

طراحی کاربردی سیستم با

میکروکنترلرهای AVR

(دومین قسمت دوم)

تألیف:

دکتر محمد رضایزدچی، دکتر جواد راستی، مهندس مجتبی نظام‌باشی، مهندس احیاء نصراللهی بروجنی

دانشگاه اصفهان

زمستان سال ۱۳۹۳

عنوان و نام پدیدآور	: طراحی کاربردی سیستم با میکروکنترلرهای AVR/تالیف محمدرضا یزدچی ... [و دیگران].
وضعیت ویراست	: ویراست ۲.
مشخصات نشر	: اصفهان: دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: [۱۲]، ۶۱۰ص.
فروست	: انتشارات دانشگاه اصفهان؛ ۶۳۲.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۰-۰۹۶-۳
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: تالیف 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	: از راه اصفهان
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۲ ط ۹ ک/ TJ۲۲۳
رده بندی دیویی	: ۸۹۰/۶۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۶۰۳۱



انتشارات دانشگاه اصفهان

عنوان کتاب: طراحی کاربردی سیستم با میکروکنترلرهای AVR
تالیف: دکتر محمدرضا یزدچی، دکتر جواد راستی، مجتبی نظام‌هاشمی، سعید نصراللهی بروجنی.
ناشر: دانشگاه اصفهان
نوبت چاپ: ویراست دوم - زمستان ۱۳۹۳
شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه اصفهان
بهاء: ۲۰۰/۰۰۰ ریال
کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است

مراکز فروش کتاب:

اصفهان: میدان آزادی - خیابان دانشگاه - فروشگاه کتاب دانشگاه اصفهان
 تلفن: ۰۳۱-۳۷۹۳۲۱۷۷
 پُست الکترونیکی: entesharat@ui.ac.ir
 تهران: میدان انقلاب - خیابان نصرت - خیابان دکتر قریب، نرسیده به خیابان فرصت - پلاک ۷
 مؤسسه کتابیران، مرکز پخش کتاب‌های دانشگاهی - تلفن: ۱۵ - ۶۶۵۶۶۵۱۰ - ۰۲۱

سخن نویسندگان

میکروکنترلر AVR چند سالی است که جایگاه خود را به عنوان انتخاب اول طراحان سیستم‌های خودکار و جاسازی شده باز کرده است. اکثر دانشجویانی که رشته‌های آن‌ها مهندسی کامپیوتر، مهندسی برق، مهندسی پزشکی، مهندسی مکترونیک و ... باشد، دست کم نام این میکروکنترلر محبوب را شنیده‌اند و با سیستم‌هایی که براساس آن طراحی شده آشنا هستند. در حال حاضر صنعت و بازار میکروکنترلر ایران تا حد زیادی در تصرف میکروکنترلر AVR است و همین موضوع، آشنا با ویژگی‌ها و چگونگی به کارگیری آن در طراحی سیستم‌ها را ضروری می‌سازد. دانشگاه نیز به عنوان بستر ساز فنی صنعت، از این قافله عقب نمانده و چندی است که توجه اساتید درس «ریزپردازنده‌ها» از بسترهای سنتی تر 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 آن‌ها را با روند کتاب هماهنگ سازد.
- با معرفی سیستم‌های جنبی سخت‌افزاری (از ساده‌ترین آن‌ها مانند نمایش گر هفت قسمتی گرفته تا نمونه‌های پیچیده‌تر مانند دسته بازی و نمایش گر گرافیکی) و پروتکل‌های ارتباطی متداول مانند USB و بلوتوث 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،

خواننده‌ی این کتاب بتواند به راحتی و با مطالعه‌ی چند برگه‌ی اطلاعاتی، با میکروکنترلرهای جدید آشنا شود.

