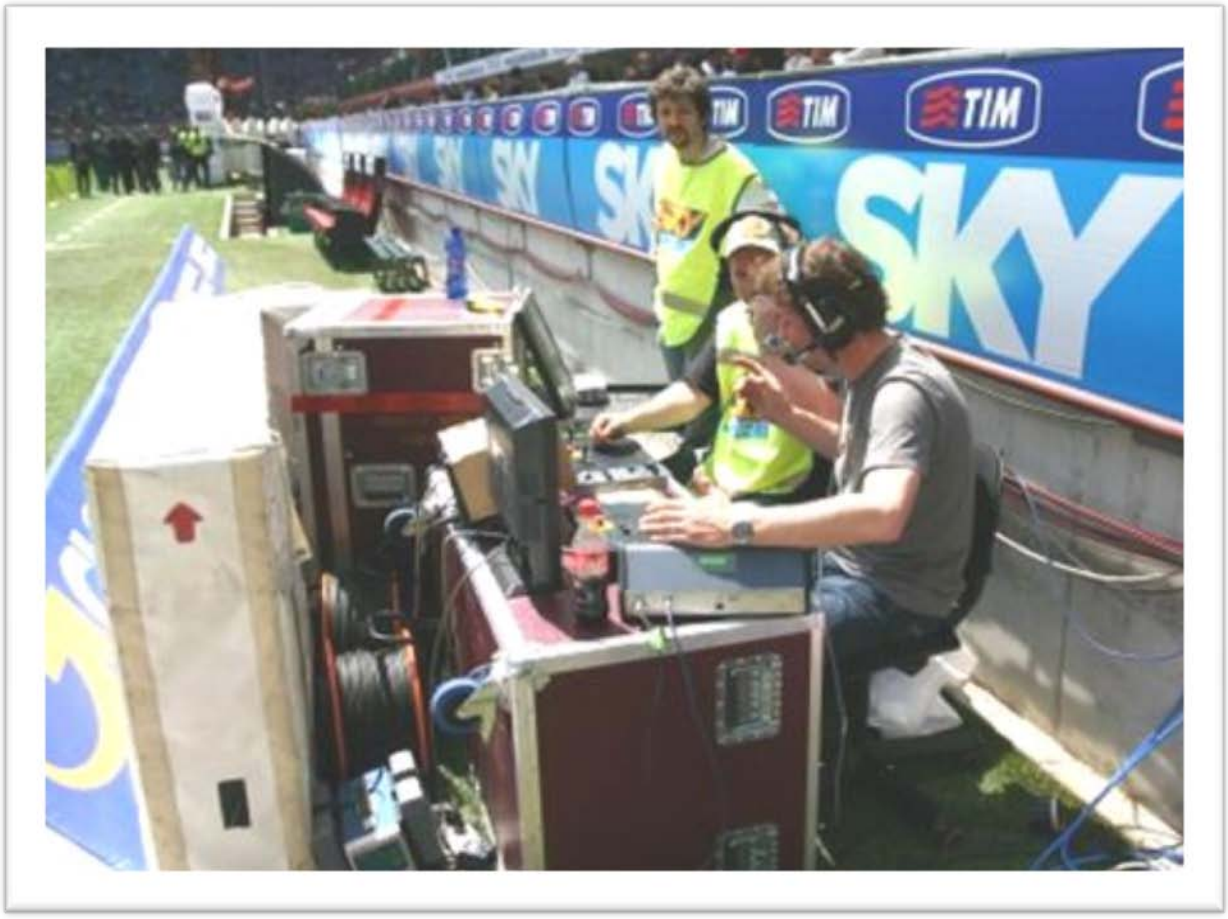
شکل (۱–۵) کابل کولار

گلایدر :

شکل (۱–۶) مجموعه گلایدر

وزن (بدون دوربین)	۲۵ کیلوگرم
منبع تغذیه	۴ عدد باطری لیتیومی
فک های دوربین	سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه / ۳۶۰ درجه چرخش بدون توقف

ایستگاه کنترل :



شکل (۱–۷) ایستگاه کنترل

حداقل فضا	۲*۳ متر
منبع تغذیه	۲۳۰ ولت / ۱۰ آمپر

فصل دوم

نتایج تحقیقات ، طراحی و ساخت

۲-**در روند تحقیقات و ساخت سیستم دو روش کارامد برای کنترل توان موتورها استخراج شد :**

- ✓ **گزینش توان :** با توجه به المان های کوچک زمانی موقعیت سیستم را ردگیری و سرعت موتورها را کنترل می نماید . (مشتق اول نسبت به سرعت / شتاب)
- ✓ **پیش بینی توان :** با بکارگیری معادلات و ماتریسهای معکوس به پیش بینی گشتاور و سرعت لازم برای موتورها می پردازد . (مشتق دوم نسبت به سرعت / جرک Jerk)

سیستم با هر دو روش برنامه تست شد [3] **و نتایج به صورت مزایا و معایب به تفکیک هر روش در زیر آورده شده است :**

۲-۱-**ویژگی های روش گزینش توان (روشی که به صورت تجربی استخراج شد)**

واحد پردازش بر اساس پردازش های قبلی موجود در حافظه و بار وارده بر موتور بر اساس المانهای کوچک زمانی ، مناسبترین توان موجود در جدول (تهیه شده بر اساس توان بهینه خروجی موتور) را گزینش می نماید .

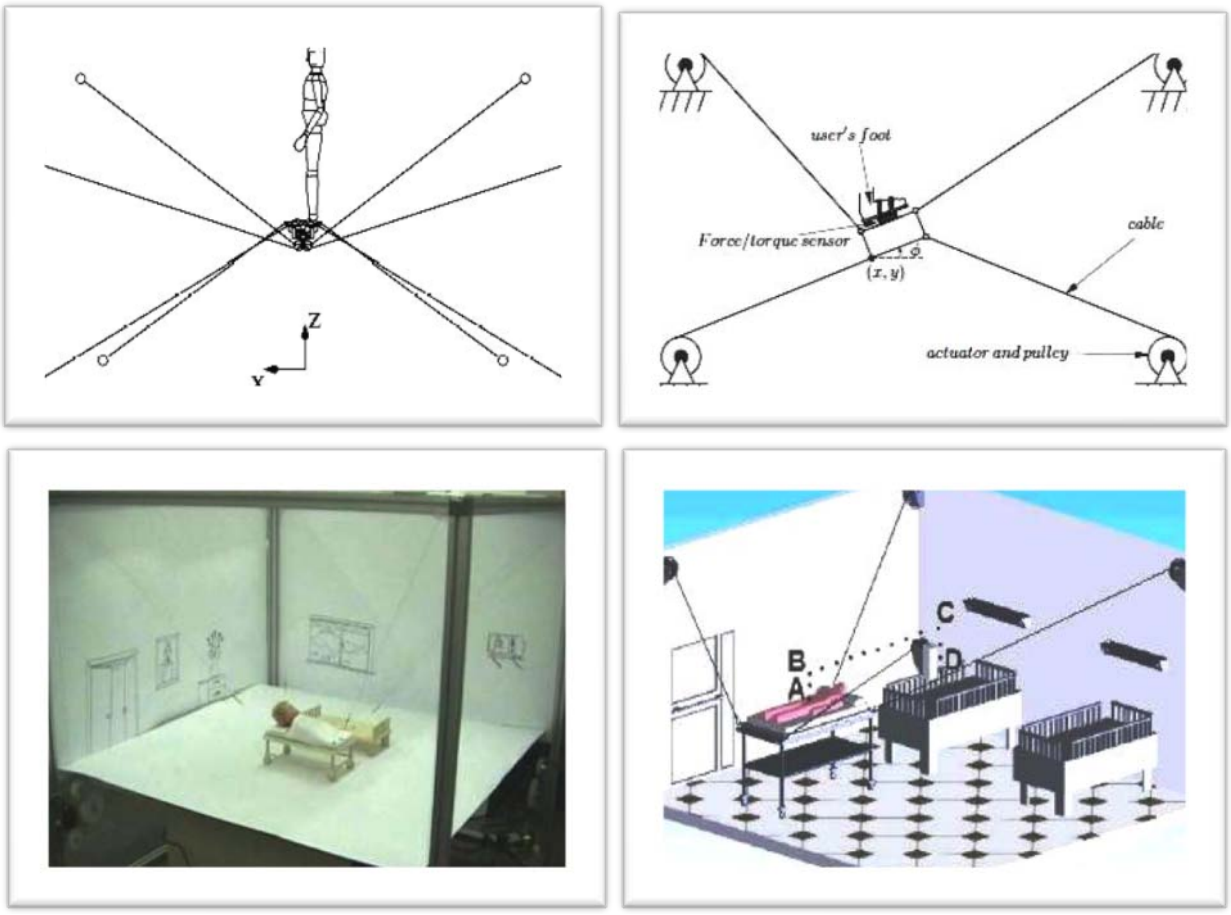
مزایا

- ✓ تغییرات افت توان (I2R) در هر موتورگیربکس در عملکرد نهایی ، تاثیری ندارد بنابراین در صورت ناهماهنگی میزان فرسودگی در بین موتورگیربکس ها ، این روش کارامد می باشد .

از ویژگی برجسته و ممتاز این روش ، عملکرد مطلوب در حضور بارهای ناخواسته می باشد ، بنابراین از این روش می توان در عملیاتهای خطرناک مانند مین روبی ، ترکیب مواد در آزمایشگاه ها و همچنین جابجایی مواد سنگین در انبارها به عنوان جرثقیل استفاده نمود .

- ✓ برنامه هر موتور به صورت مستقل ، قابل اجراست بنابراین بهره گیری از میکروکنترلرهای با امکانات محدودتر هم ممکن می باشد .
- ✓ به سادگی و بدون تغییر در متن برنامه ، قابلیت نصب قرقره ها در هر مختصات فضایی مقدور می باشد .
- ✓ به سادگی و با اندکی تغییر در متن برنامه ، می توان تعداد بیشتری از کشنده ها را به سیستم الحاق نمود .

برای مثال با کمک دو مورد بالا می توان شخص زیر را در یک فضای ۳ بعدی جابجا نمود .



شکل (۲–۱) دیگر قابلیت های ربات کابلی

معایب :

- ✓ باید از موتورگیربکس های قویتری (حد اقل دو برابر توان نسبت به یک سیستم مشابه ولی با برنامه روش دیگر) استفاده نمود .

بنابراین درایورهای راه انداز و منبع تغذیه قویتری نیاز می باشد .

- ✓ برنامه پیچیده و حجیم تری دارد .
- ✓ تهیه جدول توان دقت بالایی را می طلبد و وقت گیر می باشد .

در صورت تعویض موتورگیربکس ها با توان متفاوت نیاز به تهیه دوباره جدول می باشد .

- ✓ هزینه بالاتری دارد

۲-۲-ویژگی های روش پیش بینی توان (روشی که در مکانیزم های تجاری در حال استفاده می باشد و پشتیبانی علمی دارد)

بر اساس سیستم مختصات کارتزین و ماتریس معکوس ژاکوبین (Jacobian) ، سرعت و گشتاور مورد نیاز در هر پردازش بدست می آید (در هنگام شتابگیری های مثبت و منفی با فرض ثابت بودن وزن گلایدر یا معلوم بودن بار وارده یا کم شده از گلایدر سیستم بخوبی توان لازم موتورها را برای سیکل کاری بعدی پیش بینی می نماید) که با احتساب توان اتلافی غیر خطی ، توان کل (ولت آمپر) محاسبه و به موتور اعمال می گردد .

مزایا :

- ✓ ارزانتر می باشد
- ✓ برنامه نویسی ساده تر و کم حجم تری دارد .
- ✓ به موتورهای کوچکتری نیاز دارد .
- ✓ با تغییرات بسیار کمی در برنامه ، قابلیت اعمال تغییرات اساسی در توان موتورها و وزن گلایدر وجود دارد .
- ✓ بهره گیری از میکروکنترلرهای قویتر ، قابلیت های برنامه را به صورت تصاعدی افزایش می دهد (زیرا برخی از امکانات لازم و به علت فقدان آن در میکروکنترلر استفاده شده در مدار ، توسط برنامه نویسی جبران شد)

معایب :

- ✓ این برنامه تحمل تغییرات بار ناخواسته (با مقدار نا معلوم) در سیستم را (در حین عملیات) ندارد و به میزان تغییرات بار نامعلوم ، دچار خطا می گردد .
- ✓ باید از موتورگیربکس هایی با میزان فرسودگی (یاتاقانها و دنده ها) یکسان استفاده نمود .
- ✓ جهت تغییر مختصات قرقره ها به حالتی غیر از فضای عملیات مکعبی ، باید در معادلات به کار رفته در برنامه تغییر اساسی ایجاد شود

البته این مشکل را می توان با بهره گیری از یک سری معادلات دینامیک پیچیده تر در برنامه ، حل نمود .

راهکاری برای برخی از موقعیت ها پیش بینی شده که قابل برنامه نویسی است :

فرضا در یک آزمایشگاه ، سیستم قصد جابجایی یک ظرف بالن را دارد (توسط بازوی مجهز به چنگ ، متصل به عنوان گلایدر) :

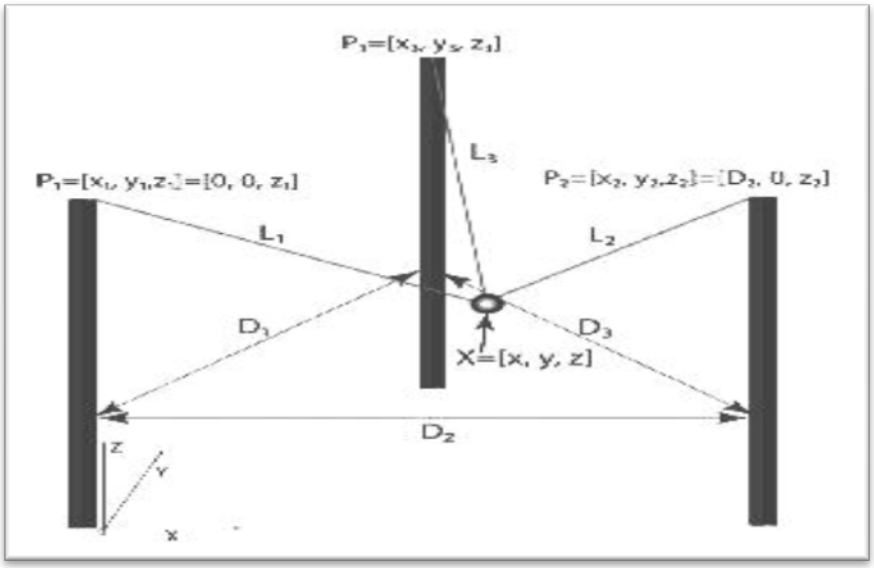
در ابتدا توسط چنگ بالن را گرفته ، سپس به مقداری که تاثیر کل بار در کابل ها محسوس باشد ، باید ظرف را بلند نمود ، آنگاه با توجه به شیب کابل مربوط به هر موتور نسبت به افق (توسط مختصات کارتزین قابل حصول می باشد) و مقدار جریان اندازه گیری شده هر موتور در میکروکنترلر برای همان جابجایی مشخص ، وزن نهایی گلایدر (چنگ و بالن) مشخص می گردد . این دستور را می توان با یک فرمان خارجی مانند کلید ، به میکرو اعلام نمود .

این وزن با یک دستور مبدل ، در متغیر مربوط به جرم در برنامه قرار می گیرد . اکنون سیستم بدون خطا ، قادر به جابجایی بالن می باشد ، البته در این شرایط سرعت حرکت گلایدر کاهش پیدا می کند .

با توجه به اینکه در روش گزینش توان ساختار برنامه نیمه تجربی می باشد و روش پیش بینی توان دارای پشتیبانی کامل علمی ، بنابراین معادلات مربوط به روش دوم بررسی می شود .

۲-۲-۱-معادلات تحلیل دینامیکی روش پیش بینی توان :

با توجه به اینکه در فضای کاری ، جهت حرکت دادن گلایدر هر موتور با یک الگوریتم مستقل از موتورهای دیگر حرکت می کند ، با بررسی دینامیکی آن به این مساله پی برده می شود که حتی استقلال عملکرد موتورها نیز تابع یک الگوریتم دینامیکی می باشد . گلایدر دارای شش درجه آزادی می باشد ولی با توجه به محدودیت و تغییرات بسیار کم دوران حول محورهای سه گانه متقاطع بر روی گلایدر ، در محاسبات درجات آزادی به سه کاهش داده می شود . جهت یافتن رابطه ای بین تغییر مکان های گلایدر در هر نقطه از فضای کاری و طول کابلها از معکوس ماتریس ژاکوبین (تابع ایزوپارامتریک پیوسته) استفاده می شود . ماتریس ژاکوبین مشتقات مختصات طبیعی را به مشتقات مختصات محلی ربط می دهد . [4]



شکل (۲-۲) مختصات دهی قرقره ها و گلایدر

برخی از معادلات ارائه شده ، نتیجه ساده سازی و حذف برخی داده های دینامیکی می باشد که در این سیستم (فضای عملیاتی محدود) بر یکدیگر همپوشانی متقابل دارند . [5]

برای تعیین $\frac{\partial}{\partial_x}$ ، از معادله روبرو استفاده می شود :

(۲-۱)

$$\frac{\partial}{\partial_L} = J\frac{\partial}{\partial_x} \quad \rightarrow \quad \frac{\partial}{\partial_x} = J^{-1}\frac{\partial}{\partial_L}$$

در اینجا ماتریس ژاکوبین (J) برای تعیین $\frac{\partial_x}{\partial_L}$ سودمند می باشد .

بهترین روش جهت کنترل موتورها استفاده از کنترل پهنای پالس ارسالی به درایور موتورها و کنترل توان خالص $(\tau\omega)$ جهت کشش کابلها می باشد .

کل توان الکتریکی لازم برای موتور (VI) با در نظر گرفتن تلفات توان (I^2R) ، از رابطه زیر بدست می آید :

(۲-۲)

$$VI = \tau\omega + I^2R = \tau\omega + IR\frac{\tau}{K_T} \quad (V.A)$$

K_T ثابت موتور ، I جریان ، V ولتاژ ، ω سرعت زاویه ای و τ گشتاور اعمالی بر محور گیربکس موتور می باشد .
راندمان موتور نیز از رابطه $\frac{\omega}{\omega+\frac{IR}{K_T}}$ بدست می آید .
(I^2R) را با توجه به نوع موتور ، گیربکس ، تلفات در کابلها و شرایط محیطی ، می توان به سادگی و به صورت تجربی بدست آورد .
طول هر کدام از کابلها L_i را قبل و بعد از تغییرات ، می توان با انکودر نصب شده بر روی شافت موتور بدست آورد .
با توجه به لزوم حل ژاکوبی به صورت یک ماتریس مربعی 3×3 ، ناچارا از سه کابل در معادلات استفاده می شود (xyz مجهول می باشند) و پس از حل ماتریس ، برای چهار کابل بسط داده می شود .
با توجه به معلوم بودن مختصات قرقره ها در چهار گوشه فضای کاری و طول کابلها ، به صورت زیر مختصات گلایدر در فضا بدست می آید : [6]
$x_i\, y_i\, z_i$ مختصات قرقره i ام می باشد .

(۳-۲)

$$x^2 + y^2 + z^2 = L_1^2$$

(۴-۲)

$$(x - x_2)^2 + y^2 + (z - z_2)^2 = L_2^2$$

(۵-۲)

$$(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = L_3^2$$

(۶-۲)

$$x = \alpha z + \beta$$

(۷-۲)

$$\alpha = -\frac{z_2}{x_2}$$

(۸-۲)

$$\beta = \frac{z_2^2 + x_2^2 + L_1^2 - L_2^2}{2X_2}$$

(۹-۲)

$$y = \theta z + \gamma$$

(۱۰-۲)

$$\theta = -\frac{\alpha x_3 + z_3}{y_3}$$

(۱۱-۲)

$$\gamma = \frac{L_1^2 - L_3^2 + x_3^2 + Y_3^2 + z_3^2 - 2\beta x_3}{2y_3}$$

(۱۲-۲)

$$(\alpha^2 + \theta^2 + 1)z^2 + 2(\alpha\beta + \gamma\theta)z + (\beta^2 + \gamma^2 - L_1^2) = 0$$

با توجه به اشتراک ها و همپوشانی برخی از مختصات ها و ساده سازی معادله درجه دوم بالا ، روابط زیر بدست می آید .

