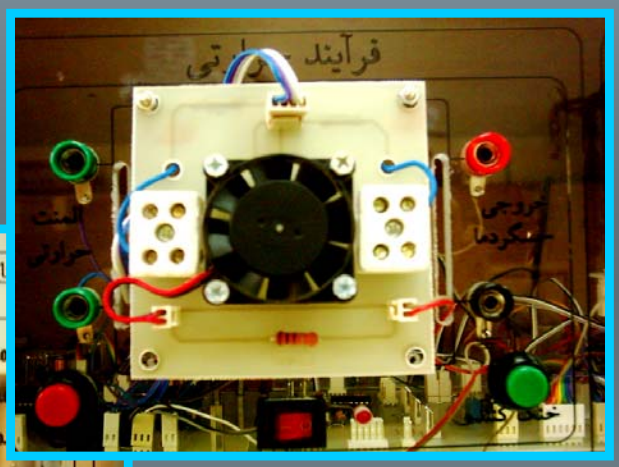
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

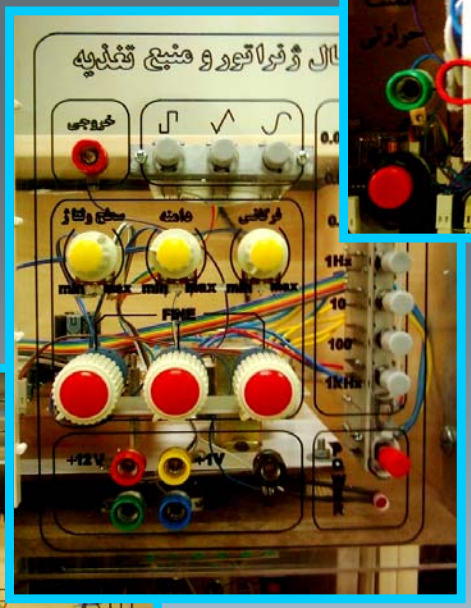
دانشکده برق

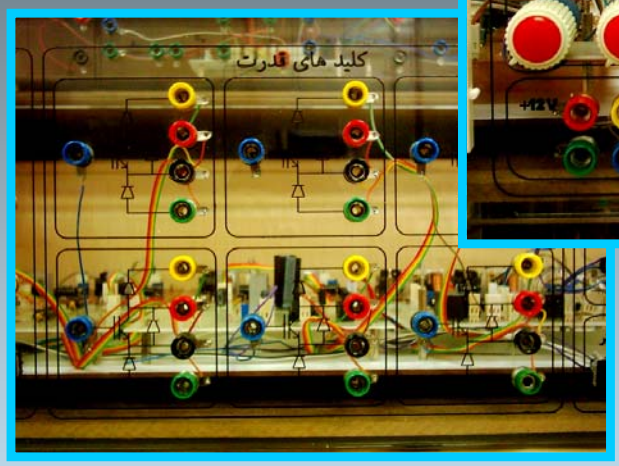
آزمایشگاه کنترل خطی

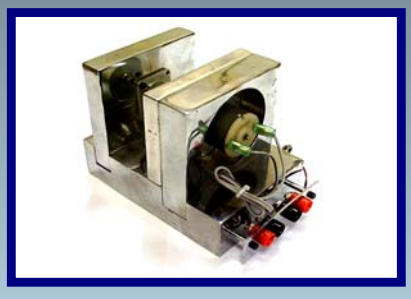
مجموعه آموزشی آزمایشگاه کنترل خطی

امکان انجام آزمایشات برای تمامی سر فصلهای درس کنترل خطی
امکان اعمال کنترل های مختلف بر روی فرآیندها
امکان مشاهده مستقیم پاسخ فرایندهای عملی









- راه اندازی آزمایشگاه کنترل خطی
- آموزش مدرسین و مربیان آزمایشگاه
- تدوین دستورکار برای آزمایشگاه کنترل خطی

مجموعه آموزشی آزمایشگاه کنترل خطی

معرفی

این مجموعه آزمایشگاهی که در قالب یک میز کامل آزمایشگاهی طراحی گردیده، به منظور آشنا کردن دانشجویان با مفاهیم مقدماتی و پیشرفته در کنترل خطی سیستمها، طراحی و ساخته شده است. همانطور که در شکل زیر مشاهده می شود، این مجموعه شامل بخشهای زیر می باشد،

