



طراحی سیستم با

# AVR میکروکنترلر

دکتر محمدرضا یزدچی

دکتر جواد راستی

مهندس مجتبی نظام هاشمی

مهندس سعید نصراللهی بروجنی

عنوان و نام پدیدآور	: طراحی سیستم با میکروکنترلر AVR / محمدرضا یزدچی ... [و دیگران].
مشخصات نشر	: اصفهان: دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۶۷۲ ص.؛ مصور، جدول.
شابک	: ۹-۰۴۹-۱۱۰-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: محمدرضا یزدچی، جواد راستی، مجتبی نظام‌هاشمی، سعید نصراللهی بروجنی.
موضوع	: میکروکنترلر ا. وی. آر. اتمل
موضوع	: کنترل‌کننده‌های برنامه‌پذیر
موضوع	: سیستم‌های کنترل رقمی
موضوع	: میکروکنترلرها -- برنامه‌نویسی
شناسه افزوده	: یزدچی، محمدرضا، ۱۳۵۴ -
شناسه افزوده	: دانشگاه اصفهان
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۱ ط ۹/۲۲۲/TJ
رده بندی دیویی	: ۶۲۹/۸۹۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۰۸۳۲۷۵



انتشارات دانشگاه اصفهان

تألیف: دکتر محمدرضا یزدچی، دکتر جواد راستی، مهندس مجتبی نظام‌هاشمی، مهندس سعید نصراللهی بروجنی

ناشر: دانشگاه اصفهان

نوبت چاپ: چاپ اول - بهار ۱۳۹۲

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه اصفهان

طرح روی جلد: علیرضا بطلانی

بهاء: ۲۰۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

مراکز فروش کتاب:

اصفهان: میدان آزادی - خیابان دانشگاه - فروشگاه کتاب دانشگاه

تلفن: ۰۳۱۱-۷۹۳۲۱۷۷ - پست الکترونیکی: entesharat@ui.ac.ir

تهران: میدان انقلاب - خیابان نصرت - خیابان دکتر قریب، رسیده به خیابان فرصت - پلاک ۱۱

موسسه کتابیران، مرکز پخش کتابهای دانشگاهی - تلفن: ۰۲۱-۶۶۵۶۶۵۱۰-۱۵

## سخن نویسندگان

میکروکنترلر AVR چند سالی است که جایگاه خود را به عنوان انتخاب اول طراحان سیستم‌های خودکار و جاسازی شده باز کرده است. دانشجویانی که رشته‌های آنها مهندسی کامپیوتر، مهندسی برق، مهندسی پزشکی، مهندسی مکاترونیک و ... باشد و نامی از این میکروکنترلر محبوب نشنیده باشند، نادر هستند. در حال حاضر صنعت و بازار میکروکنترلر ایران تا حد زیادی در تصرف میکروکنترلر AVR است و همین موضوع، آشنایی با ویژگی‌ها و چگونگی به کارگیری آن در طراحی سیستم‌ها را ضروری می‌سازد.

دانشگاه نیز به عنوان بست‌ساز فنی صنعت، از این قافله عقب نمانده و چندی است که توجه اساتید درس «ریزپردازنده‌ها» از بسترهای سنتی‌تر مانند Z80 و 8088/86 و 68000 و 8051، به میکروکنترلر AVR جلب شده است. در همین راستا، چندین و چند کتاب راجع به جنبه‌های مختلف میکروکنترلر AVR به رشته نگارش درآمده‌اند که تعدادی از آنها بسیار باارزش هستند و در انتهای این کتاب فهرست شده‌اند. اما عدم تطابق ساختاری آنها با سرفصل‌های درس ریزپردازنده‌ها و نیز تمرکز صرف آنها بر میکروکنترلر AVR، سبب شده که دانشجویان این درس، در انتخاب مرجع مناسب با سردرگمی مواجه شوند.