(۱۳-۲)

$$\beta = \frac{x_2^2 + L_1^2 - L_2^2}{2x_2}$$

(14-2)

$$\gamma = \frac{L_1^2 - L_3^2 + Y_3^2}{2Y_3}$$

(15-2)

$$z^2 + \beta^2 + \gamma^2 - L_1^2 = 0$$

(۱۶-۲)

$$z = -\sqrt{|\beta^2 + \gamma^2 - L_1^2|}$$

با توجه به تعیین مقدار Z و قرار دادن در دو معادله از سه معادله (۲-۳) و (۲-۴) و (۲-۵) ، از روش دو معادله و دو مجهول مقادیر x و y نیز تعیین می گردد .

برای تعیین ω و τ ، مختصات گلایدر و طول کابلها در ماتریس ژاکوبی 3×3 جایگذاری می شود .

(۱۷-۲)

$$B = \begin{pmatrix} \frac{\partial_x}{\partial L_1} & \frac{\partial_x}{\partial L_2} & \frac{\partial_x}{\partial L_3} \\ \frac{\partial_y}{\partial L_1} & \frac{\partial_y}{\partial L_2} & \frac{\partial_y}{\partial L_3} \\ \frac{\partial_z}{\partial L_1} & \frac{\partial_z}{\partial L_2} & \frac{\partial_z}{\partial L_3} \end{pmatrix}$$

$\vec{U} = [u_1 \quad u_2 \quad u_3]$ نسبت تغییرات طول کابلها (بردار سرعت کابل ها جهت تعیین ω) می باشد که از را بطه زیر بدست می آید :

(۱۸-۲)

$$\vec{U} = B^{-1}\vec{V}$$

B^{-1} معکوس ماتریس ژاکوبین می باشد . (به پیوست مراجعه شود)

بردار سرعت گلایدر $\vec{V}$ را می توان از مختصات کارتزین و تغییرات فرمان جویستیک ، بدست آورد . بیشترین راندمان موتور در حداکثر سرعت V_{MAX} حاصل می گردد .

برای تعیین میزان تنش کششی کابلها (جهت تعیین τ) از قانون دوم نیوتون بهره گرفته می شود :

(۱۹-۲)

$$\sum_{i=1}^{3}\vec{T}_i = m(\vec{a}+\vec{g})$$

m جرم گلایدر و قسمتی از کابلها و $\vec{a}=\frac{\partial}{\partial t}\vec{V}$ شتاب گلایدرمی باشد و $\vec{T}_i$ تنش کششی وارد بر کابل i م می باشد .

(۲۰-۲)

$$\sum_{i=1}^{3}\vec{T}_i = \begin{pmatrix} C\varphi_1 C\theta_1 & C\varphi_2 C\theta_2 & C\varphi_3 C\theta_3 \\ C\varphi_1 S\theta_1 & C\varphi_2 S\theta_2 & C\varphi_3 S \\ S\varphi_1 & S\varphi_2 & S\varphi_3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix}$$

C و S نماد کسینوس و سینوس می باشد ، θ_i و φ_i نماد زاویه شعاعی و عمودی کابل i م از قرقره مربوطه می باشد . ماتریس 3×3 بالا با نماد $\forall$ نمایش داده می شود .

با جایگذاری رابطه (۲-۱۹) در رابطه (۲-۱۸) ، تنش کششی هر کدام از سه کابل مورد بررسی ، به صورت زیر بدست می آید : (۲-۲۱)

$$\begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix} = \forall^{-1} m(\vec{a}+\vec{g})$$

برای محاسبه تنش کششی وارد بر کابل چهارم از بسط رابطه (۲-۲۰) استفاده می شود :

(۲۲-۲)

$$\forall_{3\times3}\begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \end{pmatrix} = m(\vec{a}+\vec{g})$$

برای محاسبه ω و τ به صورت زیر عمل می شود :

V اندازه سرعت گلایدر که از مختصات کارتزین و فرمان جویستیک حاصل می شود و d قطر موثر پولی قرار گرفته بر روی خروجی گیربکس و r نسبت تبدیل گیربکس می باشد .

(۲۳-۲)

$$\omega = \frac{u_i}{\pi d} Vr \quad \left(rad/s\right)$$

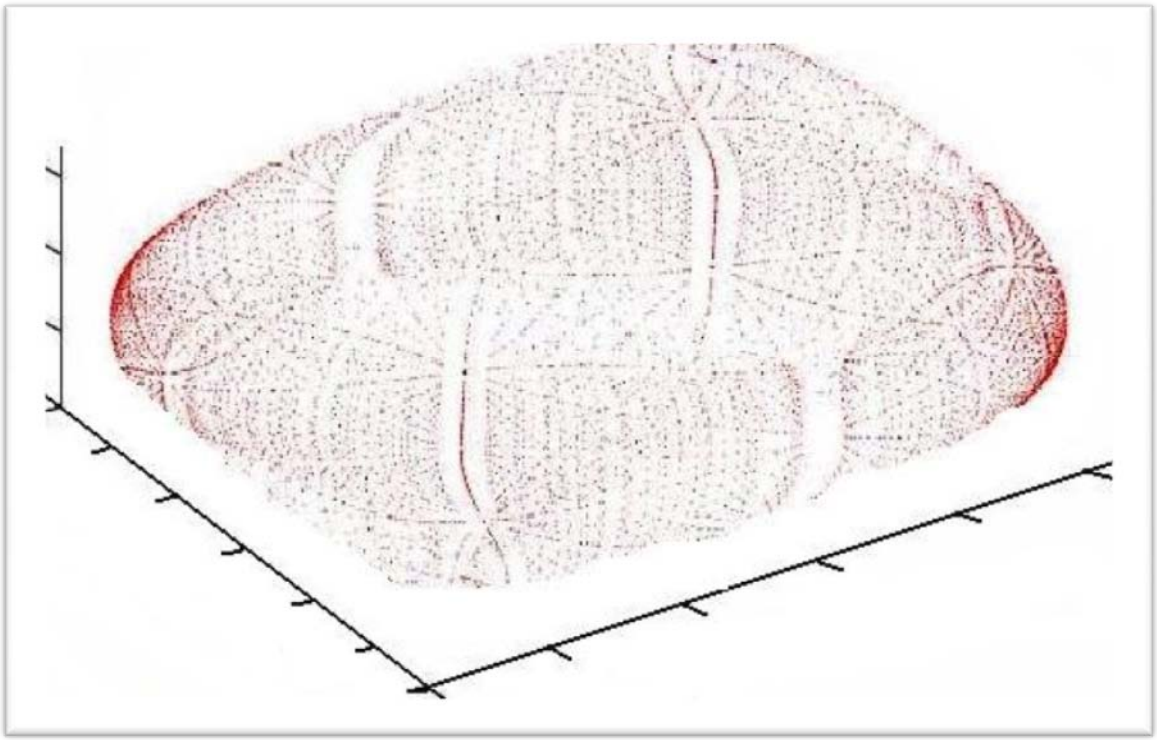
(۲۴-۲)

$$\tau = \frac{T_i \frac{d}{2}}{r}$$

با توجه به محیط مارپیچی کابل پیچیده شده ، جهت تعیین مقدار دقیق قطر موثر پولی باید کابل را بصورت شبیه ساز و به طور دقیق بر روی پولی پیچاند ، سپس طول کل کابل مورد استفاده را بر تعداد دورها و عدد پی تقسیم نمود .

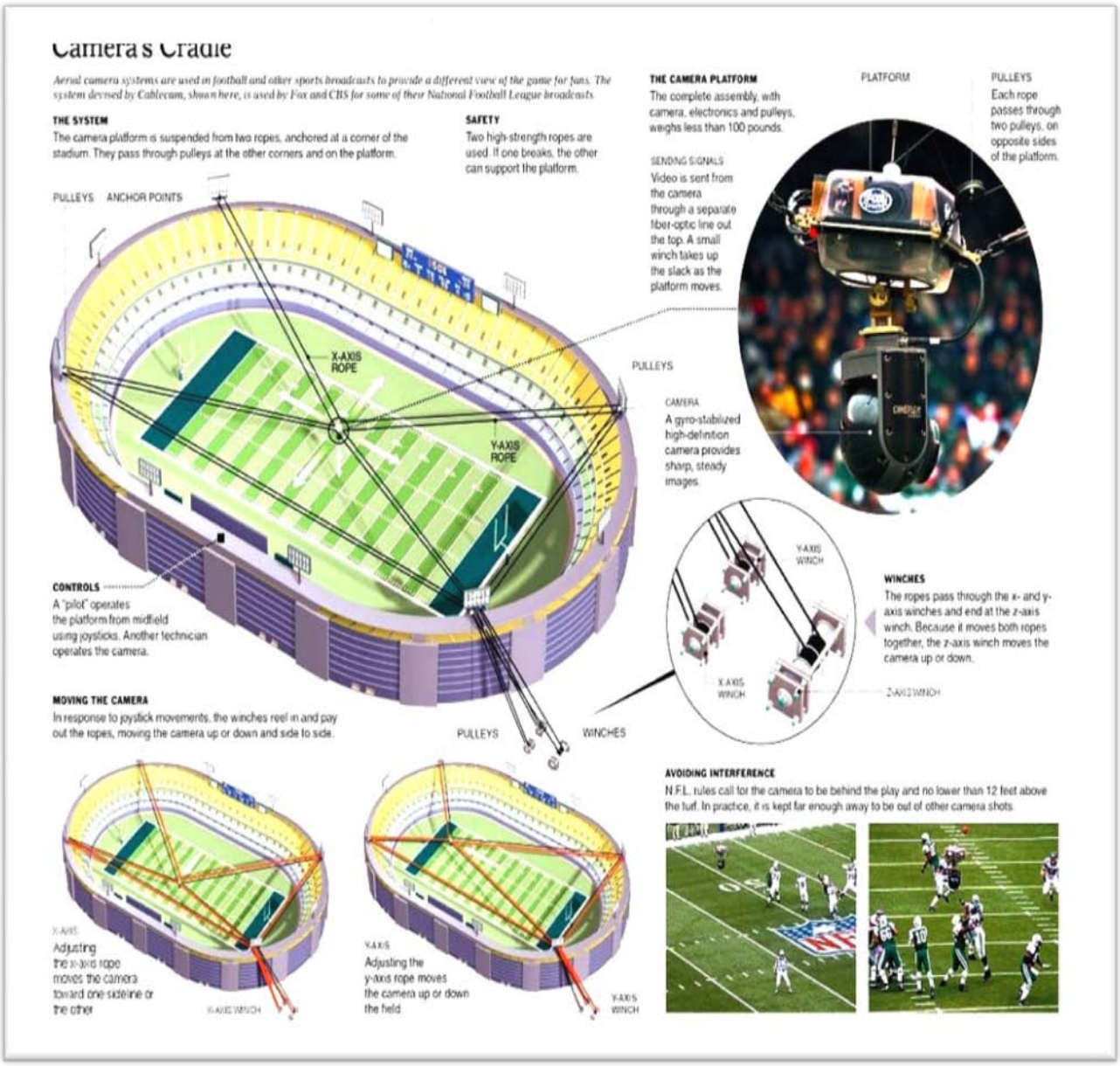
یکی از عوامل مورد توجه در عملکرد این مکانیزم قابلیت مانور پذیری سیستم می باشد .

حجم ابر نقطه زیر بیانگر محدوده عملیاتی گلایدر می باشد . با کاهش نسبت جرم حجمی به حداکثر استحکام کششی نامی کابل می توان این فضای عملیاتی را گسترش داد .



شکل (۲-۳) محدوده عملیاتی گلایدر

یک روش مکانیکی نیز برای این مکانیزم به کار گرفته می شود . (مبدع دوربین گهواره ای : Jim Rodnunsky)



شکل (۲–۴) روش مکانیکی جهت جابجایی دوربین توسط فرمان نسبتا مستقیم جویستیک به موتورها

از خصوصیت بارز این روش ، سادگی فوق العاده واحد پردازنده آن می باشد . به ازای جابجایی در راستای سه محور مختصاتی ، سه موتورگیربکس ، سه کابل رفت و برگشتی را جابجا می کنند .

کیفیت و عملکرد کابلها و قرقره ها در مانورپذیری این سیستم تاثیر قابل توجهی دارند ، به همین دلیل فضای عملیاتی آن نیز محدودتر می باشد .

۲-۳-اجزای مجموعه دوربین عنکبوتی

۲-۳-۱-مکانیکی :

اسکلت گلایدر : از پروفیلهای سبک ساخته می شود و محل اتصال کابلها نسبت به مرکز ثقل ، به گونه ای در نظرگرفته می شود که در هنگام شتاب گیری دچار انحراف نگردد . یک مکانیزم تصحیح شیب به همراه ژیروسکوپ و مجموعه کنترل آن نیز برای حفظ حالت عمودی گلایدر به صورت خودکار ، درون قاب گلایدر نصب می گردد .

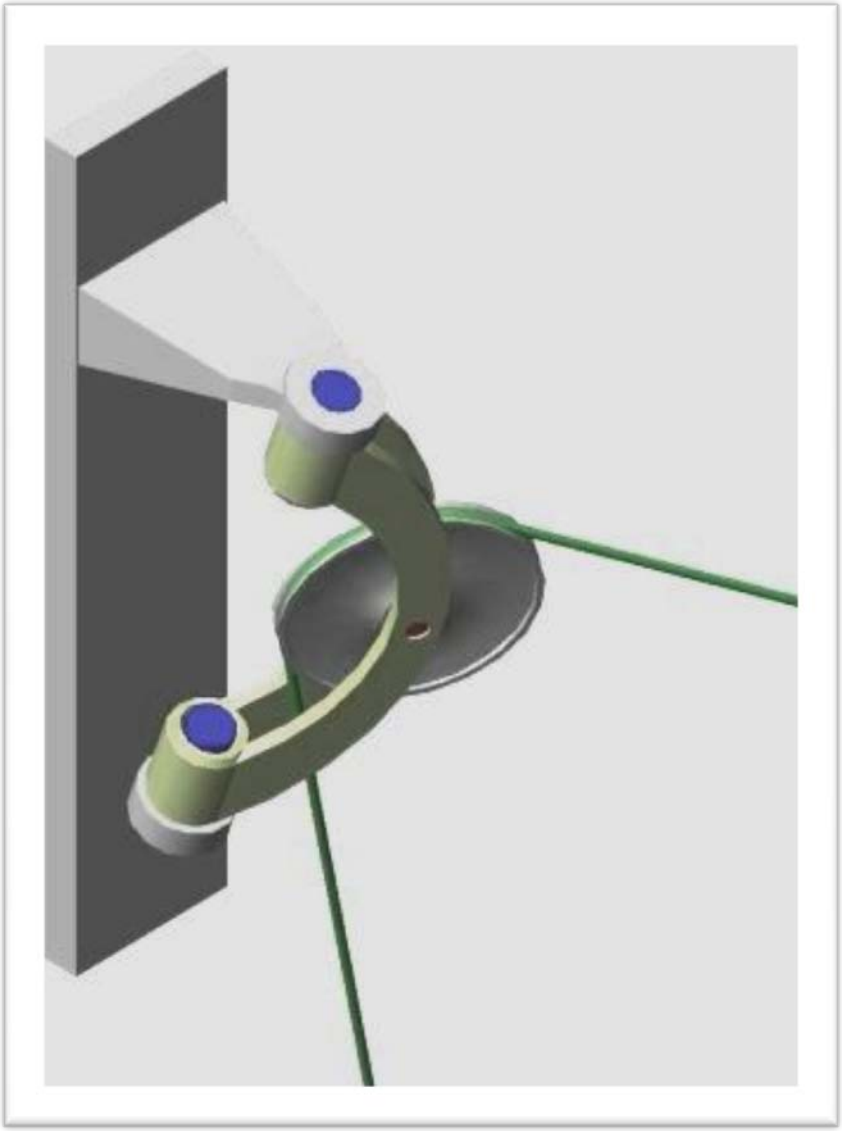
وزن نهایی مجموعه دوربین و اسکلت و درایورها ، مستقیما جهت محاسبات موتور ، واحد پردازشگر و برنامه نویسی مورد نیاز می باشد .

کابل : این نوع از کابل ، باید دارای شرایط عمومی از قبیل استحکام کششی بالا ، مقاومت در برابر خوردگی بر اثر عوامل شیمیایی و اشعه ماورای بنفش ، مقاوم در برابر سایش ، دارای جرم حجمی پایین و عایق الکتریکی باشد . نوع ساخت ، نوع الیاف و نحوه بافت آن ، نحوه عبور سیم دیتا از میان آن و ... را می توان از شرایط اختصاصی آن برشمرد .

میزان حداکثر گشتاور و سرعت اعمالی موتور بهمراه لحاظ ضرایب امنیتی ، حداکثر مقدار کشش کابل و به دنبال آن جنس و قطر کابل مصرفی معین می گردد .

قطر کنج تا کنج فضای عملیاتی و ارتفاع قرقره ها تا پولی ، حداکثر طول کابل را مشخص می نماید .

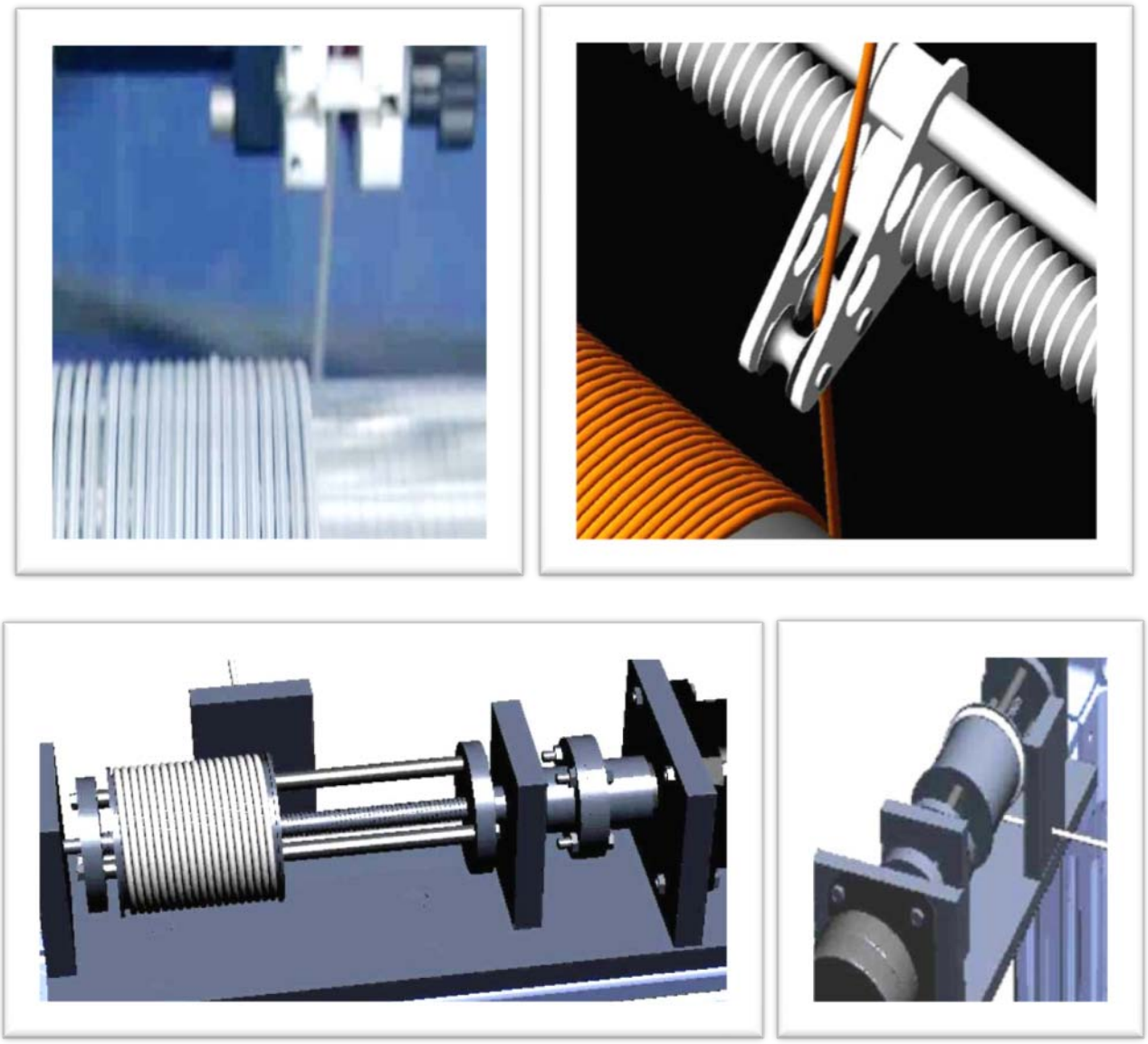
قرقره : جهت کاهش نیروی اتلافی از قرقره با قطر بزرگ و یاتاقان مناسب استفاده می شود . انحراف امتداد محور عمودی قرقره از امتداد محور افقی آن موجب حذف نیروی مقاوم در هنگام جابجایی افقی کابل می شود . نکته بسیار مهم محل نصب قرقره می باشد . استحکام محل نصب قرقره موجب پایداری و کاهش ارتعاشات کابل در هنگام شتابگیری می شود . محل نصب قرقره مکانیست که فضای لازم جهت مانور کابل را فراهم آورد . مختصات این مکان در برنامه نویسی برای سیستم لازم می باشد .



