

۱۴۴۰۲۳۱
۴۲۸
۶۵

۱۴۴۵۲۱
۶۵
۱۴۴۵۲۱

به نام خدا

مؤسسه فرهنگی هنری
دیبانگران تهران

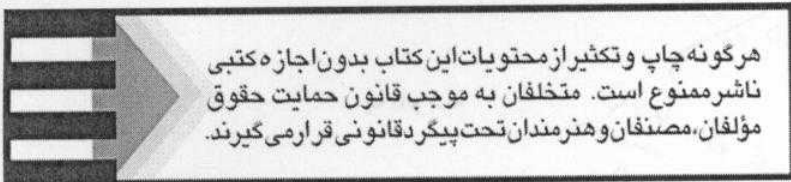
آشنایی با میکروکنترلرهای ARM

سری LPC23 و LPC17

مؤلفان

ابوالفضل زرگری

مژگان رنجبر اردستانی



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.

آشنایی با میکروکنترلرهای ARM سری LPC 17-LPC23

مؤلفین: ابوالفضل زرگری-مژگان رنجبر اردستانی

ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

حروفچینی: صفحه آرای: مجتمع فنی تهران

طرح روی جلد: مجتمع فنی تهران

چاپ: دانشجو

نوبت چاپ: اول

تاریخ نشر: ۱۳۹۵

تیراژ: ۳۰۰ جلد

قیمت با دیسک همراه: ۴۴۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۴۴۹-۰

ISBN: 978-600-124-449-0

سرشناسه: زرگری ابوالفضل، ۱۳۶۳
عنوان و نام پدیدآور: آشنایی با میکروکنترلرهای ARM سری LPC17-
LPC23 / مولفان ابوالفضل زرگری، مژگان رنجبر اردستانی
موضوعات: تخصصات نشر: تهران: دیباگران تهران، ۱۳۹۵.
موضوعات ظاهری: ۴۱۰ ص: مصور: جدول: لوح فشرده .
شابک: 978-600-124-449-0
موضوع: فهرست نویسی: فیا
موضوع: کنترلر میکروکنترلر، ام.
ARM microcontroller موضوع:
موضوع: کنترل کننده های برنامه پذیر
موضوع: programmable controllers: program
شناسه افزوده: رنجبر اردستانی، مژگان، ۱۳۶۳.
رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ ز ۹ ک ۳ / TJ
رده بندی دیویی: ۶۲۹/۸۹۵
شماره کتابشناسی ملی: ۴۲۶۹۸۲۰

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب، خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهسان، پلاک ۱۲۵۱

کد پستی: ۱۳۱۴۹۸۳۱۸۵

تلفن: ۱۲-۲۲۰۸۵۱۱۱ - ۶۶۴۱۰۰۴۶

فروش اینترنتی: www.mftshop.com

پست الکترونیکی: bookmarket@mftmail.com

www.mftbook.ir

فهرست مطالب

۲	مؤلفان : ابو الفضل زرگری-مژگان رنجبر اردستانی
۸	مقدمه
۹	مقدمه مؤلفان
۱۱	فصل ۱
۱۱	آشنایی با میکروکنترلر ARM
۱۲	۱-۱ پردازنده های ARM
۱۶	۱-۲ میکروکنترلر های ARM
۱۷	فصل ۲
۱۷	میکروکنترلر های ARM سری LPC
۱۸	مقدمه
۱۸	مقایسه مشخصات میکروکنترلر های خانواده LPC
۳۴	۲-۲ مقایسه امکانات میکروکنترلر های سری LPC23XX و LPC17XX
۳۶	۲-۳ ترکیب بسته بندی میکروکنترلر های سری LPC23XX
۴۱	فصل ۳
۴۱	کامپایلرها و مفسر های ARM
۴۲	مقدمه
۴۲	۳-۱ کامپایلر های مختلف ARM
۴۳	۳-۲ آشنایی با کامپایلر Kiel μ vision
۴۸	شکل ۳-۷
۴۸	۳-۲ آشنایی با تنظیمات فایل startup
۵۱	شکل ۳-۱۰
۵۱	۳-۲ نحوه کامپایل کردن برنامه نوشته شده
۵۹	۳-۲ نحوه شبیه سازی پروژه
۶۸	۳-۳ برنامه نویسی در کامپایلر Kiel μ vision
۷۸	نوشتن دستورات اسمبلی در متن برنامه
۷۹	فصل ۴
۷۹	پروگرام کردن و عیب یابی میکروکنترلر

