

به نام خدا



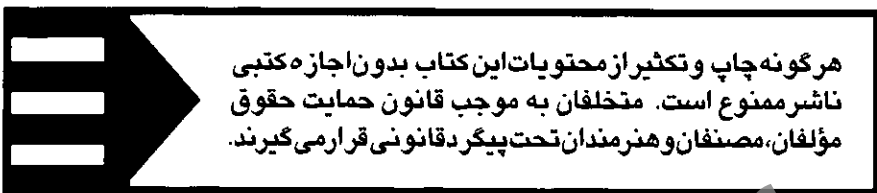
مؤسسه فرهنگی هنری
دیارگران تهران

میکروکنترلرهای ARM سری LPC

(همراه با مثال‌های کاربردی)

مؤلف

ابوالفضل زرگری



هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی
ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق
مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

میکروکنترلرهای ARM سری LPC (همراه با مثال های کاربردی)

مؤلف: ابوالفضل زرگری

ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

حروفچینی و صفحه آرایی: مجتمع فنی تهران

طرح روی جلد: مجتمع فنی تهران

چاپ: ادیبان ایران

نوبت چاپ: اول

تاریخ نشر: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت با DVD همراه: ۲۸۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۲۴۸-۹

ISBN: 978-600-124-248-9

بر شناسه: زرگری، ابوالفضل، ۱۳۶۳-
عنوان و نام پدیدآور: میکروکنترلرهای ARM سری LPC (همراه با مثال های
کاربردی) / مؤلف ابوالفضل زرگری.
مشخصات نشر: تهران: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری: ۴۹۲ ص: مصور+ یک لوح ویدیویی دیجیتال.
شابک: 978-600-124-248-9
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
یادداشت: کتابنامه: ص. ۴۹۲
موضوع: کنترل کننده های برنامه پذیر
موضوع: میکروکنترلر ا. ار. ام.
رده بندی کنگره: ۱۳۹۲ ۷۹۴ TJ۲۲۲/
رده بندی دیویی: ۶۲۹/۸۹۵
شماره کتابشناسی ملی: ۳۱۲۴۶۹۴

نشانی دفتر مرکزی: تهران، سعادت آباد، میدان کاج، خ سرو شرقی، روبه روی خ علامه، پلاک ۴۹

وب سایت: dibagaran.mft.info

صندوق پستی: ۱۴۳۳۵/۹۴۳

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب، خ کارگر جنوبی، قبل از چهارراه لبافی نژاد، پلاک ۱۲۵۱