در این نوشتار تلاش کرده‌ایم:

- روش و ترتیب ارائه مطالب از نظر منطقی و فنی، مناسب تدریس باشد.
- مطالب به زبانی ساده و گویا بیان شوند تا خواننده بتواند به راحتی خود را با روند کتاب هماهنگ سازد.
- با معرفی سیستم‌های جنبی سخت‌افزاری (از ساده‌ترین آنها مانند شمارگر ۷-قسمتی گرفته تا نمونه‌های پیچیده‌تر مانند دسته بازی و نمایشگر گرافیکی) روی جنبه‌های عملی طراحی سیستم‌ها که در بازار کار نیاز زیادی به آنها وجود دارد، تأکید شود.
- تا حدی خواننده را با فلسفه اساسی میکروکنترلرها و مسائل پایه‌ای مبحث ریزپردازنده‌ها (بدون تأکید صرف بر AVR) آشنا کنیم تا چند سال بعد که این میکروکنترلر به تاریخ پیوست،

خواننده این کتاب بتواند به راحتی و با مطالعه چند برگه اطلاعاتی، با میکروکنترلرهای جدید آشنا شود.

امید است که این نوشتار مورد اقبال مهندسان و علاقه‌مندان قرار گیرد. در این کتاب، حداکثر تلاش خود را به کار گرفته‌ایم که مطالب عاری از خطاهای علمی و نگارشی باشد؛ اما خود را از نظرات خوانندگان خیره‌ی‌نیاز نمی‌دانیم. آنچه از نکته و پیشنهاد و انتقاد به آدرس [yazdchi@eng.ui.ac.ir](mailto:yazdchi@eng.ui.ac.ir) و یا [rasti@eng.ui.ac.ir](mailto:rasti@eng.ui.ac.ir) ارسال شود، به دیده منت پذیرفته خواهد شد.

در پایان باید از آقای مهندس مهدی شانه که کوشش زیادی برای به بار نشستن این تلاش به کار گرفتند و نیز از عزیزان اداره انتشارات دانشگاه اصفهان صمیمانه قدردانی نمایم.

بر سر آنم که گرز دست بر آید  
صالح و طالح متاع خویش نمودند  
دست به کاری زخم که غصه سر آید  
تا که قبول افتد و که در نظر آید

بهار ۱۳۹۲

www.ketab.ir

## مقدمه

با این که سال‌هاست پردازنده‌ها به عنوان مغز تصمیم‌گیرنده سیستم‌های کنترلی، جایگاه خود را تثبیت کرده‌اند، اما می‌توان میکروکنترلرها را به عنوان نقطه عطفی در طراحی سیستم‌های کنترلی برنامه‌پذیر به شمار آورد. استفاده از میکروکنترلرها طراحی سیستمی را تا به آنجا ساده کرد که مرزهای مهندسی را از اطراف این فن زدود. اکنون حتی دانشجویان و دانش‌آموزان می‌توانند به راحتی با استفاده از میکروکنترلرها، سیستم‌های مورد نیاز خود را از یک کنترل‌کننده ساده دما گرفته تا روبات‌های گوناگون، طراحی کنند؛ همین امر لزوم آشنایی با نحوه استفاده از میکروکنترلرها را آشکار می‌سازد.

در حال حاضر در کشور ما میکروکنترلرهای زیادی در طراحی سیستم‌های کنترلی به کار می‌روند که از جمله آنها می‌توان به خانواده‌های ۸۰۵۱ (ساخت شرکت اینتل)، PIC (ساخت شرکت microchip)، AVR (ساخت شرکت Atmel) و ARM (ساخت شرکت Acorn) اشاره کرد. هر کدام از این خانواده‌ها صدها عضو با قابلیت‌های مختلف دارند که می‌توانند پاسخگوی نیاز تقریباً همه کاربردهای سیستمی باشند.