۱-۴ حداقل سخت افزار لازم برای راه اندازی میکروکنترلر ۸۰

۲-۴ پروگرام کردن حافظه Flash میکروکنترلر ۸۳

فصل ۵ ۱۰۷

منابع کلاک میکروکنترلر ۱۰۷

۱-۵ معرفی منابع کلاک میکروکنترلر ۱۱۰

۲-۱-۵ اسیلاتور RC داخلی ۱۱۲

۳-۱-۵ اسیلاتور RTC ۱۱۲

۲-۵ نحوه راه اندازی منابع کلاک ۱۱۲

۲-۲-۵ اسیلاتور RC داخلی ۱۱۴

۳-۲-۵ اسیلاتور RTC ۱۱۵

۴-۵ تنظیمات واحد PLL ۱۱۶

۳-۴-۵ ثبات وضعیت PLL ۱۱۹

۵-۵ تقسیم کننده های کلاک ۱۲۰

۶-۵ الگویی برای تغییر یک سیستم ۱۲۶

۷-۵ منبع وقفه واحد PLL ۱۲۸

فصل ۶ ۱۲۹

واحد شتاب دهنده حافظه ۱۲۹

۱-۶ فعال کردن واحد شتاب دهنده حافظه در میکروکنترلرهای سری LPC23XX ۱۳۱

ثبات MAMCR ۱۳۱

ثبات MAMTIM ۱۳۲

۲-۶ فعال کردن واحد شتاب دهنده حافظه در میکروکنترلرهای سری LPC17XX ۱۳۳

فصل ۷ ۱۳۵

واحد کنترل کننده وقفه برداری (VIC) ۱۳۵

۱-۷ معرفی لیست منابع وقفه در واحد VIC ۱۳۷

۲-۷ اختصاص منابع وقفه به دو ورودی IRQ و یا FIQ ۱۴۱

۳-۷ تعیین اولویت بندی منابع وقفه ۱۴۱

۴-۷ فعال کردن منابع وقفه ۱۴۴

۵-۷ غیر فعال کردن منابع وقفه ۱۴۵

۶-۷ نحوه درخواست وقفه ۱۴۶

۱-۷-۶ درخواست وقفه نرم افزاری ۱۴۶

۲-۷-۶ درخواست وقفه سخت افزاری ۱۴۷

۷-۷ تعیین آدرس سرویس وقفه ۱۴۷

۲-۷-۷ سرویس وقفه IRQ ۱۵۰

۸-۷ بررسی ثبات های وضعیت ۱۵۳

۱-۸-۷ ثبات VICIRQStatus ۱۵۳

۲-۸-۷ ثبات VICFIQStatus ۱۵۳

۳-۸-۷ ثبات VICRawIntr ۱۵۴

فصل ۸ ۱۵۵

منابع RESET میکروکنترلر ۱۵۵

۱-۱ منابع reset ۱۵۶

۲-۱ شناسایی منابع reset ۱۵۶

۳-۱ آشکار ساز کاهش ولتاژ تغذیه (BOD) ۱۵۸

۴-۱ تایمر نگهدار ۱۵۹

۱-۴-۱ مراحل کار با تایمر نگهدار ۱۶۰

فصل ۹ ۱۶۵

مدیریت مصرف توان ۱۶۵

۱-۹ مدتی که کاهش مصرف توان ۱۶۶

۲-۹ نحوه وارد شدن میکروکنترلر به مدهای کاهش مصرف توان ۱۶۷

۳-۹ بازبینی از مدهای کاهش مصرف توان ۱۶۹

۴-۹ کنترل توان محدود ایستایی میکروکنترلر ۱۷۲

۵-۹ مثال برنامه نویسی ۱۷۴

فصل ۱۰ ۱۷۹

واحد اتصال پین‌ها ۱۷۹

۱-۱۰ انتخاب کاربری هر پین ۱۸۰

۶-۱۰-۱ اثبات PINSELS و PINSEL6 ۱۸۵

این ثابت برای سری LPC2368 و LPC1114 استفاده شده است ۱۸۶

۲-۱۰ انتخاب حالت pull-up/down برای هر پین ۱۸۷

فصل ۱۱ ۱۹۳

پورت‌های ورودی/خروجی عمومی (GPIO) ۱۹۳