۱- سامانه نمونه برداری و نمایش سیگنالها

۲- بخش پیاده سازی الکترونیکی فرایندها و جبرانسازها

۳- بخش ویژه کنترل کننده تناسبی- انتگرالی- مشتقگیر PID

۴- بخش کنترل کننده غیر خطی

۵- منبع تغذیه DC و سیگنال ژنراتور

۶- بخش ولت متر دیجیتال

۷- بخش مولد سیگنال PWM و کلیدهای قدرت

۸- بخش آموزنده فرایند حرارتی

۹- بخش آموزنده سرو موتور DC

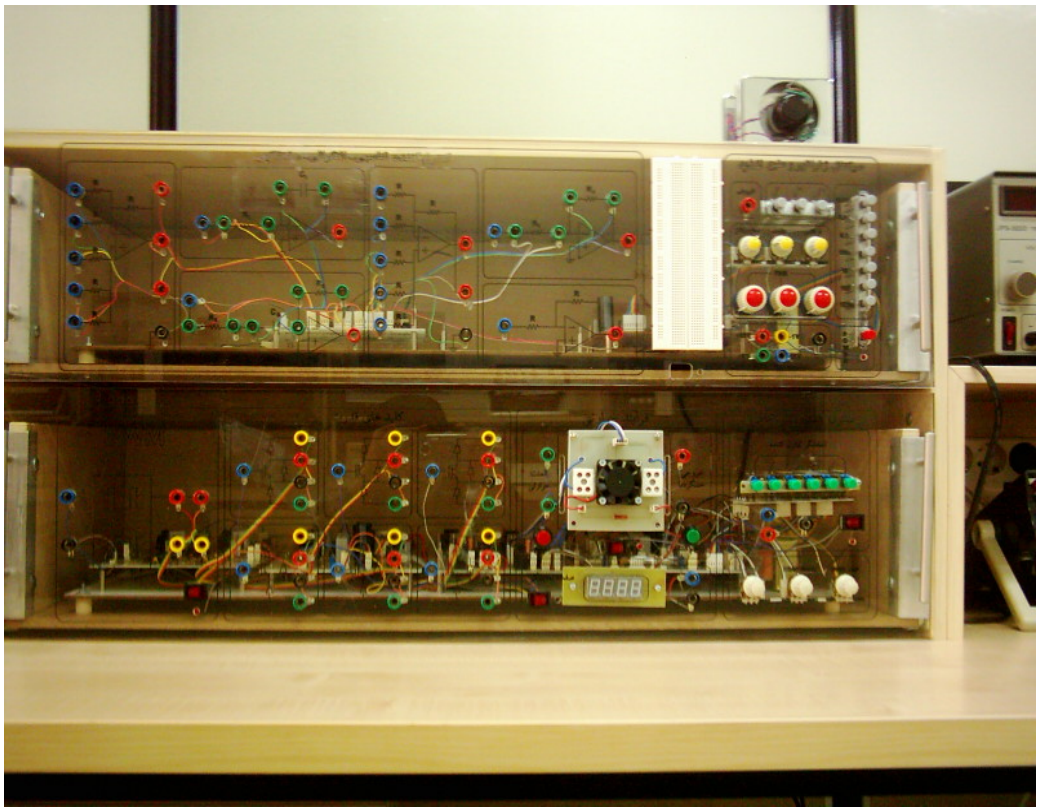
نمای کلی مجموعه

این مجموعه آموزشی به گونه ای ساخته شده است که امکان پیاده سازی و انجام آزمایشهای مختلف کنترل خطی بر روی فرایندهای گوناگون حرارتی، سرو موتور DC و غیره را فراهم می سازد.

نشانی: تهران- خیابان شریعتی- نرسیده به پل سیدخندان- دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی- آزمایشگاه کنترل خطی
کد پستی : ۱۴۳۱۷۱۴۱۹۱ صندوق پستی: ۱۶۳۱۵-۱۳۵۵
نشانی صفحه اینترنتی: http://saba.kntu.ac.ir/eecd/lcsl نشانی الکترونیکی: lcsl@eetd.kntu.ac.ir
تلفن: ۷-۸۸۴۶۲۱۷۴-۰۲۱ داخلی ۲۳۱۱ نمابر: ۸۸۴۶۲۰۶۶-۰۲۱

ویژگیهای این مجموعه:

- یکپارچگی و برآورده شدن تمام نیازها برای طراحی و پیاده سازی آزمایشها در این مجموعه،
- تمامی بخشها بر پایه تجربه سالیان آموزش این درس و دقیقاً به منظور تدریس مناسب طراحی شده اند، که جلوه هایی از این طراحی را در شکل مناسب میز کار، سیگنال ژنراتور با دامنه و فرکانس بسیار مناسب و حفاظتهای بکار رفته در مدارهای مختلف می توان مشاهده کرد.
- طراحی و ساخت تمام مجموعه داخلی بوده و به این ترتیب امکان ارتقاء ، تعمیر، نگهداری و بهبود آن در آینده وجود دارد و در صورت نیاز امکان انتقال فناوری آن به واحدهای در خواست کننده نیز وجود خواهد داشت.
- پوشش تابلوهای مجموعه آموزشی شفاف طراحی شده تا دانشجویان بتوانند به راحتی با مدارهای داخلی و روش پیاده سازی قسمتهای مختلف آشنا گردند.



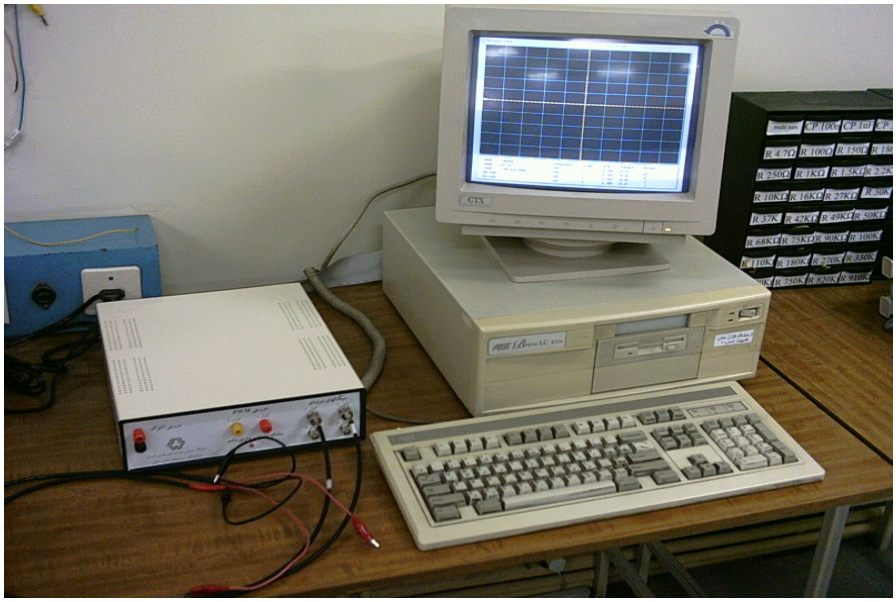
نمایی نزدیکتر از تابلوها

۱- سامانه نمونه برداری و نمایش سیگنالها

این مجموعه شامل مدار آماده سازی و نمونه برداری داده و نرم افزار نمایش می باشد که به همراه کامپیوتر شخصی (PC) و برنامه نوشته شده قابل تبدیل شدن به اسیلوسکوپ دیجیتال با قابلیت نمونه برداری، نمایش و ذخیره داده ها و همچنین با استفاده از خروجی آنالوگِ مجموعه امکان پیاده‌سازی الگوریتمهای کنترل دیجیتال نیز خواهد بود. در این مجموعه نرم افزار نمایش و ذخیره و همچنین نرم افزار کنترل دیجیتال نیز طراحی و پیاده سازی شده است.

