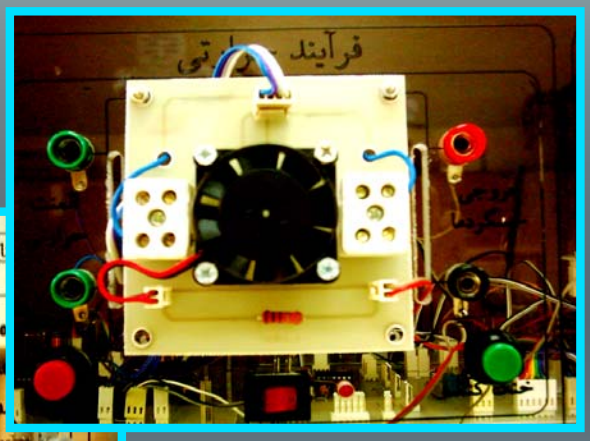
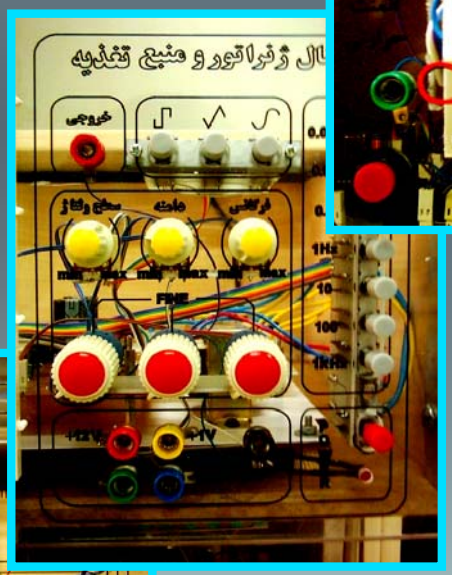
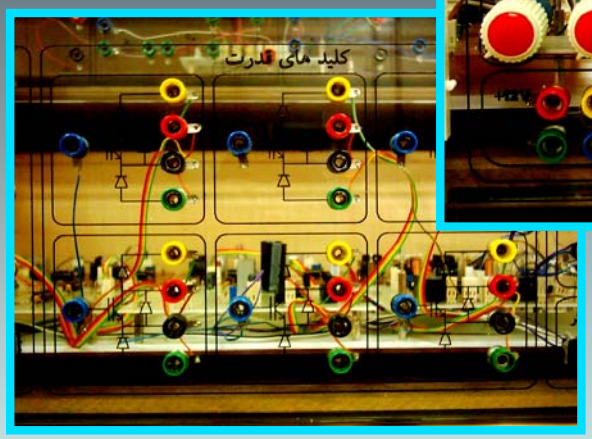
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده برق
آزمایشگاه کنترل خطی

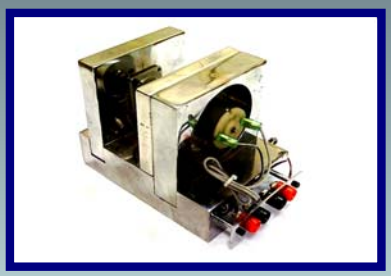
مجموعه آموزشی آزمایشگاه کنترل خطی

(راهنمای کاربر)









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

بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده برق

آزمایشگاه کنترل خطی

راهنمای کاربر

مجموعه آموزشی آزمایشگاه کنترل خطی

نویسنده گزارش: صبا صدقی زاده

شروع و پایان پروژه : تابستان ۱۳۸۵ تا تابستان ۱۳۸۶

تاریخ تهیه گزارش: تابستان ۱۳۸۶ تا پاییز ۱۳۸۶

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۲
۲- شرح اجزاء مجموعه ۳
۳- نحوه کار با اجزاء مجموعه ۴
۳-۱- اجزاء تابلوی اول ۴
۳-۱-۱- بخش پیاده سازی الکترونیکی فرایندها و جبرانسازها ۴
۳-۱-۲- بخش ویژه کنترل کننده تناسبی- انتگرالی- مشتقگیر PID ۴
۳-۱-۳- منبع تغذیه DC و سیگنال ژنراتور ۵
۳-۲- اجزاء تابلوی دوم ۶
۳-۲-۱- بخش کنترل کننده غیر خطی ۶
۳-۲-۲- بخش ولت متر دیجیتال ۷
۳-۲-۳- بخش مولد سیگنال PWM و کلیدهای قدرت ۷
۳-۲-۴- بخش آموزنده فرایند حرارتی ۸
۳-۲-۵- بخش آموزنده سرو موتور DC ۹