شکل (۲–۵) قرقره

پولی : حداکثر دور خروجی درخواستی موتورگیربکس ، حداکثر نیروی کشش کابل ، بازه مقدار قطر پولی را مشخص می نماید . عرض پولی نیز با توجه به قطر کابل و طول مانور کابل تعیین می گردد .

به منظور یکنواختی محاسبات حرکتی کابل ، مکانیزم هادی کابل بر روی پولی ایجاد می شود تا کابل را به صورت یکنواخت و منظم بر روی پولی بپیچاند .



شکل (۲–۶) دو روش برای مکانیزم هادی کابل

در پروژه های بزرگ که طول کابل آویزان زیاد و کمانش کابل قابل توجه است ، پولی به شکل مخروطی ناقص ساخته می شود .

۲-۳-۲-الکترومکانیکی :

موتورگیربکس کشنده : وزن گلایدر و کابلها در حداکثر شتاب ، میزان حداکثر نیروی کششی کابل را مشخص می نماید و سرعت کششی کابل نیز با سرعت محیطی پولی نصب شده بر روی خروجی موتورگیربکس برابر است

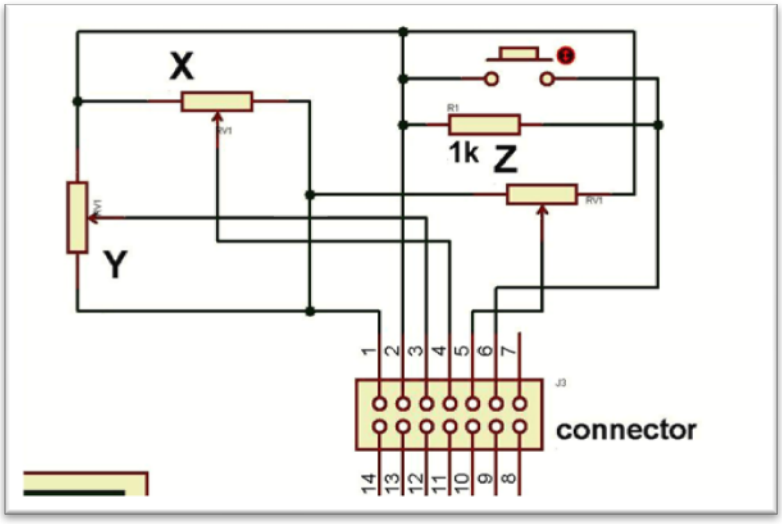
، این دو پارامتر میزان نسبت تبدیل گیربکس و قدرت خروجی موتور الکتریکی را تعیین می نماید . ولتاژ و آمپراژ نامی موتور ، راندمان موتور و گیربکس ، نسبت تبدیل گیربکس نوع موتورگیربکس جهت خریداری را مشخص می نماید . برای پایداری شرایط خروجی موتور ، محدوده قدرت درخواستی از موتور را کمتر از محدوده تراکم افت قدرت موتور در محاسبات در نظر می گیریم . هرچه موتور پر دورتر و میزان انتقال گیربکس بزرگتر باشد یکنواختی و کنترل آن آسانتر می گردد . بهتر است محل نصب موتورگیربکس مستحکم و در امتداد زیر قرقره ها و بر روی زمین باشد .

دوربین : محیط و کاربرد مورد استفاده سیستم ، تکنولوژی و نوع دوربین و لنز آن را مشخص می نماید که به پیرو آن وزن دوربین نیز مشخص می گردد . از ویژگی الزامی دوربین مورد استفاده در این سیستم ، قابلیت لرزه گیری (Anti Shake , Optical Stabilization) تصویر می باشد .

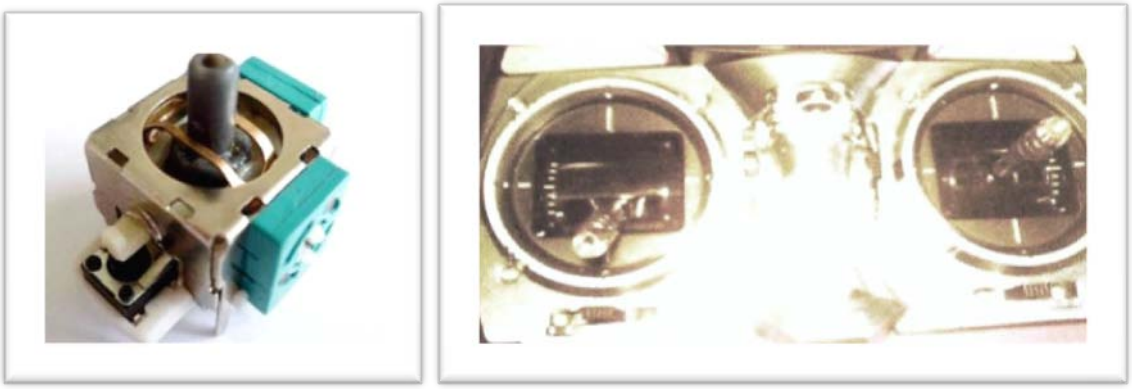
جویستیک : وظیفه انتقال اطلاعات حرکتی گلایدر از اپراتور سیستم به واحد پردازش الکترونیکی را بر عهده دارد . این جویستیک از نمونه متغیر (Variative) می باشد و به صورت صعودی و نزولی میزان اطلاعات ارسالی را تغییر می دهد تا در هنگام شروع به حرکت یا ترمزگیری ، شتاب وارده به گلایدر و همچنین هزینه های طراحی و ساخت را کاهش یابد .

این جویستیک ۳ کاناله ، دارای سه خروجی از سه پتانسیومتر می باشد ، هر کدام از این سه خروجی به سه ورودی تبدیل آنالوگ به دیجیتال میکرو متصل می گردد ، تا یک بازه سرعتی بین صفر و حداکثر مانور ، در راستای ۲۲ جهت فضایی را ایجاد نماید .

برای امنیت بیشتر یک کلید قطع برق اضطراری نیز در این جویستیک پیش بینی شده است .



شکل (۲–۷) شماتیک مدار جویستیک



شکل (۲–۸) مجموعه جویستیک و پتانسیومترهای آن

۲-۳-۳-الکترونیکی :

برخی از مفاهیمی که از این به بعد به کار می رود :

- معمولا vcc ، ۵ ولت می باشد و GND صفر ولت و vs با توجه به ولتاژ تغذیه موتورها تعیین می گردد .
- به هر پایه میکرو پین نیز گفته می شود . مثلا pinc.3 یا portc.3 ، یعنی پایه شماره ۴ پورت سی که در میکرو اتمگا۳۲ پایه شماره ۲۵ می باشد .
- میکرو برای تنظیم زمان برای انجام کارها به یک نوسان ساز نیاز دارد که به این نوسان ساز کریستال گفته

می شود .

- برخی پین ها دارای چندین نقش می باشند مثلا پایه شماره ۴۰ در مگا ۳۲ علاوه بر اینکه می تواند به عنوان ورودی یا خروجی استفاده شود می تواند به عنوان مبدل آنالوگ به دیجیتال (Analog Digital Converter) نیز استفاده شود . نمی توان در یک زمان از دو نقش یک پین یا پورت استفاده کرد .
- رجیستر حافظه : مکان هایی از حافظه میکرو می باشد که اعداد و متغیرها در آنجا ذخیره می شوند .
- آدرس حافظه : برای سادگی کار با حافظه ها ، آنها را به بخش های کوچکی تقسیم می کنند .

الکترونیک از علوم بسیار گسترده است و روز به روز نیز در حال پیشرفت است به نظر می رسد که این ترقی حد و مرزی نمی شناسد و همیشه سیر صعودی خود را طی می کند و ما نیز اگر می خواهیم با این پیشرفت جلو برویم باید با علم روز پیش برویم و از امکانات در دسترس حداکثر استفاده را ببریم .

یکی از امکانات خوبی که در اختیار دانشجویان وجود دارد میکروکنترلرها هستند که در انواع مختلف با ویژگی ها و امکانات مختلف در دسترس می باشند . باید گفت ساخت بسیاری از پروژه های علمی و صنعتی آماتور و پیشرفته بدون استفاده از میکروکنترلرها غیرممکن است و این به خاطر آن قدرت هوشمندی و برنامه پذیر بودن میکروکنترلر است .

میکروکنترلر را به یک کامپیوتر در یک تراشه تشبیه کرده اند و البته این تشبیه واقعا درست است چون داخل یک تراشه میکروکنترلر مانند یک میکروکامپیوتر ، واحد پردازنده مرکزی (Central Processing Unit) ، حافظه برنامه (Read Only Memory) ، حافظه داده (Random Access Memory) و واحدهای ورودی و خروجی برای ارتباط با دنیای خارج به عنوان بلوکهای اصلی وجود دارد ، یک سری قابلیت های دیگر نیز در میکروکنترلرها وجود دارد که بستگی به نوع میکرو و شرکتهای سازنده آن دارد .

خاصیت اصلی میکروکنترلرها برنامه پذیر بودن آنها است و این گویای این واقعیت است که باید تلفیقی از الکترونیک و کامپیوتر در کار باشد . بله درست است و این امکان را می دهد که سخت افزار را تا حد زیادی کاهش داده و بتوان پیچیده ترین سیستم ها را پیاده کرد . کاهش سخت افزار سیستم تنها اثر مطلوب نیست بلکه ده ها خاصیت خوب دیگر نیز در کار است که کار با میکروکنترلر را برای هر دانشجویی جذاب و دوست داشتنی می کند .

میکروکنترلر چون مانند یک کامپیوتر عمل می کند ، بنابراین دارای قدرت مانور زیادی می باشد و این بستگی به علم و دانش استفاده کننده یا همان کاربر دارد که تا چه حد در این زمینه آگاهی دارد .

با توجه به برنامه پذیر بودن میکروکنترلر باید بتوان به نحوی با آن ارتباط برقرار نمود ، به عبارتی آن را برنامه ریزی کرد ، برای این کار زبان های برنامه نویسی استانداردی وجود دارد مانند سی ، بیسیک ، اسمبلی و غیره . بعد از طراحی و ساخت یک میکروکنترلر توسط شرکت سازنده ، نرم افزارهای برنامه نویسی مختلفی نیز برای آن طراحی می شود که اصولا از کامپایلرهای استاندارد در این زمینه استفاده می شود .

حال با این تفاسیر سوال این است ، برای طراحی و ساخت یک پروژه بهترین میکروکنترلر کدام است و بهترین زبان برنامه نویسی برای آن کدام است ؟

باید گفت که این بستگی به نوع کار یا طرح مورد نظر دارد که تا چه حد پیچیده است و تا چه اندازه نیز کاربر با زبانهای برنامه نویسی آشنایی دارد و کدام کامپایلر بهتر نیازهای کاربر را برآورده می کند .

باید گفت که این پروژه ابتدا به صورت یک ایده مطرح شد و پس از بررسی جوانب و مراحل کار با پیریزی اولیه بر مبنای میکروکنترلرهای AVR کار شروع شد.

معرفی میکروکنترلرهای AVR :

زبان های سطح بالا به سرعت در حال تبدیل شدن به زبان برنامه نویسی استاندارد برای میکروکنترلرها هستند . زبان برنامه نویسی بیسیک و سی بیشترین استفاده در برنامه نویسی میکروها دارند ولی در اکثر کاربردها کدهای بیشتری را نسبت به زبان برنامه نویسی اسمبلی تولید می کنند . شرکت اتمل ایجاد تحولی در معماری ، جهت کاهش کد به مقدار حداقل را درک کرد که نتیجه تحول ، میکروهای AVR هستند . علاوه برکاهش و بهینه سازی مقدار کدها به طور واقع عملیات را تنها در یک کلاک سیکل توسط معماری ریسک (Reduced Insteruction Set Computer) انجام می دهند و ۳۲ رجیستر همه منظوره استفاده می کنند که باعث شده ۴ تا ۱۲ بار سریعتر از میکروهای مورد استفاده گذشته باشند .

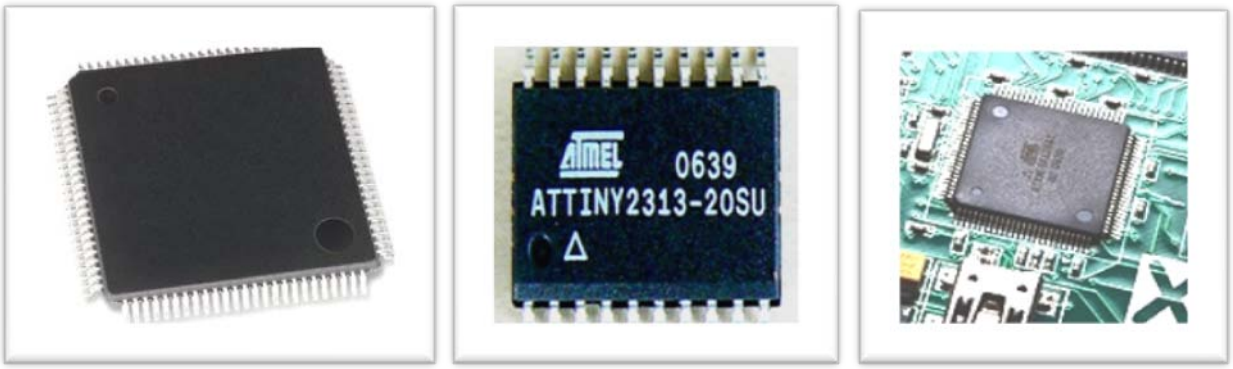
فناوری حافظه کم مصرف شرکت اتمل برای برنامه ریزی AVR ها مورد استفاده قرار گرفته شده است . در نتیجه حافظه های فلش و ای ایپرام (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) در

داخل مدار قابل برنامه ریزی (In System Programming) هستند . میکروکنترلرهای اولیه AVR دارای ۱ ، ۲ و ۸ کیلوبایت حافظه فلش و به صورت کلمات ۱۶ بیتی سازماندهی شده بودند .

با انجام تک سیکل دستورات ، کلاک اسیلاتور با کلاک داخلی سیستم یکی می شود . هیچ تقسیم کننده ای در داخل این میکروها وجود ندارد که ایجاد اختلاف فاز کلاک کند . اکثر میکروها نوسان ساز (Clock Oscilator) سیستم را به نسبت ۱:۴ یا ۱:۱۲ تقسیم می کنند که این خود باعث کاهش سرعت سیستم می شود ، بنابراین AVR ها ۴ تا ۱۲ بار سریعتر و مصرف آنها نیز ۴ تا ۱۲ بار نسبت به میکروهای دیگر کمتر است زیرا در تکنولوژی ریسک استفاده شده در این میکروها مصرف توان متناسب با فرکانس است .

از دیگر خصوصیات مهم میکروهای AVR دارا بودن حافظه EEprom داخلی برای استفاده کاربر ، داشتن مبدل آنالوگ به دیجیتال داخلی ، تایمر کانتر ، قابلیت ارتباط با پروتکل های استاندارد و امکانات جانبی دیگر ، البته برای انواع میکروها این امکانات و ویژگی ها اندکی فرق می کند .

میکروهای AVR در چند سری به بازار عرضه شده اند که انواع اولیه ، میکروهای تینی (Attiny) بوده که قابلیت های کمی دارند و برای پروژه های ساده تر استفاده می شوند ، سری بعدی میکروها با پیشوند اتمگا هستند که دارای امکانات بیشتری نسبت به سری قبلی می باشند . نوع پیشرفته تر میکروها ، XMega نام دارند . این نوع ۸ و ۱۶ بیتی هستند که قابلیت های خوبی دارند . این سری از میکروها در مدلهای مختلف تولید شده و با امکانات عالی قابل تهیه هستند .

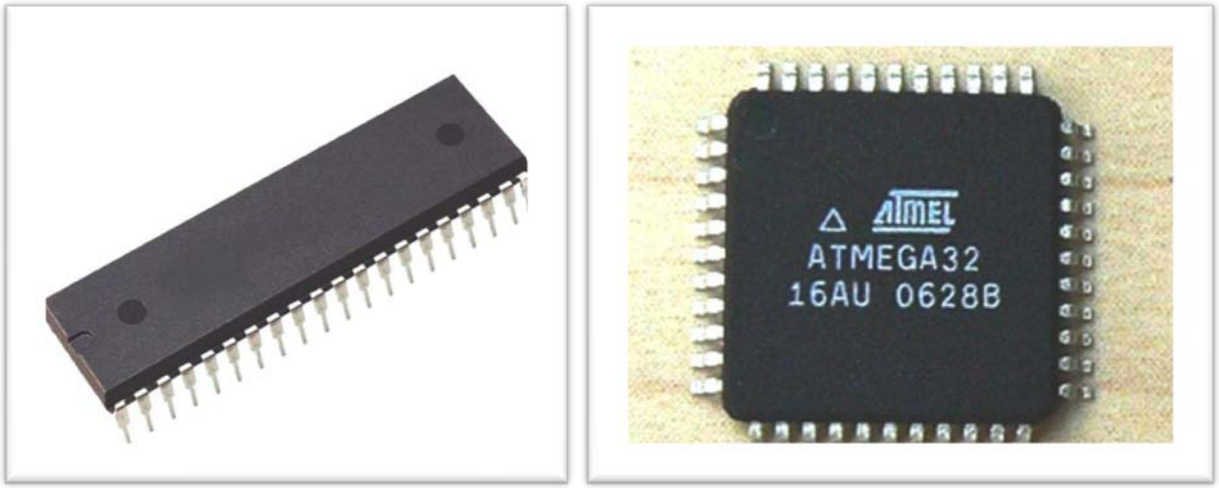


شکل (۲–۹) خانواده های AVR

تا این مرحله از طراحی مدار ، با توجه به ۱۱۶ کیلوبایت کد باینری تولید شده در روش گزینش توان توسط

کامپایلر و نیاز به بیش از ۶۰ پایه ورودی و خروجی و ۸ پایه وقفه خارجی ، از ۴ عدد میکروی AVR با ۳۲ کیلوبایت حافظه فلش با نام اتمگا ۳۲ در مدار استفاده شد . میکروکنترلرها با سیستم ارتباطی اس پی آی (Serial Peripheral Interface) با یکدیگر تبادل دیتا می نمایند .

