



مرجع کامل میکروکنترلرهای

ARM

NXP LPC17xx Edition

محمد خوش باطن

سرشناسه	:	خوش باطن: محمد، ۱۳۶۷ -
عنوان و نام پدیدآور	:	مرجع کامل میکروکنترلرهای ARM : NXP LPC17xx Edition / محمد خوش باطن.
مشخصات نشر	:	مشهد: قلم آذین رضا، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	:	۳۰۸ ص.: مصور، جدول + یک لوح فشرده.
شابک	:	۱۴۰۰۰ ریال : 978-600-6535-16-6
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
یادداشت	:	عنوان دیگر: مرجع کامل میکروکنترلرهای ARM (همراه با لوح فشرده).
عنوان دیگر	:	مرجع کامل میکروکنترلرهای ARM (همراه با لوح فشرده).
موضوع	:	کنترل کننده های برنامه پذیر
موضوع	:	میکروکنترلرها
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۱ خ ۸۴ / ۵۹ TJ۲۲۳
رده بندی دیویی	:	۶۲۹ / ۹۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۲۹۱۶۹۴

مرجع کامل میکروکنترلرهای ARM (همراه با لوح فشرده)

نویسنده	:	محمد خوش باطن (پژوهشسرای باقرالعلوم 'ع)
ویراستار	:	غلامرضا نادری
ناشر	:	انتشارات قلم آذین رضا
صفحه آرای/طرح جلد	:	مصطفی فهیمی
قطع	:	وزیری
نوبت و سال چاپ	:	اول - ۱۳۹۱
تعداد صفحه	:	۳۰۸ صفحه
شمارگان / قیمت	:	۱۰۰۰ نسخه / ۱۴۰۰۰ تومان
چاپ و صحافی	:	دقت ۳۱۲۵۰۵۲ (۶ خط)
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۶۵۳۵-۱۶-۶



مشهد - بلوار اندیشه - حاشیه خیابان رازی - پ ۲۱۲ «حق چاپ محفوظ است.»

تلفن: ۰۵۱۱-۶۶۲۲۹۳۷ همراه: ۰۹۱۵۱۲۵۷۸۱۱ - ۰۹۱۵۱۰۶۸۶۳۹ - ۰۹۱۵۱۲۴۲۱۶۰

مرکز پخش ۱: مشهد - پست باغ نادری - گلچینه کتاب - پخش کتاب اصغری ۰۲۲۵۵۳۹۰-۰۵۱۱

مرکز پخش ۲: خراسان رضوی - قوچان - پژوهشسرای باقرالعلوم (ع) - ۰۲۲۳۷۱۹۱-۰۵۸۱

سپاسگزاری

❖ از همسرم سرکار خانم مهندس نوروزی که حقیقتاً بدون همراهی ایشان نگارش این کتاب میسر نبود، تشکر می‌نمایم.

❖ همچنین از مدیریت محترم اداره آموزش و پرورش و پژوهش سرای باقرالعلوم (ع) شهرستان قوچان، جهت همکاری در چاپ کتاب تشکر می‌نمایم.

❖ از جناب آقای سید رضا حسینی به خاطر پیگیری مجدانه در چاپ این کتاب صمیمانه قدردانی می‌نمایم.

❖ در ادامه بر خود لازم میدانم از دوست خوبم جناب آقای مهندس امید رحمتی که با پیشنهادات خود سرایاری نمودند، قدردانی نمایم.

با تمام تلاشی که صورت گرفته تا اشکالات احتمالی کتاب به حداقل برسد؛ اما به هیچ عنوان کتاب خالی از اشکال نیست. امید است دانش پژوهان و اساتید محترم اینجانب را از انتقادات و نظرات خود جهت ارائه کار، بهتر بهره مند سازند. لطفاً نظرات خود را به آدرس الکترونیکی مولف ارسال کنید. در عنوان کلمه [ARM-KHOSH BATEN] را قید کنید.

