بسمه تعالی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مکاترونیک

طراحی و پیاده سازی کنترل کننده آزادی با DSP در یک فرآیند آزمایشگاهی

استاد راهنما:

دکتر ساسان آزادی

دانشجو :

اشکان آقائی

زمستان ۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای اشکان آقائی پایان نامه شش واحدی خود را با عنوان: "طراحی و پیاده سازی کنترل کننده آزادی با DSP در یک فرآیند آزمایشگاهی" در تاریخ ۸-۱۱-۹۱ ارائه کردند.

اعضای هیأت داوران نسخه نهائی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده است و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر ساسان آزادی		
۲- استاد داور	دکتر مجتبی احمدیه		
۳- استاد داور	دکتر پرویز کشاورزی		

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پروژه کارشناسی ارشد مکاترونیک

طراحی و پیاده سازی کنترل کننده آزادی با DSP در یک فرآیند آزمایشگاهی

استاد راهنما:

دکتر ساسان آزادی

دانشجو :

اشکان آقائی

۸۹۱۱۱۱۷۰۰۱

زمستان ۹۱

تقدیم به:

تمامی علاقه مندان به علم کنترل

تشکر و قدردانی :

خداوند را سپاس می گویم که این علم و قدرت را به من داد تا بتوانم این پروژه را به سرانجام برسانم و امیدوارم که این حرکت سرآغازی باشد برای انجام پروژها و تحقیقات بیشتر تا شاید گوشه ای هر چند کوچک از وظیفه ام را نسبت به پیشرفت و آبادانی وطنم ، ادا کرده باشم .

در اینجا برخود لازم می دانم ، از استاد ارجمند جناب آقای دکتر ساسان آزادی که راهنمایی ها و نظارت صبورانه و دلسوزانه ایشان راهگشای بسیاری از امور بود و همچنین دوست عزیزم جناب آقای مهندس رضا شفیقی که در بسیاری از مقاطع یاری کننده من بودند و جناب آقای مهندسی هاشمی که با مشاورات خود راه گشای بعضی از امور بودند، صمیمانه قدردانی و تشکر می نمایم .

چکیده :

این پایان نامه با ساخت یک سیستم HMI با استفاده از پردازنده پر سرعت DSP و آزمایش آن در فرآیند آزمایشگاهی، به بررسی یک کنترل کننده تطبیقی جدید به نام کنترل کننده آزادی پرداخته است. طراح این کنترل کننده با الهام از پتانسیل الکتریکی ایجاد شده (action potential) توسط سلول های عصبی و بهره گیری از مدل سازی ریاضی این کنترل کننده را معرفی کرده است. کنترل کننده آزادی در شرایط دشوار و برای همه سیستمهای با دینامیک بسیار متغیر کارایی داشته و جایگزینی مناسب برای انواع کنترل کننده های زمان حاضر می باشد.

به طور کلی سخت افزار پروژه از دو بخش کلی تشکیل شده است. ۱- بخش HMI ۲- بخش پردازنده اصلی و نرم افزار این پروژه در چهار فاز و در حدود یک هزار ساعت نوشته شده است و روی هم رفته بالغ بر بیست هزار خط و شامل ۸۴ تابع می باشد که این خود حجم بالای کار صورت پذیرفته را نشان می دهد. فاز اول مربوط به C6416 DSK که در نرم افزار CCS v5 نوشته شده است. فاز دوم مربوط به میکروکنترلر ATmega128 اول که جهت راه اندازی HMI استفاده شده است، در نرم افزار CodeVision نوشته شده است. فاز سوم مربوط به میکروکنترلر ATmega128 دوم که برای ارتباط موازی با DSP درنظر گرفته شده است می باشد. فاز چهارم مربوط به ارتباط سریال با نرم افزار متلب می باشد و در این نرم افزار نوشته شده است.

ساخت نرم افزاری و سخت افزاری این HMI بالغ بر دو هزار ساعت زمان برد. حجم بالای از برنامه نویسی جهت تسهیل هر چه بهتر کار کاربر با این HMI صورت پذیرفت. از طرف دیگر باید یادآور این موضوع شد که ساخت چنین دستگاهی با هدف اثبات شبیه سازی های انجام شده در محیط واقعی می باشد تا بتوان قدرتمندی کنترل کننده آزادی را به اثبات رساند.