ویرایش اول این کتاب به لطف خدا مورد اقبال دانشجویان، استادان، مهندسان و علاقه‌مندان قرار گرفت. در ویرایش جدید از نظرات و پیشنهادهای دوستان زیادی استفاده شده که صمیمانه از آن‌ها سپاسگزاریم. آنچه از نکته و پیشنهاد و انتقاد به آدرس rasti@eng.ui.ac.ir یا yazdchi@eng.ui.ac.ir ارسال شود، به دیدی منت پذیرفته خواهد شد. می‌توانید مثال‌های جدید، خطای احتمالی و نیز اسلایدهای مناسب برای تدریس این کتاب را در آدرس <http://eng.ui.ac.ir/~rasti> بیابید.

در پایان باید از آقای مهندس مهدی شانه که کوشش زیادی برای به بار نشستن این تلاش به کار گرفتند، از خانم میر، ایردی که در ویراستاری کتاب همکاری داشتند، از خانم‌ها زهرا خسروانی و نیلوفر کریمی که اسلایدهای آموزشی کتاب را تهیه کردند، از خانم غزل مقاره‌زاده اصفهانی که در ویراستاری کتاب و اسلایدها یاری کردند و نیز از عزیزان اداره انتشارات دانشگاه اصفهان صمیمانه قدردانی نماییم.

حسن ختام این دیباچه با کلامی از مولانا:

گاه بودا حقیقت گه مجاز	گه تناقض گاه ناز و گه نیاز
کوشش بودا به از خفتگی	دوست دارد یار این آشفستگی
تا دم آخر می‌مارغ مباحث	اندرین ره می‌تراش و می‌خراش
که عنایت با تو صاحب‌سر بود	تا دم آخر دمی آخر بود

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 آن جا 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 نحوه‌ی استفاده از میکروکنترلرها آشکار می‌سازد.

در حال حاضر در دنیا 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 سبدها و عضو با قابلیت‌های مختلف دارند که می‌توانند پاسخگوی نیاز تقریباً همه‌ی 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 قابلیت فرم‌بندی معماری، تنوع امکانات، هزینه مناسب، سادگی طراحی سخت‌افزاری و... آن را به میکروکنترلری 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 گام به گام خواننده را با ویژگی‌ها و نحوه‌ی 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 فلسفه‌ی ایجاد ریزپردازنده‌ها، نحوه‌ی 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 خانواده‌ی میکروکنترلر AVR می‌پردازیم و با قابلیت‌های اعضای مختلف این خانواده‌ی متنوع آشنا خواهیم شد.

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

در فصول پنجم تا هشتم 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 نهم به معرفی چند سخت‌افزار مداخل و پرکاربرد در سیستم‌های مبتنی بر میکروکنترلرها می‌پردازد.

فصل دهم 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 مقایسه‌کننده‌ی 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 به مباحث تخصصی‌تر میکروکنترلر AVR مانند Boot Loader و مدار JTAG اختصاص دارند.

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

برای کم کردن حجم کتاب، سه فصل در مورد اتصال حافظه‌های MMC برای ذخیره‌ی طولانی‌مدت اطلاعات، راه‌اندازی LCD گرافیکی برای نمایش تصاویر و اشکال هندسی و گرافیکی و برنامه‌ریزی حافظه‌های میکروکنترلر و نیز دو پیوست در مورد شبیه‌سازی به کمک نرم‌افزار Proteus و توابع کتابخانه‌ای آن با تراشه‌های سریال از متن کتاب حذف شده و در لوح فشرده‌ی همراه کتاب به صورت الکترونیک 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- طراحی اجزای سیستم کنترلی.....	۷
۲-۲-۱- مشکلات طراحی بخش پردازنده با مدارهای منطقی.....	۹
۳-۱- یک سیستم مبتنی بر پردازنده چه اجزایی دارد؟.....	۱۱
۱-۳-۱- تاریخچه پردازنده چیست؟.....	۱۲
۲-۳-۱- نقش وظایف سیستم‌های مبتنی بر پردازنده.....	۲۰
۳-۳-۱- نقش وسایل ورودی/خروجی در سیستم‌های مبتنی بر پردازنده.....	۲۷
۴-۳-۱- گذرگاه‌ها در سیستم‌های مبتنی بر پردازنده.....	۳۲
۴-۱- فرآیند اجرای دستور در پردازنده.....	۳۷
۵-۱- انواع معماری سیستم‌های مبتنی بر پردازنده.....	۳۸
۶-۱- خلاصه.....	۳۹
۷-۱- پرسش‌های دوره‌ای.....	۳۹
فصل دوم - میکروکنترلرها و سیستم‌های جاسازی شده.....	۴۴
۱-۲- تحلیل کارایی سیستم‌های مبتنی بر پردازنده.....	۴۴
۲-۲- میکروکنترلرها.....	۴۶
۳-۲- سیستم‌های جاسازی شده.....	۴۸
۴-۲- معیارهای انتخاب یک میکروکنترلر برای طراحی یک سیستم.....	۴۹
۵-۲- روند طراحی سیستم با میکروکنترلرها.....	۵۱
۶-۲- خلاصه.....	۵۲
۷-۲- پرسش‌های دوره‌ای.....	۵۳
فصل سوم - آشنایی با خانواده‌ی میکروکنترلرهای AVR.....	۵۶