ویژگیهای این بخش:

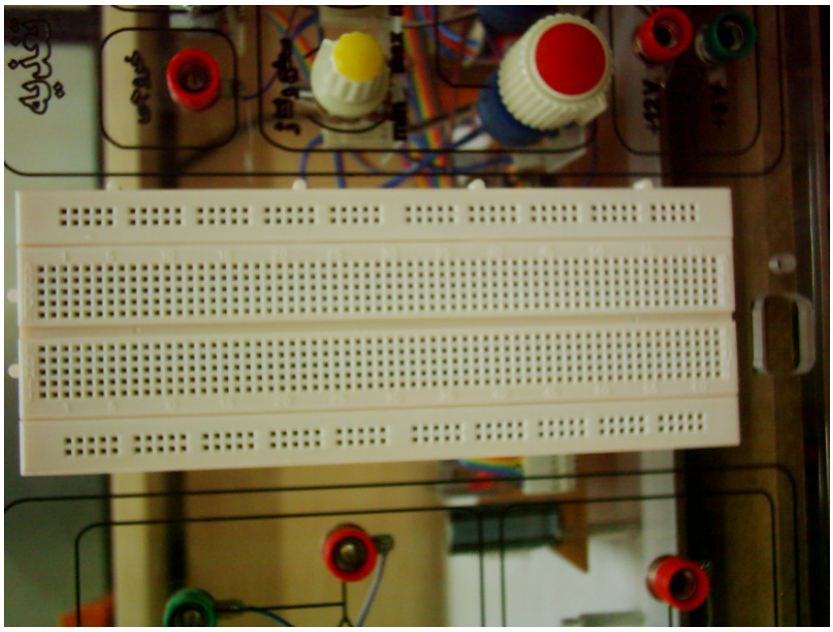
- ۴ کانال ورودی آنالوگ، ۱ کانال خروجی آنالوگ و ۱ کانال خروجی PWM (قابل افزایش در صورت نیاز)
- ارتباط با کامپیوتر از طریق درگاه سریال و ISA
- عدم نیاز به کامپیوتری با امکانات زیاد
- نرخ نمونه برداری تا ۱۰۰ هزار نمونه در ثانیه
- امکان ذخیره سیگنالها به صورت m فایل MATLAB
- نرم افزار موجود به صورت شی گرا طراحی شده و به سادگی قابل توسعه و افزودن ویژگیهای مورد نیاز خواهد بود

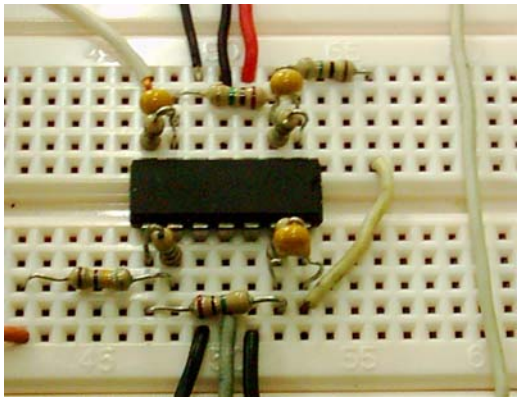


نمای کلی سامانه نمونه برداری داده

۲- بخش پیاده سازی الکترونیکی فرآیندها و جبرانسازها

هدف از این بخش آشنایی با نحوه پیاده سازی الکترونیکی فرآیندها و جبرانسازها می باشد، برای این منظور یک برد آزمایشگاهی در این بخش در نظر گرفته شده است، که دانشجویان می توانند با استفاده از قطعات الکترونیکی که در اختیار دارند به راحتی مدار مورد نظر خود را در روی برد آزمایشگاهی پیاده سازی نمایند.

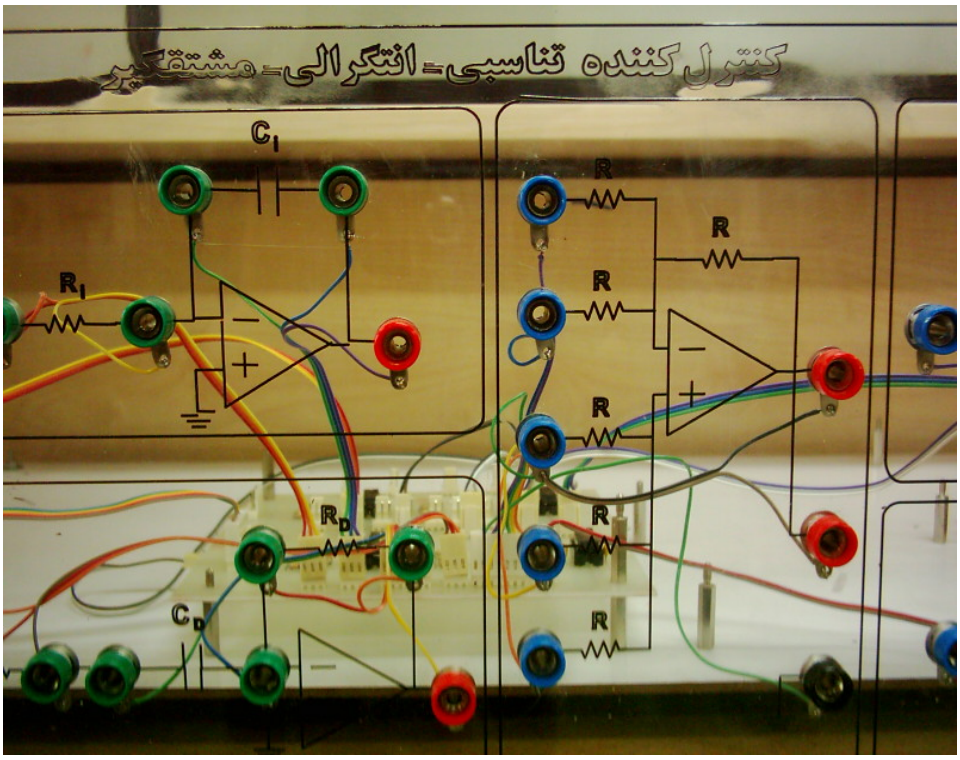




نمایشی از نحوه پیاده سازی الکترونیکی مدارها

۳- بخش ویژه کنترل کننده تناسبی-انتگرالی- مشتقگیر PID

با استفاده از این بخش می توان به راحتی کنترل کننده های PID, PD, PI, P را طراحی و پیاده سازی نمود. برای این منظور ساختارهایی با استفاده از قطعات الکترونیکی آماده شده تا دانشجویان بتوانند پارامترهای کنترل کننده مورد نظر خود را بطور دلخواه انتخاب و پیاده سازی نمایند.