۱- مقدمه

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، بگونه ای که امکان پیاده سازی و انجام آزمایشهای مختلف کنترل خطی بر روی فرایندهای گوناگون حرارتی، سرو موتور DC و غیره را فراهم می سازد.

برخی از ویژگیهای مهم این مجموعه به شرح زیر است،

- یکپارچگی و برآورده شدن تمام نیازها برای طراحی و پیاده سازی آزمایشهای کنترلی در یک مجموعه،
- دارای منابع تغذیه ۵+ و ۱۲± ولت با قابلیت جریان دهی حدود ۱ آمپر و مجهز به مدار حفاظتی در برابر بروز اتصال کوتاه،
- دارای سیگنال ژنراتور 0.001Hz تا 10KHz و 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 برای فرکانس و دامنه،
- امکان تغییر و تنظیم سطح سیگنال خروجی با دقت بالا و حداکثر ۱۰± ولت در سیگنال ژنراتور،
- امکان پیاده سازی الکترونیکی فرآیندها و جبرانسازها بر روی برد آزمایشگاهی،
- دارای مجموعه کاملی برای پیاده سازی کنترل کننده PID با قابلیت طراحی دلخواه پارامترها،
- امکان پیاده سازی خصوصیات غیر خطی مانند محدود کننده متغییر (LIMITER)، ناحیه مرده(DEADBAND)، هیسترزیس، رله (RELAY) و خلاصی متغییر (BACKLASH)،
- وجود ولت متر دیجیتال برای اندازه گیری ولتاژهای DC در محدوده ۱۹۹,۹- تا ۱۹۹,۹+ ولت بدون تاثیر نویز،
- امکان استفاده از ۶ عدد کلید قدرتی (IGBT) و سیگنال مولد PWM جهت طراحی مدارهای راه انداز برای کنترل انواع فرآیندها مانند فرایند حرارتی، سرو موتور و غیره،
- کیفیت بالای ساخت مجموعه و استفاده از بهترین قطعات،
- سهولت در استفاده از اجزاء مجموعه و طراحی مناسب میز کار به لحاظ ابعاد و فضای کار بطوریکه در این میز کار فضای از پیش تعیین شده ای برای قرار دادن رایانه و کشوهایی برای جای گذاری سیمها و ابزارهای لازم در نظر گرفته شده است،
- استفاده از تجربه سالیان آموزش این درس و طراحی به منظور افزایش کیفیت تدریس و بهره وری،
- خودکفایی در طراحی و ساخت تمام بخشها و امکان ارتقاء ، تعمیر، نگهداری و بهبود آن در آینده وجود دارد،

با توجه به مطالب بالا می توان ادعا کرد مجموعه آموزشی معرفی شده به عنوان یک سیستم ارزشمند و ضروری برای آزمایشگاههای کنترل می تواند پاسخگوی نیازهای داخلی بوده و کشور را از واردات دستگاههای مشابه بی نیاز سازد.