در چند سال اخیر، میکروکنترلر AVR به گزینه اول در طراحی سیستم‌های کنترلی در کشور ما تبدیل شده است. ویژگی‌های مثبت آن مانند قابل فهم بودن معماری، تنوع امکانات، هزینه مناسب، سادگی طراحی سخت‌افزاری و... آن را به میکروکنترلی محبوب تبدیل کرده است. هر چند مراجع زیادی برای میکروکنترلر AVR نگاشته شده است، اما تلاش ما در این کتاب بر آن بوده که به صورت گام‌به‌گام خواننده را با ویژگی‌ها و نحوه استفاده از این سری میکروکنترلرها به ویژه از دید عملیاتی آشنا کنیم. مثال‌های کاربردی و عملی متعددی در فصول کتاب آورده شده که جنبه‌های مختلف کاربردهای سیستمی میکروکنترلر ATmega32 را برای شما روشن می‌سازد.

## آنچه در این کتاب خواهید آموخت

فصل اول این کتاب به معرفی کلی زمینه علمی این کتاب یعنی اتوماسیون، سیستم‌های کنترلی و پردازنده‌ها اختصاص دارد. در این فصل با فلسفه ایجاد ریزپردازنده‌ها، نحوه طراحی سیستم‌های

مبتنی بر ریزپردازنده‌ها و برنامه‌نویسی آنها و اجزاء دیگر سیستم‌های خودکار مانند حافظه، ورودی/خروجی و گذرگاه‌ها آشنا خواهید شد.

در فصل دوم به معرفی میکروکنترلرها و ساختار سخت‌افزاری آنها و معیارهای انتخاب یک میکروکنترلر برای یک کاربرد خاص خواهیم پرداخت.

در فصل سوم به معرفی خانواده میکروکنترلر AVR می‌پردازیم و با قابلیت‌های اعضای مختلف این خانواده متنوع آشنا خواهیم شد.

فصل چهارم به معرفی ATmega32، یکی از مهمترین اعضای خانواده AVR که میکروکنترلر پایه این کتاب به شمار می‌رود، اختصاص دارد. جنبه‌های مختلف نرم‌افزاری و سخت‌افزاری این میکروکنترلر به صورت مفصلی در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در فصول پنجم و ششم این کتاب، با جنبه‌های مختلف برنامه‌نویسی میکروکنترلر ATmega32 به زبانهای اسمبلی و C آشنا خواهیم شد و با نوشتن برنامه‌های متعدد و متنوع، دید عملی و کاربردی خوبی نسبت به طراحی سیستم‌ها با این میکروکنترلر خواهیم یافت.

فصل هفتم به معرفی چند سخت‌افزار متداول و پرکاربرد در سیستم‌های مبتنی بر میکروکنترلرها می‌پردازد.

فصل هشتم به معرفی یکی از مهمترین قابلیت‌های میکروکنترلرها یعنی وقفه‌ها اختصاص دارد. در این فصل به فلسفه وجودی وقفه‌ها و نیز به صورت ویژه به وقفه‌های سخت‌افزاری میکروکنترلر ATmega32 خواهیم پرداخت.

فصل نهم به معرفی واحد زمان‌سنج/شمارنده میکروکنترلر می‌پردازد ضمن معرفی امکانات مختلف AVR برای زمان‌سنجی و شمارش، با نوشتن برنامه‌های متنوع با این قابلیت‌ها به صورت عملی آشنا خواهیم شد.

برای پردازش سیگنال‌های آنالوگ به ویژه سیگنال‌های طبیعی، فصل دهم کتاب را آماده نموده‌ایم. در این فصل با واحدهای مبدل آنالوگ به دیجیتال و مقایسه‌کننده آنالوگ آشنا خواهید شد.

فصل یازدهم کتاب به برقراری ارتباط بین میکروکنترلرها از طریق پروتکل‌های مختلف ارتباطی به صورت مشروح خواهد پرداخت. امکانات متنوع ارتباطی میکروکنترلر AVR در این فصل با مثال‌های متعدد و کاربردی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

فصول دوازدهم و سیزدهم و چهاردهم به مباحث تخصصی‌تر میکروکنترلر AVR مانند قابلیت Boot Loader، مدار JTAG و برنامه‌ریزی میکروکنترلر اختصاص دارند.