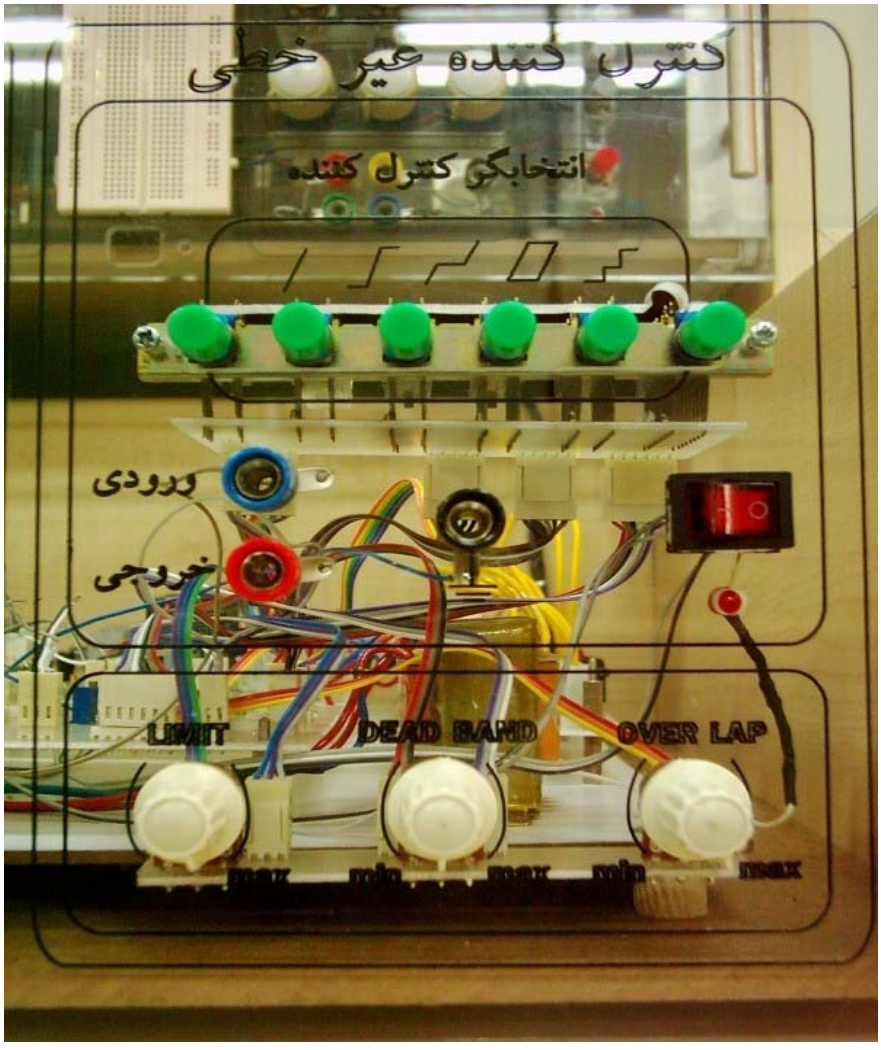


نمایی از بخش کنترل کننده تناسبی-انتگرالی- مشتقگیر PID

ویژگی که این بخش دارد آن است که بر خلاف بسیاری از شبیه سازهای کنترل فرآیند که پارامترهایی با ضرایب خاص و محدود را در اختیار دانشجو قرار می دهند، در این سیستم دانشجو می تواند ترکیبهای مختلفی از مقادیر را برای پارامترها انتخاب نموده و طراحی دلخواه خود را پیاده سازی نماید.

۴- بخش کنترل کننده غیر خطی

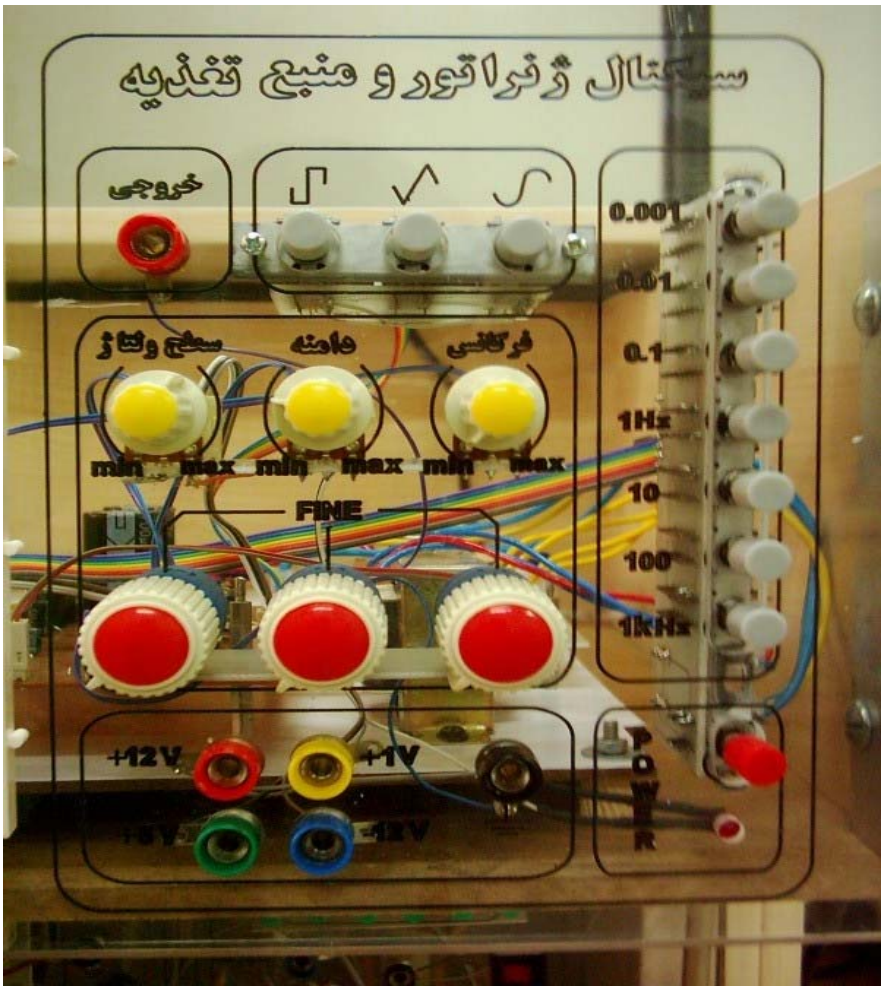
در این بخش می توان خصوصیات غیر خطی مانند، محدود کننده متغییر (LIMITER)، ناحیه مرده (DEAD BAND)، هیسترزیس، رله (RELAY) و خلاصی متغییر (BACKLASH) را ایجاد کرد. از این بخش هم می توان به عنوان قسمتی از کنترل کننده استفاده نمود و هم می توان به عنوان شبیه سازی برای بخشی از خصوصیات غیرخطی فرآیندها بکار برد، در اینصورت مواردی از قبیل پدیده غیر خطی اشباع مغناطیسی در موتورها، تاثیر رله های دو وضعیتی یا سه وضعیتی و اشکالاتی مانند وجود خلاصی در سیستمهای مکانیکی قابل پیاده سازی هستند.