۱-۱۱ مراحل کار با هر پورت ۱۹۵

۲-۱۱-۱ تامین منبع کلاک پورت ۱۹۶

۳-۱۱-۱ تغییر کاربری پین‌های ورودی/خروجی ۱۹۶

۴-۱۱-۱ اتصال مقاومت‌های pull-up/down به پین‌های هر پورت ۱۹۷

۵-۱۱-۱ دسترسی و مقدار دهی پین‌های هر پورت ۱۹۸

۲-۱۱ منابع وقفه GPIO ۲۱۱

۳-۱۱ مثال برنامه نویسی ۲۱۴

فصل ۱۲ ۲۲۳

وقفه‌های خارجی ۲۲۳

۱-۱۲ مراحل کار با وقفه‌های خارجی ۲۲۴

۲-۱۲ مثال برنامه نویسی ۲۲۷

فصل ۱۳ ۲۳۱

تایمرها ۲۳۱

۱-۱۳ معرفی پین‌های مربوط به هر تایمر ۲۳۳

۲-۱۳ مراحل کار با هر تایمر ۲۳۳

۲۵۳	فصل ۱۴.....
۲۵۳	مدولاتور پهنای پالس PWM.....
۲۵۵	۴-۱ اتوصیف پهنای های مربوط به مدولاتور PWM.....
۲۵۵	۴-۲ مراحل کار با مدولاتور PWM.....
۲۶۹	۴-۳ منابع وقفه مدولاتور PWM.....
۲۷۱	۴-۴ مثال برنامه نویسی.....
۲۷۵	فصل ۱۵.....
۲۷۵	واحد زمان سنج بلادرنگ (RTC).....
۲۷۷	۱۵-۱ معرفی پهنای های مربوط به واحد RTC.....
۲۷۸	۱۵-۲ مراحل کار با واحد RTC.....
۲۷۸	۱۵-۲-۲ مین منبع کلاک واحد RTC.....
۲۸۶	تنظیم ثبات های زنگ ها، نده تغییرهای ساعت و تقویم.....
۲۸۷	۱۵-۳ آلارم های واحد RTC.....
۲۸۹	۱۵-۴ منابع وقفه واحد RTC.....
۲۹۶	۱۵-۵ مثال برنامه نویسی.....
۲۹۷	فصل ۱۶.....
۲۹۷	مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC).....
۲۹۸	۱۶-۱ معرفی پهنای های مربوط به مبدل ADC.....
۳۰۰	۱۶-۲ مراحل کار با مبدل ADC.....
۳۰۷	۱۶-۲-۶ خواندن نتیجه تبدیل.....
۳۱۰	۱۶-۲-۷ بررسی ثبات وضعیت مبدل ADC.....
۳۱۰	۱۶-۳ منابع وقفه مبدل ADC.....
۳۱۲	۱۶-۴ مثال برنامه نویسی.....
۳۱۵	فصل ۱۷.....
۳۱۵	مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC).....
۳۱۶	۱۷-۱ معرفی پهنای های مربوط به مبدل DAC.....
۳۱۷	۱۷-۲ مراحل کار با مبدل DAC.....
۳۱۹	۱۷-۲-۵ شروع تبدیل.....
۳۲۱	۱۷-۳ مثال برنامه نویسی.....
۳۲۵	فصل ۱۸.....
۳۲۵	رابطه سریال UART.....
۳۲۷	۱۸-۱ پهنای های مربوط به رابط UART.....
۳۲۷	۱۸-۲ مراحل کار با رابط UART.....
۳۲۹	۱۸-۲-۴ اتصال مقاومت داخلی pull-up/down به پهنای های رابط UART در صورت نیاز.....
۳۴۰	۱۸-۲-۸ تنظیم ثبات کنترلی FIFO های رابط UART.....
۳۴۲	۱۸-۲-۹ شروع ارسال و یا دریافت داده از طریق رابط UART.....
۳۴۷	۱۸-۳ منابع وقفه رابط UART.....

