



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش الکترونیک

عنوان

طراحی و ساخت مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

(بخش اول)

استاد راهنما

دکتر عباس غایب لو

نگارش

مریم حسنی

پاییز ۹۵

چکیده

در این پروژه به طراحی و ساخت بخش اول مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی که شامل

ماژول اصلی (قدرت و کنترل) و ماژول یکسوساز است، پرداخته می‌شود. در طراحی این پروژه سعی شده

است قالب آموزشی به صورت مناسب رعایت گردد. در ماژول یکسوساز سوئیچ‌ها طوری چیده شده است

که دانشجو قادر به انجام کلیه آزمایش‌های یکسوسازی تمام دیودی، تمام تریستوری و نیمه تریستوری

تک فاز و سه فاز باشد. برای برآورده شدن این اهداف ابتدا به طراحی پنل‌های دستگاه و آماده‌سازی آن‌ها

و جعبه‌های مخصوص به آن‌ها پرداخته شده است. سپس طراحی بوردهای الکترونیکی و تهیه مدارچاپی

آن‌ها و مونتاژ قطعات روی آن‌ها انجام شده است. در پایان پنل‌ها، بوردها، ترانس‌ها و تمامی ملحقات

روی جعبه‌ها نصب و دستگاه تست شده است.

واژه‌های کلیدی:

آزمایشگاه الکترونیک صنعتی، یکسوسازی، ماژول، پنل، بورد الکترونیکی، آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی

آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق

آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق

پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق

برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق

دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان

زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان، دانشکده مهندسی، آزمایشگاه پروژه برق، دانشگاه زنجان

۱	مقدمه	۱
۲	کلیاتی درباره‌ی مدارهای یکسوکننده در الکترونیک قدرت	۴
۱.۲	مفهوم الکترونیک قدرت [۵]	۵
۲.۲	عناصر نیمه هادی قدرت	۵
۱.۲.۲	دیودهای قدرت [۴]	۶
۱.۱.۲.۲	انواع دیودهای قدرت [۴]	۶
۲.۲.۲	تریستورها	۷
۱.۲.۲.۲	انواع تریستورها [۴]	۸
۲.۲.۲.۲	حفاظت تریستور با مدار استایر [۶]	۹
۳.۲.۲.۲	مدارهای آتش تریستورها [۵]	۱۱
۳.۲	انواع مبدل‌های الکترونیک قدرت [۵]	۱۲
۴.۲	یکسوسازهای دیودی [۴]	۱۲
۱.۴.۲	یکسوسازهای دیودی تک‌فاز	۱۳
۱.۱.۴.۲	یکسوسازهای دیودی نیم‌موج تک‌فاز [۵]	۱۳
۲.۱.۴.۲	یکسوسازهای دیودی تمام‌موج تک‌فاز [۴]	۱۴
۲.۴.۲	مبدل‌های سه فاز دیودی	۱۶
۱.۲.۴.۲	یکسوساز سه فاز نیم‌موج	۱۶
۲.۲.۴.۲	یکسوساز سه فاز تمام‌موج پل	۱۷
۵.۲	یکسوسازهای کنترل شونده [۴]	۱۸
۱.۵.۲	مدار نیم‌موج تک فاز [۵]	۱۹
۲.۵.۲	مبدل‌های تمام‌موج تک‌فاز [۵]	۲۰
۱.۲.۵.۲	یکسوساز تمام‌موج تمام کنترل شده با ترانس سر وسطدار [۵]	۲۰
۲.۲.۵.۲	یکسوساز تمام‌موج پل تمام کنترل شده [۴]	۲۱
۳.۵.۲	مدارهای تریستوری سه فاز	۲۲
۱.۳.۵.۲	یکسوساز نیم‌موج سه فاز تمام کنترل شده	۲۲
۲.۳.۵.۲	یکسوساز تمام موج پل سه فاز تمام کنترل شده [۴]	۲۲
۳	معرفی دو نمونه مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی	۲۴
۱.۳	مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی شرکت تجهیزات ابزار آزما [۷]	۲۵
۱.۱.۳	مدل I.E-100 (پایه)	۲۵
۲.۱.۳	معرفی ماژول‌ها	۲۷
۱.۲.۱.۳	ترانسفورماتور پالس	۲۷
۲.۲.۱.۳	منبع تغذیه سه فاز AC	۲۸
۳.۲.۱.۳	پالس سنکرون ساز سه فاز	۲۹