کد پستی: ۱۳۱۴۹۸۳۱۸۵

تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۱۲

فروش اینترنتی: www.mftshop.com

پست الکترونیکی: bookmarket@mftmail.com

فهرست مطالب

مقدمه ناشر ۱۰

مقدمه مؤلف ۱۱

فصل اول: آشنایی با میکروکنترلرهای ARM

مقدمه ۱۵

۱-۱ پردازنده‌های ARM ۱۶

۱-۲ میکروکنترلرهای ARM ۱۸

فصل دوم: میکروکنترلرهای ARM سری LPC

مقدمه ۲۱

۲-۱ مقایسه مشخصات میکروکنترلرهای خانواده LPC ۲۱

۲-۲ میکروکنترلرهای سری LPC23XX ۳۶

۲-۳ ترکیب بسته بندی میکروکنترلرهای سری LPC23XX ۳۸

فصل سوم: کامپایلرها و مفسرهای ARM

مقدمه ۴۵

۳-۱ کامپایلرهای ARM ۴۵

۳-۲ آشنایی با کامپایلر Keil μ vision ۴۶

۳-۳ برنامه نویسی در کامپایلر Keil μ vision ۶۳

فصل چهارم: پروگرام کردن و عیب‌یابی میکروکنترلر

مقدمه ۷۱

۴-۱ حداقل سخت افزار لازم برای راه اندازی میکروکنترلر ۷۱

۴-۲ پروگرام کردن حافظه Flash میکروکنترلر ۷۴

۴-۳ عیب‌یابی میکروکنترلر در حین کار در مدار ۸۵

فصل پنجم: معماری داخلی میکروکنترلرهای LPC23XX

مقدمه ۸۷

۵-۱ پردازنده ۸۷

۵-۲ ثبات‌های عمومی ۸۸

۵-۳	رخدادها	۹۱
۵-۴	فضای آدرس میکروکنترلرهای سری LPC23XX	۹۲
۵-۵	محل اجرای کد برنامه	۹۴
۵-۶	گذرگاه‌های داخلی میکروکنترلرهای سری LPC23XX	۹۶
۵-۷	ثبات وضعیت و کنترل سیستم	۱۰۰

فصل ششم: منابع کلاک میکروکنترلر

۱۰۱	مقدمه	۱۰۱
۶-۱	معرفی منابع کلاک میکروکنترلر	۱۰۳
۶-۲	نحوه راه اندازی منابع کلاک	۱۰۴
۶-۳	نحوه انتخاب منابع کلاک برای عملیات سراسری میکروکنترلر	۱۰۶
۶-۴	تنظیمات واحد PLL	۱۰۷
۶-۵	تقسیم کننده‌های کلاک	۱۱۰
۶-۶	الگویی برای تغییر کلاک سیستم	۱۱۳
۶-۷	منبع وقفه واحد PLL	۱۱۵

فصل هفتم: واحد شتاب‌دهنده حافظه (MAM)

۱۱۷	مقدمه	۱۱۷
۷-۱	فعال کردن و تنظیم مدهای کاری واحد MAM	۱۱۸

فصل هشتم: واحد کنترل کننده وقفه برداری (VIC)

۱۲۱	مقدمه	۱۲۱
۸-۱	معرفی لیست منابع وقفه در واحد VIC	۱۲۳
۸-۲	اختصاص منابع وقفه به دو ورودی IRQ یا FIQ	۱۲۴
۸-۳	تعیین اولویت بندی منابع وقفه	۱۲۵
۸-۴	فعال کردن منابع وقفه	۱۲۶
۸-۵	غیر فعال کردن منابع وقفه	۱۲۶
۸-۶	نحوه درخواست وقفه	۱۲۷
۸-۷	تعیین آدرس سرویس وقفه	۱۲۸
۸-۸	بررسی ثبات‌های وضعیت	۱۳۲

فصل نهم: منابع راه اندازی میکروکنترلر

مقدمه	۱۳۵
۹-۱ منابع راه اندازی	۱۳۵
۹-۲ شناسایی منابع راه اندازی	۱۳۵
۹-۳ آشکارساز کاهش ولتاژ تغذیه (BOD)	۱۳۶
۹-۴ تایمر نگهبان	۱۳۷

فصل دهم: مدیریت مصرف توان

مقدمه	۱۴۱
۱۰-۱ مدهای کاهش مصرف توان	۱۴۱
۱۰-۲ نحوه وارد شدن میکروکنترلر به مدهای کاهش مصرف توان	۱۴۲
۱۰-۳ بازیابی از مدهای کاهش مصرف توان	۱۴۳
۱۰-۴ کنترل توان واحدهای جانبی میکروکنترلر	۱۴۴
۱۰-۵ مثال برنامه نویسی	۱۴۶

فصل یازدهم: واحد اتصال بین ها

مقدمه	۱۴۹
۱۱-۱ انتخاب کاربری هر پین	۱۴۹
۱۱-۲ انتخاب حالت pull-up/down برای هر پین	۱۶۰
۱۱-۳ مقادیر ثبات های PINSEL و PINMODE پس از راه اندازی میکروکنترلر	۱۶۳

فصل دوازدهم: پورت های ورودی / خروجی عمومی (GPIO)