میکروکنترلر اتمگا۳۲ :



شکل (۲–۱۰) میکروکنترلر اتمگا۳۲ در دو بسته بندی DIP و SMD

برای طراحی و ساخت قسمت اصلی پروژه از این میکرو استفاده شده است و سخت افزارهای اصلی سیستم به این میکرو وصل شده اند . در اینجا خصوصیات این میکرو شرح داده می شود :

- ✓ کارایی بالا و توان مصرفی کم
- ✓ دارای ۱۳۱ دستور که اکثر آنها در یک سیکل اجرا می شوند
- ✓ ۳۲*۸ رجیستر کاربردی
- ✓ حداکثر کریستال مورد استفاده ۱۶ مگاهرتز
- ✓ سرعتی تا ۱۶ میلیون دستور در ثانیه در فرکانس ۱۶ مگاهرتز
- ✓ ۳۲ کیلوبایت حافظه فلش داخلی قابل برنامه ریزی

این حافظه می تواند تا ۱۰۰۰۰ بار نوشته و پاک شود (قابلیت پروگرم کردن تا ۱۰۰۰۰ بار)

- ✓ ۲ کیلوبایت حافظه اس رم (Static Random access Memory) داخلی

- ✓ ۱۰۲۴ بایت حافظه EEprom داخلی برای ذخیره اطلاعات

این حافظه می تواند تا ۱۰۰۰۰۰ بار نوشته و پاک شود

- ✓ قفل برنامه فلش و حفاظت داده EEprom ، برای جلوگیری از خواندن آن
- ✓ دو تایمر / کانتر ۸ بیتی با prescale مجزا و دارای مد مقایسه کننده (تایمر/ کانتر ۰ و ۲)
- ✓ یک تایمر / کانتر ۱۶ بیتی با prescale مجزا و دارای مد capture و مقایسه کننده (تایمر/ کانتر ۱)
- ✓ چهار کانال پهنای باند (Pulse Width Modulation)
- ✓ ۸ کانال مبدل آنالوگ به دیجیتال ۱۰ بیتی
- ✓ دارای آر تی سی (Real Timer Clock نوعی ساعت است که زمان و تاریخ را مستقل از عملکرد میکرو محاسبه می کند) با اسیلاتور مجزا
- ✓ یک مقایسه کننده آنالوگ داخلی
- ✓ usart قابل برنامه ریزی
- ✓ تایمر نگهبان (WatchDog) قابل برنامه ریزی با اسیلاتور داخلی
- ✓ ارتباط سریال ISP (پروگرم کردن میکرو در داخل مدار)
- ✓ قابلیت ارتباط سریال SPI به صورت مستر یا اسلیو (فرمانده یا فرمانبر)
- ✓ قابلیت ارتباط با پروتکل دو سیمه (Two Wire Serial Interface)
- ✓ jtage (یک نوع ارتباط است که از طریق آن می توان کلیه حافظه های قابل برنامه ریزی میکرو را خواند یا نوشت)
- ✓ قابلیت ریست شدن میکرو بعد از رو شن شدن
- ✓ دارای ۵ مد در حالت بیکاری برای مصرف کمتر انرژی و راندمان بیشتر
- ✓ منبع وقفه داخلی و خارجی
- ✓ دارای نوسان ساز داخلی کالیبره شده (حداکثر فرکانس این نوسان ساز ۸ مگاهرتز است)
- ✓ ۳۲ خط ورودی و خروجی ۴ پورت ۸ پینی
- ✓ ۳ پایه مربوط به تغذیه ها و ۲ پایه کریستال ویک پایه ریست و دوپایه تغذیه مبدل آنالوگ به دیجیتال و ولتاژ مرجع آن (مجموعا ۴۰ پایه در بسته بندی دیپ)
- ✓ ۴.۵ تا ۵.۵ ولت برای تغذیه

پروگرامر : سخت افزاری است که جهت برنامه ریزی میکرو (تراشه) از آن استفاده می شود . در واقع پروگرامر فایل هگز (Hexadecimal code) تولید شده توسط کامپایلر را دورن تراشه قرار می دهد .

میکروهای را می توان با ۴ روش زیر پروگرام کرد :

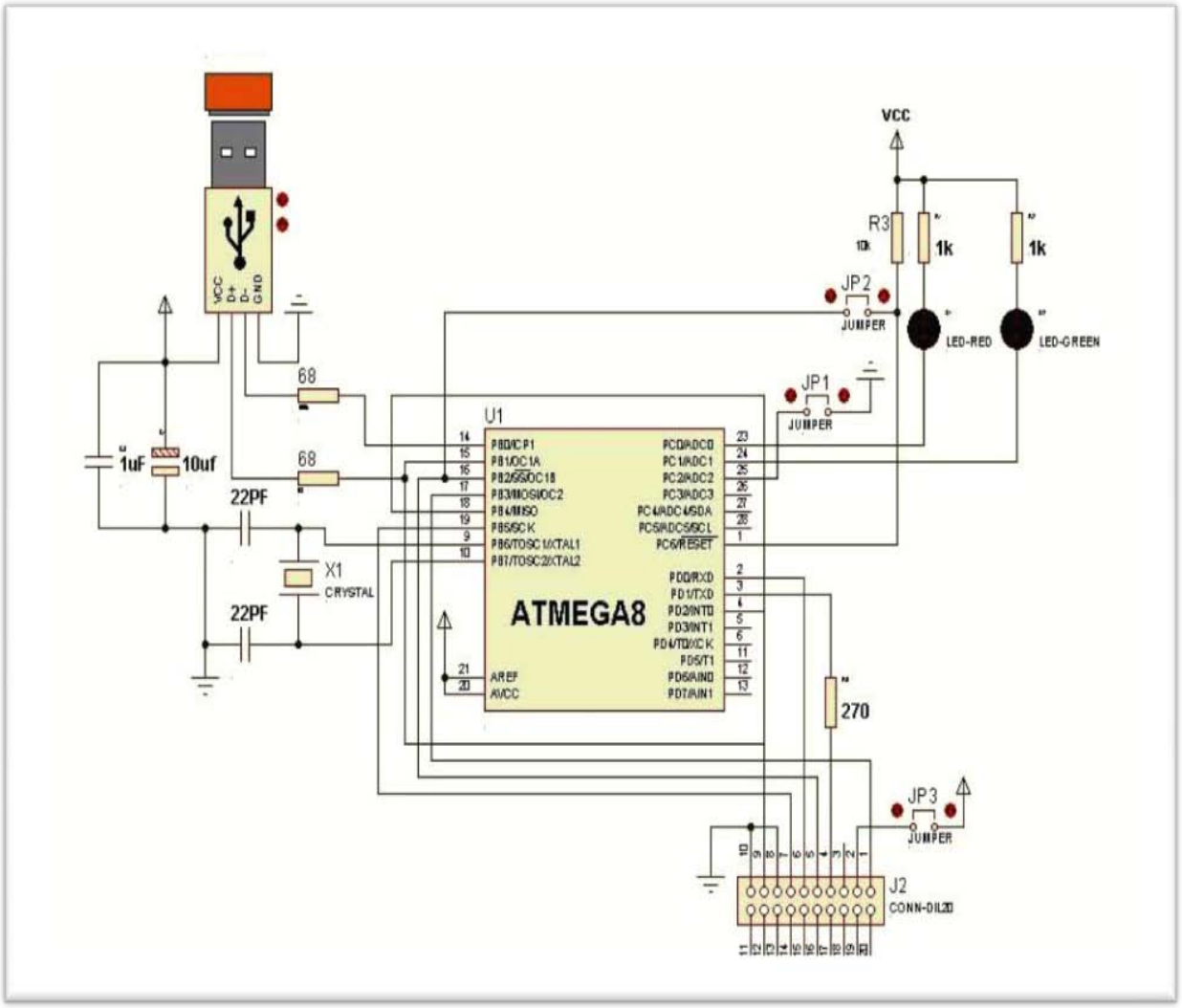
۱- موازی

۲- JTAG

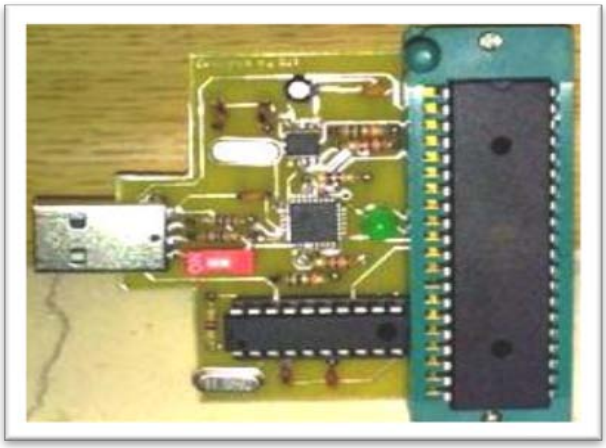
۳- خود برنامه ریزی

۴- ISP

در ادامه شماتیک مدار ساده پروگرامر USBASP جهت ساخت آورده شده است .



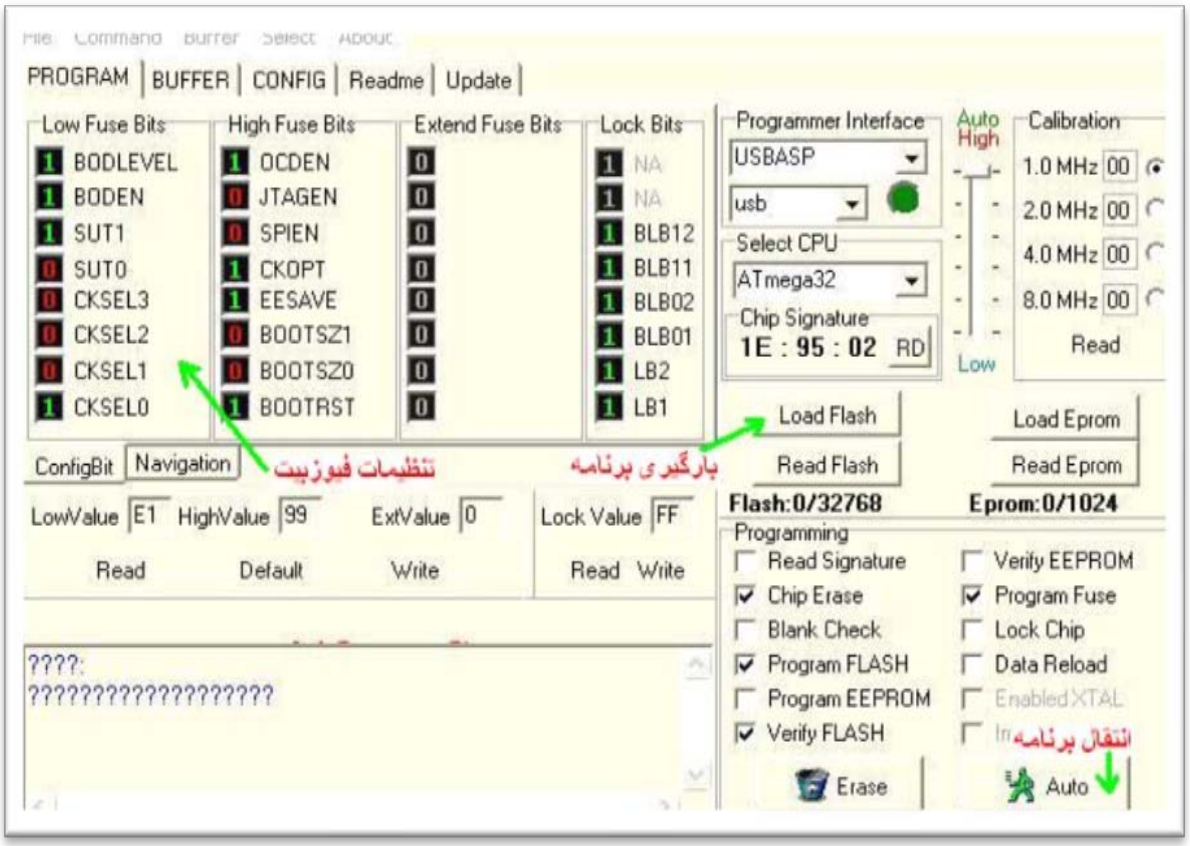
شکل (۲-۱۱) شماتیک پروگرامر USBASP



شکل (۲–۱۲) نمونه پروگرامر

نرم افزار و آموزش این پروگرامر به سهولت در منابع اینترنت یافت می گردد .

صفحه اصلی نرم افزار پروگرامر به صورت زیر می باشد :



شکل (۲–۱۳) صفحه اصلی نرم افزار PROGISP برای پروگرامر USBASP

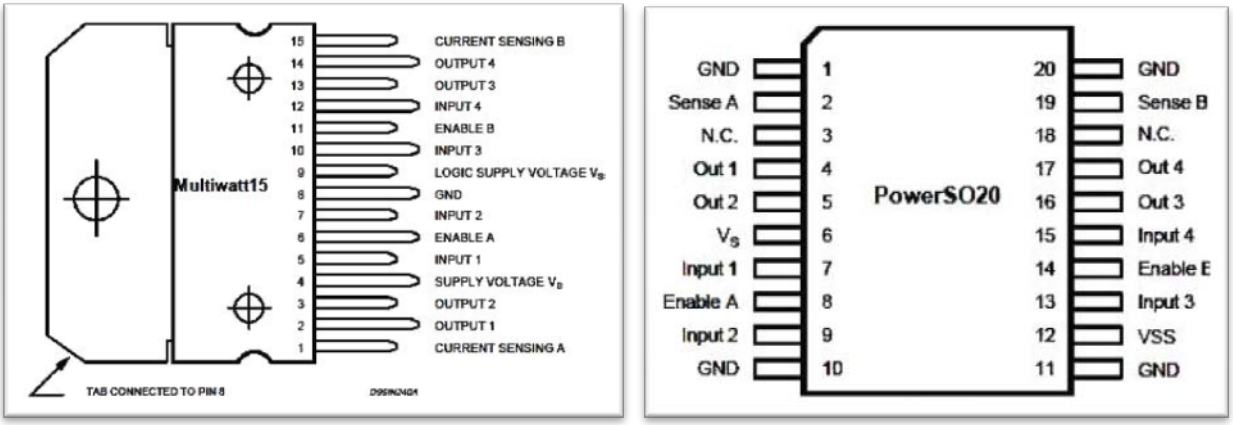
منبع تغذیه : پارامتر مورد نیاز برای انتخاب منبع تغذیه ، حداکثر توان موتورها و واحد کنترل می باشد . ولتاژ منبع تغذیه برای این سیستم می تواند برای هر موتور از ۱۲ تا ۴۵۰ ولت انتخاب گردد و آمپراژ مصرفی این موتورها می تواند از ۵۰ آمپر نیز تجاوز نماید .

درایور : بدلیل محدود بودن ولتاژ و آمپراژ خروجی میکرو جهت راه اندازی موتورها و وسایل توان بالا از درایور استفاده می کنیم . ولتاژ و آمپراژ خروجی درایورها متفاوت می باشد که مناسبترین درایور را با توجه به توان موتورها و مصرف کننده ها انتخاب می نماییم . حسگر جریان و پهنای پالس از ویژگی های لازم برای کنترل موتورها می باشد .

درایور دوبل L298 : ولتاژ تغذیه درایور ۵۰ ولت ، ولتاژ منطقی درایور ۷ ولت و ولتاژ تحریک ۱- تا ۲.۳ ولت و ولتاژ عملیاتی درایور تا ۴۶ ولت می باشد .

- ✓ بیشترین جریان مستقیم تا ۴ آمپر است .
- ✓ بیشترین جریان خروجی هر پل درایور بدون تکرار ۳ آمپر (تک پالس) ، تکراری ۲.۵ آمپر (پهنای پالس ۸۰ درصد) و در وضعیت عملکرد موتور جریان مستقیم ۲ آمپر می باشد (پهنای پالس ۱۰۰ درصد)
- ✓ ولتاژ اشباع پایینی دارد
- ✓ محافظ حرارتی بالایی دارد
- ✓ ورودی منطقی ۰ تا ۱.۵ ولت دارد پس میزان نویز پذیری آن کم است .

درایور L298 یک مدار مجتمع و یک پارچه ای است که در دو مدل Multiwatt15 و Powerso20 طراحی شده است .



شکل (۲-۱۴) بسته بندی های L298

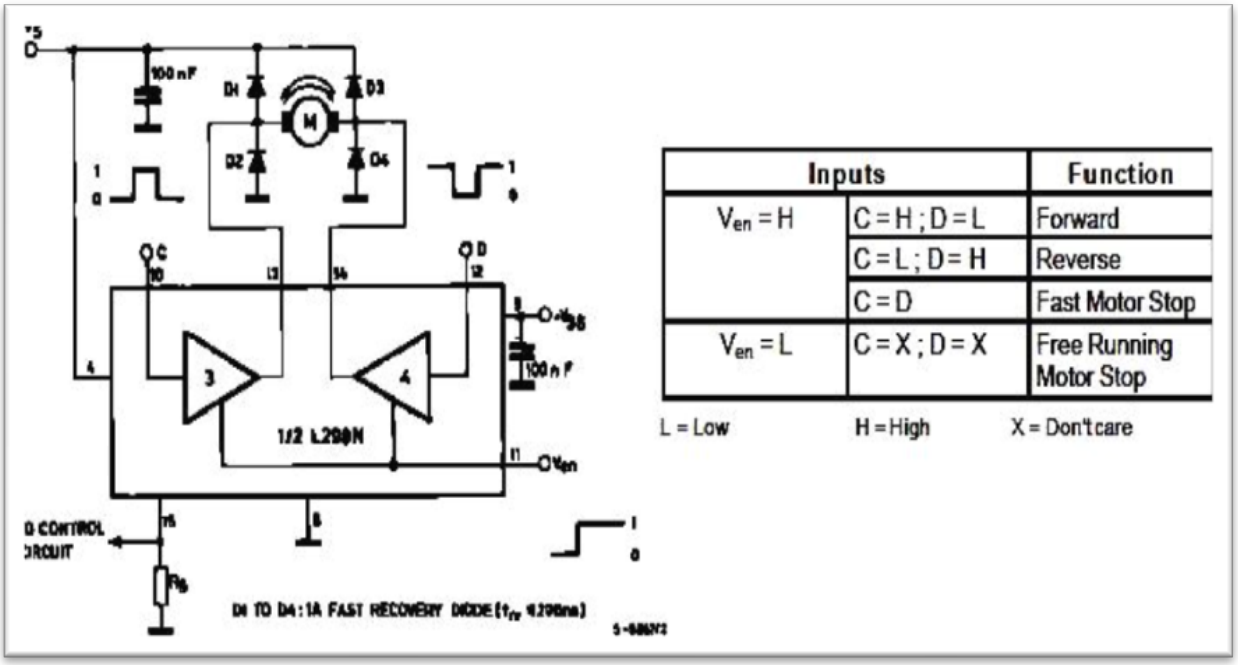
این درایور با ولتاژ بالا و آمپراژ بالا و دو خروجی (پل درایور) طراحی شده است که بتواند TTL های استاندارد منطقی و بارهای القایی مانند رله ها سولنوئید و موتورهای پله ای و جریان مستقیم را براحتی درایو کند . دو پایه ورودی برای فعال یا غیر فعال کردن خروجی درایور با سیگنال ورودی مستقل است . خروجی پایه های ضعیفتر ترانزیستورهای هر پل درایور به یکدیگر متصل می شوند و پایه های دیگر خروجی می توانند برای اتصال به حسگر از مقاومتی خارجی استفاده کنند . پایه ورودی تغذیه اضافه شده برای مواقعی استفاده می شود که مدار منطقی در ولتاژ پایین کار کند .

برای استفاده در جریان های بالاتر خروجی های درایور می توانند به صورت موازی استفاده شوند . دقت شود که موازی کردن بین پورت ۱ و ۴ و همینطور بین ۲ و ۳ ایجاد شود .