نمای کلی از بخش کنترل کننده غیر خطی

۵- بخش منبع تغذیه DC و مولد سیگنال

در بخش مولد سیگنال امکان انتخاب سه نوع شکل موج سینوسی، مثلثی و مربعی با نویز بسیار کم، کیفیت مطلوب و دامنه حداکثر ۲۰ ولت با قابلیت تنظیم دقیق دامنه وجود دارد. بازه فرکانسی قابل دستیابی برای سیگنال خروجی از 0.001Hz تا 10KHz با قابلیت تنظیم دقیق می باشد. علاوه بر این در این سیستم امکان تغییر و تنظیم سطح سیگنال خروجی با دقت بالا و حداکثر ۱۰± ولت پیش بینی شده است.



نمای کلی از بخش منبع تغذیه و سیگنال ژنراتور

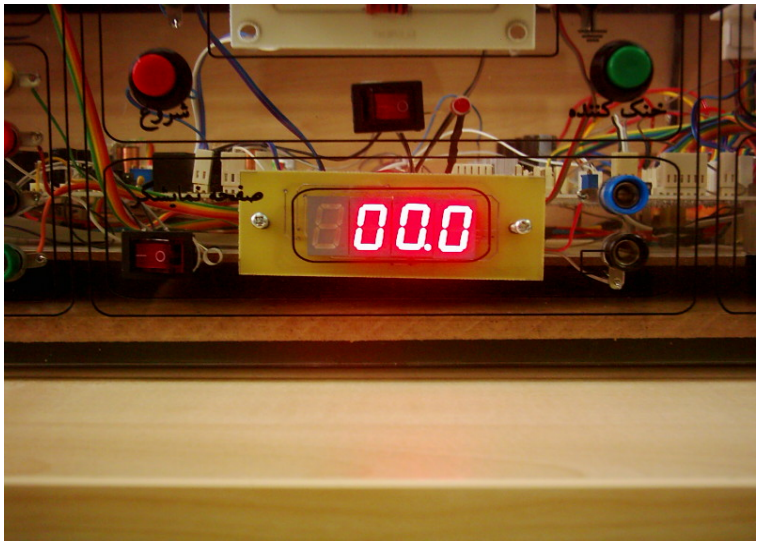
بخش منبع تغذیه ولتاژهای ±12V dc و+5V (TTL) را با قابلیت جریان دهی در حدود 1A در اختیار می گذارد. منبع تغذیه به نحوی طراحی شده است که در برابر بروز اتصال کوتاه، جریانهای آسیب رسان و نیز قرار گرفتن ولتاژ بر روی خروجیهای آن حفاظت شده است.

ویژگی های این بخش:

- به دلیل قابلیت تنظیم با دقت بالا برای دامنه و بازه فرکانسی سیگنال خروجی، دستگاه برای کاربرد در آزمایشهای مربوط به پاسخ حالت گذرا و پاسخ فرکانسی و بکارگیری در آزمایشگاه های آموزشی و تحقیقاتی کنترل بسیار مناسب است.
- با وجود امکان دستیابی آسان به منبع ولتاژ در حین انجام آزمایشها، نیازی به استفاده از منبع تغذیه خارجی نخواهد بود.
- با توجه به مدار حفاظتی که وجود دارد، برای استفاده در محیط آزمایشگاه های آموزشی بسیار مناسب می باشد.

۶- بخش ولت متر دیجیتال (3.5 DIGIT VOLTMETER)

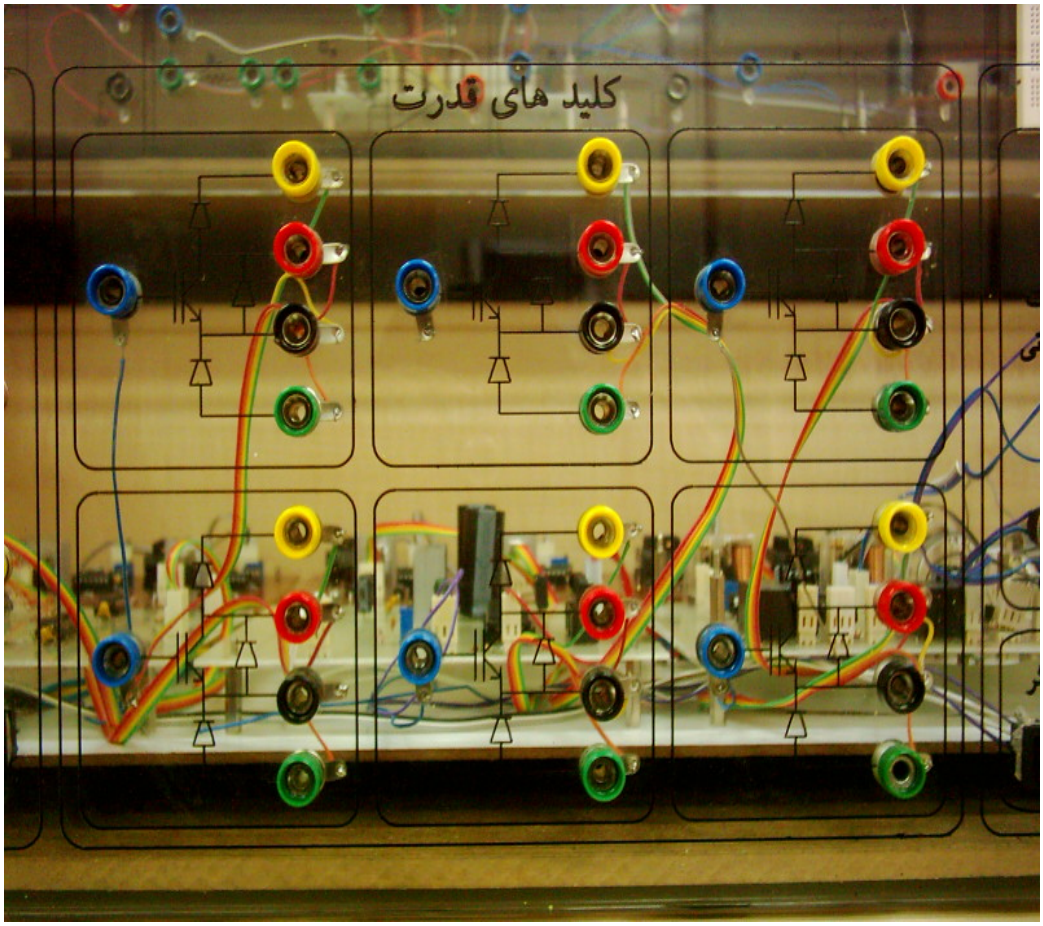
این بخش برای اندازه گیری ولتاژهای DC در محدوده ۱۹۹,۹- تا ۱۹۹,۹+ ولت طراحی شده است. در این بخش به منظور جلوگیری از اثر نویز تغذیه جداگانه ای برای آن در نظر گرفته شده است.