۲- شرح اجزاء مجموعه

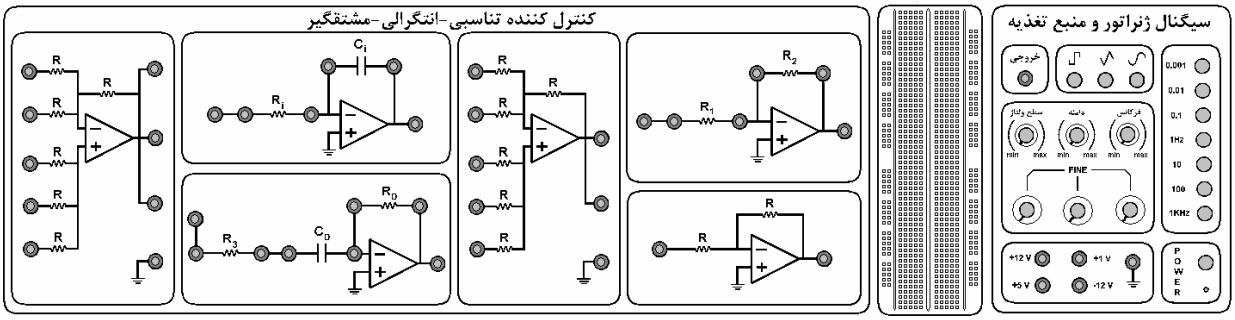
مجموعه آموزشی آزمایشگاه کنترل خطی از دو تابلوی اصلی تشکیل شده است که شامل بخشهای زیر می باشند،

اجزاء تابلوی اول،

۱- بخش پیاده سازی الکترونیکی فرایندها و جبرانسازها

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

۳- منبع تغذیه DC و سیگنال ژنراتور



شکل(۱) - نمای کلی تابلوی اول

اجزاء تابلوی دوم،

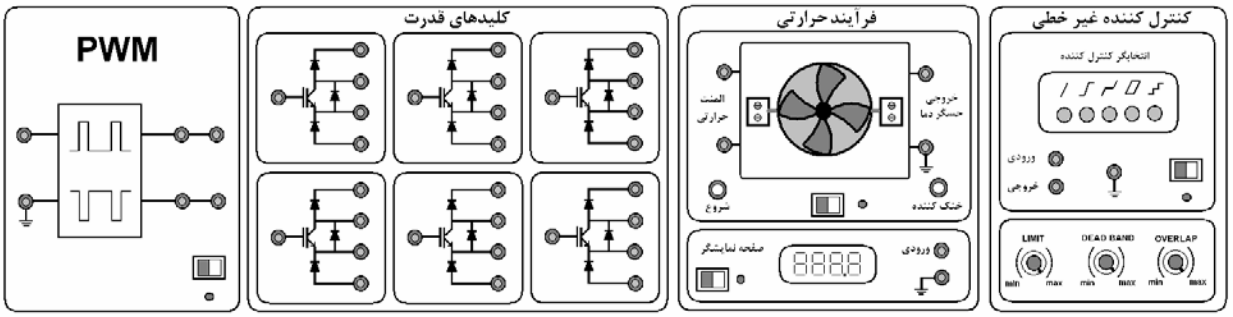
۱- بخش کنترل کننده غیر خطی

۲- بخش ولت متر دیجیتال

۳- بخش مولد سیگنال PWM و کلیدهای قدرت

۴- بخش آموزنده فرایند حرارتی

۵- بخش آموزنده سرو موتور DC



شکل(۲) - نمای کلی تابلوی دوم

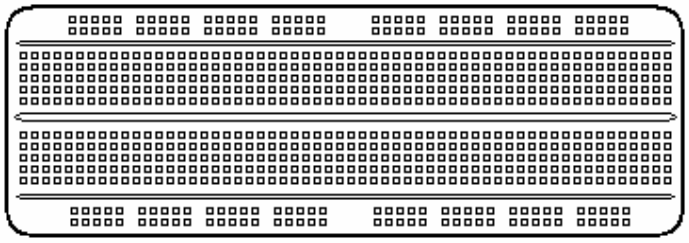
۳- نحوه کار با اجزای مجموعه

در ابتدا باید از روشن بودن کلید برق اصلی تابلوها توسط مسئول آزمایشگاه اطمینان حاصل گردد. هر یک از تابلوها یک کلید برق اصلی جداگانه دارند که در داخل محفظه آن قرار دارد و دور از دسترس کاربر است. علاوه بر این برای هر یک بخشهای تابلوها نیز یک کلید روشن- خاموش قرار داده شده است که روشن کرد آنها توسط کاربر و بسته به نیاز صورت می گیرد.