۳۰	ماژول ایتوکوپلر	۴.۲.۱.۳
۳۱	یکسوساز سه فاز	۵.۲.۱.۳
۳۲	ماژول اتصالات پل سه فاز	۶.۲.۱.۳
۳۳	سوئیچ تریستور	۷.۲.۱.۳
۳۴	سوئیچ دیود	۸.۲.۱.۳
۳۵	ماژول خازن های AC	۹.۲.۱.۳
۳۶	ماژول خازن های DC	۱۰.۲.۱.۳
۳۷	ماژول مقاومت	۱۱.۲.۱.۳
۳۸	ماژول سلف	۱۲.۲.۱.۳
۳۹	مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی شرکت مهندسی مطالعاتی نوسان پرداز [۸]	۲.۳
۳۹	معرفی ماژول ها	۱.۲.۳
۳۹	ماژول آموزنده یکسوساز دیودی	۱.۱.۲.۳
۴۰	ماژول آموزنده تریستور	۲.۱.۲.۳
۴۱	ماژول تولیدکننده PWM	۳.۱.۲.۳
۴۲	ماژول Isolator & Driver	۴.۱.۲.۳
۴۴	ماژول بار اهمی متغیر VRM	۵.۱.۲.۳
۴۵	ماژول بار خازنی متغیر VCM	۶.۱.۲.۳
۴۶	ماژول بار سلفی متغیر VLM	۷.۱.۲.۳
۴۸	۴ شرح دستگاه ساخته شده	
۴۹	پنل های دستگاه ساخته شده	۱.۴
۴۹	پنل ماژول کنترل و قدرت	۱.۱.۴
۵۱	پنل ماژول دیود و تریستور	۲.۱.۴
۵۲	جعبه و نحوه مونتاژ دستگاه ساخته شده	۲.۴
۵۲	جعبه و نحوه مونتاژ ماژول کنترل و قدرت	۱.۲.۴
۵۵	جعبه و نحوه مونتاژ ماژول دیود و تریستور	۲.۲.۴
۵۶	بوردهای الکترونیکی دستگاه ساخته شده	۳.۴
۵۷	برد میکرو	۱.۳.۴
۵۸	میکروکنترلر	۱.۱.۳.۴
۶۰	سخت افزار نمایشگر	۲.۱.۳.۴
۶۰	سخت افزار صفحه کلید	۳.۱.۳.۴
۶۱	سخت افزار تغذیه برد	۴.۱.۳.۴
۶۲	سخت افزار آشکارساز عبور از صفر	۵.۱.۳.۴
۶۳	سخت افزار حفاظت جریانی	۶.۱.۳.۴
۶۵	سخت افزار کانکتور ارتباطی بین برد میکرو و برد درایور	۷.۱.۳.۴
۶۵	سخت افزار جامپر	۸.۱.۳.۴
۶۶	برد درایور	۲.۳.۴
۶۷	سخت افزار درایو ایزوله یک سوئیچ	۱.۲.۳.۴