نمای کلی صفحه نمایشگر دیجیتال

۷- بخش مولد سیگنال PWM و ترانزیستورهای قدرت (IGBT)

در این بخش شش عدد ترانزیستور قدرت در نظر گرفته شده است که از آنها می توان به عنوان کلیدهای قطع و وصل برای راه اندازی بارهای مختلف استفاده کرد.

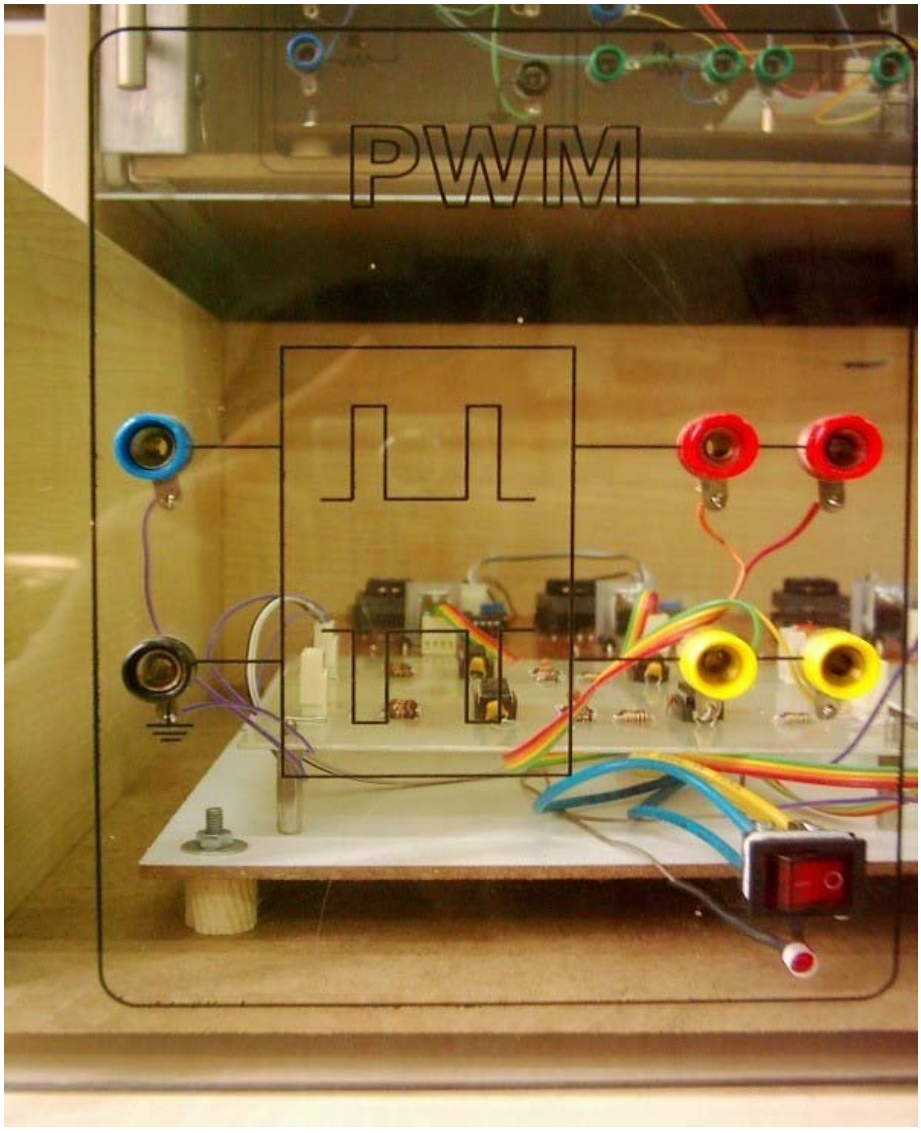


نمای کلی کلیدهای قدرت (IGBT)

ویژگیهای این بخش:

- ایزوله بودن تغذیه بخش قدرتی از بخش سیگنال، که در امر کاهش نویز نقش مهمی دارد.
- وجود دیودهای هرزگرد بین پایه ها برای حفاظت ترانزیستور قدرت.

بخش مولد سیگنال PWM در حقیقت برای راه اندازی و کلیدزنی ترانزیستورهای قدرت بکار می رود. خروجی این بخش یک موج مربعی است که پهنای پالس (DUTY CYCLE) آن با تغییر سطح ولتاژ ورودی قابل تنظیم است، به این ترتیب می توان با تغییر پهنای پالس آن میزان ولتاژ و توانی که به بار منتقل می شود را تنظیم کرد. در این بخش هم خروجی اصلی PWM و هم منفی آن قابل دسترسی می باشد.