با این پایان نامه دو مقاله در دو مجله معتبر علمی به چاپ رسیده است که یکی از آنها ISI می باشد و یک مقاله دیگر نیز در خصوص نتایج عملی آماده برای چاپ می باشد.

کلید واژه:

کنترل کننده آزادی – پردازنده DSP – کنترل تطبیقی – فیدبک مثبت – ساخت HMI

مقدمه :

علم کنترل هر روز شاهد وقایع جدیدی است. روز به روز بر دانش بشر در این حیطه افزوده می شود و کنترل کننده های جدیدتر با قابلیت های بهتر معرفی می شوند. اما بر هیچ کس پوشیده نیست بهینه ترین کنترل کننده ها در بدن خود ما قرار دارد. طراح کنترل کننده آزادی با زیرکی خاصی با الهام از پتانسیل الکتریکی ایجاد شده (action potential) توسط سلول های عصبی و بهره گیری از مدل سازی ریاضی کنترل کننده تطبقی جدیدی را با عنوان کنترل کننده آزادی را معرفی کرده است. این کنترل کننده در شرایط دشوار و برای همه سیستمهای با دینامیک بسیار متغیر کارایی داشته و جایگزینی مناسب برای انواع کنترل کننده های زمان حاضر می باشد.

این پایان نامه از شش فصل تشکیل شده است. در فصل اول ابتدا در مورد اصول کار و نحوه طراحی کنترل کننده آزادی صبحت می شود سپس در فصل بعد با پردازنده های DSP آشنا می شویم. در فصل سوم بعد از سپری کردن مراحل مقدماتی بالا ابتدا سخت افزار پروژه را مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهیم و به بررسی اجمالی روتین برنامه خواهیم پرداخت و نهایتا با صفحات مختلف HMI از دید کاربر آشنا می شویم. در فصل چهارم نتایج حاصل از آزمایش انجام شده در یک فرآیند آزمایشگاهی مطرح خواهد شد. در فصول بعدی به کارهای دیگر و طرح یک بحث و نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد می پردازیم. در انتهای کتابچه مراجع، ضمائم و اطلاعات مورد نیاز قرار گرفته است.

مطالعه این پایان نامه به دانشجویانی که نیاز به کار با DSP و ساخت HMI دارند توصیه می شود.