m_khoshbaten@yahoo.com

آدرس الکترونیکی مولف

محمد خوش باطن

مرداد ماه ۱۳۹۱

فهرست مطالب

۱۱	 مقدمه
۱۷	 فصل ۱: آشنایی با پردازنده‌های ARM
۱۸	 ۱-۱ نسل‌های مختلف پردازنده ARM
۱۹	 ۲-۱ معماری ARM
۲۰	 ۱-۲-۱ رجیسترهای خاص (Special Register)
۲۱	 ۲-۲-۱ بیت‌های رجیستر APSR (قابل تغییر توسط کاربر)
۲۳	 ۳-۲-۱ بیت‌های رجیستر EPSR (فقط خواندنی)
۲۲	 ۴-۲-۱ رجیستر PRIMASK
۲۲	 ۵-۲-۱ رجیستر FAULTMASK
۲۲	 ۶-۲-۱ رجیستر BASEPRI
۲۲	 ۷-۲-۱ بیت‌های رجیستر IPSR (فقط خواندنی)
۲۳	 ۸-۲-۱ رجیستر CONTROL
۲۵	 فصل ۲: میکروکنترلرهای LPC
۲۵	 ۱-۲ میکروکنترلرهای سری LPC23xx
۲۶	 ۱-۱-۲ خصوصیات میکروکنترلر LPC2364
۲۹	 ۲-۱-۲ خصوصیات میکروکنترلر LPC2366
۳۲	 ۳-۱-۲ خصوصیات میکروکنترلر LPC2368
۳۵	 ۴-۱-۲ خصوصیات میکروکنترلر LPC2378
۳۸	 ۲-۲ میکروکنترلرهای سری LPC24XX
۳۸	 ۱-۲-۲ خصوصیات میکروکنترلر LPC2468
۴۱	 ۲-۲-۲ خصوصیات میکروکنترلر LPC2478
۴۴	 ۳-۲ میکروکنترلرهای سری LPC17XX(Cortex-M3)
۴۴	 ۱-۳-۲ خصوصیات LPC1763/64/65/66/67/68/69
۴۹	 فصل ۳: محیط برنامه نویسی KEIL uVision
۵۰	 ۱-۳ نحوه ایجاد یک پروژه
۵۲	 ۲-۳ برای مطالعه
۵۵	 ۳-۳ معرفی محیط شبیه سازی

۵۸.....	۴-۳ مشاهده مقدار رجیسترهای تراشه و متغیرها.....
۵۹.....	۵-۳ نحوه استفاده از نرم افزار H-Convertor.....
۶۱.....	فصل ۴ : ساخت پروگرامر ARM
۶۱.....	۱-۴ پروگرامر Flash Magic.....
۶۳.....	۲-۴ دیباگر (Debugger) و پروگرامر JTAG.....
۶۹.....	فصل ۵ : دستورها و توابع محیط برنامه نویسی KEIL
۶۹.....	۱-۵ بدنه یک برنامه در محیط KEIL.....
۷۱.....	۱-۱-۵ توضیحات (comments).....
۷۱.....	۲-۱-۵ دستورات #include.....
۷۲.....	۳-۱-۵ دستورات #define.....
۷۳.....	۲-۵ اعداد، متغیرها و اشاره گرها.....
۷۳.....	۱-۲-۵ انواع متغیرها در Keil.....
۷۴.....	۲-۲-۵ اشاره گرها (Pointers).....
۷۵.....	۳-۵ عملگرها.....
۷۵.....	۱-۳-۵ عملگرهای یگانی.....
۷۵.....	۲-۳-۵ عملگرهای حسابی.....
۷۵.....	۳-۳-۵ عملگرهای مقایسه ای.....
۷۶.....	۴-۳-۵ عملگرهای بیتی.....
۷۶.....	۵-۳-۵ عملگرهای منطقی.....
۷۷.....	۶-۳-۵ عملگرهای انتسابی یا ترکیبی.....
۷۷.....	۴-۵ دستورهای کنترلی و شرطی.....
۷۷.....	۱-۴-۵ دستور شرطی if-else.....
۷۸.....	۲-۴-۵ حلقه شرطی while().....
۷۹.....	۳-۴-۵ حلقه شرطی do-while().....
۷۹.....	۴-۴-۵ حلقه for().....
۸۰.....	۵-۴-۵ دستور goto.....
۸۰.....	۶-۴-۵ دستور break;.....
۸۱.....	۷-۴-۵ دستور switch().....
۸۲.....	۵-۵ ایجاد تأخیر در برنامه.....
۸۳.....	۶-۵ زیر برنامه.....
۸۵.....	فصل ۶ : کنترل توان و کلاک در تراشه های LPC
۸۵.....	۱-۶ معماری میکروکنترلرهای LPC.....
۸۵.....	۱-۱-۶ باسهای داخلی تراشه.....
۸۵.....	۲-۱-۶ Bus Matrix.....
۸۸.....	۳-۱-۶ نقشه ی حافظه.....
۹۴.....	۲-۶ عملکرد تراشه پس از Reset.....
۹۶.....	۱-۲-۶ تعیین منبع ریست.....