در پیوست‌های کتاب نیز با مباحث متنوعی مانند ساختار حافظه‌ها، واحد تولید پالس ساعت میکروکنترلر، ثبات‌های میکروکنترلر، مجموعه دستورات زبان اسمبلی میکروکنترلر AVR، اصول برنامه‌نویسی به زبان C، آشنایی با نرم‌افزار CodeVision، وضعیت‌های استراحت و منابع بازنشانی آشنا خواهید شد.

برای کم کردن حجم کتاب، در فصل در مورد اتصال حافظه‌های MMC برای ذخیره طولانی مدت اطلاعات و نیز راه‌اندازی LCD گرافیکی برای نمایش تصاویر و اشکال هندسی و گرافیکی و دو پیوست در مورد شبیه‌سازی به کمک نرم‌افزار Proteus و توابع کتابخانه‌ای ارتباط با تراشه‌های سریال از متن کتاب حذف شده و در لوح فشرده همراه کتاب به صورت الکترونیکی آمده است.

## فهرست مطالب

فصل اول) اتوماسیون، سیستم‌های کنترلی، پردازنده‌ها	۲
۱-۱- اتوماسیون	۲
۱-۱-۱- مزایای اتوماسیون	۳
۲-۱- سیستم‌های کنترلی	۴
۱-۲-۱- طراحی یک سیستم کنترلی ساده	۵
۲-۲-۱- طراحی اجزای سیستم کنترلی	۷
۳-۲-۱- مشکلات طراحی بخش پردازنده با مدارات منطقی	۹
۳-۱- یک سیستم مبتنی بر پردازنده چه اجزایی دارد؟	۱۱
۱-۳-۱- کار پردازنده چیست؟	۱۲
۲-۳-۱- نقش حافظه در سیستم‌های مبتنی بر پردازنده	۱۹
۳-۳-۱- نقش وسایل ورودی/خروجی در سیستم‌های مبتنی بر پردازنده	۲۵
۴-۳-۱- گذرگاه‌ها در سیستم‌های مبتنی بر پردازنده	۳۰
۴-۱- خلاصه	۳۴
۵-۱- پرسش‌های دوره‌ای	۳۴
فصل دوم) میکروکنترلرها و سیستم‌های جاسازی شده	۳۸
۱-۲- تحلیل کارایی سیستم‌های مبتنی بر پردازنده	۳۸
۲-۲- میکروکنترلرها	۴۰
۳-۲- سیستم‌های جاسازی شده	۴۲
۴-۲- انواع معماری سیستم‌های مبتنی بر پردازنده	۴۳
۵-۲- معیارهای انتخاب یک میکروکنترلر برای طراحی یک سیستم	۴۴
۶-۲- روند طراحی سیستم با میکروکنترلرها	۴۵
۷-۲- خلاصه	۴۸
۸-۲- پرسش‌های دوره‌ای	۴۸
فصل سوم) آشنایی با خانواده میکروکنترلرهای AVR	۵۲