شکل ۱.۲	علامت تریستور و سه پیوند pn.....	۷
شکل ۲.۲	مشخصه V-I تریستور.....	۸
شکل ۳.۲	مدار اسنابر خاموش سازی، (ب) اسنابر روشن سازی.....	۱۰
شکل ۴.۲	مدار یکسوساز دیودی نیم موج تک فاز به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۱۴
شکل ۵.۲	مدار یکسوساز دیودی تمام موج تک فاز با ترانس سر وسط دار به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۱۵
شکل ۶.۲	مدار یکسوساز دیودی تمام موج تک فاز با پل دیودی به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۱۶
شکل ۷.۲	مدار یکسوساز دیودی نیم موج سه فاز به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۱۷
شکل ۸.۲	مدار یکسوساز دیودی تمام موج پل سه فاز به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۱۸
شکل ۹.۲	مدار یکسوساز تریستوری نیم موج تک فاز به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۱۹
شکل ۱۰.۲	مدار یکسوساز تریستوری تمام موج تک فاز با ترانس سر وسط دار به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۲۰
شکل ۱۱.۲	مدار یکسوساز تریستوری تمام موج تک فاز پل به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۲۱
شکل ۱۲.۲	مدار یکسوساز تریستوری نیم موج سه فاز به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۲۲
شکل ۱۳.۲	مدار یکسوساز تریستوری تمام موج پل سه فاز به همراه شکل موج های ورودی و خروجی.....	۲۳
شکل ۳،۱	مدل I.E-100 (پایه).....	۲۶
شکل ۲.۳	ترانسفورماتور پالس.....	۲۸
شکل ۳.۳	منبع تغذیه سه فاز AC.....	۲۹
شکل ۴.۳	پالس سنکرون ساز سه فاز.....	۳۰
شکل ۵.۳	ماژول اپتوکوپلر.....	۳۱
شکل ۶.۳	یکسوساز شش پالسه همراه با خازن فیلتر.....	۳۲
شکل ۷.۳	ماژول اتصالات پل سه فاز.....	۳۳
شکل ۸.۳	سوئیچ تریستور.....	۳۴
شکل ۹.۳	سوئیچ دیود.....	۳۵
شکل ۱۰.۳	ماژول خازن های AC.....	۳۶
شکل ۱۱.۳	ماژول خازن های DC.....	۳۷
شکل ۱۲.۳	ماژول مقاومت.....	۳۸
شکل ۱۳.۳	ماژول سلف.....	۳۹
شکل ۱۴.۳	ماژول یکسوساز دیودی.....	۴۰
شکل ۱۵.۳	ماژول آموزنده تریستور.....	۴۱

شکل ۱۶.۳	ماژول تولیدکننده PWM	۴۲
شکل ۱۷.۳	Isolator & Driver	۴۳
شکل ۱۸.۳	ماژول بار اهمی متغیر VRM	۴۴
شکل ۱۹.۳	ماژول بار خازنی متغیر VCM	۴۵
شکل ۲۰.۳	ماژول بار سلفی متغیر VLM	۴۶
شکل ۱.۴	قسمت‌های مختلف پنل کنترل و قدرت	۵۰
شکل ۲.۴	قسمت‌های مختلف پنل دیود و تریستور	۵۱
شکل ۳.۴	نمای بیرونی ماژول کنترل و قدرت	۵۲
شکل ۴.۴	نمای داخلی جعبه ماژول کنترل و قدرت	۵۴
شکل ۵.۴	نمای بیرونی ماژول دیود و تریستور	۵۵
شکل ۶.۴	نمای داخلی ماژول دیود و تریستور	۵۶
شکل ۷.۴	برد میکرو از نمای بالا	۵۷
شکل ۸.۴	برد میکرو از نمای پایین	۵۸
شکل ۹.۴	شماتیک سخت افزار مربوط به میکروکنترلر Atmega128a	۵۹
شکل ۱۰.۴	شماتیک سخت افزار LCD	۶۰
شکل ۱۱.۴	شماتیک سخت افزار صفحه کلید	۶۱
شکل ۱۲.۴	شماتیک سخت افزار تغذیه مدار	۶۱
شکل ۱۳.۴	شماتیک سخت افزار آشکارساز عبور از صفر	۶۳
شکل ۱۴.۴	شماتیک سخت افزار حفاظت جریانی	۶۴
شکل ۱۵.۴	شماتیک سخت افزار کانکتور ارتباطی بین برد میکرو و برد درایور	۶۵
شکل ۱۶.۴	شماتیک سخت افزار جامپر	۶۵
شکل ۱۷.۴	برد درایور از نمای بالا	۶۶
شکل ۱۸.۴	برد درایور از نمای پایین	۶۷
شکل ۱۹.۴	شماتیک سخت افزار درایو ایزوله یک سوئیچ	۶۸
شکل ۲۰.۴	فلوچارت کلی کد دستگاه	۷۰