۳-۱- اجزای تابلوی اول

۳-۱-۱- بخش پیاده سازی الکترونیکی فرایندها و جبرانسازها

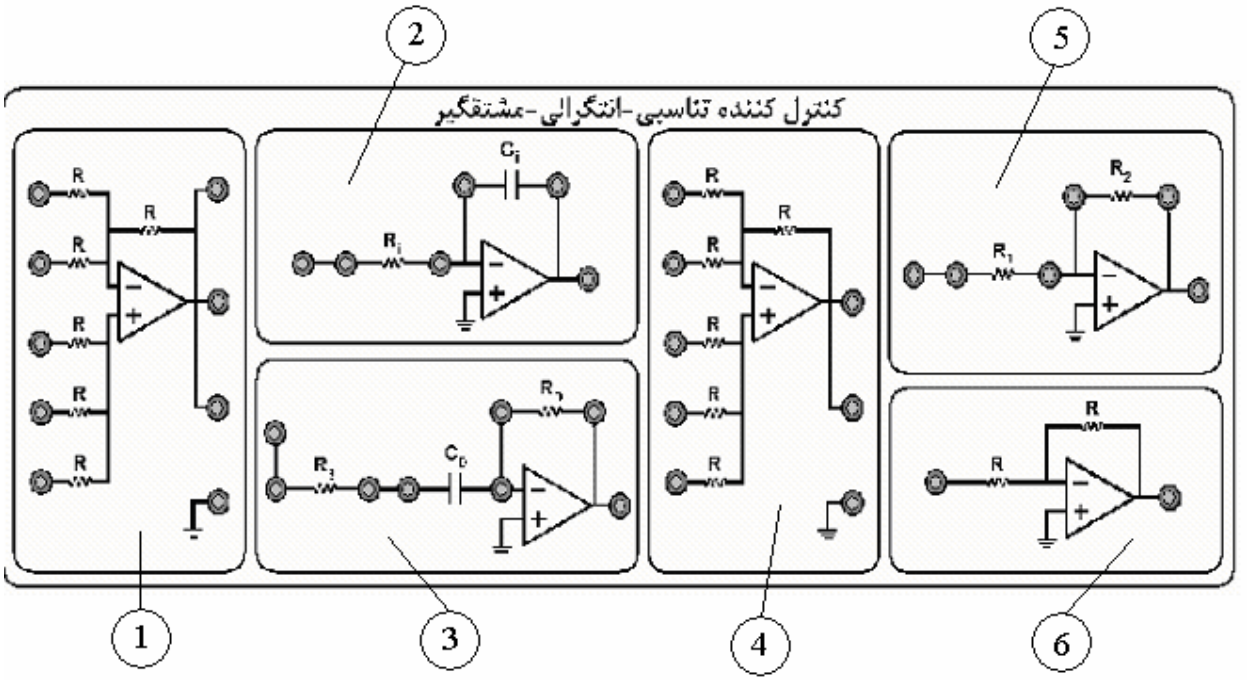
هدف از این بخش آشنایی با نحوه پیاده سازی الکترونیکی فرآیندها و جبرانسازها می باشد، برای این منظور یک برد آزمایشگاهی در این بخش در نظر گرفته شده است، که دانشجویان می توانند با استفاده از قطعات الکترونیکی که در اختیار دارند به راحتی مدار مورد نظر خود را در روی برد آزمایشگاهی پیاده سازی نمایند.



بردهای مورد استفاده از نوع مرغوب بوده و دارای امکانات اتصال افقی و عمودی است. توجه کنید که IC ها را در قسمت وسط برد قرار دهید.