پایه های خروجی : درایور L298 دارای دو پایه خروجی A و B است . خروجی توان دارای پیکربندی پل مانند است و خروجی آن میتواند بارهای القایی ساده یا تفاضلی (دیفرانسیلی) را کنترل کند که البته این بستگی به ورودی درایور دارد .

پایه های ورودی : هر پل درایو بوسیله ۴ گیت منطقی که دارای پایه های in1 و in2 برای فعال کردن قسمت اول یا A است و پایه های in3 و in4 برای فعال کردن قسمت دوم یا B است . برای فعال شدن هر بخش باید پایه های مربوطه که ذکر شد فعال یا همان ۱ منطقی شوند .

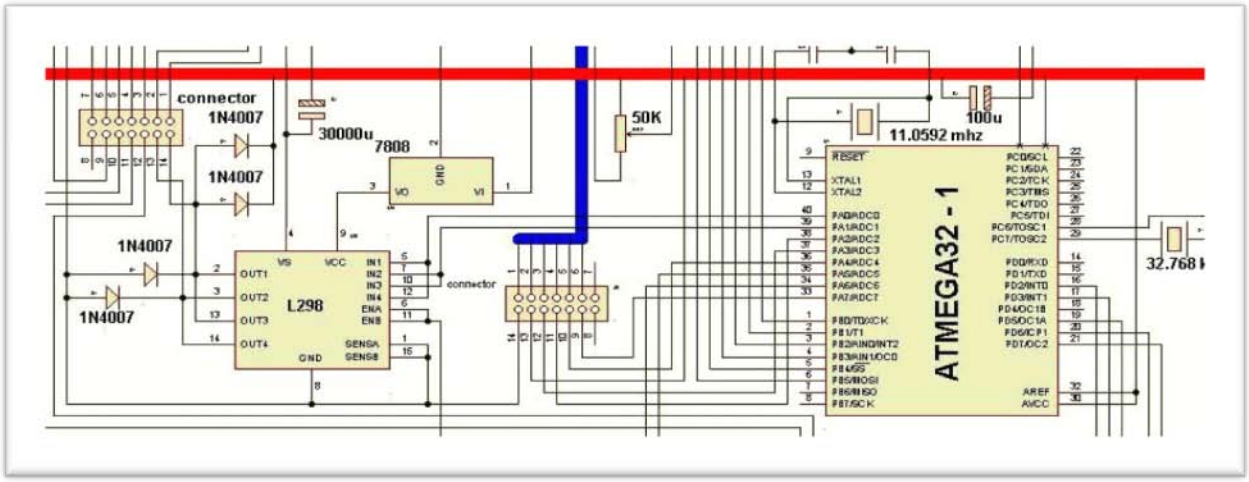
یکی از کاربردهای درایور استفاده آن در مدارهای کنترلی موتور است مدار زیر نحوه اتصال را نشان می دهد .



Inputs		Function
V_{en} = H	C = H ; D = L	Forward
	C = L ; D = H	Reverse
	C = D	Fast Motor Stop
V_{en} = L	C = X ; D = X	Free Running Motor Stop

L = Low H = High X = Don't care

شکل (۲–۱۵) اتصالات درایور L298 به موتور

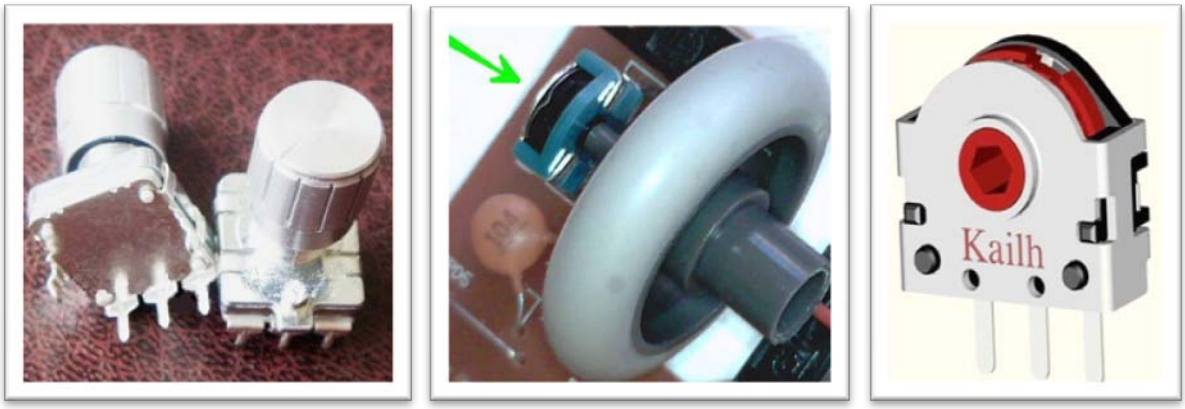


شکل (۲–۱۶) مدار اتصالات L298 در نمونه اولیه ساخته شده

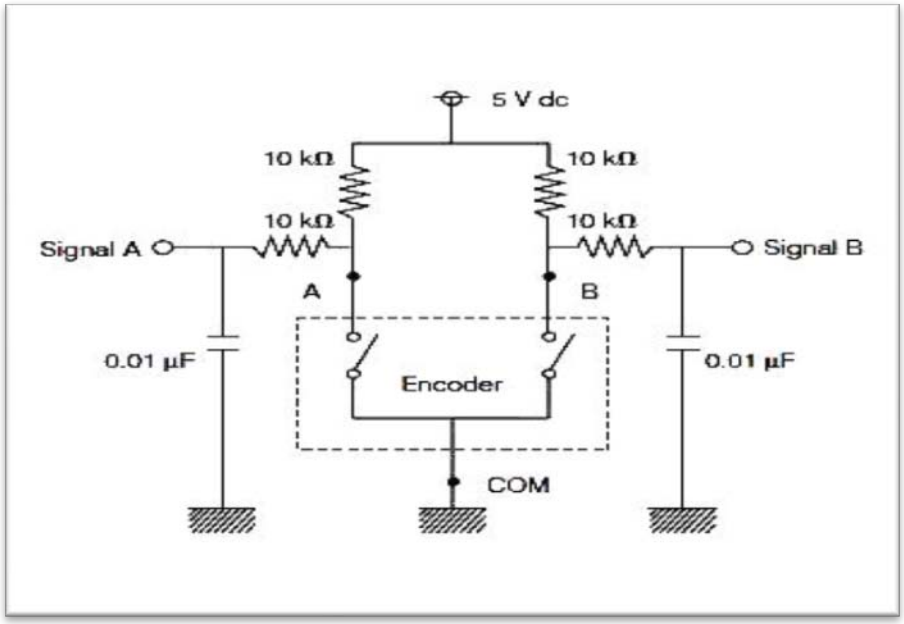
سنسور بازخورد (Feedback) : به دلیل محدودیت های موتورهای پله ای و سروموتورها از موتورهای جریان مستقیم (Direct current) استفاده می شود . با توجه به اینکه به هیچ وجه نمی توان به طور دقیق و پیوسته مقدار و جهت دوران موتورهای جریان مستقیم را با تغییر ولتاژ و به دنبال آن جریان ، کنترل نمود ، برای حل این مساله ، گرفتن فیدبک از موتورها ، مقایسه آن با یک مرجع و اصلاح پیوسته دور موتور ، تنها راه حل در دسترس می باشد . این روش را اصطلاحا حلقه بسته (Close Loop) می نامند .

انکودر یک ابزار الکترومکانیکی است که چرخش زاویه ای را به پالسهای دیجیتالی تبدیل می کند . انکودر در واقع یک ابزار مونیتورینگ مکان محور می باشد . سنسورهای موجود را می توان با توجه به دقت و سرعت مورد نیاز ، از سنسورهای مکانیکی ، مغناطیسی و نوری انتخاب نمود . سنسورهای نوری در صورت کالیبره شدن در مدار ، از دقیقترین سنسورها می باشند که در طیف های مرئی و غیر مرئی در بازار یافت می شوند .

نمونه ای از انواع انکودرها در برخی از ولوم های ضبط صوت و موس و کیبردها کاربرد دارد و به نام سوئیچ انکودر معروف است ، در واقع نوعی کلید دوطرفه می باشد و از دو کلید تشکیل شده است ، مثلا هرگاه محور آن به سمت راست بگردد ، کلید راست وصل می گردد (یک پایه آن به پایه وسط و دیگری به پایه سمت راست متصل است) ، وقتی که دوران متوقف یا عکس شود ، کلید به حالت قطع باز می گردد ، این حالت برای دوران چپگرد نیز صادق می باشد . این انکودر قابلیت تشخیص مقدار دوران (سرعت) را ندارد .



شکل (۲–۱۷) سوئیچ انکودر



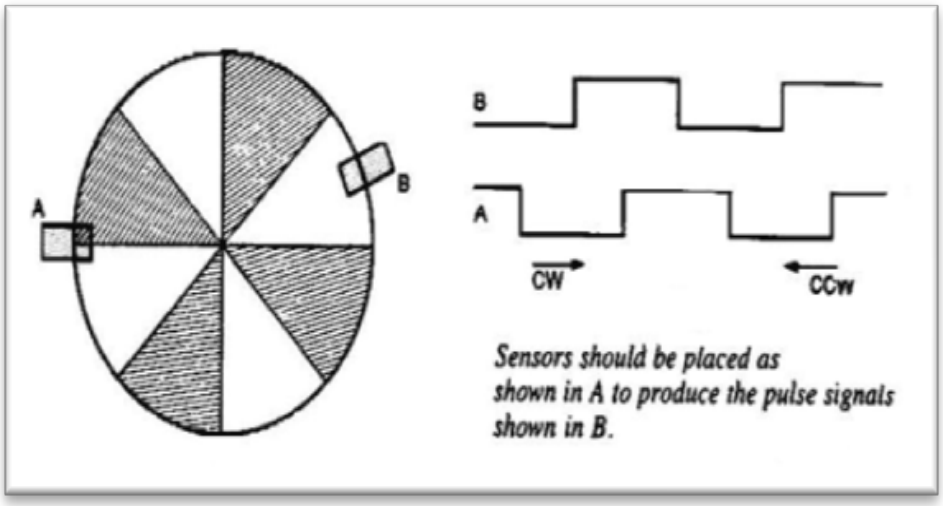
شکل (۲–۱۸) شماتیک مدار سوئیچ انکودر

نوع دیگری از انکودرها که در خانواده انکودر افزایشی (Incremental Encoder) قرار دارند ، توسط دو خروجی پالس غیر هم فاز ، قابلیت تشخیص جهت و مقدار (سرعت) چرخش را فراهم آورده اند . این نوع از انکودرها در برخی از موسها و نیز بیشتر پروژه های صنعتی ، کاربرد دارند . انکودرهای چرخشی و خطی در این خانواده قرار دارند .

تشخیص مقدار دوران : یک فرستنده نوری (معمولا مادون قرمز) نصب می گردد ، این فرستنده امواجی را به

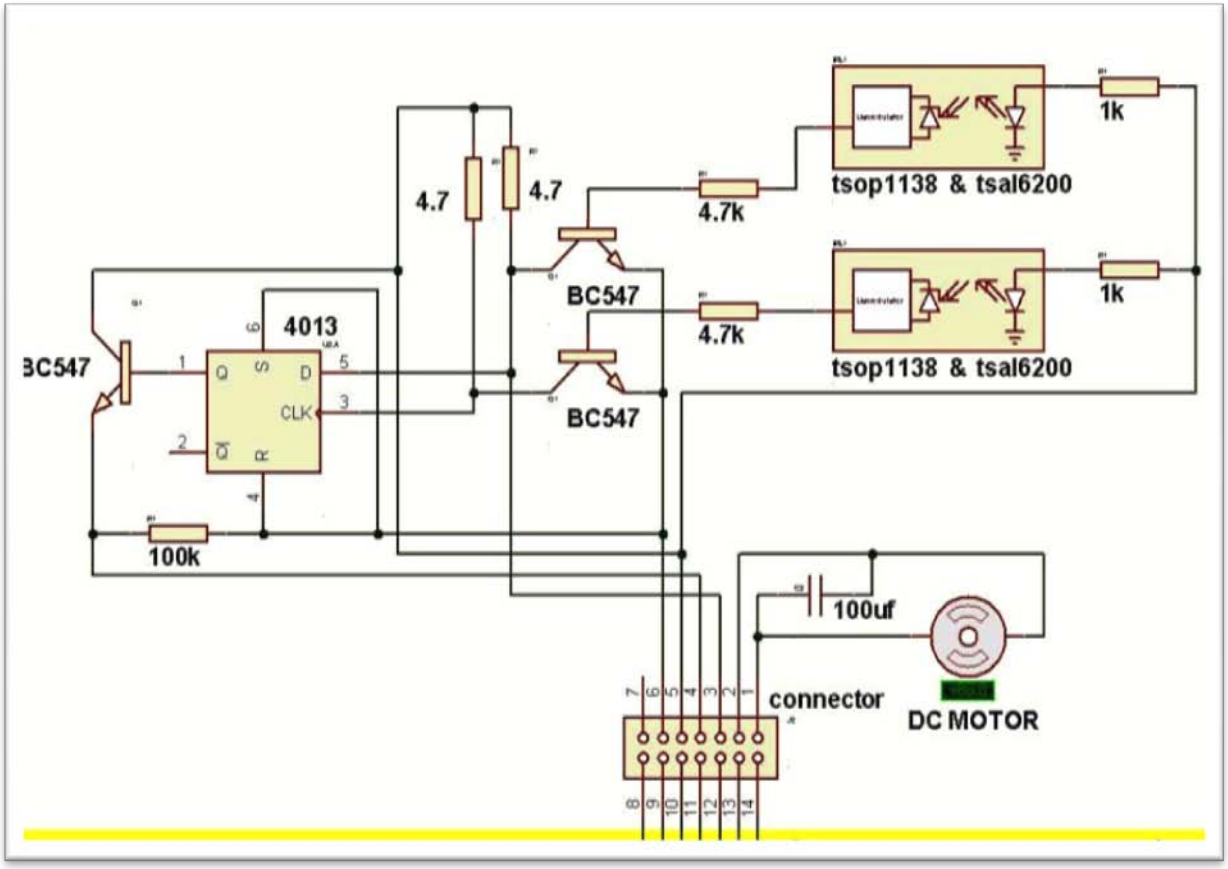
یک صفحه می تاباند ، بازتاب این امواج را یک گیرنده نوری (معمولا مادون قرمز) دریافت می کند ، گیرنده متناسب با مقدار امواج گرفته شده ، ولتاژی را در پایه خروجی خود عرضه می کند . اگر صفحه انعکاس بصورت متناوب تیره و روشن گردد ، بدلیل جذب امواج در قسمت تیره و تغییر میزان امواج دریافتی گیرنده ، مقدار ولتاژ خروجی گیرنده نیز تغییر می کند . میکروکنترلر می تواند تعداد دفعات تغییر ولتاژ خروجی گیرنده را بشمارد . با توجه به تعداد تیرگیهای صفحه انعکاس ، و تعداد تغییرات ثبت شده توسط میکروکنترلر ، تعداد دوران محور بدست می آید . با تقسیم تعداد دوران در یک واحد زمانی ، می توان سرعت محور را بدست آورد و با تقسیم تغییرات سرعت در یک واحد زمانی ، شتاب را بدست آورد .

تشخیص جهت دوران : برای این منظور از دو جفت فرستنده و گیرنده استفاده می گردد ، یکی از آنها در لبه تیرگی و دیگری در میانه تیرگی قرار می گیرد ، در نتیجه پالسهای تولیدی دو گیرنده ، دارای ۹۰ درجه اختلاف فاز می باشند .

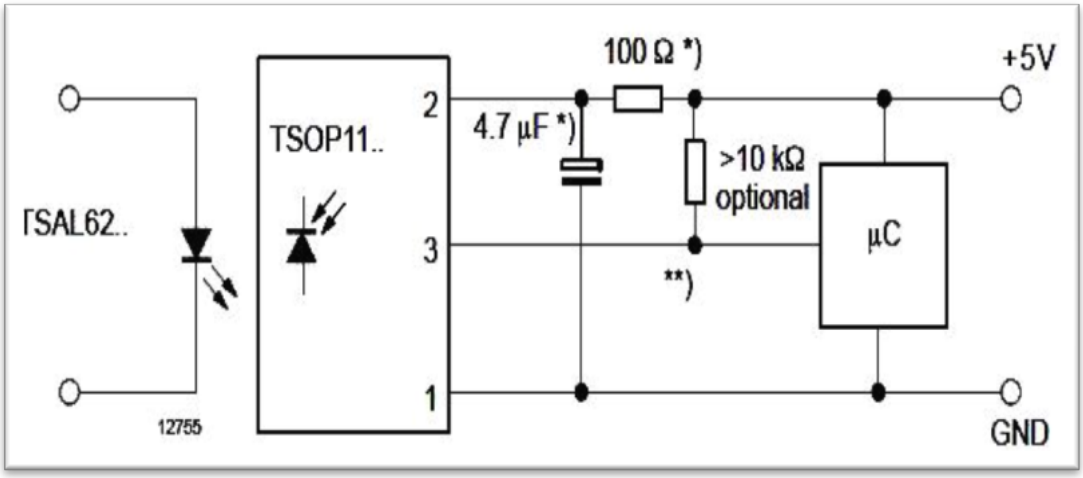


شکل (۲–۱۹) قرارگیری سنسور A و B

در شکل بالا اگر لبه بالا رونده پالس A در زمانی رخ دهد که خروجی گیرنده B در حالت یک منطقی باشد ، نتیجه می دهد که محور ساعتگرد می چرخد و اگر زمانی رخ دهد که خروجی گیرنده B در حالت صفر منطقی باشد ، نتیجه می دهد محور پاد ساعتگرد می چرخد .



شکل (۲–۲۰) شماتیک مدار انکودر ۵ ولتی با دو جفت TSOP1138 و TSAL6200 به همراه آیسی ۴۰۱۳



شکل (۲–۲۱) شماتیک مدار اتصال گیرنده مادون قرمز به میکروکنترلر

فلیپ فلاپ CD4013 :

CL†	D	R	S	Q	$\overline{Q}$
⌐	0	0	0	0	1
⌐	1	0	0	1	0
⌐	x	0	0	Q	$\overline{Q}$
x	x	1	0	0	1
x	x	0	1	1	0
x	x	1	1	1	1

No change
† = Level change
x = Don't care case

شکل (۲–۲۲) عملکرد فیلیپ فلاپ CD4013

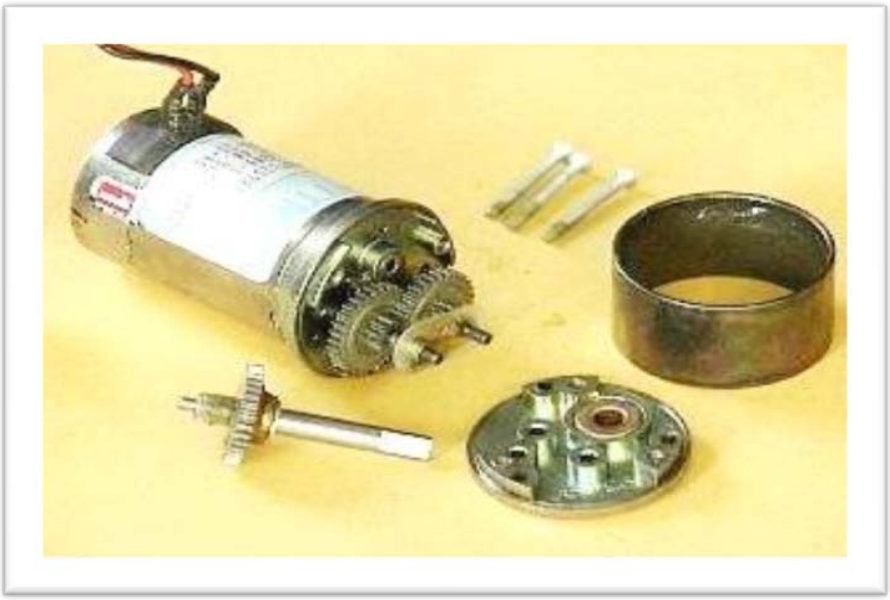
با توجه به سطر ابتدایی جدول بالا در زمانی که پایه D و R و S در حالت صفر منطقی باشد ، با لبه بالارونده پایه کلاک ، پایه Q به یک منطقی تغییر حالت داده و در حافظه خود نگه می دارد ، سطح پایه Q تا زمانیکه سطح منطقی D تغییر نکرده ، بالا نگه داشته می شود و با توجه به سطر دوم جدول ، در زمانی که سطح پایه S و R پایین و پایه D بالا باشد ، با بالا رفتن سطح کلاک ، سطح Q پایین کشیده می شود . خروجی $\bar{Q}$ معکوس خروجی Q می باشد . این آیسی خواص دیگر و همچنین کاربردهای دیگری نیز دارد .