مقدمه

پایان نامه کارشناسی



با توجه به اهمیت تبدیل انرژی به خصوص از شکل‌های الکتریکی، مغناطیسی و مکانیکی به یکدیگر، محصولات الکترونیک قدرت و ماشین‌های الکتریکی طراحی و ساخته شده‌اند. از جمله این تجهیزات می‌توان به آموزنده‌های آزمایشگاه الکترونیک صنعتی، الکترونیک قدرت، آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی و ماشین مخصوص اشاره نمود. [۱]

هدف از آموزنده آزمایشگاه الکترونیک صنعتی آشنایی با المان‌های قدرت و نحوه عملکرد این المان‌ها برای کنترل، یکسوسازی و فرمان در سیستم‌های صنعتی است.

برخی از سرفصل‌های آموزشی در آزمایشگاه الکترونیک صنعتی به شرح زیر می‌باشد: [۲]

۱. بررسی انواع یکسوسازها، شکل موج‌های خروجی و نحوه محاسبه پارامترهای خروجی در یکسوسازها مانند ولتاژ موثر، ولتاژ متوسط و توان خروجی یکسوسازهای تک‌فاز، دو فاز و چندفاز.

۲. بررسی نحوه عملکرد المان‌های کنترل‌شونده مانند SCR، TRIAC و... با کنترل زاویه آتش و کنترل توان موثر خروجی و بار

۳. بررسی عملکرد المان‌های الکترونیک صنعتی مانند UJT به عنوان عناصر قدرت مانند SCR

۴. بررسی شکل موج‌های خروجی و تاثیر انواع بارها در تغییر شکل موج خروجی یکسوسازها (بار اهمی، اهمی سلفی، اهمی خازنی و...)

۵. استفاده از المان‌های الکترونیک صنعتی برای ساخت مدارهای کاربردی مانند دیمر، نوسان‌سازهای قدرت و...

امروزه مجموعه‌های آموزشی مختلفی برای آزمایشگاه الکترونیک صنعتی ساخته شده‌اند. این سیستم‌های آموزشی مجموعه‌هایی کامل جهت آموزش مباحث الکترونیک صنعتی، کنترل خطوط AC در توان

های بالا و بررسی عملکرد قطعات الکترونیک قدرت می‌باشد که بر اساس سرفصل آزمایشگاه الکترونیک صنعتی طراحی و ساخته شده‌اند.

¹ Silicon controlled rectifier

در این مجموعه‌های آموزشی به بررسی نحوه عملکرد، منحنی‌های مشخصه و مدارهای کاربردی قطعات الکترونیک صنعتی نظیر ترایستور، دیاک، تریاک، UJT، MOSfet، IGBT، put پرداخته می‌شود. یکسوساز، اینورتر، چاپر، سیکلکانورتر و مدارهای تولیدکننده و کنترل کننده زاویه آتش از مهم‌ترین قسمت‌های این مجموعه‌های آموزشی می‌باشند. [۳]

هدف از این پایان‌نامه طراحی و ساخت بخش اول مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی جهت آزمایش‌های یکسوسازی است. طبق تحقیقات میدانی انجام شده مجموعه‌های آموزشی شرکت تجهیزات ابزار آزما و شرکت مهندسی مطالعاتی نوسان پرداز دارای اطلاعات مفید و قابل ذکر می‌باشند. بنابراین سعی شده است، دستگاه ساخته شده اکثر توابع عملکردی قسمت‌های یکسوسازی این مجموعه‌های آموزشی را داشته باشد.