۳-۱-۲- بخش ویژه کنترل کننده تناسبی- انتگرالی- مشتقگیر PID

نمای کلی این بخش بشکل زیر است،



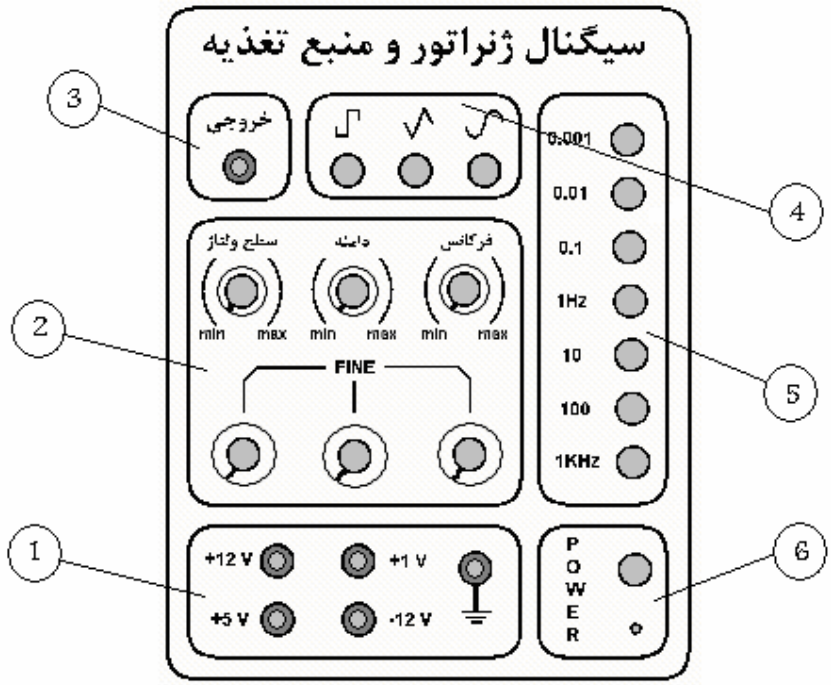
(۱) - بخش مقایسه گر با بهره واحد، با ۵ اتصال برای ورودی (آبی)، ۳ اتصال برای خروجی(قرمز) و یک اتصال برای زمین (مشکی).
(۲) - بخش انتگرالگیر، با یک ورودی(آبی)، یک خروجی(قرمز) و جایگاه اتصال خارجی برای خازن و مقاومت (سبز).
(۳) - بخش مشتقگیر، با یک ورودی(آبی)، یک خروجی(قرمز) و جایگاه اتصال خارجی برای خازن و مقاومت (سبز).
(۴) - بخش مقایسه گر با بهره واحد، با ۵ اتصال برای ورودی (آبی)، ۲ اتصال برای خروجی(قرمز) و یک اتصال برای زمین (مشکی).
(۵) - بخش بهره تناسبی، با یک ورودی(آبی)، یک خروجی(قرمز) و جایگاه اتصال خارجی برای مقاومت (سبز).
(۶) - بخش وارونگر، با یک ورودی(آبی)، یک خروجی(قرمز).

نکات:

- برای اتصال خازنها و مقاومتها به اتصالهای سبز رنگ از قطعات الکترونیکی که آماده شده است استفاده نمایید.
- کلیه اتصالات زمین بر روی تابلوی اول از داخل محفظه به یکدیگر متصل بوده و نیازی به اتصال خارجی ندارد.
- برای اتصال اجزای مختلف تابلو از سیمهای ارتباطی که در اختیار شما قرار داده می شود استفاده نمایید و از بکار بردن سیمهای قطور خودداری کنید.

۳-۱-۳- منبع تغذیه DC و سیگنال ژنراتور

نمای کلی این بخش بشکل زیر است،



(۱) - کلید روشن- خاموش، پیش از هر چیز برای اتصال برق این قسمت باید این کلید (قرمز) را فشار دهید.
(۲) - بخش منبع تغذیه، که چهار خروجی برای ولتاژهای 1V+ (زرد)، 5V+ (سبز)، 12V+ (قرمز) و 12V- (آبی) ، (همه ۱ آمپر) و اتصال زمین (مشکی) را در اختیار کاربر قرار می دهد، که خروجیهای آن در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار محافظت شده اند.

توجه: اتصال زمین سیگنال ژنراتور با اتصال زمین منبع تغذیه مشترک است.