۵۸.....	۱-۳- AVR خانواده ی
۵۹.....	۱-۳- Tiny AVR
۵۹.....	۲-۱-۳- AT90SXXXX AVR
۵۹.....	۳-۱-۳- ATmega AVR
۵۹.....	۴-۱-۳- ATxmega AVR
۶۰.....	۳-۱-۵- میکرو کنترلر های AVR با کاربرد خاص
۶۱.....	۳-۲- قابلیت های میکرو کنترلر ATMEGA32
۶۳.....	۳-۲- خاصه
۶۳.....	۳-۴- پرسش های دوره ای
۶۶.....	فصل چهارم: آشنایی با میکرو کنترلر ATMEGA32
۶۷.....	۴-۱- ساختار حافظه در میکرو کنترلر های AVR
۶۷.....	۴-۱-۱- حافظه ی برنامه
۶۹.....	۴-۱-۲- حافظه ی داده
۷۲.....	۴-۲- معماری RISC در پردازنده ی میکرو کنترلر های AVR
۷۵.....	۴-۳- واحد کنترل میکرو کنترلر (MCU)
۷۹.....	۴-۴- فیزیت ها
۸۱.....	۴-۵- معرفی پایه های میکرو کنترلر ATMEGA32
۸۲.....	۴-۵-۱- بسته بندی میکرو کنترلر
۸۲.....	۴-۵-۲- تقسیم بندی پایه های میکرو کنترلر
۸۹.....	۴-۶- واحد تولید و کنترل پالس ساعت
۹۵.....	۴-۷- مدار پایه ی میکرو کنترلر AVR
۹۵.....	۴-۸- پرسش های دوره ای
۹۸.....	فصل پنجم: برنامه نویسی میکرو کنترلر ATMEGA32 به زبان اسمبلی
۹۸.....	۵-۱- دستورهای انتقال داده ها در اسمبلی AVR
۱۰۱.....	۵-۱-۱- ثبات های با کاربرد خاص (ورودی/خروجی)
۱۰۴.....	۵-۲- آشنایی با چند دستور اسمبلی دیگر
۱۰۷.....	۵-۳- اسمبل کردن برنامه