در فصل دوم این پایان‌نامه ابتدا به شرح کلیاتی درباره مفهوم الکترونیک قدرت و همچنین دیودهای قدرت و تریستورها و یکسوسازهای دیودی و تریستوری و شکل موج‌های خروجی آن‌ها که قرار است دانشجو در انتهای آزمایش‌ها به آن‌ها برسد، می‌پردازیم. سپس در فصل سوم دو نمونه از مجموعه‌های آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی مربوط به شرکت تجهیزات ابزار آزما و شرکت مهندسی مطالعاتی نوسان پرداز که برای مشابه سازی در این پروژه انتخاب شده‌اند، به صورت تفصیلی معرفی می‌گردند. در فصل چهارم نیز به ترتیب به شرح سخت‌افزار و نرم‌افزار طراحی شده برای نمونه ساخته شده که شماره مدل ZnuD&TM-01 و ZnuP&CM-01 برای آن انتخاب شده است، پرداخته خواهد شد. به‌منظور تکمیل ساختار پایان‌نامه و گزارش نهایی در فصل پنجم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه شده است. در انتها نیز مراجع استفاده شده ذکر شده است.

کلیاتی درباره‌ی مدارهای یکسوکننده در الکترونیک قدرت

در این فصل به کلیاتی درباره مفهوم الکترونیک قدرت، دیودهای قدرت، تریستورها و یکسوسازهای

۱.۲ مفهوم الکترونیک قدرت [۵]

بخشی از الکترونیک قدرت متعلق به مهندسی قدرت و بخش دیگر متعلق به مهندسی الکترونیک است.

مهندسی قدرت به طور کلی با تولید، انتقال، توزیع و کاربرد انرژی الکتریکی سروکار دارد. از طرف دیگر آزمایشگاه پروژه مهندسی الکترونیک در مورد تولید، انتقال و دریافت بدون اغتشاش داده‌ها و سیگنال‌های توان پایین در

حدود وات یا میلی وات بحث می‌کند. همچنین در مهندسی قدرت به بازده سیستم‌ها نسبت به مهندسی

الکترونیک قدرت مبحثی است که به کاربردهای مفاهیم الکترونیک در سطوح مختلف توان به جای

سطوح مختلف سیگنال می‌پردازد و با دستگاه‌ها و تجهیزاتی سروکار دارد که مقادیر نامی آن‌ها به جای دامنه سیگنال برحسب سطوح توان تعریف می‌شود. برای مثال می‌توان به کلیدهای نیمه هادی قدرت

مانند تریستورها اشاره کرد که بر پایه مبانی الکترونیک (حرکت حفره‌ها و الکترون‌ها) کار می‌کنند و

دارای نام قدرت به منظور مشخص شدن توان بالایشان می‌باشند.

۲.۲ عناصر نیمه هادی قدرت

این قطعات به طور کلی سه دسته اند: (۱) دیودهای قدرت، (۲) ترانزیستورها و (۳) تریستورها. دیودها

تنها از یک پیوند pn ساخته می‌شوند اما ترانزیستورها دو پیوند pn دارند و تریستورها نیز سه پیوند pn

دارند. [۴]

بر اساس مشخصه‌های خاموش و روشن شدن و لازمه‌های سیگنال گیت می‌توان گفت: (۱) دیودها:

دیودها ابزار یکسوسازی غیرقابل کنترل می‌باشند و وضعیت‌های خاموش و روشن آن‌ها توسط منبع

تغذیه کنترل می‌شود. (۲) تریستورها: روشن شدن تریستورها به وسیله یک سیگنال گیت کنترل می‌گردد. این ابزار بعد از روشن شدن با توجه به عمل باز زایشی درونی در همین حالت باقی می‌ماند. [۵]

۱.۲.۲ دیودهای قدرت [۴]

دیودهای قدرت نقش مهمی در مدارهای الکترونیک قدرت برای تبدیل توان الکتریکی ایفا می‌نمایند. دیود به عنوان کلیدی عمل می‌کند که در کاربردهای مختلفی از قبیل کلیدهای یکسوساز، عمل هرزگردی در رگولاتورهای کلیدزنی، معکوس‌سازی بار خازن و انتقال انرژی مابین اجزاء، جداسازی ولتاژ، فیدبک انرژی از بار به منبع و آزادسازی انرژی ذخیره شده استفاده می‌شود.