۹۹	..... ۲-۵- آشنایی با چند دستور اسمبلی دیگر
۱۰۳	..... ۳-۵- اسمبل کردن برنامه
۱۰۵	..... ۴-۵- آشنایی با نرم افزار AVR STUDIO
۱۱۰	..... ۵-۵- برنامه نویسی ورودی /خروجی AVR به زبان اسمبلی
۱۱۶	..... ۶-۵- دستورهای دست کاری بیتی
۱۱۷	..... ۷-۵- اشکال زدایی سیستم
۱۱۸	..... ۸-۵- جنبه های پیشرفته برنامه نویسی اسمبلی
۱۱۸	..... ۱-۸-۵- دستورهای پرش
۱۳۸	..... ۲-۸-۵- دستورهای ایجاد حلقه
۱۴۱	..... ۳-۸-۵- ایجاد حلقه های تأخیر
۱۵۱	..... ۴-۸-۵- زیر برنامه ها
۱۵۷	..... ۹-۵- خلاصه
۱۵۸	..... ۱۰-۵- پرسش های دوره ای
۱۶۲	..... فصل ششم) برنامه نویسی میکرو کنترلر AVR به زبان C
۱۶۴	..... ۱-۶- برنامه نویسی و اشکال زدایی در محیط AVRSTUDIO
۱۶۶	..... ۲-۶- برنامه نویسی و اشکال زدایی در محیط CODEVISION
۱۶۸	..... ۳-۶- قالب برنامه های C
۱۶۹	..... ۱-۳-۶- انواع داده ها در C
۱۶۹	..... ۴-۶- مثال هایی از برنامه های C
۱۷۹	..... ۵-۶- برنامه نویسی بیتی
۱۸۹	..... ۶-۶- استفاده از دستورهای اسمبلی در پروژه های C
۱۹۰	..... ۷-۶- تعیین محل ذخیره داده ها در CODEVISION
۱۹۲	..... ۸-۶- توابع دسترسی به حافظه SRAM در CODEVISION
۱۹۴	..... ۹-۶- طراحی خودکار پروژه در نرم افزار CODEVISION
۱۹۵	..... ۱۰-۶- تنظیمات پروژه به کمک برنامه ساز CODEWIZARD
۱۹۷	..... ۱۱-۶- خلاصه

۱۹۷	..... ۱۲-۶- پرسش‌های دوره‌ای
۲۰۰	..... فصل هفتم) مثال‌هایی از سیستم‌های کاربردی
۲۰۰	..... ۱-۷- اتصال صفحه کلید ماتریسی به میکروکنترلر
۲۰۰	..... ۱-۱-۷- اسکن صفحه کلید
۲۰۴	..... ۲-۱-۷- نحوه مطلع شدن میکروکنترلر از فشرده شدن کلید
۲۰۵	..... ۳-۱-۷- ملاحظات در مورد صفحه کلید ماتریسی
۲۰۶	..... ۲-۷- نمایشگر LCD کاراکتری
۲۱۰	..... ۱-۲-۷- راه‌اندازی LCD متنی
۲۱۱	..... ۲-۲-۷- ارسال متوالی داده/دستور به LCD
۲۱۳	..... ۳-۲-۷- ارسال داده برای LCD متنی
۲۱۳	..... ۴-۲-۷- معرفی حافظه‌های نمایشگر متنی
۲۱۶	..... ۵-۲-۷- راه‌اندازی LCD متنی توسط برنامه‌ساز Codewizard
۲۱۷	..... ۶-۲-۷- توابع مربوط به نمایشگر LCD متنی
۲۲۱	..... ۳-۷- نمایشگر LCD گرافیکی
۲۲۲	..... ۴-۷- تابلو روان (LED)
۲۲۶	..... ۵-۷- راه‌اندازی موتورها
۲۲۶	..... ۱-۵-۷- آرمیچر یا موتور DC
۲۳۴	..... ۲-۵-۷- موتورهای پله‌ای
۲۴۰	..... ۶-۷- کارت‌های حافظه جانبی
۲۴۰	..... ۱-۶-۷- کارت‌های MMC
۲۴۱	..... ۲-۶-۷- کارت‌های SDC
۲۴۲	..... ۷-۷- خلاصه
۲۴۲	..... ۸-۷- پرسش‌های دوره‌ای
۲۴۴	..... فصل هشتم) وقفه‌ها در میکروکنترلر ATMEGA32
۲۴۴	..... ۱-۸- وقفه چیست؟
۲۴۷	..... ۲-۸- متد وقفه