فهرست مطالب

طراحی و پیاده سازی کنترل کننده آزادی با DSP در یک فرآیند آزمایشگاهی ۰

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد ۲

تشکر و قدردانی : ۵

چکیده : ۶

مقدمه : ۷

فرهنگ اصلاحات و اختصارات ۱۶

نرم افزارهای مورد استفاده ۱۸

۱- آشنایی با کنترل کننده آزادی ۲۰

۱-۱- معرفی کنترل کننده ۲۰

۱-۲- مدل کنترل کننده ۲۱

۱-۳- پایداری سیستم با کنترل کننده تطبیقی ۲۳

۱-۴- طراحی سیستماتیک کنترل کننده ۲۵

۲- آشنایی با پردازنده هایDSP ۲۸

۲-۱- مقدمه ۲۸

۲-۲- مشخصات عمومی پردازشگرهای DSP ۲۸

۲-۳- واحد MAC ۲۹

۲-۴- دسترسی موثر به حافظه ۳۰

۲-۵- واحدهای اجرایی مستقل از هم ۳۱

۲-۶- نمایش داده و دقت نمایش ۳۱

۲-۷- حلقه های بدون بالاسری ۳۱

۲-۸- اجزاء جانبی ۳۲

۲-۹- دستورالعمل های خاص ۳۲

۲-۱۰- بهبود کارایی پردازنده های DSP معمولی ۳۲

۲-۱۱- ساختار SIMD ۳۴
۲-۱۲- چرا نیاز به پردازنده های DSP احساس گردید؟ ۳۴
۲-۱۳- چندین نکته در خصوص پردازنده های DSP ۳۴
۲-۱۴- علت برتری پردازنده های DSP بر پردازنده های همه منظوره (General Purpose Processor ((GPP)) مانند Pentium ۳۵
۲-۱۵- پردازنده های DSP به چه درد می خورد؟ ۳۶
۲-۱۶- تقسیم بندی DSP های جدید Texas Instrument ۳۶
۲-۱۷- پردازنده های سری C6XXX ۳۷
۲-۱۷-۱- مشخصات کلی پردازنده های سری C6XXX ۳۸
۲-۱۷-۲- بخش های مختلف یک پردازنده DSP ۳۹
۲-۱۷-۳- معماری پردازنده های C6XXX ۳۹
۲-۱۷-٤- واحدهای کاری ٤١
۲-۱۷-٥- مسیر متقاطع در ستون های ثبات ها ٤٢
۲-۱۷-٦- مسیر بارگذاری و ذخیره کردن در حافظه ٤٢
۲-۱۷-۷- مسیرهای آدرس داده ٤٢
۲-۱۷-۸- حافظه در پردازنده های DSP ٤٢
۲-۱۷-۹- ساختار حافظه در پردازنده های C6XX ٤٢
۲-۱۷-۱۰- اجزاء جانبی پردازنده های سری TMS320C6XXX ٤٤
۲-۱۷-۱۱- مزایای سری C64XX ٤٦
۲-۱۸- روش های مختلف Load شدن برنامه در DSP ۴۷
۲-۱۸-۱- توسط نرم افزار Code Composer Studio (CCS) و یک سخت افزار به نام JTAG ٤٨
۲-۱۸-۲- برنامه نوشته شده توسط شرکت TI و کپی شده و در درون ROM داخلی ٤٨
۲-۱۹- تفاوت Big Endian و Little Endian در چیست؟ ۴۸
۲-۱۹-۱- Big Endian ٤٩
۲-۱۹-۲- Little Endian ٤٩
۲-۲۰- طول متغیرها در پردازنده های 6XXX ۴۹

۲-۲۱- مراحل کار با پردازنده های DSP ۵۰
۲-۲۲- کاربردهای پردازنده های DSP ۵۱
۳- بررسی سخت افزار و نرم افزار پروژه ۵۷
۳-۱- مروری بر دستگاه های مشابه ۵۷
۳-۲- بررسی سخت افزار پروژه ۵۷
۳-۲-۱- بخش HMI ۵۸
۳-۲-۲- بخش پردازنده اصلی ٦۲
۳-۲-۳- سخت افزار تطبیق ولتاژ جهت ارسال و دریافت از پلنت ۷۲
۳-۲-٤- منبع تغذیه ۷۳
۳-۲-۵- تولید کننده ولتاژ مرجع ۷۴
۳-۳- بررسی نرم افزار پروژه ۷۶
۳-۳-۱- برنامه C6416 DSK ۷٦
۳-۳-۲- برنامه ATmega128 راه انداز HMI ۷۸
۳-۳-۳- برنامه ATmega128 رابط C6416 DSK ۸۵
۳-۳-٤- برنامه ارتباطی با متلب ۸٦
۳-٤- آشنایی با دستگاه از دید کاربر ۸٦
۴- فرآیند مورد آزمایش و نتایج آن ۹۶
۴-۱- کنترل دما ۹۶
٤-۱-۱- آشنایی با فرآیند آزمایش ۹٦
٤-۱-۲- شبیه سازی آزمایش در متلب ۹۷
٤-۱-۳- فرآیند آزمایش ۹۹
۵- کارهای دیگر در راستای پایان نامه ۱۰۲
۵-۱- جعبه ابزار کنترل کننده آزادی در متلب ۱۰۲
۵-۲- بهینه سازی کنترل کننده آزادی با الگوریتم بهینه سازی فاخته ۱۰۳
۵-۳- مقایسه کنترل کننده آزادی با چندین کنترل کننده کلاسیک بهینه ۱۰۶