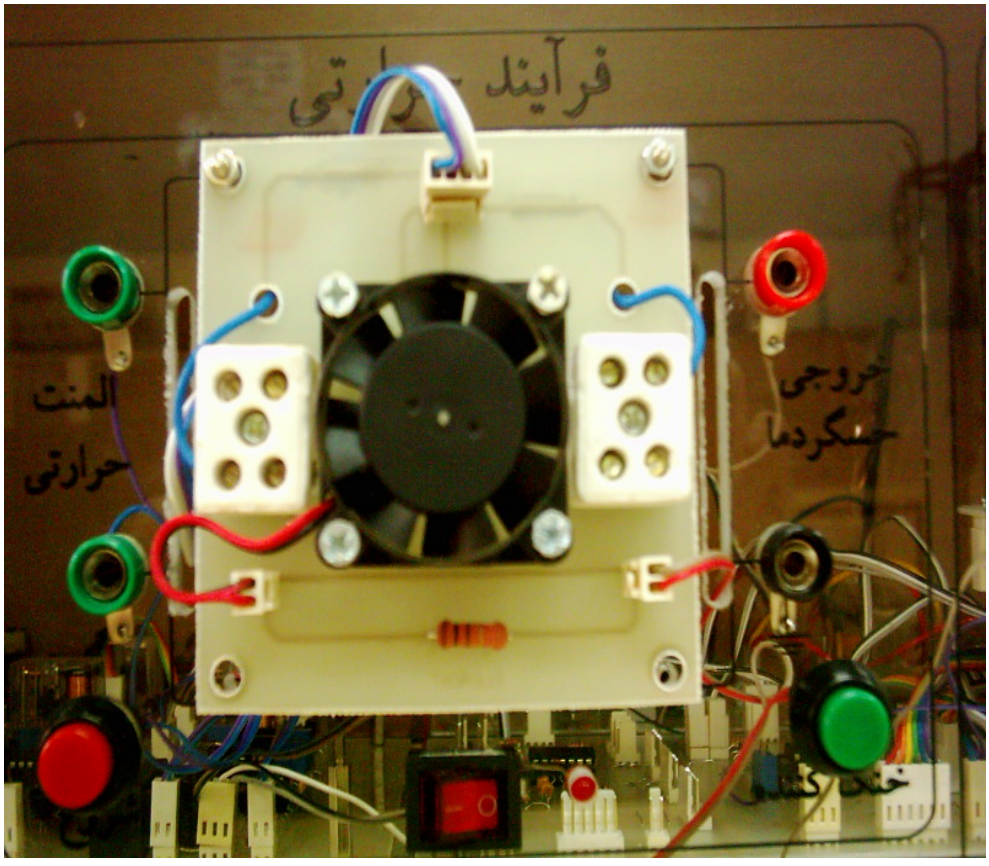


نمای کلی بخش مولد سیگنال PWM

۸- بخش آموزنده فرآیند حرارتی

هدف این مجموعه پس از شناسایی مدل سیستم، کنترل دمای یک فرایند حرارتی به صورت حلقه بسته است. در این مجموعه چهار بخش اصلی برای سیستم در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

- یک منبع تغذیه، که از آن برای تأمین ولتاژ سایر بخشهای سیستم استفاده شده است.
- بخش PWM که به منظور کلید زنی و تحریک ترانزیستور قدرت بکار می رود.
- بخش ترانزیستور قدرت (IGBT)، که جریان مورد نیاز برای گرم شدن المنت را در سیستم فراهم می کند.
- فرایند حرارتی که شامل سیم المنت، حسگر دما ($1V/10^{\circ}$) و یک پنکه جهت سرمایش سیستم می باشد.



نمای کلی سیستم فرایند حرارتی

در اینجا اتصالات مدار به نحوی انجام می شود که بخش المنت حرارتی به عنوان یک بار در کلکتور ترانزیستور قدرت قرار می گیرد و زمانیکه ترانزیستور قدرت با کلید زنی توسط PWM روشن شد جریانی از المنت حرارتی عبور می کند که سبب گرم شدن محیط می گردد. روند افزایش دما بوسیله یک حسگر دما به ولتاژ تبدیل می شود که توسط ولتمتر قابل اندازه گیری است و از آن می توان به عنوان بازخور در کنترل حلقه بسته دما استفاده نمود.

ویژگی های سیستم

- وجود یک رله حفاظتی به منظور جلوگیری از افزایش بیش از حد دما به این صورت که به محض اینکه دمای المنت به بیش از ۸۵ درجه برسد این رله عمل کرده و از افزایش دما جلوگیری می کند.
- ایزوله بودن تغذیه بخش قدرتی (IGBT) از بخش سیگنال.
- استفاده از PWM با پهنای پالس قابل تنظیم بوسیله ولتاژ ورودی، به این ترتیب می توان با تغییر پهنای پالس آن میزان ولتاژ و توانی که به بار منتقل می شود را تنظیم کرد.
- استفاده از مدارهای راه انداز سیستم سرو موتور و عدم نیاز به تهیه مدار راه انداز جداگانه.

۹- بخش آموزنده سرو موتور DC

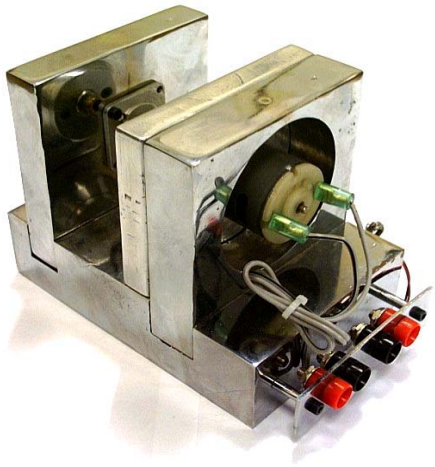
مجموعه آزمایشگاهی سرو موتور به منظور آشنا کردن دانشجویان با مفاهیم مقدماتی و پیشرفته در کنترل خطی سیستمها، طراحی و ساخته شده است.

این مجموعه شامل بخشهای زیر می باشد،

۱- موتور DC که پایانه های آن در اختیار قرار داده شده و با اعمال ولتاژ به این پایانه‌ها می توان سرعت و موقعیت محور موتور را کنترل نمود.