۹۶	۳-۶ تعیین کلاک سیستم و رجیسترهای CLKSRSEL و SCS
۹۹	۱-۳-۶ بلوک PLL0 (Phase Locked Loop)
۹۹	۱-۱-۳-۶ رجیستر کنترل PLL0 (PLL0CON)
۱۰۱	۲-۱-۳-۶ رجیستر تنظیمات PLL0 (PLL0CFG)
۱۰۳	۳-۱-۳-۶ رجیستر وضعیت PLL0 (PLL0STAT)
۱۰۳	۴-۱-۳-۶ رجیستر PLL0FEED
۱۰۴	۲-۳-۶ تنظیم کلاک CPU و ادوات جانبی
۱۰۴	۱-۲-۳-۶ Cclk (CPU Clock)
۱۰۵	۲-۲-۳-۶ USB CLK
۱۰۶	۳-۲-۳-۶ Pclk (Peripheral clk)
۱۰۹	۳-۳-۶ مراحل تنظیم PLL0
۱۱۰	۴-۳-۶ بلوک PLL1
۱۱۱	۴-۶ کنترل توان (Power Control)
۱۱۳	۱-۴-۶ ویژگی Sleep On Exit
۱۲۰	۲-۴-۶ WIC (wake up interrupt controller)
۱۲۱	۵-۶ رست نرم افزاری یا کنترل Self-Reset
۱۲۴	۶-۶ انتقال کلاک داخلی روی پایه‌ی خروجی
۱۲۶	۷-۶ واحد حفاظت حافظه (Memory Protection Unit : MPU)
۱۲۷	فصل ۷: کنترل کننده وقفه‌ی برداری تودرتو (NVIC)
۱۲۸	۱-۷ برای مطالعه
۱۲۸	۲-۷ ورودی‌های وقفه و نحوه به تعویق افتادن وقفه‌ها
۱۳۳	۳-۷ جدولهای بردار (Vector Tables)
۱۳۴	۴-۷ رجیسترهای مورد نیاز در تنظیم وقفه
۱۳۶	۱-۴-۷ رجیسترهای ICER, ISER (Interrupt Set, Clear Enable Register)
۱۳۹	۲-۴-۷ رجیسترهای ICPR, ISPR (Interrupt Set, Clear Pending Register)
۱۴۲	۳-۴-۷ رجیستر IABR (Interrupt Active-Bit Register)
۱۴۴	۴-۴-۷ رجیسترهای تعیین سطح اولویت IPR (Interrupt Priority Register)
۱۴۸	۵-۴-۷ رجیستر تریگر نرم افزاری وقفه: STIR (Software Trigger Interrupt)
۱۴۹	۵-۷ روش تنظیم یک وقفه
۱۵۰	۶-۷ روال سرویس وقفه ISR
۱۵۲	۷-۷ تغییر جدول بردار وقفه
۱۵۳	۸-۷ وقفه‌های نرم افزاری
۱۵۷	۹-۷ برای مطالعه
۱۵۸	۱۰-۷ مثال کامل از راه اندازی وقفه تایمر شماره دو
۱۵۸	۱۱-۷ دسترسی به رجیسترهایی که مستقیماً در دسترس نیستند
۱۶۰	۱۲-۷ توابع درونی (استفاده از دستورالعملهای ویژه اسمبلی در C)
۱۶۲	۱۳-۷ CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard)