۲۴۸	۱-۲-۸- بردار وقفه
۲۴۸	۳-۸- انواع وقفه
۲۴۹	۴-۸- منابع وقفه میکرو کنترلر AVR
۲۵۳	۵-۸- مراحل استفاده از وقفه‌ها به زبان اسمبلی
۲۵۴	۶-۸- وقفه‌های سخت‌افزاری میکرو کنترلر ATMEGA32
۲۵۴	۱-۶-۸- انواع وقفه‌های خارجی بر حسب نوع تحریک
۲۵۹	۷-۸- برنامه‌نویسی وقفه‌ها در زبان C
۲۵۹	۱-۷-۸- محیط AVR Studio و کامپایلر AVR GCC (WinAVR)
۲۶۰	۲-۷-۸- محیط Code Vision
۲۶۴	۸-۸- اولویت وقفه‌ها
۲۶۵	۹-۸- استفاده از برنامه‌ساز CODE WIZARD در تنظیمات وقفه‌های خارجی
۲۶۷	۱۰-۸- خلاصه
۲۶۷	۱۱-۸- پرسش‌های دوره‌ای
۲۷۰	<b>فصل نهم) واحدهای زمان‌سنج / شمارنده ATMEGA 32</b>
۲۷۰	۱-۹- عملکرد واحد زمان‌سنج / شمارنده
۲۷۲	۲-۹- واحد زمان‌سنج / شمارنده صفر
۲۷۳	۱-۲-۹- وضعیت کاری عادی
۲۷۷	۲-۲-۹- وضعیت‌های کاری پیشرفته
۲۸۷	۳-۲-۹- وقفه‌های زمان‌سنج / شمارنده صفر
۲۹۱	۳-۹- واحد زمان‌سنج / شمارنده یک
۲۹۷	۱-۳-۹- وضعیت‌های کاری واحد زمان‌سنج / شمارنده یک
۳۰۲	۲-۳-۹- واحد ذخیره‌سازی (تسخیر)
۳۰۳	۳-۳-۹- وقفه‌های واحد زمان‌سنج / شمارنده یک
۳۰۴	۴-۹- واحد زمان‌سنج دو
۳۰۶	۱-۴-۹- وقفه‌های زمان‌سنج دو
۳۰۶	۲-۴-۹- زمان‌سنجی واحد ۲ به صورت غیر همگام

- ۳۱۱..... ۵-۹- بازنشانی زمان سنج/شمارنده‌ها
- ۳۱۱..... ۶-۹- تنظیم واحدهای زمان سنج/شمارنده با استفاده از برنامه‌ساز CODE WIZARD
- ۳۱۳..... ۷-۹- خلاصه
- ۳۱۳..... ۸-۹- پرسش‌های دوره‌ای

## فصل دهم) پردازش سیگنال‌های آنالوگ در میکروکنترلر ATMEGA32..... ۳۱۶

- ۳۱۸..... ۱-۱۰- واحد مبدل آنالوگ به دیجیتال
- ۳۱۹..... ۱-۱-۱۰- مد تک‌پایانه در مقابل مد تفاضلی
- ۳۲۰..... ۱-۱-۲- ولتاژ مرجع
- ۳۲۲..... ۱-۱-۳- اندازه گام تبدیل
- ۳۲۲..... ۱-۱-۴- ویژگی‌های ADC در ATmega32
- ۳۲۳..... ۱-۱-۵- تنظیمات واحد مبدل آنالوگ به دیجیتال
- ۳۳۰..... ۱-۱-۶- مراحل به کارگیری واحد ADC میکروکنترلر ATmega32
- ۳۳۲..... ۱-۱-۷- استفاده از برنامه‌ساز Code Wizard در تنظیمات مبدل آنالوگ به دیجیتال
- ۳۴۰..... ۱۰-۲- مقایسه‌کننده‌های آنالوگ
- ۳۴۱..... ۱۰-۲-۱- تنظیمات مقایسه‌کننده‌های آنالوگ
- ۳۴۲..... ۱۰-۲-۲- راه‌اندازی واحد مقایسه‌کننده آنالوگ
- ۳۴۴..... ۱۰-۲-۳- استفاده از برنامه‌ساز Code Wizard در تنظیمات مقایسه‌کننده آنالوگ
- ۳۴۶..... ۱۰-۳- پروژه عملی (رویات دنبال‌کننده خط)
- ۳۵۰..... ۱۰-۴- خلاصه
- ۳۵۰..... ۱۰-۵- پرسش‌های دوره‌ای