در بیشتر کاربردها، دیودهای قدرت را می‌توان به صورت یک کلید ایده آل در نظر گرفت، اما دیودهای واقعی با مشخصه‌های ایده آل مطابقت ندارند و محدودیت‌های خاصی دارند. دیودهای قدرت مشابه دیودهای سیگنال دارای پیوند p-n هستند، ولی دیودهای قدرت توانایی کار با جریان، ولتاژ و توان بالاتری را نسبت به دیودهای سیگنال معمولی دارند. پاسخ فرکانسی (یا سرعت کلیدزنی) آن‌ها در مقایسه با دیودهای سیگنال محدودتر است.

۱.۱.۲.۲ انواع دیودهای قدرت [۴]

بسته به مشخصه‌های بازیابی و روش‌های ساخت، دیودهای قدرت را به سه گروه می‌توان تقسیم کرد:

۱. دیودهای استاندارد یا همه منظوره: تا مقادیر نامی $6000V$ و $4500A$ موجود هستند.

۲. دیودهای بازیابی سریع: مقادیر نامی این دیودها تا $6000V$ و $1100A$ می‌رسد و برای کلیدزنی

فرکانس بالای مبدل‌های قدرت به کار می‌روند.

۳. دیودهای شاتکی: ولتاژ حالت روشن کم و زمان بازیابی بسیار کمی در حد نانو ثانیه دارند و دامنه

کاربرد آن‌ها به $100V$ و $300A$ محدود می‌گردد.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

منابع و مراجع

- [۱] شرکت تجهیزات ابزار آتما؛ محصولات آزمایشگاهی الکترونیک قدرت و ماشین‌های الکتریکی؛ آدرس: <http://abzarazma.ir> اینترنتی:
- [۲] آموزشکده فنی و حرفه‌ای سما گرمسار؛ معرفی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی؛ آدرس اینترنتی: <http://www.samagarmsar.ac.ir>
- [۳] کاتالوگ محصولات شرکت رایان نیک.
- [۴] رشید، محمد؛ (مترجمان) سیدابراهیم افجه‌ای، علیرضا سیادتان؛ الکترونیک قدرت (مدارها، عناصر و کاربردها)؛ انتشارات نیاز دانش، تهران، ویراست چهارم، ۱۳۹۳.
- [۵] بیم بهارا، پی.اس؛ (مترجمان) سیدمحمدرضا موسوی تقی‌آبادی، احسان فنودی؛ الکترونیک صنعتی، انتشارات نما و جهان فردا، مشهد، ۱۳۸۸.
- [۶] یزدانی، محمدروح‌اله؛ نوری، نرگس؛ اسماعیلی، راضیه؛ "کاهش نویز در مبدل سوئیچینگ فلای بک به کمک عملکرد لابه‌لا و اسنابر RCD"، اولین کنفرانس ملی ایده‌های نو در مهندسی برق، ۱۶ و ۱۷ آذرماه ۱۳۹۱ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان - اصفهان.
- [۷] کاتالوگ محصولات شرکت ابزار آزما.
- [۸] کاتالوگ محصولات شرکت مهندسی مطالعاتی نوسان پرداز.
- [۹] دیتاشیت ATmega128a.
- [۱۰] بانک مقالات مهندسی برق؛ مقاله "دیمر دیجیتالی توسط میکروکنترلر ATmega8"؛ آدرس اینترنتی: <http://ewa.ir>
- [۱۱] دیتاشیت ACS712.