۱۶۳	 CMSIS ۱-۱۳-۷ مزایای
۱۶۵	فصل ۸: آشنایی با امکانات جانبی تراشه‌های LPC
۱۶۵	 ۱-۸ پورتهای ورودی/خروجی (GPIO)
۱۶۷	 رجیستر FIOxDIR (FIO0DIR-FIO4DIR)
۱۷۰	 رجیستر پوشش پورت FIOxMASK (FIO0MASK – FIO4MASK)
۱۷۲	 رجیسترهای PINSEL0-10 جهت انتخاب نحوه عملکرد پینها
۱۷۲	 رجیسترهای PINMODE0-9 و PINMODE__OD0-4
۱۷۲	 ۲-۸ رجیسترهای وقفه GPIO
۱۷۳	 رجیستر وضعیت موفق وقفه ورودی/خروجی IOIntStatus
۱۷۴	 رجیستر فعالسازی وقفه برای لبه‌ی بالا رونده پینهای پورت صفر IO0IntEnR
۱۷۶	 رجیستر فعالسازی وقفه برای لبه‌ی بالا رونده پینهای پورت دو IO2IntEnR
۱۷۸	 رجیستر فعالسازی وقفه برای لبه‌ی پایین رونده پینهای پورت دو IO2IntEnF
۱۷۹	 رجیستر وضعیت وقفه برای لبه‌ی پایین رونده پورت صفر IO0IntStatF
۱۸۰	 رجیستر وضعیت وقفه برای لبه‌ی پایین رونده پورت دو IO2IntStatF
۱۸۰	 رجیستر پاک کردن وقفه پورت صفر IO0IntClr
۱۸۰	 رجیستر پاک کردن وقفه پورت دو IO2IntClr
۱۸۱	 ۳-۸ مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)
۱۸۲	 ۱-۳-۸ مراحل پیکره بندی ADC
۱۸۳	 ۲-۳-۸ رجیسترهای بلوک ADC
۱۸۶	 رجیستر عمومی اطلاعات ADC (AD0GDR)
۱۸۷	 رجیستر فعالسازی وقفه AD – (AD0INTEN)
۱۸۹	 رجیسترهای اطلاعات کانالهای صفر تا ۷ (AD0DR0 to AD0DR7)
۱۹۰	 رجیستر وضعیت ADC – (AD0STAT)
۱۹۲	 ۴-۸ مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC)
۱۹۲	 ۱-۴-۸ مراحل پیکره بندی DAC
۱۹۳	 ۲-۴-۸ رجیسترهای بلوک DAC
۱۹۴	 رجیستر تبدیل مقدار D/A (DACR)
۱۹۵	 ۵-۸ بلوک ارتباط سریال (UART)
۱۹۶	 ۱-۵-۸ مراحل پیکره بندی UART
۱۹۷	 ۲-۵-۸ رجیسترهای بلوک UART
۲۰۸	 ۶-۸ تایمرها
۲۱۱	 ۱-۶-۸ مراحل پیکره بندی تایمرها
۲۱۲	 ۲-۶-۸ رجیسترهای بلوک Timer
۲۲۱	 ۷-۸ تایمر WATCHDOG
۲۲۳	 ۱-۷-۸ رجیسترهای بلوک WATCHDOG
۲۲۵	 ۸-۸ بلوک PWM

۲۲۸.....	۱-۸-۸ PWM مراحل پیکره بندی
۲۲۹.....	۲-۸-۸ رجیسترهای بلوک PWM
۲۳۸.....	۹-۸ بلوک RTC
۲۴۰.....	۱-۹-۸ رجیسترهای بلوک RTC
۲۴۶.....	۱۰-۸ بلوک (SPI (Serial Peripheral Interface
۲۴۶.....	۱-۱۰-۸ مراحل پیکره بندی بلوک SPI
۲۴۷.....	۲-۱۰-۸ رجیسترهای بلوک SPI
۲۵۱.....	۱۱-۸ ارتباط سریال I2C
۲۵۲.....	مد FAST Plus
۲۵۲.....	فعالسازی وقفه I2C
۲۵۳.....	۱-۱۱-۸ رجیسترهای بلوک I2C
۲۵۶.....	۲-۱۱-۸ انتقال دیتا از Master به Slave
۲۵۶.....	۳-۱۱-۸ انتقال دیتا از Slave به Master
۲۵۷.....	۴-۱۱-۸ ارسال در حالت Master
۲۵۹.....	۵-۱۱-۸ دریافت در حالت Master
۲۶۰.....	۶-۱۱-۸ دریافت در حالت Slave
۲۶۲.....	۷-۱۱-۸ ارسال در حالت Slave
۲۶۳.....	جزئیات جدول وضعیت در حالت ارسال (Slave)
۲۶۵.....	۱۲-۸ ورودی‌های وقفه خارجی (EINT : External Interrupt)
۲۶۶.....	۱-۱۲-۸ رجیسترهای وقفه خارجی
۲۷۱.....	پروژه‌های عملی
۲۷۴.....	۱-۹ کنترل LED توسط یک کلید
۲۷۵.....	۲-۹ اسکن صفحه کلید ۴×۴ توسط انکدر 74C922 و وقفه خارجی (EINT0)
۲۷۷.....	۳-۹ زمان سنج ۳ رقمی با استفاده از بلوک RTC
۲۷۹.....	۴-۹ نمایش دما روی LCD با سنسور دمای LM35
۲۸۲.....	۵-۹ کنترل موتور DC توسط بلوک PWM و آی سی L298
۲۸۵.....	۶-۹ کنترل موتور پله ای (STEPPER MOTOR)
۲۸۷.....	۷-۹ مولد موج دندان اره ای و مثلثی توسط بلوک DAC
۲۸۹.....	خلاصه دستورات اسمبلی
۲۹۳.....	توابع دستیابی به هسته CMSIS
۳۰۰.....	ساختار رجیسترهای PINMODE_OD , PINMODE , PINSEL
۳۰۵.....	LCD کاراکتری
۳۰۷.....	منبع تغذیه سوئیچینگ 35V-3A
۳۰۸.....	معرفی تراشه‌ها و ماژول‌های کاربردی