برای تشخیص اولویت فازهای A و B از خاصیت دو ردیف اول استفاده می شود . پالس A و B به D و کلاک فلیپ فلاپ متصل می گردد و خروجی Q به یکی از پایه های ۰ و ۱ میکرو متصل می گردد .

در صورتی که تغذیه ۴۰۱۳ بیش از ۵ ولت باشد باید سطح آن را به حدود ۵ ولت کاهش داد . این کار به روش تقسیم مقاومتی یا بوسیله رله انجام می گردد .

در ادامه یک نمونه کامل از اتصالات (تشخیص مقدار و جهت چرخش) به موتورگیربکس آورده شده است : [۵]

در ابتدا برای شناسایی نسبت تبدیل گیربکس و جهت آن نسبت به موتور می توان دندانه دنده های داخل گیربکس را بررسی کرد .

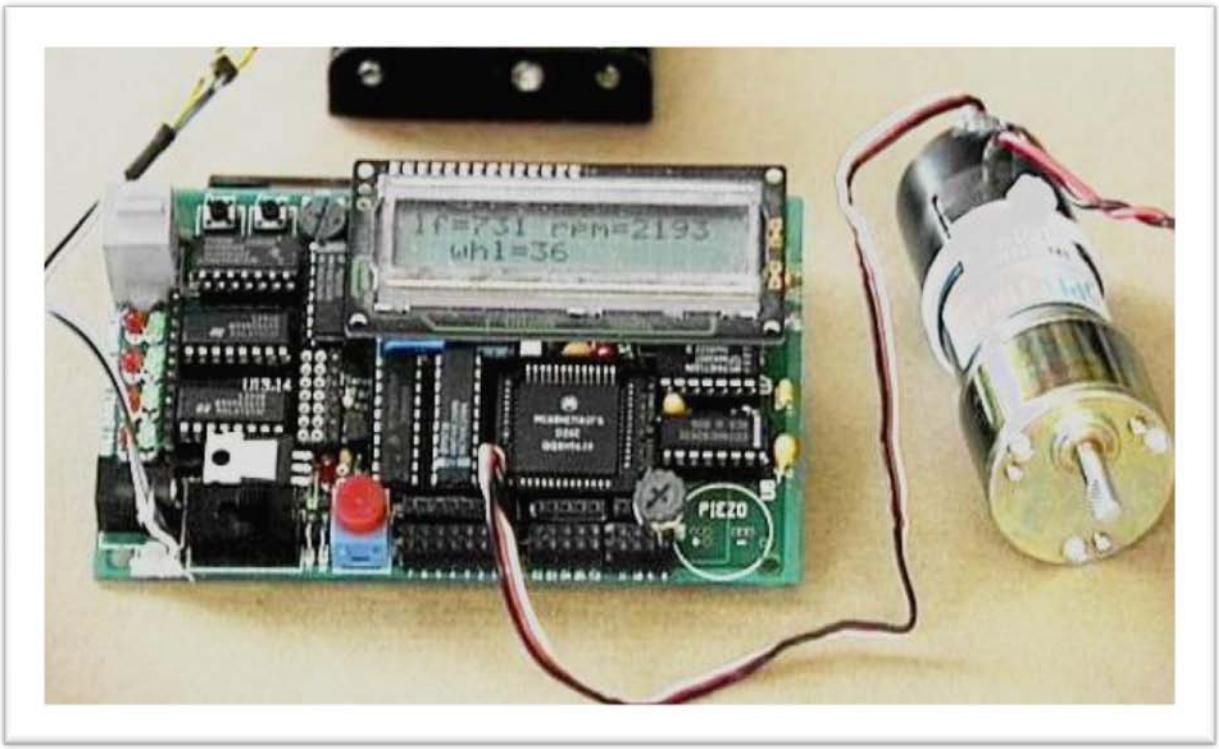


شکل (۲–۲۳) دنده های گیربکس

پس از تعیین نسبت انتقال و با توجه به دقت مورد نیاز و مقدار فرکانس پردازنده ، صفحه انکودر علامت گذاری و بر روی محور موتور نصب می گردد . این صفحه می تواند به صورت متناوب سیاه و سفید و یا سوراخ گردد . تعداد پالس در دور محور خروجی گیربکس از حاصلضرب تعداد علامتهای صفحه انکودر در نسبت انتقال گیربکس ، حاصل می گردد . جهت محور خروجی گیربکس نسبت به محور موتور ، برای برنامه نویسی لازم می باشد .

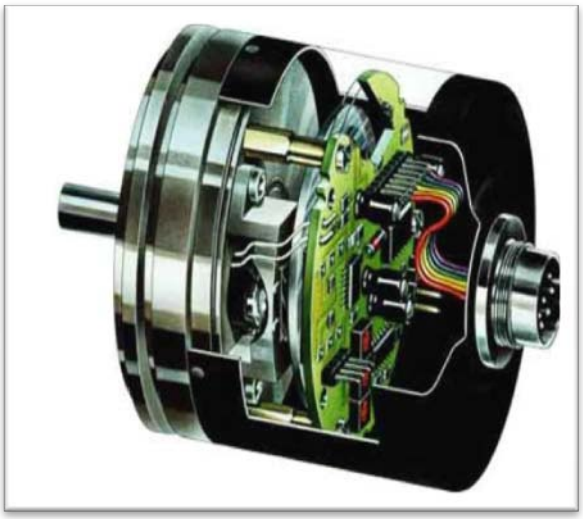
شکل (۲–۲۴) اتصال صفحه انکودر به محور موتور

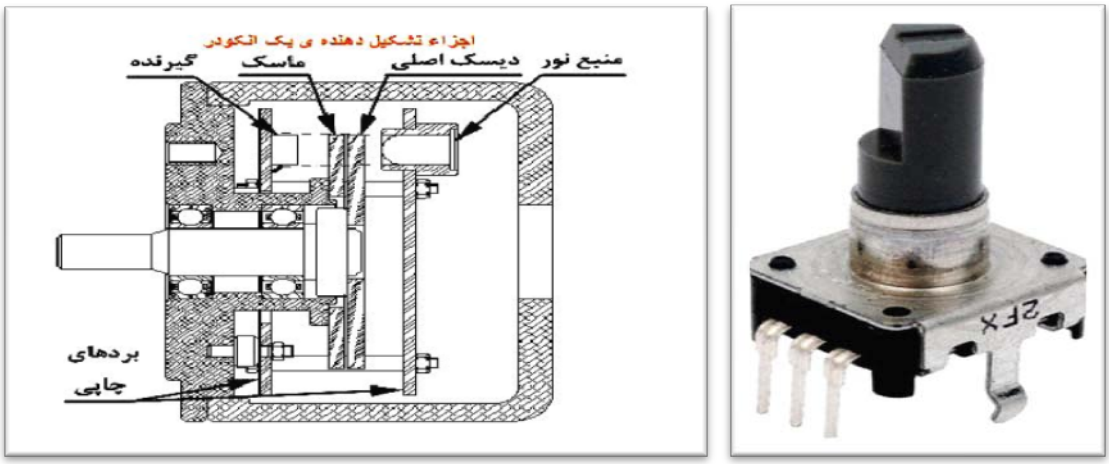
خروجی دو پالس به ۴۰۱۳ داده می شود و یک انشعاب از یک پالس به پایه وقفه خارجی میکرو داده می شود و خروجی ۴۰۱۳ به یکی از پایه های میکرو داده می شود . حالا با برنامه نویسی لازم می توان تعداد پالس ، جهت چرخش ، تعداد دوران ، سرعت ، شتاب و حتی جرک محور موتور و گیربکس را به دست آورد .



شکل (۲–۲۵) نمایش اطلاعات حاصل از عملکرد موتورگیربکس

در موارد صنعتی و تجاری که دقت بالا الزامی می باشد ، می توان از انکودرهای چرخشی صنعتی استفاده نمود .





شکل (۲–۲۶) انواع انکودرهای چرخشی

روش عملکرد انکودرها به این صورت هست که به ازای مثلا یک دور کامل ۳۶۰۰ پالس تولید کنند . در نتیجه با شمارش پالس ها می توان میزان دقیق چرخش و در نتیجه میزان جابجایی را محاسبه نمود . فرض کنید یک انکودر را به پولی با قطر ۱۰ سانتیمتر بسته ایم . در اینجا به ازای هر دور پولی ۳۶۰۰ پالس تولید می شود که در حقیقت این ۳۶۰۰ پالس بیانگر محیط طی شده پولی می باشد . که با یک نسبت ساده در برنامه نوشته شده برای انکودر ، قابل محاسبه خواهد بود . بدیهی است هرچه تعداد پالس ها بیشتر شوند ، دقت محاسبه حرکت هم بیشتر می شود ولی باید این نکته را هم در نظر گرفت که آی سی متصل شده به انکودر نیز قادر به شمردن این پالس ها با توجه به کریستال به کار برده شده در شمارنده ، باشد . با پالس های گوناگون و دقیق از جلمه ۱۰۲۴ ، ۲۰۴۸ ، ۳۶۰۰ (از ۱۰ پالس تا ۱۰۰۰۰ پالس) در بازار موجود می باشند .

بسیاری از انکودر های بازار دارای چند سیم مختلف هستند که به طور کلی به صورت زیر می باشند :

۱ – سیم ولتاژ (VCC) انکودر (معمولا قهوه ای)

۲ – سیم زمین (GND) انکودر (معمولا آبی)

۳ – سیم A برای پالس اول (معمولا مشکی)

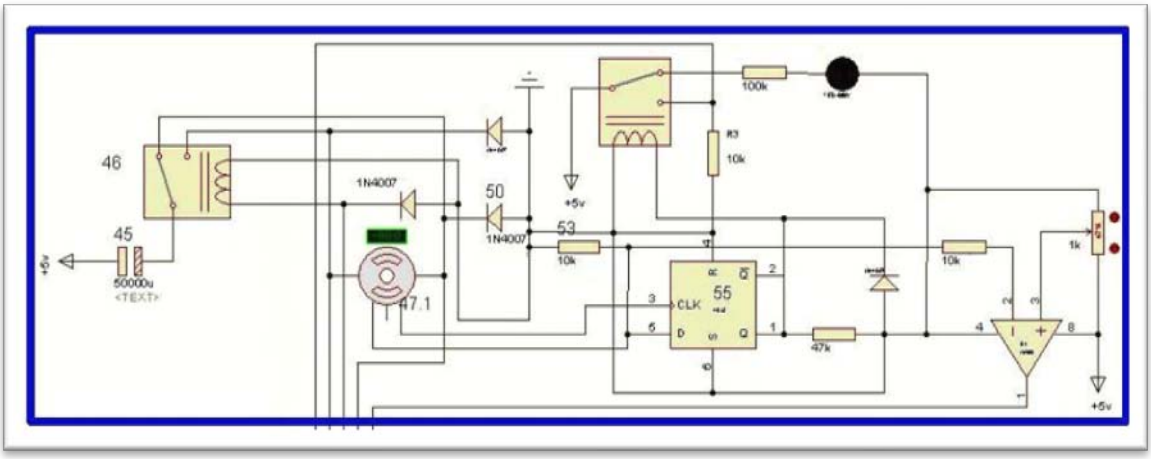
۴ – سیم B برای پالس دوم با اختلاف فاز ۹۰ درجه نسبت به پالس A (معمولا سفید)

۵ – سیم Z که به ازای هر دور کامل انکودر یک پالس تولید می کند . (معمولا زرد)

۶ – سیم شیلد دار برای حذف نویز

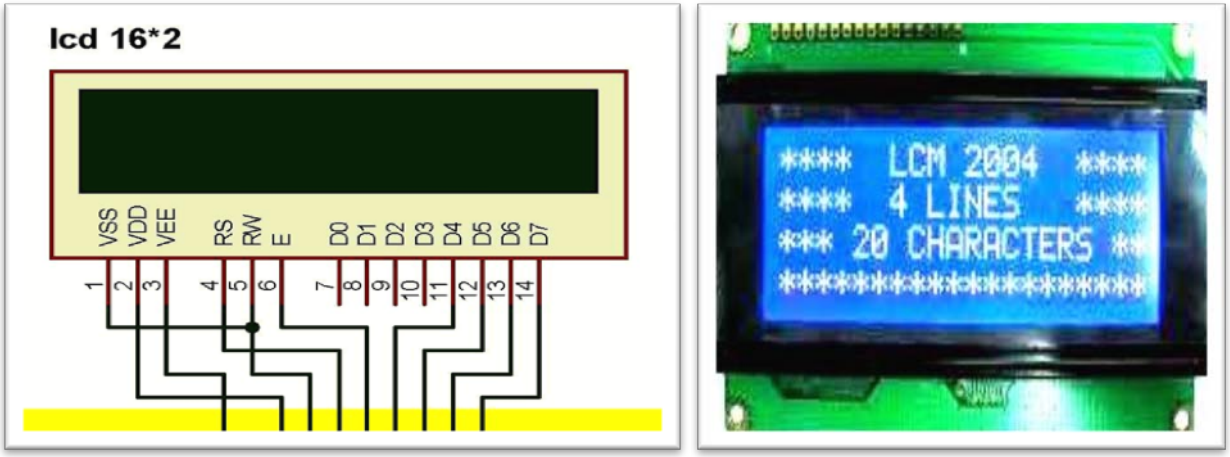
تعداد پالس های تولیدی A یا B برای شناسایی تعداد پالس ایجاد شده برای هر دور انکودر کافی می باشد .

آپ امپ LM358 : پالسهایی که به روش تقسیم مقاومتی کاهش سطح داده شده اند ، دچار نویز شده و از حالت مربعی منحرف می شوند ، جهت حذف نویز و مربعی نمودن پالسهای ارسالی ، از این آپ امپ (Operational Amplifier تقویت کننده عملیاتی) استفاده می گردد . مدار زیر برای انکودر ۱۲ ولتی استفاده می شود .



شکل (۲–۲۷) شماتیک مدار انکودر ۱۲–۲۴ ولتی

نمایشگر : جهت مشاهده اطلاعات ارسالی و دریافتی و همچنین عیب یابی سیستم مورد نیاز می باشد . از جمله نمایشگرها ، می توان به مانیتور کامپیوتر ، LCD های گرافیکی و کاراکتری اشاره نمود . نمایشگرهای کاراکتری ، عموما برای مشاهده خروجیها در زمان کار با میکروکنترلرها بکار می روند در اندازهای مختلف موجود هستند که این اندازه نشان دهنده تعداد کارکترهای نمایشگر در سطر و ستون می باشد . در حالی که نمایشگرهای های کاراکتری دراندازه های مختلف موجود هستند اما بطور عموم ۱۶ پایه برای اتصال دارند .



شکل (۲–۲۸) نمایشگر کاراکتری

اتصال پایه ها بترتیب به شکل زیر است :

۱- پایه اتصال به زمین

۲- پایه ۵ ولت

۳- پایه مقدار کنتراست کاراکترهای نمایشگر می باشد و با یک مولتی ترن ۵ کیلو کنتراست مناسبی در نمایشگر ایجاد می کند .

۴- پایه RS اتصال به میکرو

۵- این پایه در صورت ۱ بودن برای خواندن از نمایشگر و در صورت صفر بودن برای نوشتن در نمایشگر می باشد که بطور معمول این پایه اتصال به زمین (صفر) است .

۶- پایه Enable اتصال به میکرو جهت فعال یا غیر فعال کردن نمایشگر

۷-پایه DB0 گرفتن Data از نمایشگر

۸- پایه DB1 گرفتن Data از نمایشگر

۹- پایه DB2 گرفتن Data از نمایشگر

۱۰- پای DB3 گرفتن Data از نمایشگر

۱۱- پایه DB4 ارسال Data به نمایشگر اتصال به میکرو

۱۲- پایه DB5 ارسال Data به نمایشگر اتصال به میکرو

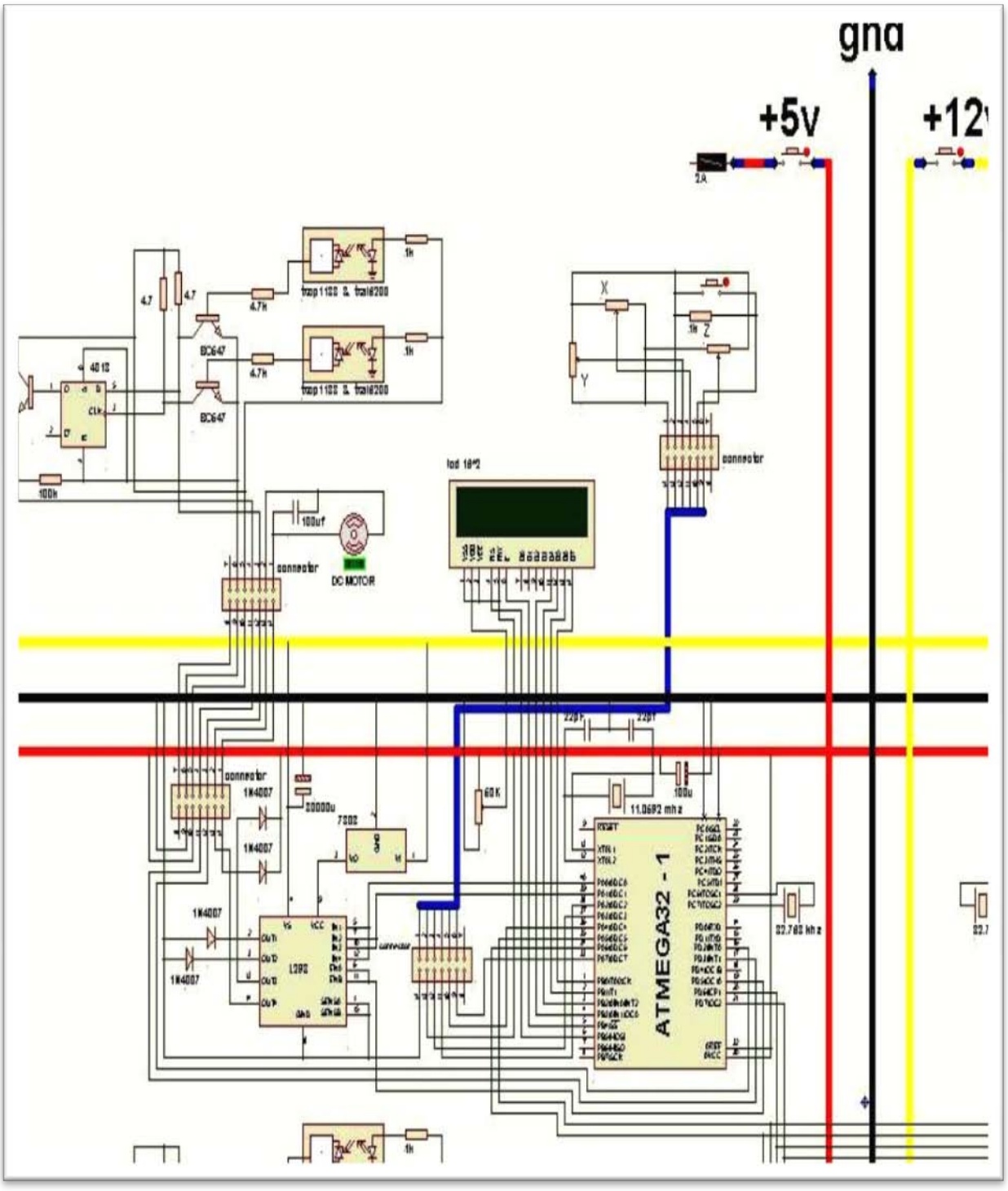
۱۳- پایه DB6 ارسال Data به نمایشگر اتصال به میکرو