مقدمه	۱۶۵
۱۲-۱ مراحل کار با هر پورت	۱۶۷
۱۲-۲ منابع وقفه GPIO	۱۷۷
۱۲-۳ مثال برنامه نویسی	۱۷۹

فصل سیزدهم: وقفه های خارجی

مقدمه	۱۸۷
۱۳-۱ مراحل کار با وقفه های خارجی	۱۸۷
۱۳-۲ مثال برنامه نویسی	۱۹۰

فصل چهاردهم: تایمرها

مقدمه	۱۹۳
۱۴-۱ معرفی پین‌های مربوط به هر تایمر	۱۹۴
۱۴-۲ مراحل کار با هر تایمر	۱۹۴
۱۴-۳ منابع وقفه تایمرها	۲۰۲
۱۴-۴ مثال برنامه نویسی	۲۰۳

فصل پانزدهم: مدولاتور پهنای پالس PWM

مقدمه	۲۰۹
۱۵-۱ توصیف پین‌های مربوط به مدولاتور PWM	۲۱۰
۱۵-۲ مراحل کار با مدولاتور PWM	۲۱۰
۱۵-۳ منابع وقفه مدولاتور PWM	۲۱۹
۱۵-۴ مثال برنامه نویسی	۲۲۰

فصل شانزدهم: واحد زمان سنج بلادرنگ (RTC)

مقدمه	۲۲۳
۱۶-۱ معرفی پین‌های مربوط به واحد RTC	۲۲۴
۱۶-۲ مراحل کار با واحد RTC	۲۲۵
۱۶-۳ آلارم‌های واحد RTC	۲۳۱
۱۶-۴ منابع وقفه واحد RTC	۲۳۲
۱۶-۵ مثال برنامه نویسی	۲۳۶

فصل هفدهم: مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

مقدمه	۲۳۹
۱۷-۱ معرفی پین‌های مربوط به مبدل ADC	۲۳۹
۱۷-۲ مراحل کار با مبدل ADC	۲۴۰
۱۷-۳ منابع وقفه مبدل ADC	۲۴۷
۱۷-۴ مثال برنامه نویسی	۲۴۸

فصل هجدهم: مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC)

مقدمه	۲۵۱
۱۸-۱ معرفی پین‌های مربوط به مبدل DAC	۲۵۱

۲۵۲.....	۱۸-۲ مراحل کار با مبدل DAC
۲۵۴.....	۱۸-۳ مثال برنامه نویسی

فصل نوزدهم: رابط سریال UART

۲۵۷.....	مقدمه
۲۵۹.....	۱۹-۱ پین‌های مربوط به رابط UART
۲۵۹.....	۱۹-۲ مراحل کار با رابط UART
۲۷۴.....	۱۹-۳ مودم استاندارد رابط UART1
۲۷۷.....	۱۹-۴ منابع وقفه رابط UART
۲۸۰.....	۱۹-۵ کنترل مدولاتور IrDA رابط UART3
۲۸۲.....	۱۹-۶ مثال برنامه نویسی

فصل بیستم: رابط سریال SPI

۲۸۷.....	مقدمه
۲۸۸.....	۲۰-۱ معرفی پین‌های مربوط به رابط SPI
۲۸۹.....	۲۰-۲ مراحل کار با رابط SPI
۲۹۶.....	۲۰-۳ منابع وقفه رابط SPI
۲۹۷.....	۲۰-۴ مثال برنامه نویسی

فصل بیست و یکم: واحد ارتباط سریال سنکرون SSP

۳۰۱.....	مقدمه
۳۰۱.....	۲۱-۱ معرفی پین‌های مربوط به واحد SSP
۳۰۲.....	۲۱-۲ مراحل کار با واحد SSP
۳۱۰.....	۲۱-۳ منابع وقفه واحد SSP
۳۱۲.....	۲۱-۴ درخواست DMA
۳۱۵.....	۲۱-۵ پروتکل TISSI چهار سیمه
۳۱۶.....	۲۱-۶ پروتکل Microwire
۳۱۶.....	۲۱-۷ مثال برنامه نویسی