مقدمه

در حال حاضر پردازنده‌های ARM رایج‌ترین پردازنده ۳۲ بیتی است که با سرعت پردازشی از چند تا چند صد مگاهرتز در موارد بسیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما خصوصياتی که باعث رواج هر چه بیش‌تر این نوع میکروکنترلرها گردیده است، قدرت پردازش بالا، ابعاد کوچک، مصرف توان پایین، قابلیت اطمینان بالا و در عین حال قیمت مناسب آن می‌باشد.

از طرفی توسعه دهندگان ARM، با ایجاد بلوک‌های دیگری از قبیل CAN، USB، I2C، I2S، ETHERNET و... در کنار پردازنده‌ی ARM، امکان اتصال این میکروکنترلرها را به شبکه‌های مختلف به راحتی فراهم ساخته‌اند.

میکروکنترلرهای ARM بر مبنای هسته‌های مختلفی عرضه می‌شوند که قدرتمندترین آن‌ها هسته‌های Cortex-M3 می‌باشد. مثلاً کلاک CPU در میکروکنترلرهای AT91SAM7 که ساخت شرکت ATMEL می‌باشد از 55MHz تجاوز نمی‌کند. این مقدار در میکروکنترلرهای سری LPC23XX و سری LPC24XX ساخت شرکت NXP(PHILIPS) به 72MHz رسیده و در سری LPC17XX ساخت همین شرکت که با هسته Cortex-M3 ارائه گردیده است، به 100MHz می‌رسد.

با توجه به امتیازات ذکر شده از میکروکنترلرهای ARM و امتیازات آشکار آن در ساخت و توسعه‌ی سیستم‌های پیشرفته، بر آن شدیم تا مفاهیم اساسی مرتبط با این تراشه و نحوه برنامه نویسی آن‌ها را ابتدا در قالب مثال‌ها و سپس در خلال پروژه‌های ارائه شده، با ارائه سخت افزار و برنامه‌های مورد نیاز، بررسی نماییم.

در فصل اول معماری پردازنده‌های ARM مورد بررسی قرار می‌گیرد. فصل دوم نیز به معرفی میکروکنترلرهای سری LPC و امکانات آن‌ها اختصاص دارد.

یکی از قوی‌ترین کامپایلرهای موجود که به راحتی در دسترس می‌باشد، کامپایلر KEIL است. به همین دلیل فصل سوم را به معرفی محیط KEIL و منوهای آن اختصاص دادیم.

در فصل چهارم نیز به دلیل لزوم ساخت پروگرامر برای برنامه‌ریزی تراشه‌ها، نحوه‌ی ساخت مدارهای پروگرامر ساده آموزش داده شده است تا در مراحل ابتدایی کار، خواننده مجبور به پرداخت هزینه‌ی بالا بابت خرید پروگرامرهای موجود نشود.

برای برنامه نویسی در محیط KEIL لازم است با دستورات آن آشنا شویم. فصل پنجم به معرفی دستورات این محیط پرداخته است.

فصل‌های ششم، هفتم و هشتم نیز به معرفی نحوه پیکره بندی اولیه و استفاده از امکانات جانبی میکروکنترلرهای ARM پرداخته شده است.

و در نهایت چند پروژه عملی نیز برای ایجاد مهارت بیش‌تر در کار با میکروهای ARM در فصل نهم آورده شده است.

البته در تمامی بخش‌ها مثال‌هایی جهت آشنایی بیش‌تر با مباحث آورده شده است.

نحوه مطالعه کتاب

هرچند خوانندگان این کتاب از فرهیختگان اهل مطالعه می‌باشند، اما نباید از این نکته نیز غافل ماند که هر وسیله‌ای نیازمند «دفترچه راهنما» می‌باشد و از نظر مؤلف، کتاب هم از این قاعده مستثنا نیست. زیرا این کتاب بر اساس پیش فرض‌های مؤلف نگارش شده است.