## فصل یازدهم) ارتباط سریال در میکروکنترلر ATMEGA32..... ۳۵۴

- ۳۵۴..... ۱۱-۱- ارتباطات سیستمی از دید حجم سیم‌های رابط
- ۳۵۷..... ۱۱-۲- هماهنگی سرعت بین فرستنده و گیرنده
- ۳۵۹..... ۱۱-۲-۱- ارتباط سریال همگام
- ۳۵۹..... ۱۱-۲-۲- ارتباط سریال غیرهمگام
- ۳۶۱..... ۱۱-۳- کنترل جریان داده

۳۶۲	۴-۱۱- مشخصات ارتباط غیرهمگام.....
۳۶۳	۵-۱۱- تراشه‌های ارتباط سریال.....
۳۶۳	۶-۱۱- ارتباط سریال USART در AVR.....
۳۶۴	۱-۶-۱۱- ثبات‌های کنترلی ارتباط سریال USART.....
۳۶۸	۲-۶-۱۱- تنظیم نرخ تبادل اطلاعات با ثبات UBRR.....
۳۷۱	۳-۶-۱۱- ثبات‌های داده UDR.....
۳۷۲	۴-۶-۱۱- ارسال داده.....
۳۷۴	۵-۶-۱۱- دریافت داده.....
۳۷۶	۶-۶-۱۱- خطای تنظیم نرخ داده در ارتباط غیرهمگام.....
۳۷۷	۷-۶-۱۱- ارتباط سریال همگام.....
۳۸۰	۸-۶-۱۱- توابع کتابخانه‌ی ارتباط USART در CodeVision.....
۳۸۳	۹-۶-۱۱- ارتباط سریال USART بین میکروکنترلر AVR و کامپیوتر.....
۳۹۱	۱۰-۶-۱۱- انجام تنظیمات ارتباط سریال در برنامه‌ساز CodeWizard.....
۳۹۲	۱۱-۶-۱۱- پروژه عملی) اتصال صفحه کلید کامپیوتر به میکروکنترلر.....
۳۹۷	۷-۱۱- ارتباط سریال SPI.....
۳۹۸	۱-۷-۱۱- ثباتهای واحد SPI در میکروکنترلر ATmega32.....
۴۰۰	۲-۷-۱۱- سازمان پروتکل SPI.....
۴۰۲	۳-۷-۱۱- راه‌اندازی واحد SPI.....
۴۰۷	۴-۷-۱۱- توابع کتابخانه‌ای مرتبط با واحد SPI.....
۴۱۰	۵-۷-۱۱- برقراری ارتباط با تراشه‌های سری 25CXX.....
۴۱۳	۶-۷-۱۱- انجام تنظیمات پورت سریال SPI در برنامه‌ساز CodeWizard.....
۴۱۴	۸-۱۱- ارتباط سریال دوسیمی TWI یا I <sup>2</sup> C.....
۴۱۶	۱-۸-۱۱- نحوه پیاده‌سازی ارتباط سریال دوسیمی.....
۴۱۸	۲-۸-۱۱- سیستم‌های شامل چند واحد پایه.....
۴۱۹	۳-۸-۱۱- ثبات‌های واحد TWI.....
۴۲۴	۴-۸-۱۱- راه‌اندازی واحد TWI در حالت پایه.....
۴۲۷	۵-۸-۱۱- راه‌اندازی واحد TWI در حالت پیرو.....