۳۵۲	۱۸-۴ مثال برنامه نویسی
۳۵۷	فصل ۱۹
۳۵۷	رابط سریال SPI
۳۵۸	۱۹-۱ معرفی بین های مربوط به رابط SPI
۳۶۰	۱۹-۲ مراحل کار با رابط SPI
۳۷۲	۱۹-۴ مثال برنامه نویسی
۳۷۷	فصل ۲۰
۳۷۷	رابط سریال I2C
۳۷۸	مقدمه
۳۸۰	۲۰-۱ معرفی بین های مربوط به رابط I2C
۳۸۱	۲۰-۲ مراحل کار با رابط I2C
۳۹۱	۲-ارسال داده در آدرس بی دو فاز در مد master
۳۹۳	۳-خواندن داده در آدرس بی یک فاز در مد master
۳۹۷	۵-ارسال داده در آدرس بی تک فاز در مد slave
۳۹۹	۶-دریافت داده در آدرس بی تک فاز در مد slave
۴۰۰	۹-۲-۲ بررسی ثبات وضعیت رابط I2C
۴۰۳	۳-۲۰ منابع وقفه رابط I2C
۴۰۳	۴-۲۰ مثال برنامه نویسی

www.keelab.com

خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرضه کتاب مانی

است که بتواند

حواس را به رفاه جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد

حمد و سپاس ایزد منان را که به انصاف 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، شرایط 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 است تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی برابر، معتبر و با کیفیت مناسب را در اختیار علاقه‌مندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "آقای ابوالفضل زرگری و سرکار خانم درگل زبیر اردستانی" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنید.

کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نمایم 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 بهترین و گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

publishing@mftmail.com

مقدمه مولفان

امروزه میکروکنترلرهای ARM با توجه به ساختار ۳۲ بیتی، مصرف پایین، قدرت پردازش بالا، امکانات متنوع، نویز پذیری کم و قیمت مناسب، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. ویژگی های 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 تلفن های همراه و رایانه های قابل حمل مورد استفاده قرار گیرد. از آن جایی که منابع آموزش کمی برای استفاده از این میکروکنترلرها وجود دارد، بنابراین لازم است تا با انتشار منابع آموزش مناسب، راه برای استفاده بیشتر و بهتر از این نوع میکروکنترلرها و قابلیت های جذاب و فوق العاده آن ها باز شود.