۱۰۹	۴-۵- آشنایی با نرم افزار AVR STUDIO
۱۱۵	۵-۵- برنامه نویسی ورودی/خروجی AVR به زبان اسمبلی
۱۲۲	۶-۵- دستورهای دست کاری بیتی
۱۲۳	۷-۵- اشکال زدایی سیستم
۱۲۴	۸-۵- جنبه های پیشرفته ی برنامه نویسی اسمبلی
۱۲۴	۸-۵-۱- دستورهای پرش
۱۴۴	۸-۵-۲- دستورهای ایجاد حلقه
۱۴۷	۸-۵-۱- ایجاد حلقه های تأخیر
۱۵۷	۸-۵-۱- زیربرنامه ها
۱۶۴	۹-۵- خلاصه
۱۶۵	۱۰-۵- پرسش های دوره ای
۱۶۸	فصل ششم- برنامه نویسی میکرو کنترلر AVR به زبان C
۱۷۰	۶-۱- برنامه نویسی و اشکال زدایی نرم افزار AVR STUDIO
۱۷۲	۶-۲- برنامه نویسی و اشکال زدایی در محیط CODE VISION
۱۷۴	۶-۳- قالب برنامه های C
۱۷۵	۶-۳-۱- انواع داده ها در زبان C
۱۷۶	۶-۴- مثال هایی از برنامه های C
۱۸۴	۶-۵- برنامه نویسی بیتی
۱۹۶	۶-۶- استفاده از دستورهای اسمبلی در پروژه های C
۱۹۶	۶-۷- تعیین محل ذخیره داده ها در CODE VISION
۱۹۸	۶-۸- توابع دسترسی به حافظه ی SRAM در CODE VISION
۲۰۰	۶-۹- طراحی خودکار پروژه در نرم افزار CODE VISION
۲۰۲	۶-۱۰- تنظیمات پروژه به کمک برنامه ساز CODE WIZARD
۲۰۳	۶-۱۱- خلاصه
۲۰۳	۶-۱۲- پرسش های دوره ای
۲۰۶	فصل هفتم- مثال هایی از سیستم های کاربردی
۲۰۶	۷-۱- اتصال صفحه کلید ماتریسی به میکرو کنترلر

۲۰۶	۱-۱-۷- اسکن صفحه کلید.....
۲۱۰	۲-۱-۷- نحوه‌ی مطلع شدن میکروکنترلر از فشرده شدن کلید.....
۲۱۱	۳-۱-۷- ملاحظات در مورد صفحه کلید ماتریسی.....
۲۱۲	۲-۷- نمایش گر LCD کاراکتری.....
۲۱۶	۱-۲-۷- راه اندازی LCD متنی.....
۲۱۶	۲-۲-۷- ارسال متوالی داده/دستور به LCD.....
۲۱۸	۳-۲-۷- ارسال داده برای LCD متنی.....
۲۱۹	۴-۲-۷- معرفی حافظه‌های نمایش گر متنی.....
۲۲۲	۵-۲-۷- راه اندازی LCD متنی توسط برنامه‌ساز Codewizard.....
۲۲۲	۶-۲-۷- توابع کتابخانه‌ای نمایش گر LCD متنی.....
۲۲۸	۳-۷- نمایش گر LCD گرافیکی.....
۲۲۹	۴-۷- صفحه‌ی لمسی.....
۲۲۹	۵-۷- تابلو روان (LED).....
۲۳۳	۶-۷- راه اندازی موتورها.....
۲۳۴	۱-۶-۷- آرمیچر یا موتور DC.....
۲۴۲	۲-۶-۷- موتورهای پله‌ای.....
۲۴۸	۷-۷- کارت‌های حافظه‌ی جانبی.....
۲۴۹	۱-۷-۷- کارت‌های MMC.....
۲۵۰	۲-۷-۷- کارت‌های SDC.....
۲۵۰	۸-۷- خلاصه.....
۲۵۱	۹-۷- پرسش‌های دوره‌ای.....
۲۵۴	فصل هشتم- وقفه‌ها در میکروکنترلر ATMEGA32
۲۵۴	۱-۸- وقفه چیست؟.....
۲۵۷	۲-۸- متد وقفه.....
۲۵۸	۱-۲-۸- بردار وقفه.....
۲۵۸	۳-۸- انواع وقفه.....
۲۵۹	۴-۸- منابع وقفه‌ی میکروکنترلر AVR.....