فصل بیست و دوم: رابط سریال I2C

۳۲۱.....	مقدمه
۳۲۴.....	۲۲-۱ معرفی پین‌های مربوط به رابط I2C

خطشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرضه کتاب الی است که تواند

خواسته‌ای به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید. در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه‌مندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "جناب آقای ابو الفضل زرگری" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

ویرایش و صفحه‌آرایی کامپیوتری: مهسا کوراوی

ویراستاری: پریسا اخگری

طراح جلد: مینا دیده‌بان

ناظران چاپ: حیدر شفیعی و کریم براغ

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نمایم با مراجعه به آدرس dibagaran.mft.info (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرمایید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

publishing@mftmail.com

مقدمه مؤلف

امروزه میکروکنترلرهای ARM با توجه به ساختار ۳۲ بیتی، مصرف پایین، قدرت پردازش بالا، امکانات متنوع، نوپذیری کم و قیمت مناسب، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. ویژگی‌های این نوع میکروکنترلر باعث شده است تا از یک سو جایگزینی قدرتمند برای میکروکنترلرهای رایج ۸ و ۱۶ بیتی شود و از سوی دیگر در تلفن‌های همراه و رایانه‌های قابل حمل مورد استفاده قرار گیرد. از آن جایی که منابع آموزشی کمی برای استفاده از این میکروکنترلرها وجود دارد، بنابراین لازم است تا با انتشار منابع آموزشی مناسب، راه برای استفاده بیشتر و بهتر از این نوع میکروکنترلرها و قابلیت‌های جذاب و فوق‌العاده آن‌ها باز شود.

در این کتاب آموزشی، درباره میکروکنترلرهای ARM سری LPC بحث خواهد شد. میکروکنترلرهای این خانواده یکی از بهترین و رایج‌ترین و کاربردی‌ترین میکروکنترلرهای ARM می‌باشند که دارای امکانات، سرعت و قابلیت‌های بالاتری نسبت به دیگر رقبای خود هستند. در فصل اول، مقایسه‌ای میان میکروکنترلرهای رایج و پرکاربرد ارائه شده و میکروکنترلرهای ARM سری LPC از شرکت NXP به عنوان میکروکنترلری مناسب و با قابلیت‌های بالا انتخاب شده است. در فصل دوم، انواع مختلف این نوع میکروکنترلر و امکانات متنوع آن در مدل‌های مختلف بررسی و در پایان فصل، میکروکنترلرهای سری LPC23XX به عنوان نمونه‌ای برای ورود به دنیای میکروکنترلرهای LPC انتخاب شده است. در فصل سوم، انواع کامپایلرهای ارائه شده برای برنامه‌نویسی میکروکنترلرهای ARM معرفی و در ادامه فصل، کامپایلر Keil μ vision به عنوان کامپایلری قدرتمند و مناسب انتخاب شده است. در این فصل، نحوه برنامه‌نویسی در محیط کامپایلر Keil، نکات ریز برنامه‌نویسی، نحوه کامپایل کردن و اعمال تنظیمات مناسب و شبیه‌سازی پروژه ایجاد شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل چهارم، راه‌اندازی میکروکنترلر و پروگرام کردن آن با روش‌های مختلف، همراه با سخت‌افزار مورد نیاز شرح داده شده است. در این فصل، خواننده یاد خواهد گرفت که برای راه‌اندازی این نوع میکروکنترلرها چه نکات عملی و سخت‌افزاری را باید در نظر بگیرد و چگونه یک پروگرامر ساده و کم هزینه تهیه کند. در فصل‌های پنجم تا یازدهم، به امکانات عمومی میکروکنترلر که معمولاً برای هر پروژه برنامه‌نویسی باید در نظر گرفته شود، پرداخته خواهد شد. برنامه‌نویس هر بار که پروژه جدیدی را آغاز می‌کند، باید نکات اشاره شده در این فصل‌ها را برای استفاده بهینه از امکانات مختلف میکروکنترلر، بار دیگر مرور کند. در فصل‌های دوازدهم تا بیست و هفتم، امکانات و واحدهای جانبی تعبیه شده در میکروکنترلر به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. در این فصول، علاوه بر ارائه جزئیات و نکات عملی و کاربردی، سعی شده است تا با مرحله‌بندی راه‌اندازی واحدهای جانبی، از پیچیدگی‌های کار با میکروکنترلر و ثبات‌های کنترلی آن کاسته شود. تمامی ثبات‌های کنترلی واحدهای جانبی میکروکنترلر به صورت تصویری و بیتی شرح داده شده است. در پایان هر کدام از این فصل‌ها مثال‌های برنامه‌نویسی و کاربردی، همراه با جزئیات برنامه‌نویسی ارائه شده است تا خواننده را با نحوه به‌کارگیری ثبات‌های کنترلی در متن برنامه،