۴۲۹	.....TWI چند نکته مهم درباره پروتکل
۴۳۰	..... TWI کاربردهای ارتباط
۴۳۱	.....TWI توابع کتابخانه‌ای مرتبط با واحد سریال
۴۳۸	..... استفاده از برنامه‌ساز CodeWizard در تنظیمات ارتباط TWI
۴۳۹	..... ارتباط سریال تک‌سیمی (I2C)
۴۴۱	..... توابع کتابخانه‌ای مربوط به ارتباط سریال تک‌سیمی
۴۴۳	..... خلاصه
۴۴۳	..... پرسش‌های دوره‌ای
۴۴۸	..... <b>فصل دوازدهم) قابلیت BOOT LOADER در میکروکنترلر ATMEGA32</b>
۴۵۲	..... ۱-۱۲ بیت‌های حافظه‌ی حافظه
۴۵۴	..... ۲-۱۲ ورود به برنامه ابتدایی (بوت)
۴۵۵	..... ۳-۱۲ دستورالعمل‌های مربوط به برنامه بوت
۴۵۷	..... ۴-۱۲ ثبات کنترلی برنامه‌های بوت
۴۵۹	..... ۵-۱۲ دستورالعمل‌های حافظه ابتدایی
۴۶۱	..... ۶-۱۲ بازنویسی فضای حافظه به کمک دستورهای حافظه ابتدایی
۴۶۳	..... ۷-۱۲ نحوه فعال‌سازی بیت‌های حافظه‌ی
۴۶۵	..... ۸-۱۲ خلاصه
۴۶۵	..... ۹-۱۲ پرسش‌های دوره‌ای
۴۶۸	..... <b>فصل سیزدهم) مدار واسط JTAG در میکروکنترلر ATMEGA32</b>
۴۷۰	..... ۱-۱۳ معرفی ماشین حالت واحد JTAG
۴۷۳	..... ۲-۱۳ ثبات‌های کاربردی در مدار واسط JTAG
۴۷۶	..... ۳-۱۳ عیب‌یابی برنامه میکروکنترلر
۴۷۷	..... ۴-۱۳ بررسی مرزی حافظه میکروکنترلر
۴۷۹	..... ۱-۴-۱۳ واحدهای مرتبط با واحد بررسی مرزی
۴۹۲	..... ۵-۱۳ برنامه‌ریزی میکروکنترلر به کمک JTAG
۴۹۳	..... ۶-۱۳ خلاصه

۴۹۳	..... پرش‌های دوره‌ای
۴۹۶	..... فصل چهاردهم) برنامه‌ریزی حافظه میکرو کنترلر
۴۹۶	..... ۱-۱۴- بیت‌های حفاظتی حافظه دستوری و حافظه اطلاعاتی
۴۹۹	..... ۲-۱۴- فیوزبیتها
۵۰۰	..... ۳-۱۴- بیت‌های معرف میکرو کنترلر
۵۰۱	..... ۴-۱۴- بایت تنظیم کننده فرکانس
۵۰۱	..... ۵-۱۴- طول صفحات حافظه میکرو کنترلر
۵۰۲	..... ۶-۱۴- برنامه‌ریزی میکرو کنترلر به صورت موازی
۵۱۶	..... ۷-۱۴- برنامه‌ریزی سریال میکرو کنترلر به کمک واحد SPI
۵۲۳	..... ۸-۱۴- برنامه‌ریزی سریال میکرو کنترلر به صورت JTAG
۵۵۲	..... ۹-۱۴- چند نکته مهم در برنامه‌ریزی میکرو کنترلر
۵۵۱	..... ۱۰-۱۴- خلاصه
۵۵۱	..... ۱۱-۱۴- پرش‌های دوره‌ای
۵۵۴	..... پیوست الف) ساختار حافظه‌های داخلی میکرو کنترلر ATMEGA32
۵۵۸	..... پیوست ب) واحد تولید و کنترل پالس ساعت
۵۶۱	..... پیوست ج) معرفی ثبات‌های تراشه ATMEGA32
۵۹۳	..... پیوست د) مجموعه دستورهای اسمبلی تراشه ATMEGA32
۵۹۸	..... پیوست ه) برنامه نویسی به زبان C برای میکرو کنترلر AVR
۶۲۱	..... پیوست و) ساخت پروژه در نرم‌افزار CODEVISION
۶۲۶	..... پیوست ز) وضعیت‌های کاری استراحت و منابع بازنشانی AVR
۶۵۰	..... مراجع