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. بخشهای مختلف آن به شرح زیر می باشد،

(۳) - ولوم های تنظیم دامنه، سطح سیگنال و فرکانس خروجی همراه با ولوم تنظیم دقیق برای هر یک،

(۴) - موج خروجی برای سیگنال ژنراتور (قرمز)،

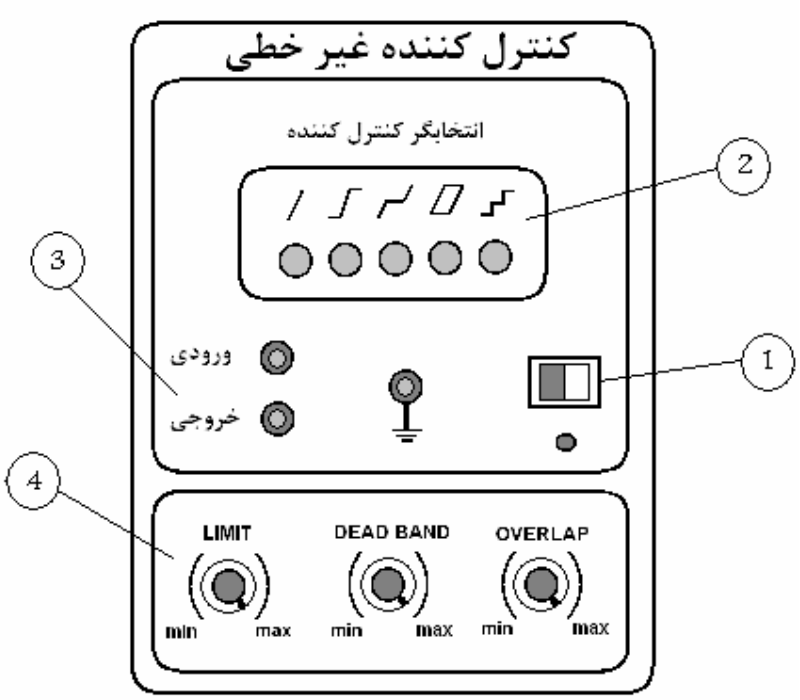
(۵) - کلیدهای انتخابگر شکل موج (مربعی - مثلثی - سینوسی)،

(۶) - کلیدهای انتخابگر محدوده فرکانسی،

۳-۲- اجزاء تابلوی دوم

۳-۲-۱- 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. نمای کلی این بخش بشکل زیر است،



(۱) - کلید روشن- خاموش، برای اتصال برق این بخش باید آن را روشن نمود،

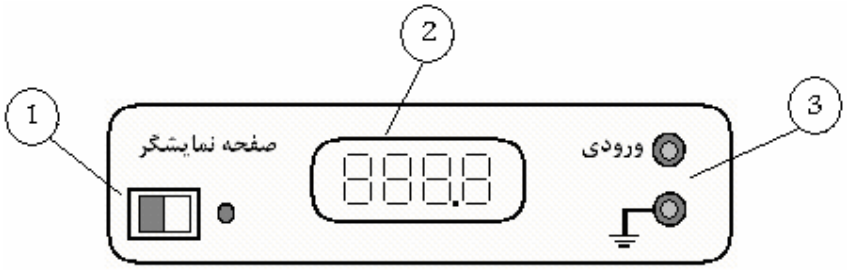
(۲) - کلیدهای انتخابگر، با این کلیدها می توان نوع خصوصیت غیرخطی مورد نظر را انتخاب نمود،

(۳) - اتصالها، شامل سه اتصال یک ورودی(آبی)، یک خروجی(قرمز) و اتصال زمین(مشکی) می باشد،

(۴) - ولوم های تنظیم، در این قسمت سه ولوم تنظیم برای خصوصیات غیر خطی وجود دارد.