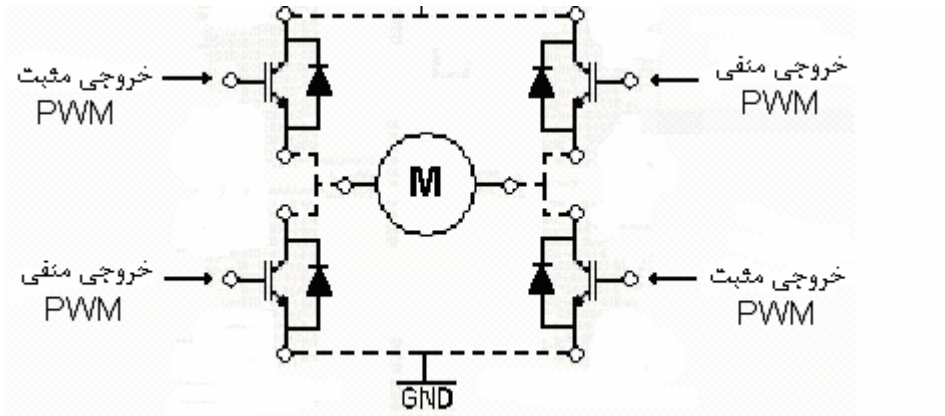
۲- تاکومتر که حسگر سرعت بوده و ولتاژ متناسب با سرعت موتور (1V/500rpm) در پایانه های آن تشکیل می شود که می توان از آن به عنوان سیگنال بازخور سرعت استفاده کرد.

۳- پایه های نگه دارنده که سامانه مناسب جهت اتصال بخشهای بالا را فراهم می آورد.



نمایی از سرو موتور DC

جهت راه اندازی موتور به صورت تحریک آرمیچر، از یک مدار راه انداز H-Bridge به صورت شکل زیر استفاده می شود.

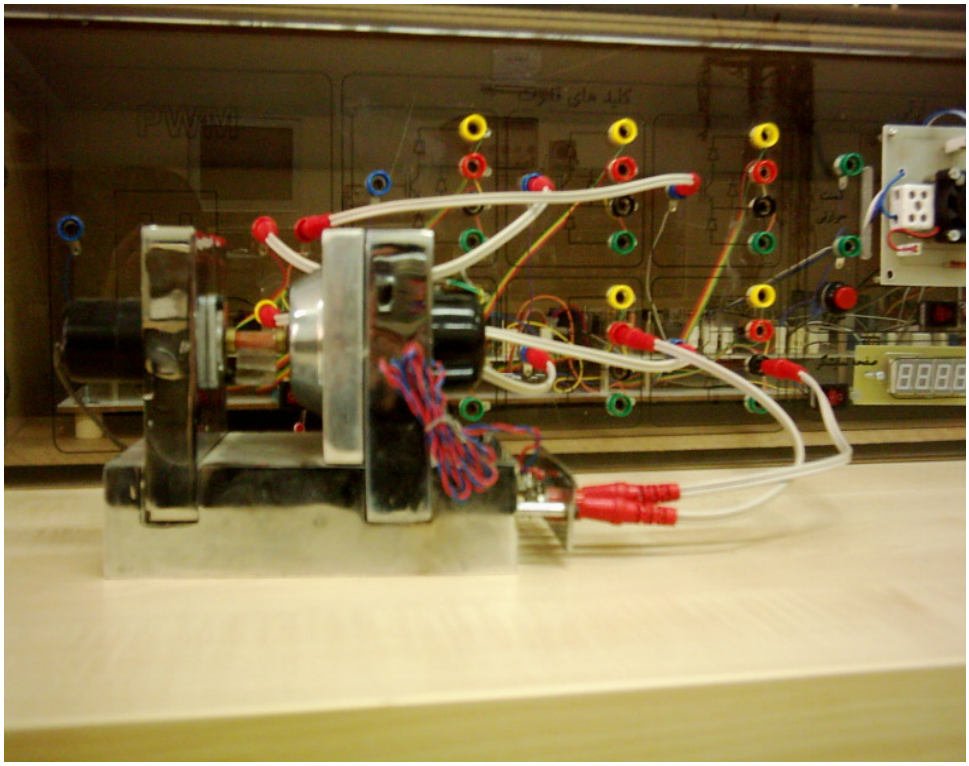


طریقه اتصال کلیدهای قدرت برای مدار راه انداز

مدار راه انداز شامل ۴ عدد کلید قدرتی IGBT، مولد سیگنال PWM و منبع تغذیه قدرت خواهد بود که به همراه مجموعه سامانه نگه دارنده برای راه اندازی سیستم سرو موتور DC استفاده می شوند. بسته به پهنای پالسی که توسط سیگنال ورودی ایجاد می شود جهت چرخش موتور تغییر می کند. در این حالت بوسیله تاکومتری که محور آن با محور موتور درگیر است، انرژی مکانیکی موتور به انرژی الکتریکی تبدیل می شود و ولتاژی متناسب با سرعت در اختیار خواهد بود.

ویژگی های سیستم

- با توجه به دقت مناسب سیستم امکان پیاده سازی انواع روشهای کنترلی بر روی سیستم وجود دارد.
- این مجموعه به نحوی طراحی شده که امکان تعمیر و تعویض قطعات آن به آسانی وجود داشته و قطعات به سادگی در بازارهای داخلی قابل تهیه باشند.
- سامانه نگه دارنده به نحوی طراحی شده است که امکان استفاده از موتورهای با ابعاد مختلف و تاکومترهای متفاوت به سادگی میسر باشد.
- مدار راه انداز این سیستم برای فرایند حرارتی نیز قابل استفاده است.



آزمایشهای طراحی شده

با استفاده از مجموعه فوق آزمایشهای زیر طراحی شده اند:

- شناسایی استاتیک موتور جهت تخمین پارامترهای استاتیک موتور
- شناسایی دینامیک موتور با پاسخ پله و همچنین پاسخ فرکانسی به منظور شناخت دینامیک سیستم
- کنترل سرعت موتور و مقابله با اغتشاشهای بار و اعمال کنترل کننده های P ، PI و PID
- کنترل زاویه محور موتور و بررسی نقش بازخور تاکومتر