۱۴- پایه DB7 ارسال Data به نمایشگر اتصال به میکرو

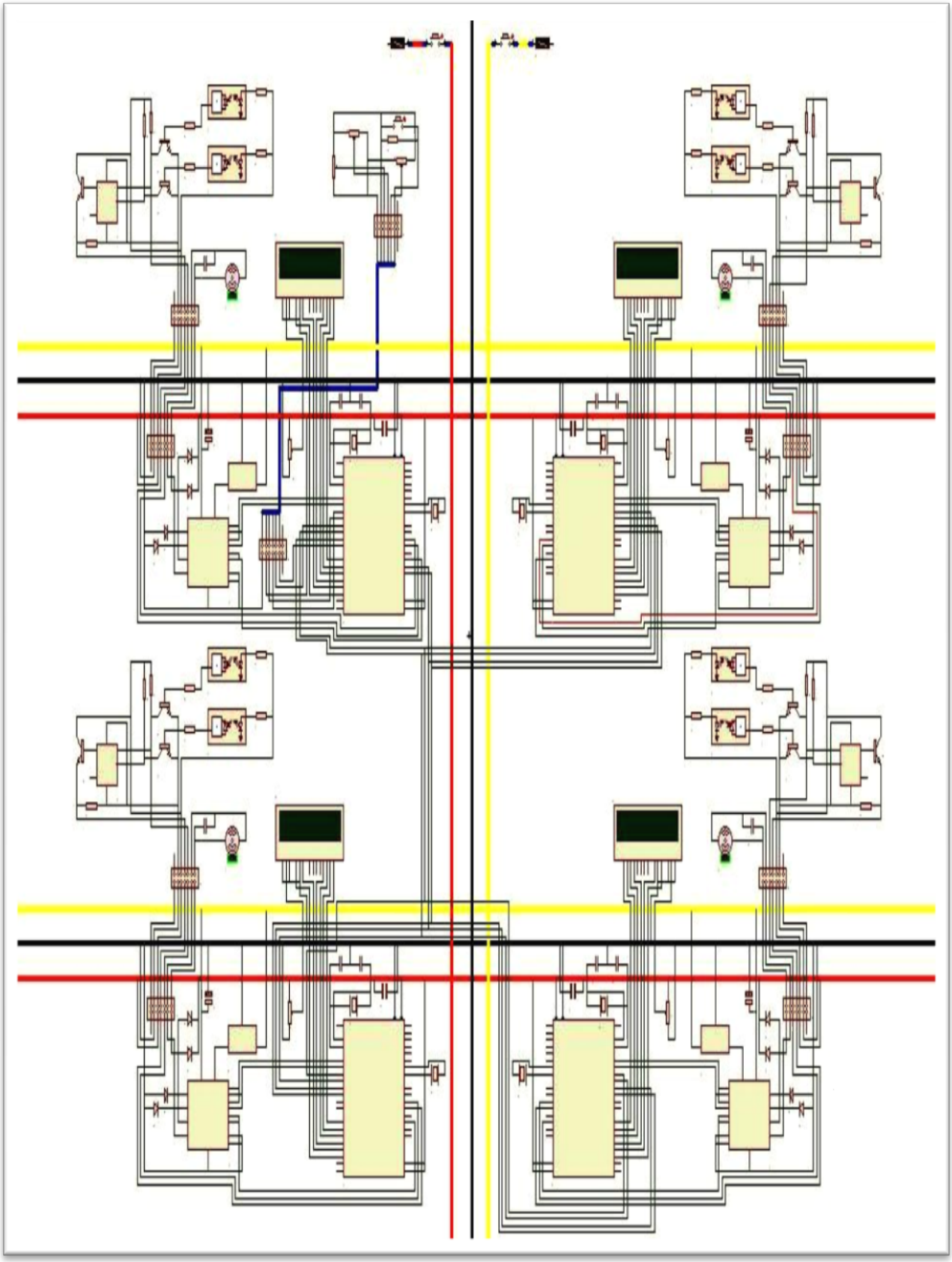
۱۵- اتصال مثبت LED پشت زمینه نمایشگر ، می توان آن را به میکرو متصل کرد تا روشن وخاموش کردن آن قابل کنترل باشد یا به ۵ ولت تا همیشه روشن باشد .

۱۶ -اتصال زمین LED پشت زمینه نمایشگر

پایه های ۷ الی۱۰ برای خواندن اطلاعات از نمایشگر استفاده می شوند و چون معمولا اینکار انجام نمی شود این پایه ها به میکرو متصل نمی شوند .



شکل (۲–۲۹) شماتیک کامل مدار واحد کنترل موتور ۱



شکل (۲–۳۰) شماتیک کامل مدار طراحی شده برای این پروژه (بدون مدار منبع تغذیه)

۲-۳-۴-برنامه نویسی

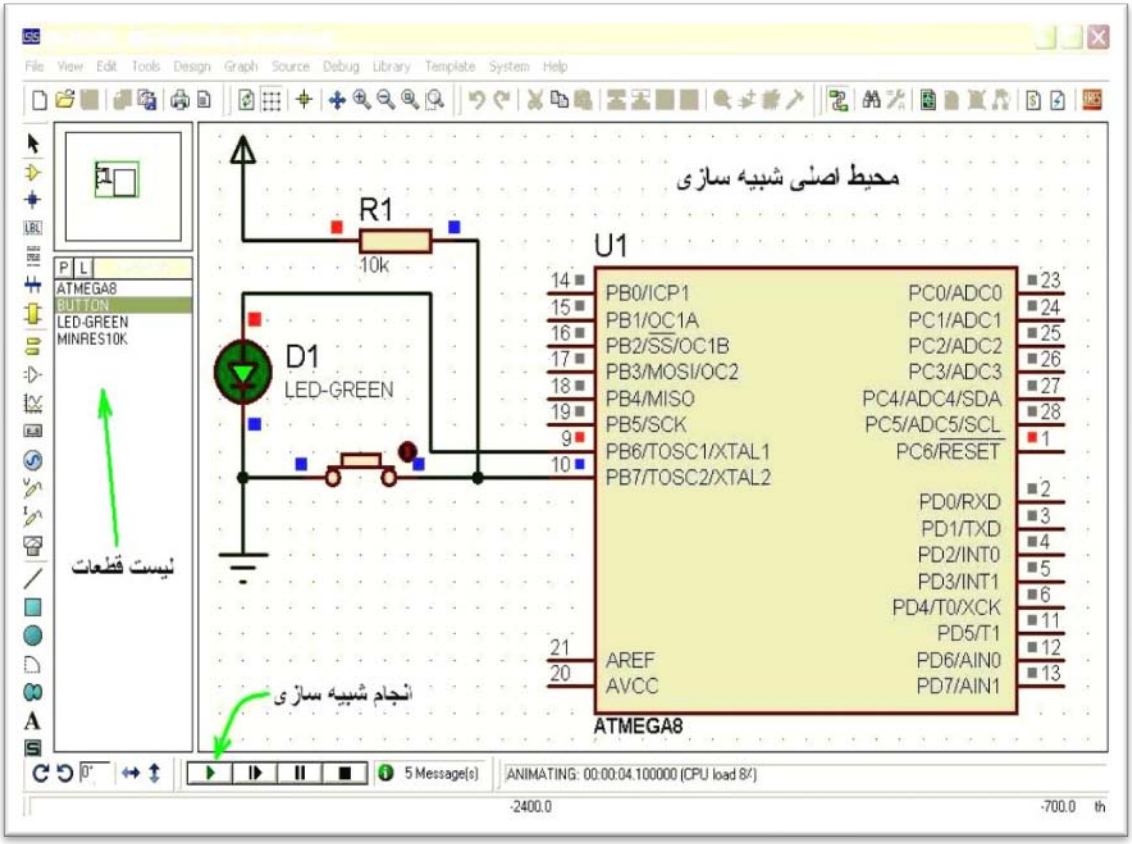
کامپایلر بسکام Bascom : این نرم افزار کلیه میکروهای AVR را پشتیبانی می کند و برنامه نویسی آن به زبان بیسیک است . از قابلیتهای بسیار خوب و ارزنده این نرم افزار وجود تحلیلگر داخلی است که کمک شایانی به یادگیری برنامه نویسان می کند . مراحل نصب این نرم افزار شبیه دیگر نرم افزار های تحت ویندوز است که به راحتی در زمان کمی نصب می شود و البته کرک نیز دارد که کرک آن نیز باید به درستی اجرا شود . در صفحه اصلی این نرم افزار محیط ساده و کارامدی برای نگارش متن برنامه ، فراهم شده است . محیط شبیه ساز این نرم افزار نیز امکانات خوبی را در اختیار کاربر قرار می دهد مانند ورودی سیگنال آنالوگ برای مبدل آنالوگ به دیجیتال ، مقایسه کننده آنالوگ ، ایجاد پالس بر روی پایه ای خاص از میکرو ، صفحه کلید ماتریسی ، نمایشگر LCD ، ایجاد تمام وقفه ها بصورت اختیاری ، نوشتن و خواندن حافظه EEprom ، روئیت تمام رجیسترها و متغیرهای محلی و سراسری ، اجرای برنامه بصورت خط به خط ، دیدن ۰ و ۱ بودن پایه ها توسط LED ، تغییر منطق پایه ای دلخواه و بسیاری امکانات دیگر .

در ادامه برای آشنایی با روند کلی برنامه نویسی و طراحی ، یک مثال ساده بررسی می شود .

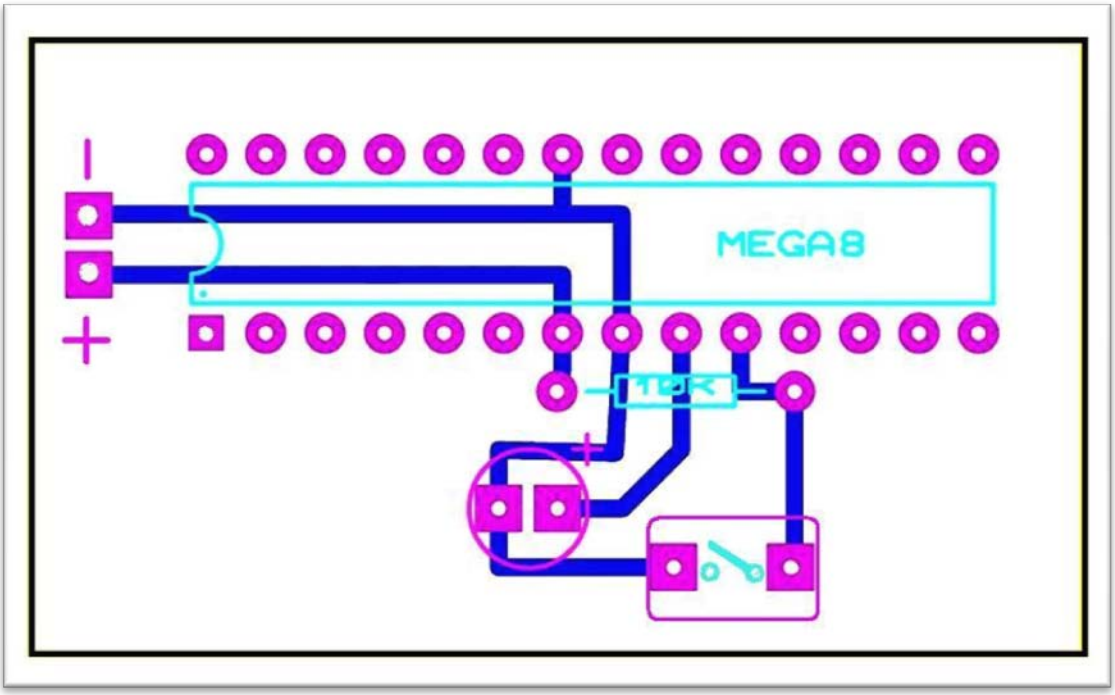
شکل (۲-۳۱) نرم افزار بسکام

در مثال بالا همان گونه که مشاهده می شود در دو خط اول برنامه ، میکرو و کریستال برنامه معرفی می شوند (میکرو مگا۸ و کریستال ۸ مگاهرتز داخلی) و در دو خط بعد ، پورت b.7 (پایه ۱۰ میکرو) به عنوان ورودی معرفی شده است و کلید به آن متصل گردیده و پورت b.6 (پایه ۹ میکرو) به عنوان خروجی معرفی شده و LED به آن متصل گردیده است ، در خطوط بعدی متن اصلی برنامه نوشته می شود که در اینجا برنامه در یک حلقه تکرار قرار گرفته است و مداوم پین b.7 چک می شود و هرگاه که به منفی وصل شد به خط بعدی می رود و پایه b.6 را فعال می کند (LED روشن می شود) و دوباره پین b.7 را چک می کند ، این بار هر گاه که این پایه ۱ منطقی شد به خط بعدی می رود و پین b.6 را غیر فعال می کند (LED خاموش می شود) . با رسیدن به loop برنامه دوباره به do باز می گردد و مجددا برنامه اجرا می گردد .

نرم افزار پروتئوس Proteus : یکی از نرم افزارهای قدرتمند و رایج است و شامل دو محیط اصلی می باشد ، یک محیط امکان طراحی و آنالیز و شبیه سازی مدارات الکترونیکی را در اختیار قرار می دهد و محیط دیگر امکان طراحی و تهیه نقشه برد مدار چاپی (Printed Circuit Board) را فراهم می آورد .



شکل (۲–۳۲) شماتیک مدار مثال بالا



شکل (۲-۳۳) PCB مثال بالا

به طور کلی به منظور فعال کردن برخی از امکانات اولیه که برای پروژه "روبات کشنده دوربین عنکبوتی " الزامی هست ، از قابلیت های زبان بیسیک بهره گرفته شده است . عنوان امکانات لازم به شرح زیر می باشد :

- ✓ پردازش سریع و دقیق برای تحلیل برخی محاسبات ریاضی
- ✓ استفاده از قابلیت های نمایشگر (پیکره بندی LCD)
- ✓ ساخت تایمر با حداقل ، دقتی برابر با یک میلی ثانیه (تایمر ۲ در مد آسنکرون)
- ✓ استفاده کامل از قابلیتهای انکودر (فعال سازی وقفه خارجی)
- ✓ تولید پهنای پالس مورد نیاز (تایمر ۱ در مد PWM)
- ✓ استفاده کامل از قابلیتهای جویستیک (انالوگ به دیجیتال)
- ✓ قابلیت اعمال برخی فرمانها در شرایط اضطراری ، جهت ایمنی بیشتر (وقفه خارجی و تایمر نگهبان)
- ✓ ارتباط دو طرفه و صحیح (ارتباط SPI)
- ✓ حافظه ماندگار برای حفظ برخی از داده ها (حافظه EEprom)

برخی از دستورات اصلی بکار رفته در متن برنامه این پروژه :

پیکره بندی نمایشگر کاراکتری :

برای آنکه نمایشگر به میکرو متصل شود ، باید ابتدا از لحاظ سخت افزاری پیکره بندی شود . پایه ها برای اتصال به میکرو طبق دستور زیر پیکره بندی می شوند .

```
CONFIG LCD = LCDNAME

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Pinx.y , Db5 = Pinx.y , Db6 = Pinx.y , Db7 = Pinx.y , Rs= Pinx.y ,
 E = Pinx.y
```

خط اول برای شناساندن اندازه نمایشگر به کار برده شده است . در مدار (۱۶*۲ دو سطر و شانزده ستون) به کار گرفته شده است . Db4 تا Db7 پین های ورودی نمایشگر است که از نوع کاراکتری است و از آن به صورت ۴ بیتی استفاده شده است و مشخص است که در مقابل نیز پورت های میکرو قرار دارند که می توان هر پورت دلخواهی از میکرو را به آن متصل نمود .

در پروژه :

```
Config Lcd = 16 * 2

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Pinb.3 , Db5 = Pinb.2 , Db6 = Pinb.1 , Db7 = Pinb.0 , E = Pinb.4 ,

Rs = Pinb.5
```

توسط دستور زیر ابتدا آدرس و سپس کاراکترهای مورد نظر جهت نمایش به نمایشگر معرفی شود .

```
Locate x,y

LCD  "Character"
```

مثلا :

```
locate 2 , 1

lcd  SABZ
```

بنابراین در سطر دوم و ستون اول عبارت SABZ نمایش داده می شود .

سرعت تغییرات متن نمایشگر ، به نوع پردازشگر نمایشگر و فرکانس کاری میکرو بستگی دارد .

ساخت تایمر دقیق :

روشهای زیادی برای ساخت ساعت وجود دارد از جمله آر تی سی (Real Time Clock) و تایمرها .

RTC نوعی ساعت است که با دقت عالی ، تاریخ و ساعت را مستقل از فعالیت میکرو محاسبه می کند ولی قابلیت محاسبه کمتر از یک ثانیه را ندارد .

در این پروژه برای بدست آوردن زمانی با دقت میلی ثانیه از تایمر ۲ در مد آسنکرون استفاده شده است . تایمر دو در مد آسنکرون با دستور زیر پیکره بندی می شود .

```
CONFIG TIMER2 = TIMER , ASYNC = ON , PREACALE=1|8|32|64|128|256|1024
Enable Timer2
On Timer2 "name of intrrupt"
Timer2 = const
```

با قرار گرفتن در مد آسنکرون و انتخاب مقدار اولیه شمارش مناسب ، دقتی مطلوب برای این پروژه برابر با خطای کمتر از ۲.۵ میلی ثانیه ساخته شد . (یعنی در هر ساعت ۸ ثانیه خطا)

در پروژه :

```
Config Timer2 = Timer , Async = On , Prescale = 1
Enable Timer2
On Timer2 R
Timer2 = 227
```

تایمر کلاک مورد نیاز را از پایه های TOSC1 و TOSC2 با کریستال ۳۲.۷۶۸ کیلوهرتز دریافت می کند .

راه اندازی وقفه خارجی :

با فعال شدن وقفه پایه های ورودی وقفه در تمام حالتها چک می شود و نیازی به آوردن دستور در حلقه اصلی یا دیگر حلقه ها نمی باشد .

```
ENABLE INTRRUPT
 CONFIG INTx = state
ENABLE INTx
ON INTx "name of interrupt"
```

X شماره وقفه می باشد

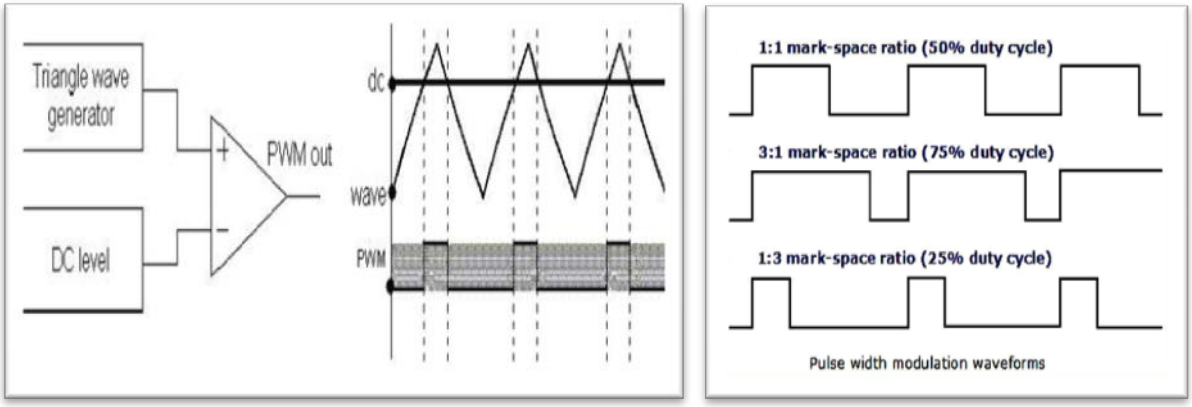
State حساسیت به حالت لبه پالس را مشخص می کند .