۵-۳-۱- مقایسه کنترل کننده آزادی با Modulus Hugging Optimization Method ۱۰۶
۵-۳-۲- مقایسه کنترل کننده آزادی با Symmetrical Optimum Method ۱۰۸
۵-۳-۳- مقایسه کنترل کننده آزادی با Ziegler–Nichols Tuning Method ۱۰۹
۵-۳-٤- مقایسه کنترل کننده آزادی با کنترل کننده Fuzzy PID ۱۱۰
۵-۴- فعالیت های آتی ۱۱۲
۶-۱- بحث ۱۱۴
۶-۲- نتیجه گیری ۱۱۵
۶-۳- پیشنهاد ۱۱۵
فعالیت های صورت پذیرفته در راستای پایان نامه : ۱۱۶
۸- ضمائم ۱۲۱
۸-۱- اطلاعات تکمیلی در خصوص پردازنده TMS320C6416 ۱۲۱
۸-۲- چندین صفحه از کاتالوگ پردازنده های DSP سری 6XXX ساخت شرکت TI ۱۲۸
۸-۳- اطلاعاتی ضروری در خصوص برنامه نویسی برای پردازنده های DSP ۱۳۶
۸-۴- اطلاعات تکمیلی و مورد نیاز در خصوص استارتر کیت C6416 DSK ۱۵۶
۸-۵- اطلاعات تکمیلی و مورد نیاز در خصوص مبدل آنالوگ به دیجیتال و دیجیتال به آنالوگ TLV320AIC23 ۱۶۴
۸-۶- اطلاعات تکمیلی در خصوص میکروکنترلر ATmega128 ۱۷۴
۸-۷- اطلاعات تکمیلی در خصوص المان Real-Time Clock ۱۹۲
۸-۸- اطلاعات تکمیلی در خصوص المان Touch Screen چهار سیمه ۱۹۵
۸-۹- اطلاعات تکمیلی در خصوص LCD مورد استفاده در این پروژه ۲۰۴
۸-۱۰- اطلاعات تکمیلی در خصوص مالتی پلکسر و دی مالتی پلکسر CD4051 ۲۱۷
۸-۱۱- اطلاعات تکمیلی در خصوص مبدل USB به serial UART ۲۲۱
۸-۱۲- اطلاعات تکمیلی در خصوص Compatible Serial EEPROM ۲۲۵
Abstract ۲۲۶

فهرست جداول

جدول ۱ : تاثیر سه ضریب$\propto 0$ و $\propto 1$ و $\propto 2$ در پاسخ سیستم ۲۵
جدول ۲: توصیف واحدهای کاری در پردازنده های TMS320C6XXX ۴۱
جدول ۳: طول متغیر ها در خانواده های 67XX ، 64XX و62XX ۴۹
جدول ۴: نگاشت حافظه در پردازنده TMS320C6416 ..... ۶۶
جدول ۵: تنظیم سوئیچ ها در C6416 DSK ۷۰
جدول ۶: ویژگی های پاسخ کنترل کننده آزادی و PID. ۹۹

فهرست اشکال

شکل ۱: سه نمونه پاسخ مختلف سیستم، پاسخ کند (Sluggish response)، پاسخ بهینه (نرخ پاسخ قابل قبول است)، و پاسخ خیلی سریع (نرخ خطا زیاد بوده، و ممکنست سبب بالازدگی و نوسانات شود) ۲۱
شکل ۲: بلوک دیاگرام کنترل کننده تطبیقی ۲۲
شکل ۳ : تابع f(v) بر حسب υ برای مقادیر دلخواه $\propto 2 = 10, \propto 1 = 20, \propto 0 = 1$ ۲۲
شکل ۴ :تابع f(v) برای سیستم پایدار G stable که می تواند مقدار منفی تا ۱- را برای پایداری داشته باشد ۲۴
شکل ۵ : تابعf(v) برای سیستم ناپایدار G unstable که نمی تواند مقدار منفی را برای پایداری داشته باشد ۲۴
شکل ۶ : ساختار معماری Harvard ۲۹
شکل ۷: سیستم پردازش سیگنال های دیجیتال (DSP) ۲۹
شکل ۸: بلوک های اصلی پردازنده بهبود یافته ۳۳
شکل ۹ : مقایسه نحوه انجام ضرب در میکروکنترلر و پردازنده های DSP ۳۵
شکل ۱۰ : مقایسه سرعت پردازنده های سری C6XXX ۳۸
شکل ۱۱: بلوک دیاگرام پردازنده های C6XXX ۴۰
شکل ۱۲: بلوک دیاگرام حافظه در پردازنده های سری C64X,C671X,C621X ۴۴
شکل ۱۳: بلوک دیاگرام حافظه در پردازنده های سری C620X,C670X ۴۴
شکل ۱۴ : کاربرد DSP در خودرو ۵۱
شکل ۱۵: کاربرد DSP در دوربین های دیجیتال ۵۲