۲۶۳	۵-۸- مراحل استفاده از وقفه‌ها به زبان اسمبلی
۲۶۴	۶-۸- وقفه‌های سخت‌افزاری میکروکنترلر ATMEGA32
۲۶۵	۶-۸-۱- انواع وقفه‌های خارجی برحسب نوع تحریک
۲۷۰	۷-۸- برنامه‌نویسی وقفه‌ها در زبان C
۲۷۰	۷-۸-۱- محیط AVR Studio و کامپایلر AVR GCC (WinAVR)
۲۷۱	۷-۸-۲- محیط CodeVision
۲۷۵	۸-۸- اولویت وقفه‌ها
۲۷۶	۹-۸- استفاده از برنامه‌ساز CODEWIZARD در تنظیمات وقفه‌های خارجی
۲۷۸	۱۰-۸- خلاصه
۲۷۸	۱۱-۸- پرسش‌های دوره‌ای
۲۸۲	فصل نهم- واحدهای شمارش/شمارنده در میکروکنترلر ATMEGA32
۲۸۲	۹-۱- عملکرد واحد زمان‌سنج/شمارنده
۲۸۴	۹-۲- واحد زمان‌سنج/شمارنده‌ی مربع
۲۸۵	۹-۲-۱- وضعیت کاری عادی
۲۸۹	۹-۲-۲- تولید موج مربعی به کمک واحد زمان‌سنج
۳۰۰	۹-۲-۳- وقفه‌های زمان‌سنج/شمارنده صف
۳۰۴	۹-۳- واحد زمان‌سنج/شمارنده‌ی یک
۳۱۰	۹-۳-۱- وضعیت‌های کاری واحد زمان‌سنج/شمارنده‌ی یک
۳۱۶	۹-۳-۲- واحد ذخیره‌سازی (تسخیر)
۳۱۶	۹-۳-۳- وقفه‌های واحد زمان‌سنج/شمارنده‌ی یک
۳۱۷	۹-۴- واحد زمان‌سنج دو
۳۱۹	۹-۴-۱- وقفه‌های زمان‌سنج دو
۳۲۰	۹-۴-۲- زمان‌سنجی واحد دو به صورت غیرهمگام
۳۲۴	۹-۵- بازنشانی زمان‌سنج/شمارنده‌ها
۳۲۵	۹-۶- تنظیم واحدهای زمان‌سنج/شمارنده با برنامه‌ساز CODEWIZARD
۳۲۶	۹-۷- خلاصه
۳۲۷	۹-۸- پرسش‌های دوره‌ای

فصل دهم- پردازش سیگنال‌های آنالوگ در میکروکنترلر ATMEGA32..... ۳۳۰

۳۳۴..... ۱-۱-۱۰- واحد مبدل آنالوگ به دیجیتال

۳۳۵..... ۱-۱-۱۰- مدت تک‌پایانه در مقابل مدت تقاضای

۳۳۷..... ۲-۱-۱۰- ولتاژ مرجع

۳۳۸..... ۳-۱-۱۰- اندازه‌ی گام تبدیل

۳۳۹..... ۴-۱-۱۰- ویژگی‌های ADC در ATmega32

۳۴۰..... ۵-۱-۱۰- عملکرد واحد مبدل آنالوگ به دیجیتال

۳۴۷..... ۶-۱-۱۰- مراحل به کارگیری واحد ADC میکروکنترلر ATmega32

۳۵۴..... ۷-۱-۱۰- از برنامه‌ساز CodeWizard در تنظیمات ADC

۳۵۵..... ۸-۱-۱۰- کالیبراسیون حسگر و مبدل ADC

۳۶۳..... ۲-۱۰- مقایسه‌کننده آنالوگ

۳۶۵..... ۱-۲-۱۰- تنظیمات مقایسه‌کننده آنالوگ

۳۶۶..... ۲-۲-۱۰- راه‌اندازی واحد مقایسه‌کننده آنالوگ

۳۶۸..... ۳-۲-۱۰- تنظیمات مقایسه‌کننده آنالوگ با برنامه‌ساز CodeWizard

۳۶۹..... ۴-۲-۱۰- پروژه عملی (رویات دنبال‌کننده خط)

۳۷۳..... ۳-۱۰- مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC)