در این کتاب آموزشی، به بحث درباره میکروکنترلرهای ARM سری LPC پرداخته خواهد شد. میکروکنترلرهای این خانواده یکی از بهترین و رایج ترین و کاربردی ترین میکروکنترلرهای ARM می باشند که دارای امکانات، سرعت و قابلیت های بالاتری نسبت به دیگر رقبای خود هستند. در فصل اول، مقایسه ای میان میکروکنترلرهای رایج و پرکاربرد ارائه شده و میکروکنترلرهای ARM سری LPC از شرکت NXP به عنوان میکروکنترلری مناسب با قابلیت های بالا انتخاب شده است. در فصل دوم، انواع مختلف این نوع میکروکنترلر و امکانات متنوع آن در مدل های مختلف بررسی و در پایان فصل، میکروکنترلرهای سری LPC23XX و LPC17XX به عنوان نمونه هایی مناسب برای ورود به دنیای میکروکنترلرهای LPC انتخاب شده است. در فصل سوم، نحوه کامپایلرهای ارائه شده برای برنامه نویسی میکروکنترلرهای ARM معرفی و در ادامه فصل، کتاب Keil μvision به عنوان کامپایلری قدرتمند و مناسب انتخاب شده است. در این فصل، نحوه برنامه نویسی در محیط کامپایلر Keil نکات ریز برنامه نویسی، نحوه کامپایل کردن و اعمال تنظیمات مناسب و شبیه سازی پروژه ایجاد شده مورد بررسی قرار می گیرد. در فصل چهارم، راه اندازی میکروکنترلر و پروگرام کردن آن با روش های مختلف، همراه با سخت افزار مورد نیاز شرح داده شده است. در این فصل، خواننده یاد خواهد گرفت که برای راه اندازی این نوع میکروکنترلرها چه نکات عملی و سخت افزاری را باید در نظر بگیرد و چگونه یک پروگرامر ساده و کم هزینه تهیه کند. در فصل های پنجم تا دهم، به امکانات عمومی میکروکنترلر که معمولا برای هر پروژه برنامه نویسی باید در نظر گرفته شود، پرداخته خواهد شد. برنامه نویس هر بار که پروژه جدیدی را آغاز می کند باید نکات اشاره شده در این فصل ها را برای

استفاده بهینه از امکانات مختلف میکروکنترلر، بار دیگر مرور کند. در فصل های یازدهم تا بیستم، امکانات و واحد های 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 مرحله بندی راه اندازی واحدهای جانبی، از پیچیدگی های کار با میکروکنترلر و ثبات های کنترلی آن کاسته شود. تمامی ثبات های کنترلی واحدهای جانبی میکروکنترلر به صورت تصویری و بیتی شرح داده شده است. در پایان هر کدام از این فصل ها مثال های برنامه نویسی و کاربردی، همراه با جزئیات برنامه نویسی ارائه شده است. خواننده را با نحوه به کارگیری ثبات های کنترلی در متن برنامه، بیشتر و بهتر آشنا کند. زبان برنامه نویسی که در این کتاب از آن استفاده می شود، زبان C می باشد و فرض بر این است که خواننده از قبل با سی نام نویسی C آشنایی دارد.

در DVD همراه کتاب، نرم افزارهای معرفی شده در این کتاب به همراه برگه های اطلاعاتی مدل های مختلف میکروکنترلرهای ARM و AVR آورده شده است. تمامی مثال های برنامه نویسی که در این کتاب ارائه شده، در محتویات DVD همراه کتاب، نیز جا داده شده است. علاوه بر مثال های برنامه نویسی موجود در کتاب، مثال های متنوع دیگری نیز در این DVD یافت می شود. راهنمای نصب نرم افزار Kiel نیز در این DVD موجود می باشد.

از تمامی علاقمندان، دانشجویان و اساتید خواهشمند است که انتقادات و پیشنهادات خود را برای بهبود کیفیت این کتاب در ویرایش های بعدی در اختیار اینجانب بگذارند. برای ارتباط با اینجانب می توانید از آدرس پست الکترونیکی bolfazlzargari@yahoo.com استفاده کنید.

در پایان پس از حمد و ستایش پروردگار متعال، بر خود لازم می دانم تا از تمامی کسانی که به هر نحو مرا در تکمیل و چاپ این کتاب یاری نمودند و همچنین همکار مولف گرامی، مهندس مژگان رنجبر کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.