۳-۲-۲- بخش ولت متر دیجیتال

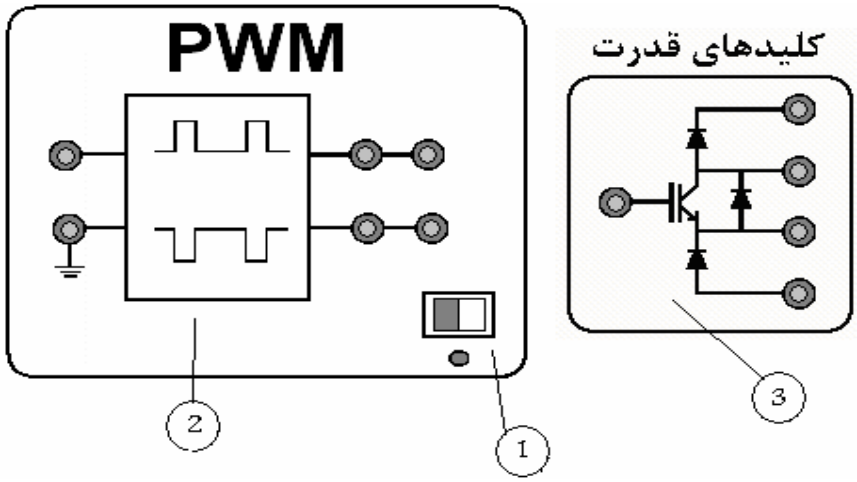
این بخش برای اندازه گیری ولتاژهای DC در محدوده ۱۹۹,۹- تا ۱۹۹,۹+ ولت طراحی شده است و به منظور جلوگیری از اثر نویز تغذیه جداگانه ای برای آن در نظر گرفته شده است. نمای کلی این بخش بشکل زیر است،



(۱) - کلید روشن- خاموش، برای اتصال برق این بخش باید آن را روشن نمود،
(۲) - نمایشگر دیجیتال، شامل چهار عدد 7segment جهت نمایش ولتاژ مورد نظر می باشد،
(۳) - اتصالها، اتصال ورودی(آبی) و اتصال زمین(مشکی).

۳-۲-۳- بخش مولد سیگنال PWM و کلیدهای قدرت (IGBT)

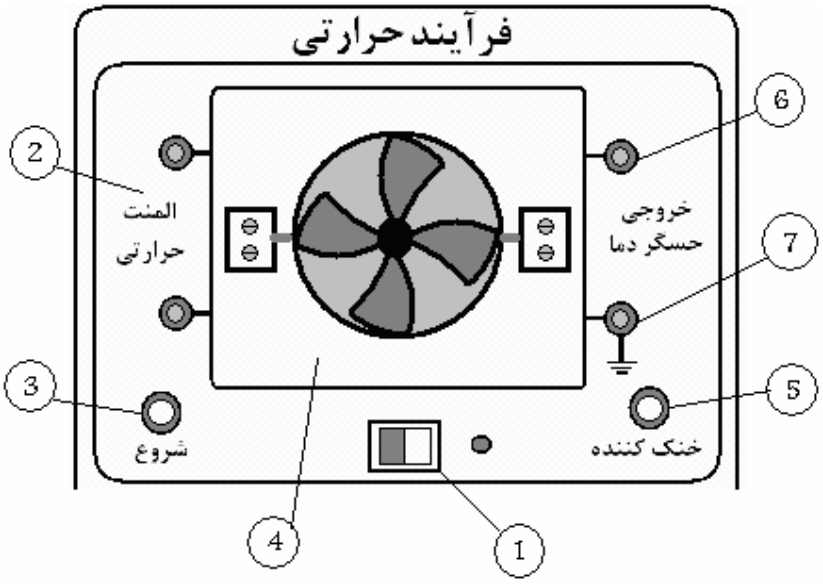
در این بخش شش عدد ترانزیستور قدرت در نظر گرفته شده است که از آنها می توان به عنوان کلیدهای قطع و وصل برای راه اندازی بارهای مختلف استفاده کرد و بخش مولد سیگنال PWM در حقیقت برای راه اندازی و کلیدزنی ترانزیستورهای قدرت بکار می رود. خروجی این بخش یک موج مربعی است که DUTY CYCLE آن با تغییر سطح ولتاژ ورودی قابل تنظیم می باشد، 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. از جمله ویژگیهای این بخش، ایزوله بودن تغذیه بخش قدرتی از بخش سیگنال، که در امر کاهش نویز نقش مهمی دارد و وجود دیودهای هرزگرد بین پایه ها برای حفاظت ترانزیستور قدرت می باشد. نمای کلی این بخش بشکل زیر است،