۳۷۵..... ۱-۳-۱۰- تراشه‌ی DAC808 (یا MC1408)

۳۷۸..... ۴-۱۰- خلاصه

۳۷۹..... ۵-۱۰- پرسش‌های دوره‌ای

فصل یازدهم- ارتباط سریال در میکروکنترلر ATMEGA32..... ۳۸۲

۳۸۲..... ۱-۱۱- ارتباطات سیستمی از دیدگاه حجم سیم‌های رابط

۳۸۵..... ۲-۱۱- هماهنگی سرعت بین فرستنده و گیرنده

۳۸۷..... ۱-۲-۱۱- ارتباط سریال همگام

۳۸۷..... ۲-۲-۱۱- ارتباط سریال غیرهمگام

۳۸۹..... ۳-۱۱- کنترل جریان داده

۳۹۰..... ۴-۱۱- مشخصات ارتباط غیرهمگام

۳۹۱..... ۵-۱۱- تراشه‌های ارتباط سریال

۳۹۱.....	۶-۱۱- ارتباط سریال USART در AVR
۳۹۱.....	۱-۶-۱۱- ارتباط سریال غیرهمگام
۴۰۶.....	۲-۶-۱۱- ارتباط سریال همگام
۴۰۹.....	۳-۶-۱۱- توابع کتابخانه‌ای ارتباط USART در CodeVision
۴۱۳.....	۴-۶-۱۱- ارتباط سریال USART بین میکروکنترلر AVR و کامپیوتر
۴۲۱.....	۵-۶-۱۱- انجام تنظیمات ارتباط سریال در برنامه‌ساز CodeWizard
۴۲۲.....	۶-۶-۱۱- ارتباط سریال با کامپیوترهای امروزی و لپ‌تاپ
۴۲۲.....	۷-۱۱- پروژه‌ی عملی (اتصال صفحه کلید کامپیوتر به میکروکنترلر)
۴۲۷.....	۷-۱۱- ارتباط سریال SPI
۴۲۹.....	۱-۷-۱۱- پیکربندی واحد SPI در میکروکنترلر ATmega32
۴۳۱.....	۲-۷-۱۱- راه‌اندازی واحد SPI
۴۳۳.....	۳-۷-۱۱- راه‌اندازی واحد SPI
۴۳۸.....	۴-۷-۱۱- توابع کتابخانه‌ای مرتبط با واحد SPI
۴۴۰.....	۵-۷-۱۱- برقراری ارتباط با دستگاه 25CXX
۴۴۴.....	۶-۷-۱۱- انجام تنظیمات پورت سریال در برنامه‌ساز CodeWizard
۴۴۴.....	۸-۱۱- ارتباط سریال دو سیمی TWI یا I ² C
۴۴۶.....	۱-۸-۱۱- نحوه‌ی پیاده‌سازی ارتباط سریال دو سیمی
۴۴۹.....	۲-۸-۱۱- سیستم‌های شامل چند واحد پایه
۴۵۰.....	۳-۸-۱۱- ثبات‌های واحد TWI
۴۵۳.....	۴-۸-۱۱- راه‌اندازی واحد TWI در حالت پایه
۴۵۷.....	۵-۸-۱۱- راه‌اندازی واحد TWI در حالت پیرو
۴۶۰.....	۶-۸-۱۱- چند نکته‌ی مهم درباره پروتکل TWI
۴۶۰.....	۷-۸-۱۱- کاربردهای ارتباط TWI
۴۶۱.....	۸-۸-۱۱- توابع کتابخانه‌ای مرتبط با واحد سریال TWI
۴۶۹.....	۹-۸-۱۱- استفاده از برنامه‌ساز CodeWizard در تنظیمات ارتباط TWI
۴۷۰.....	۹-۱۱- ارتباط سریال تک سیمی (1WIRE)
۴۷۲.....	۱-۹-۱۱- توابع کتابخانه‌ای مربوط به ارتباط سریال تک سیمی