شکل ۱۶ : Power Line Communication ۵۲
شکل ۱۷: مبدل های DC-DCیا چاپرها ۵۳
شکل ۱۸: سیستم های مبدل انرژی ۵۳
شکل ۱۹: منبع تغذیه ۵۴
شکل ۲۰: کاربرد DSP در درایور موتور ۵۴
شکل ۲۱ : کاربرد DSP در خانه های هوشمند ۵۵
شکل ۲۲: بلوک دیاگرام سخت افزار پروژه ۵۸
شکل ۲۳: ترکیب بسته بندی ATmega128 ..... ۶۰
شکل ۲۴: نقشه شماتیکی بلوک تنظیم کننده نور صفحه نمایش ۶۱
شکل ۲۵: نقشه شماتیکی مدار تنظیم Contrast صفحه نمایش ۶۱
شکل ۲۶: نقشه شماتیکی مدار Real Time Clock ۶۱
شکل ۲۷: نقشه شماتیکی مدار USB ۶۲
شکل ۲۸: مجموعه لغات پردازنده سری C64XX ۶۳
شکل ۲۹: واحدهای کاری پردازنده C6416 و اجزاء جانبی آن ۶۵
شکل ۳۰ : C6416 DSK ۶۸
شکل ۳۱ : C6416 DSK Block Diagram ۶۸
شکل ۳۲: نگاشت حافظه در C6416 DSK ۶۹
شکل ۳۳ : TLV320AIC23 ..... ۷۱
شکل ۳۴: بلوک دیاگرام TLV320AIC23 ..... ۷۲
شکل ۳۵: نقشه شماتیکی مدار تطبیق ولتاژ ورودی از پلنت ۷۳
شکل ۳۶: نقشه شماتیکی مدار تطبیق ولتاژ خروجی از پلنت ۷۳
شکل ۳۷: نقشه شماتیکی مدار تبدیل ولتاژ تغذیه ورودی ۷۴
شکل ۳۸: نقشه شماتیکی مدار تولید کننده ولتاژ مرجع ۷۴
شکل ۳۹: صفحه ابتدایی HMI ۸۶
شکل ۴۰: صفحه رمز عبور ۸۶
شکل ۴۱: صفحه تنظیمات پارامترهای کنترل کننده آزادی و PID ۸۷
شکل ۴۲: نمای از صفحات Report، Fault و Result ۸۷
شکل ۴۳: صفحات تنظیمات اصلی دستگاه ۸۸
شکل ۴۴: صفحه تنظیم زمان کار دستگاه ۸۸

شکل ۴۵: صفحات مرتبط با تنظیم ولتاژ مرجع ۸۹
شکل ۴۶: یک نمونه از صفحه تغییرات برای مقادیر ۸۹
شکل ۴۷: صفحه تنظیم ولتاژ اغتشاش ۹۰
شکل ۴۸: صفحه تنظیم رنج غیر مجاز برای ویژگی های پاسخ ۹۰
شکل ۴۹: تنظیم رنج کاری دستگاه ۹۰
شکل ۵۰: صفحه تنظیم مقدار اپسیلون ۹۱
شکل ۵۱: صفحه تنظیم نحوه نمایش پاسخ در صفحه Result ۹۱
شکل ۵۲: صفحه تنظیم پارامترهای پروتکل Modbus ۹۱
شکل ۵۳: صفحه تنظیمات جانبی دستگاه ۹۲
شکل ۵۴: صفحه تنظیم ساعت و تاریخ ۹۲
شکل ۵۵: صفحه تنظیم تمایز صفحه نمایش ۹۲
شکل ۵۶: صفحه تنظیم نور صفحه نمایش ۹۳
شکل ۵۷: صفحه تنظیمات رمز عبور ۹۳
شکل ۵۸: صفحات توضیحات نحوه تنظیم پارامترهای کنترل کننده آزادی ۹۴
شکل ۵۹: صفحات توضیحات جایگاه دستگاه در آزمایش و قابلیت های آن ۹۴
شکل ۶۰: صفحه مربوط به سازنده دستگاه ۹۴
شکل ۶۱: نمای از ست آزمایشگاهی ۹۶
شکل ۶۲ : نمای ظاهری سیستم کنترل دما ۹۷
شکل ۶۳: مدل Simulink آزمایش ۹۸
شکل ۶۴: نمودار پاسخ کنترل کننده آزادی و PID ۹۹
شکل ۶۵: پاسخ کنترل کننده آزادی ۱۰۰
شکل ۶۶: نمای از جعبه ابزار آزادی نصب شده در متلب ۱۰۲
شکل ۶۷: نمای از صفحه Demo جعبه ابزار آزادی ۱۰۳
شکل ۶۸: نمای از مدل Simulink کنترل کننده آزادی ۱۰۳
شکل ۶۹: مدل Simulink کنترل کننده آزادی ۱۰۴
شکل ۷۰: فلوچارت الگوریتم بهینه سازی فاخته ۱۰۴
شکل ۷۱: نمای ظاهری CATALYTIC CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR (CSTR) ۱۰۵
شکل ۷۲: مدل Simulink آزمایش ۱۰۵