(۱) - کلید روشن- خاموش، برای اتصال برق این بخش باید آن را روشن نمود،
(۲) - اتصالهای بخش PWM، اتصال ورودی(آبی)، اتصال زمین(مشکی)، خروجی مثبت(قرمز) و خروجی منفی(زرد)،
(۳) - اتصالهای بخش کلیدهای قدرت، اتصال گیت(آبی)، اتصال دیود هرزگرد بالایی(زرد)، اتصال کلکتور(قرمز)، اتصال امیتر(مشکی) و اتصال دیود هرزگرد پایین(سبز)

۳-۲-۴- بخش آموزنده فرایند حرارتی

بخش فرایند حرارتی شامل یک سیم المنت، حسگر دما $(1V/10^{\circ})$ و یک پنکه جهت سرمایش سیستم همراه با اتصالهای لازمه می باشد، که نمای کلی آن در شکل زیر نشان داده شده است،



(۱) - کلید روشن- خاموش، برای اتصال برق این بخش باید آن را روشن نمود،

(۲) - اتصالهای المنت حرارتی، اتصال دو سر المنت حرارتی می باشد(سبز)،

(۳) - کلید شروع، که یک سوئیچ برای اتصال رله حفاظتی می باشد(قرمز)، که در صورت عمل کردن رله حفاظتی (در دمای ۸۵ درجه سلسیوس) و یا قطع ولتاژ تغذیه، قطع می شود و برای شروع کار باید مجدداً فشرده شود.

(۴) - بخش فرآیند حرارتی، در این بخش المنت حرارتی، حسگر دما و پنکه خنک کننده قرار دارند،

(۵) - کلید خنک کننده، که یک کلید روشن- خاموش می باشد و برای روشن نمودن قسمت سرمایشی مدار استفاده می شود(سبز)،

(۶) و (۷) - اتصالهای خروجی، خروجی حسگر دما(قرمز) که به ازای هر یک درجه سانتیگراد دما، ۰٫۱ ولت خروجی نشان می دهد و اتصال زمین(مشکی).

هدف این بخش پس از شناسایی مدل سیستم، کنترل دمای یک فرایند حرارتی به صورت حلقه بسته است. برای این منظور از کلیدهای قدرت جهت تامین جریان مورد نیاز برای گرم شدن المنت و از بخش PWM به منظور عمل کلیدزنی و تحریک ترانزیستور قدرت استفاده می شود، که شرح آنها پیشتر در بخش ۳-۲-۳ آورده شده است. 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.

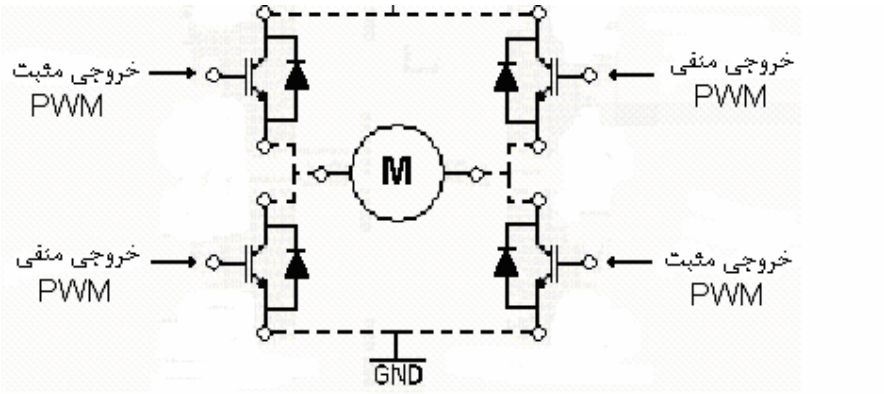
۳-۲-۵- بخش آموزنده سرو موتور DC

مجموعه آزمایشگاهی سرو موتور به منظور آشنا کردن دانشجویان با مفاهیم مقدماتی و پیشرفته در کنترل خطی سیستمها، طراحی و ساخته شده، بخش سرو موتور DC از اجزای زیر تشکلیل شده است،

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.

شکل

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



که برای این منظور، چهار عدد از کلیدهای قدرت موجود بر روی تابلوی دوم و بخش PWM برای کلیدزنی استفاده می شود.