۴۷۳	۱۱-۱۰- خلاصه
۴۷۳	۱۱-۱۱- پرسش های دوره ای
۴۷۸	فصل دوازدهم- قابلیت BOOT LOADER در میکروکنترلر ATMEGA32
۴۸۱	۱۲-۱- بیت های حفاظتی حافظه
۴۸۴	۱۲-۲- ورود به برنامه ی بوت
۴۸۵	۱۲-۳- دستورالعمل های مربوط به برنامه ی بوت
۴۸۷	۱۲-۴- بات کتتری برنامه های بوت
۴۸۹	۱۲-۵- درام عملهای حافظه ی بوت
۴۹۱	۱۲-۶- باز نویسی حافظه ی بوت
۴۹۳	۱۲-۷- نحوه ی فعال سازی بیت های حفاظتی
۴۹۵	۱۲-۸- خلاصه
۴۹۵	۱۲-۹- پرسش های دوره ای
۴۹۸	فصل سیزدهم- مدار واسط JTAG میکروکنترلر ATMEGA32
۵۰۰	۱۳-۱- معرفی ماشین حالت واحد JTAG
۵۰۳	۱۳-۲- ثباتهای کاربردی در مدار واسط JTAG
۵۰۵	۱۳-۳- عیب یابی برنامه ی میکروکنترلر
۵۰۷	۱۳-۴- بررسی مرزی حافظه ی میکروکنترلر
۵۰۹	۱۳-۴-۱- واحدهای مرتبط با واحد بررسی مرزی
۵۲۲	۱۳-۵- برنامه ریزی میکروکنترلر به کمک JTAG
۵۲۳	۱۳-۶- خلاصه
۵۲۳	۱۳-۷- پرسش های دوره ای
۵۲۶	پیوست الف) ساختار حافظه های داخلی میکروکنترلر ATMEGA32
۵۳۰	پیوست ب) واحد تولید و کنترل پالس ساعت
۵۳۳	پیوست ج) معرفی ثبات های میکروکنترلر ATMEGA32
۵۶۳	پیوست د) مجموعه دستورهای اسمبلی میکروکنترلر ATMEGA32
۵۶۹	پیوست ه) ساخت پروژه در نرم افزار CODEVISION
۵۷۴	پیوست و) وضعیت های کاری استراحت و منابع بازنشانی AVR

پیوست ز) مدار برنامه‌ریزی JTAG.....	۵۸۷
پیوست ح) برگه‌های اطلاعاتی چند مدل میکروکنترلر AVR.....	۵۹۲
کتاب‌شناسی.....	۶۰۵

فهرست محتویات لوح فشرده

ضمیمه‌های کتاب

- آشنایی با LCD گرافیکی
- ارتباط با کارت‌های حافظه MCC
- برنامه‌ریزی حافظه‌های میکروکنترلر
- آشنایی با شاه‌ساز روتنوس
- آشنایی با توابع کتابخانه‌ای برای ارتباط سریال با برخی تراشه‌های دالاس و فیلپس

نرم‌افزار

- اسمبلر
 - Gavarasm
 - MicroIDE (v. 5.50.137.0)
 - avra_0.8-win32
 - wavrasm (V. 1.3)
- کامپایلر
 - BASCOM-AVR (V. 2.0.7.5, V. 1.11.7.4)
 - CodeVision-AVR (V. 2.04.4a, V. 1.23)
 - FlowCode (V. 4.0)
 - WinAVR (V. 20100110, V. 20090317, V. 3.41)
- شبیه‌ساز
 - Proteus (V. 7.10) - Proteus Portable (V. 7.7 SP2) و V. 7.6 sp4
 - AVR Studio (V. 6, V. 4-12)
- نرم‌افزارهای LCD گرافیکی
 - BMPtoArray (V. 1.0.01)
 - Fast-LCD (V. 1.2.0.0)
 - FontGEN (V. 2.0.0.0)
 - Graphic-LCD-Editor (V. 2.02)
- نرم‌افزارهای متفرقه
 - Flow Matrix Genereator (V. 1.0)