شکل ۷۳: پاسخ سیستم آزادی فاخته ۱۰۵
شکل ۷۴: نمودار همگرایی الگوریتم فاخته ۱۰۶
شکل ۷۵: مدل Simulink کنترل کننده آزادی با کنترل کننده Modulus Hugging Optimization... ۱۰۷
شکل ۷۶: نمودار پاسخ کنترل کننده آزادی و کنترل کننده Modulus Hugging Optimization Method
..... ۱۰۷
شکل ۷۷: مدل Simulink کنترل کننده آزادی با کنترل کننده Symmetrical Optimum Method.... ۱۰۸
شکل ۷۸: نمودار پاسخ کنترل کننده آزادی و کنترل کننده Symmetrical Optimum Method ۱۰۸
شکل ۷۹: مدل Simulink کنترل کننده آزادی با کنترل کننده Ziegler–Nichols Tuning Method.. ۱۰۹
شکل ۸۰: نمودار پاسخ کنترل کننده آزادی و کنترل کننده Ziegler–Nichols Tuning Method..... ۱۱۰
شکل ۸۱: مدل Simulink کنترل کننده آزادی با کنترل کننده Fuzzy PID ۱۱۱
شکل ۸۲: مدل Simulink کنترل کننده Fuzzy PID ۱۱۱
شکل ۸۳: نمودار پاسخ کنترل کننده آزادی و کنترل کننده Fuzzy PID..... ۱۱۱
شکل ۸۴: نمای از سایت مجله IEEE Transactions on control systems technology..... ۱۱۲
شکل ۸۵: PLC با برند Siemens ۱۱۵

فرهنگ اصلاحات و اختصارات

API	Application Programming Interface
BSL	Board Support Library
BOM	Bill of Materials
CCS	Code Composer Studio
CSL	Chip Support Library
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CODEC	Coder-Decoder
CPLD	Complex Programmable Logic Device
CPU	Central Processing Unit
DARAM	Dual Access Random Access Memory
DIP	Dual In-line Package
DMA	Direct Memory Access
DSP	Digital Signal Processor
EMIF	External Memory Interface
HPI	Host Port Interface
IDE	Integrated Development Environment
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
JTAG	Joint Test Action Group
LED	Light Emitting Diode
McBSP	Multi-Channel Buffered Serial Port
MHz	Megahertz
NMI	Non-Maskable Interrupt
OS	Operating System

PC	Personal Computer
POST	Power On Self-Test
PLL	Phase Locked Loop
PQFP	Plastic Quad Flat Pack
ROM	Read-Only Memory
SDI	Spectrum Digital Incorporated
SARAM	Single Access Random Access Memory
SRAM	Static Random Access Memory
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory
TI	Texas Instruments
TTL	Transistor-Transistor Logic

نرم افزارهای مورد استفاده

۱- LCD font maker
۲- Codevision
۳- Code Composer Studio
۴- Adobe PDF
۵- Windows Snipping tool
۶- Office word, power point and excel
۷- Matlab
۸- Altium designer
۹- Proteus
۱۰- AVR Studio
۱۱- AutoCAD
۱۲- Corel Draw
۱۳- Nero Cover Designer
۱۴- AutoPlay Media Studio

فصل اول:

آشنایی با کنترل کننده آزادی