بیشتر و بهتر آشنا کند. زبان برنامه‌نویسی که در این کتاب از آن استفاده می‌شود، زبان C می‌باشد و فرض بر این است که خواننده از قبل با مبانی برنامه‌نویسی C آشنایی دارد.

در DVD همراه کتاب، نرم افزارهای معرفی شده در این کتاب به همراه برگه‌های اطلاعاتی مدل‌های مختلف میکروکنترلرهای ARM جمع‌آوری شده است. تمامی مثال‌های برنامه‌نویسی که در این کتاب ارائه شده، در محتویات DVD همراه کتاب نیز آورده شده است. علاوه بر مثال‌های برنامه‌نویسی موجود در کتاب، مثال‌های متنوع دیگری نیز در این DVD یافت می‌شود. راهنمای نصب نرم افزار Keil نیز در این DVD موجود می‌باشد.

از تمامی علاقه‌مندان، دانشجویان و اساتید خواهشمند است که انتقادات و پیشنهادات خود را برای بهبود کیفیت این کتاب در ویرایش‌های بعدی در اختیار اینجانب بگذارند. برای ارتباط با اینجانب می‌توانید از آدرس پست الکترونیکی abolfazlzargari@yahoo.com استفاده کنید.

در پایان پس از حمد و ستایش پروردگار متعال، بر خود لازم می‌دانم تا از تمامی کسانی که به هر نحو مرا در تکمیل و چاپ این کتاب یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. از جمله دوست عزیزم حمید عسگری.

با امید به فردایی بهتر

ابوالفضل زرگری

دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی اصفهان

ویژگی‌های کتاب

- ◀ آشنایی با پردازنده‌ها و میکروکنترلرهای ARM
- ◀ آشنایی با میکروکنترلرهای ARM سری LPC
- ◀ کار با میکروکنترلرهای سری LPC23XX
- ◀ نحوه راه‌اندازی و پروگرام کردن میکروکنترلر
- ◀ آشنایی با کامپایلرهای ARM و کار با کامپایلر Keil μ Vision
- ◀ آشنایی با برنامه‌نویسی میکروکنترلر
- ◀ بررسی مفصل امکانات و واحدهای جانبی میکروکنترلر در فصل‌های تفکیک شده
- ◀ ارائه مثال‌های برنامه‌نویسی و نکات کاربردی و عملی در هر فصل

محتوای DVD همراه کتاب

- ◀ نرم افزارهای کامپایلر ARM
- ◀ نرم افزارهای مربوط به پروگرام کردن میکروکنترلر
- ◀ مثال‌های برنامه‌نویسی موجود در کتاب
- ◀ مثال‌های برنامه‌نویسی متعدد
- ◀ برگه‌های اطلاعاتی مربوط به میکروکنترلرهای ARM