در پروژه :

```
Enable Interrupts
Config int0 = Rising
Enable Int0
On Int0 W
```

کنترل دور موتور توسط کنترل پهنای پالس :

مدولاسیون پهنای پالس (PWM) یکی از امکانات پرکاربرد در الکترونیک می باشد ، از این موج برای کنترل دور موتور ساخت پالس مربعی و دیگر پالس ها و ... استفاده می شود ، در این نوع مدولاسیون دامنه پالس ثابت است و نسبت زمان صفر به یک آن ، تغییر می کند . موج خروجی حاصله از این نوع پردازش دارای فرکانس ثابت و زمان وظیفه متغیر است .



شکل (۲-۳۴) کنترل پهنای پالس

مشخصه DutyCycle از نسبت زمان بالا بودن به کل زمان سیگنال ضربدر ۱۰۰ بدست می آید .

روشهای متفاوتی برای کنترل پهنای پالس وجود دارد ، در این پروژه از تایمر ۱ میکرو در مد PWM استفاده شده است .

راه اندازی تایمر / کانتر یک در مد PWM با دستورات زیر انجام می شود :

```
Config Timer1 = Pwm,Pwm = 8|9|10 , Compare A Pwm=Clear Up |Clear Down |Disconnect
,Compare B Pwm =Clear Up |Clear Down |Disconnect , Prescale=1|8|64|256|1024
```

PWM می تواند ۸ یا ۹ یا ۱۰ بیتی باشد که مقدار بیت هر چه بیشتر باشد دقت موج بیشتر است (تعداد پله بیشتر است)

PWM ۸ بیتی تا ۲۵۶ و ۹ بیتی تا ۵۱۲ و ۱۰ بیتی تا ۱۰۲۴ سرریز می شود .

Clear Down و Clear Up سطح شروع پالس را تعیین می کند و Prescale از مقسم فرکانس میکرو ، فرکانس PWM را معین می نماید .

دو دستور زیر یک عدد ثابت یا متغیر را در رجیستر PWM قرار می دهد تا مقدار PWM کانال A یا B با آنها مقایسه شود .

```
Pwm1a=x
Pwm1b=x
```

در تایمر کانتر ۱ ، پایه OC1A و OC1B خروجی های PWM میکرو می باشند

در پروژه :

```
config TIMER1 = pwm , PWM = 8 , compare A Pwm = Clear down , Prescale = 8
```

ارتباط سریال SPI :

در پروژه با توجه به اینکه از ۴ میکرو استفاده شده است و این چهار میکرو باید به نحوی باهم ارتباط برقرار کنند . بنابراین نیاز به یک پروتکل ارتباطی استاندارد است .

ویژگیهای ارتباط SPI را در زیر مشاهده می کنید :

- ✓ ارتباط سریال سنکرون با سرعت بالا
- ✓ از این ارتباط می توان برای اتصال میکروهای AVR به یکدیگر یا اتصال میکرو به هر وسیله ای که این ارتباط را پشتیبانی می کند استفاده کرد

- ✓ ارسال و دریافت داده هم زمان
- ✓ استفاده از ۴ سیم برای انتقال اطلاعات
- ✓ قابلیت تنظیم سرعت انتقال دیتا
- ✓ دارای منبع وقفه پایان ارسال
- ✓ حداکثر طول کابل بدون سیم شیلد در یک منطقه با نویز متوسط ۵۰ سانتی متر است
- ✓ ارتباط به صورت های مستر و اسلیو
- ✓ نیاز به سیم گراند برای ارتباط

ارتباط سریال SPI پروتکل ارتباطی سریال سنکرون یا سرعت بالاست که می تواند برای ارتباط میکروها با یکدیگر و یا با وسیله های دیگر که قابلیت ارتباط با این نوع پروتکل را دارا هستند به کار برده شود . از طرفی نیز این همان ارتباط استانداردی است که برای برنامه ریزی خود میکرو یا به عبارتی همان پروگرام کردن از آن استفاده می شود . رجیسترهای مربوط به این ارتباط در انواع میکروهای AVR یکسان است .

با توجه به پایه های مورد نظر در ارتباط SPI ، پایه SCK خروجی کلاک برای Master و ورودی کلاک برای Slave است . در حالت مستر که می توان گفت میکرو به عنوان ارسال کننده داده عمل می کند و در این حالت داده مورد نظر برای ارسال داخل رجیستر داده SPI قرار گرفته و در این زمان CPU شروع به تولید کلاک کرده و داده ها از پایه MOSI خارج شده و به پایه MOSI در اسلیو وارد می شود .

بعد از انتقال کامل داده توسط مستر ، کلاک SPI قطع و پرچم وقفه پایان ارسال داده (SPIF) یک می شود و برنامه وقفه اجرا می شود . دو شیفت رجیستر ۸ بیتی در مستر و اسلیو را می توان به عنوان یک شیفت رجیستر چرخشی ۱۶ بیتی در نظر گرفت . این موضوع در شکل زیر دیده می شود زمانی که داده ای از مستر به اسلیو ارسال می شود ، می توان در همان حال در جهت مخالف داده ای از اسلیو به مستر انتقال یابد ، بدین صورت که در طول ۸ کلاک ، داده های مستر و اسلیو با هم تعویض می شوند .

پیکره بندی SPI در محیط بسکام :

در محیط این نرم افزار می توان پایه های SPI را به صورت نرم افزاری و سخت افزاری پیکره بندی کرد . زمانی که ارتباط به صورت سخت افزاری پیکره بندی می شود همان پایه های پیشفرض با کار می روند و نمی

توان آنها را تغییر داد . اما توسط پیکره بندی نرم افزاری می توان هر یک از پایه های میکرو را به عنوان پایه های ارتباط SPI تعریف کرد . در این پروژه ار تباط SPI در مد نرم افزاری پیکره بندی شده است . SPI توسط دستور زیر به صورت نرم افزاری پیکره بندی می شود .

CONFIG SPI=SOFT, DIN=PIN, DOUT = PIN , SS = PIN|NONE, CLOCK = PIN

DIN : نشانگر پایه MISO است و پین نامه پایه دلخواه می باشد .

DOUT : نشانگر پایه MOSI است و پین نام پایه دلخواه می باشد .

SS : نشانگر پایه SS است پین نام پایه دلخواه می باشد .

CLOCK : نشانگر پایه SCK است و پین نام پایه دلخواه می باشد .

دستورات مر بوط به SPI :

دستور SPIINIT : توسط این دستور پایه هایی که برای SPI تعریف می شود ، برای این مد فعال می گردند و دیگر نمی توان از آنها به عنوان ورودی و خروجی استفاده کرد .

دستور SPIIN :

SPIIN VAR , BYTE

توسط این دستور به تعداد BYTE از درگاه SPI اطلاعات دریافت می شود و در متغیر VAR قرار می گیرد .

دستور SPIOUT :

SPIOUT VAR , BYTE

توسط این دستور به تعداد BYTE ، به درگاه SPI اطلاعات ارسال می شود .

دستور SPIMOVE :

VAR=SPIMOVE(BYTE)

از این دستور در زمان ارتباط دو طرفه استفاده می شود ، توسط این دستور متغیر BYTE به باس SPI ارسال شده و همزمان داده در یافت شده از باس در متغیر VAR قرار می گیرد .

تبدیل آنالوگ به دیجیتال :

جویستیک از ۳ پتانسیومتر تشکیل شده است (برای سه جهت مختصاتی) ، بنابراین برای تبدیل مقدار ولتاژ متغیر خروجی پتانسیومترها (آنالوگ) به زبان قابل فهم میکرو ، از مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC) میکروکنترلر استفاده می شود .

مبدل آنالوگ به دیجیتال ، مقدار ولتاژ را به کمیت دیجیتال متناظر تبدیل می کند ، سپس این مقدار دیجیتال با اعمال ریاضی به مقدار عددی متناظر تبدیل می شود .

حداکثر ولتاژی که مبدل آنالوگ به دیجیتال ، می تواند اندازه بگیرد برابر با vcc است و اگر ولتاژ اعمالی از آن بیشتر شود مبدل آنالوگ به دیجیتال آسیب می بیند . به ازای ولتاژ ۵ ولت عدد ۱۰۲۳ و به ازای صفر ولت عدد صفر را بر می گرداند .

مبدل آنالوگ به دیجیتال با دستور زیر راه اندازی می گردد

```
Config adc = single/free, PRESCALER = AUTO, REFERENCE = opt
```

مقدار دیجیتال متناظر با دستور زیر در یک متغیر از جنس word ریخته می شود

```
var = GETADC(channel)
```

در پروژه :

```
Config adc = Single , Prescaler = Auto
...
start ADC
x = getadc(2)
y = getadc(3)
z = getadc(4)
```

حافظه EEprom :

فرض کنید در روند عملیات هدایت دوربین مشکلی پیش بیاید . اگر به هر دلیلی میکروکنترلر ریست شود کل داده های مکانی که در متغیرها ذخیره شده بودند ، پاک می شوند ، در این زمان ادامه عملیات به مشکل بر می خورد ، بدین منظور از حافظه های ماندگار استفاده می شود . حافظه EEprom یک حافظه ماندگار است که با دستور زیر فعال می شود و در هر زمانی از فعالیت میکرو قابل خواندن و نوشتن می باشد .

```
WRITEEEPROM var , address
READEEPROM var , address
```

یا ابتدا متغیری را از نوع EEprom تعریف کرده و سپس محتویات متغیری از نوع اس رم را به آن منتقل نمود .

مشکل این حافظه محدودیت تعداد خواندن و نوشتن (۱۰۰۰۰۰ مرتبه) و سرعت آن می باشد . بنابراین در نمونه

اولیه ، به کار گرفته نشد . در آینده از حافظه های خارجی که معایب ذکر شده را نداشته باشند استفاده می شود .

- هر یک از این دو برنامه یک برنامه صددرصد کامل نیست ولی از هر لحاظ سعی شده است که کلیه جوانب کار رعایت شود و شرایط مختلف در نظر گرفته شود . با این حال می توان روی برنامه مانور داد و آن را کاملتر نمود .

۲-۴-مدل اولیه

در تاریخ ۱۳۹۰/۶/۵ مدل اولیه جهت ارائه برای این پایان نامه آماده و آزمایش شد .

برنامه های نوشته شده با هر دو روش به زبان بیسیک و با سخت افزار تقریبا یکسان (با کمی تفاوت در تغذیه دایورها) و موتورگیربکس ۱۲ ولت ۳.۵ وات در یک فضای عملیاتی ۲.۷ * ۲.۵ * ۲.۷ متر با گلایدر ساده به وزن ۴۸۰ گرم با موفقیت آزمایش شد . حداکثر سرعت پیمایش گلایدر در روش پیش بینی توان ۸ سانتیمتر در ثانیه و در روش گزینش توان ۶.۵ سانتیمتر در ثانیه ، به ثبت رسید .

فیلم آزمایش ، شامل دو قسمت مربوط به هر دو روش ، ارائه شده است . در قسمت اول روش پیش بینی توان و با سرعت ۴ برابر واقعی و در قسمت دوم روش گزینش توان و با سرعت ۶ برابر واقعی به نمایش در می آید .

فیلم این آزمون در دو فرمت FLV و 3GP در وبلاگ شخصی نویسنده به آدرس www.rezadarvishzade.blogfa.com در دسترس می باشد .

افزایش دقت و قدرت مانوردهی برنامه ها ، بهره گیری از موتورگیربکسها و درایور و منبع تغذیه پرتوان ، مانیتورینگ تحت ویندوز ، بهره گیری از میکروکنترلر پرقدرت از خانواده XMega ، طراحی و نصب دوربین مناسب و ملحقات کنترل آن به صورت وایرلس یا فیبر نوری ، مکانیزم تصحیح خودکار شیب دوربین نسبت به افق ، تقویت کابل کشنده با الیاف کولار مجهز به فیبر نوری ، گسترش تحقیقات در جهت تغییر کاربری از دوربین عنکبوتی به جرثقیل و ارائه دوباره نتایج کسب شده در ادامه روند پژوهش و طراحی ، قرار دارد .

با توجه به آماتور بودن نویسنده در طراحی مدارات الکترونیکی و برنامه نویسی و ... ، همیاری عزیزان در تکمیل این پژوهش موجب دلگرمی می باشد .

پیوست ۱

راه حل ماتریس معکوس ۳×۳ [7]

$$\mathbf{A}=\begin{bmatrix}\mathbf{A_{11}} & \mathbf{A_{12}} & \mathbf{A_{13}}\\ \mathbf{A_{21}} & \mathbf{A_{22}} & \mathbf{A_{23}}\\ \mathbf{A_{31}} & \mathbf{A_{32}} & \mathbf{A_{33}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A^{-1}}=\frac{\mathbf{1}}{|\mathbf{A}|}\mathbf{A^{*}}=\frac{\mathbf{1}}{|\mathbf{A}|}\mathbf{E^{T}}$$

$$\textbf{Determinant of } \mathbf{A_{11}}=\begin{bmatrix}\mathbf{A_{11}} & \mathbf{A_{12}} & \mathbf{A_{13}}\\ \mathbf{A_{21}} & \mathbf{A_{22}} & \mathbf{A_{23}}\\ \mathbf{A_{31}} & \mathbf{A_{32}} & \mathbf{A_{33}}\end{bmatrix}\rightarrow\begin{bmatrix} & \mathbf{A_{22}} & \mathbf{A_{23}}\\ & \mathbf{A_{32}} & \mathbf{A_{33}}\end{bmatrix}\rightarrow\begin{bmatrix}\mathbf{A_{22}} & \mathbf{A_{23}}\\ \mathbf{A_{32}} & \mathbf{A_{33}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M_{11}}=(-1)^{1+1}\begin{bmatrix}\mathbf{A_{22}} & \mathbf{A_{23}}\\ \mathbf{A_{32}} & \mathbf{A_{33}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M_{12}}=(-1)^{1+2}\begin{bmatrix}\mathbf{A_{21}} & \mathbf{A_{23}}\\ \mathbf{A_{31}} & \mathbf{A_{33}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M_{13}}=(-1)^{1+3}\begin{bmatrix}\mathbf{A_{21}} & \mathbf{A_{22}}\\ \mathbf{A_{31}} & \mathbf{A_{32}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M_{21}}=(-1)^{2+1}\begin{bmatrix}\mathbf{A_{12}} & \mathbf{A_{13}}\\ \mathbf{A_{32}} & \mathbf{A_{33}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M_{22}}=(-1)^{2+2}\begin{bmatrix}\mathbf{A_{11}} & \mathbf{A_{13}}\\ \mathbf{A_{31}} & \mathbf{A_{33}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M_{23}}=(-1)^{5}\begin{bmatrix}\mathbf{A_{11}} & \mathbf{A_{12}}\\ \mathbf{A_{31}} & \mathbf{A_{32}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M_{31}}=(-1)^{4}\begin{bmatrix}\mathbf{A_{12}} & \mathbf{A_{13}}\\ \mathbf{A_{22}} & \mathbf{A_{23}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M_{32}}=(-1)^{5}\begin{bmatrix}\mathbf{A_{11}} & \mathbf{A_{13}}\\ \mathbf{A_{21}} & \mathbf{A_{23}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M_{33}}=(-1)^{6}\begin{bmatrix}\mathbf{A_{11}} & \mathbf{A_{12}}\\ \mathbf{A_{21}} & \mathbf{A_{22}}\end{bmatrix}$$

$$|\mathbf{A}|=[(\mathbf{A_{11}}\times\mathbf{A_{22}}\times\mathbf{A_{33}})+(\mathbf{A_{12}}\times\mathbf{A_{23}}\times\mathbf{A_{31}})+(\mathbf{A_{13}}\times\mathbf{A_{21}}\times\mathbf{A_{32}})]-[(\mathbf{A_{13}}\times\mathbf{A_{22}}\times\mathbf{A_{31}})+(\mathbf{A_{12}}\times\mathbf{A_{21}}\times\mathbf{A_{33}})+(\mathbf{A_{11}}\times\mathbf{A_{23}}\times\mathbf{A_{32}})]$$

$$\mathbf{E}=\begin{bmatrix}\mathbf{M_{11}} & \mathbf{M_{12}} & \mathbf{M_{13}}\\ \mathbf{M_{21}} & \mathbf{M_{22}} & \mathbf{M_{23}}\\ \mathbf{M_{31}} & \mathbf{M_{32}} & \mathbf{M_{33}}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{E^{T}}=\begin{bmatrix}\mathbf{M_{11}} & \mathbf{M_{21}} & \mathbf{M_{31}}\\ \mathbf{M_{12}} & \mathbf{M_{22}} & \mathbf{M_{32}}\\ \mathbf{M_{13}} & \mathbf{M_{23}} & \mathbf{M_{33}}\end{bmatrix}$$

Resume

Differentiation at the Spidercam with the other cameras , is the mechanism of transport . For the design and construction of this mechanism , used the miscellaneous sciences . With survey the dynamics problem , realize to relative intelligence and accuracy and power the Stimulus of system , So after the initial evaluation and clarification of the issue , along with efforts to focus on the dynamics issue , also discovers solution for focus on the operations of semi-intelligent . The only way to ensure accessible and capable manoeuvre up , electronic control and utilize of the microcontroller . With doing hard analyzing and assemblage the information , between resources dynamic persian written and resources latin limited in the internet , Relationships an analyze the dynamics motion camera on the three-dimensional space were extracted . On during the process of programming and analyzing other dimension of system , an innovative method that extracted and was further investigated too , advantage of this method , caused the defect reductions in initial methods and increase the capability of system . This experimental method also has disadvantages . In the initial section of this dissertation , posed the briefness preamble the both methods and in end , describe the detail electronic schematics of the initial model designed for dissertation and programing briefness . In this presentation the program of both methods be avoided .

منابع :

[1] SpiderCam Company . (Online) . 2011 . Webpage : http://www.spidercam.org

[2] SkyCam Company . (Online) . 2011 . Webpage : http://www.skycam.tv

[3] Author Weblog . Experiment The Archetype video . (Online) . 2011 . Webpage : http://www.rezadarvishzade.blogfa.com

[4] عابدی ، ک . " روش المان محدود " فصل چهارم " فرمول بندی عناصر محدود ایزوپارامتریک " وب سایت دانشگاه صنعتی سهند http://www.cie.sut.ac.ir ، اسلاید ۲۰ – ۲۲ ، ۱۳۹۰

[5] Borgstrom , P.H . and Borgstrom , N.P . and Stealey , M.J . and Jordan , B . and Batalin , M.A . and Sukhatme , G.S . and Kaiser , W.J . Senior Member , " Design and Implementation of NIMS3D , a 3-D Cabled Robot for Actuated Sensing Applications " , University of Southern California , VOL : 25 , NO : 2 , April 2009

[6] Borgstrom , P.H . and Borgstrom , N.P . and Stealey , M.J . and Jordan , B . and Batalin , M.A . and Sukhatme , G.S . and Kaiser , W.J . Senior Member , " Generation of Energy Efficient Trajectories for NIMS3D , a Three – Dimensional Cabled Robot " , University of Southern California , ICRA , page 2222 – 2227 . IEEE , May 2008

[7] پورنکی ، م.ر . و تابش ، ی . " هندسه تحلیلی و جبرخطی دوره پیش دانشگاهی رشته علوم ریاضی " انتشارات چاپ و نشر کتابهای درسی ایران ، صفحه ۹۴ الی ۱۳۰ ، ۱۳۸۲