ممکن است در نگاه اول با انبوهی از جداول و دستورات مواجه شوید که شاید به نظر کمی گنگ و گیج کننده باشد. اما از هیچ کدام از آن‌ها نترسید؛ زیرا به تدریج با مثال و توضیحات تشریح می‌شوند. سعی کنید در یک یا چند روز تمام کتاب را از صفر تا صد مطالعه کنید و بخواهید آن‌ها را حفظ نمایید. بلکه بهترین راه برای یادگیری، تمرین عملی مثال‌های کتاب با استفاده از نرم افزار و حتی سخت افزار می‌باشد. شما در این حالت کار با رجیسترها و نحوه برنامه نویسی را می‌آموزید و سپس سعی کنید با نوشتن مثال‌های جدید، قدرت مانور خود را در کار با رجیسترها افزایش دهید.

به یاد داشته باشید که حفظ کردن به شما کمکی نمی‌کند. مغز شما برای تحلیل اطلاعات و استفاده یا ایجاد ترکیبات جدید از داده‌ها ساخته شده است. حفظ کردن فقط سرعت شما را در رسیدن به نتیجه افزایش می‌دهد. پس اگر برای بار اول این کتاب را مطالعه می‌کنید، ذهنتان را با جداول و اطلاعات زیاد خسته نکنید. در این مرحله شما فقط باید ببینید که چه چیزهایی وجود دارد. هنگام طراحی پروژه‌ها، مغزتان شما را در پیدا کردن مطالب راهنمایی می‌کند.

پیشنهاد مؤلف جهت مطالعه مؤثر کتاب و یادگیری بیش‌تر بدین شرح است:

فصل اول : این فصل را در ابتدا فقط مرور کنید. لازم نیست اطلاعات را در این مرحله حفظ کنید. ممکن است برخی مطالب آشنا باشند، ولی در غیر این صورت در بخش‌های مربوطه تبیین شده‌اند.

فصل دوم : در این فصل با مشخصات تراشه‌ها آشنا می‌شوید. این فصل شما را در انتخاب هرچه بهتر تراشه مورد نظر در پروژه‌هایتان، شما را یاری می‌کند.

فصل سوم : سعی کنید هنگام مطالعه این فصل، کامپیوترتان روشن باشد و همگام با مطالعه‌ی کتاب، عملاً آن‌ها را ببینید.

فصل چهارم : این قسمت را برای کسانی که دوست دارند همه چیز را خودشان تجربه کنند قرار داده‌ایم. در صورتی که می‌خواهید حرفه‌ای کار کنید، یا باید از پروگرامرهای J-Link استفاده کنید (در سایت‌های فروش اینترنتی موجود می‌باشد) و یا از بردهای توسعه استفاده کنید که دارای پروگرامر بوت-لودر (Boot Loader) باشند.

فصل پنجم : شاید مطالعه‌ی این فصل، یکی از خاطره‌انگیزترین زمان‌ها باشد. زیرا بیش‌تر مطالب این فصل برای شما آشنا می‌باشند. در هر صورت مشکلی با این فصل نخواهید داشت.

فصل ششم : این فصل زیاد مشکل نیست. برای یادگیری بهتر، ابتدا مثال‌ها را ببینید و آن‌ها را در KEIL بنویسید. اینجا فقط به ترتیب دستورات دقت کنید. حال مطالب و رجیسترها را مطالعه نمایید. هر رجیستری را که می‌خوانید، به جایگاه و مقدارش در مثالی که وجود دارد دقت کنید و ببینید از کدام بیت‌ها استفاده شده است. این کار را تا پایان مطالعه‌ی تمام رجیسترها ادامه دهید. سعی کنید در ترتیب و یا مقادیر رجیسترها تغییر ایجاد کنید و نتیجه را عملاً مشاهده نمایید.

در این زمان مثالی برای خودتان طرح کنید و به حل آن با استفاده از مثال کتاب بپردازید.

فصل هفتم : در این فصل ابتدا سعی کنید به فلسفه‌ی نام‌گذاری وقفه‌ی Cortex-M3 به نام NVIC پی ببرید. پس از آن به دنبال درک مفهوم وقفه‌ی معوق باشید. شما باید با این موضوع که چگونه یک خصوصیت با یک رجیستر فعال می‌شود، اما باید با یک رجیستر دیگر غیر فعال شود، آشنا شوید. به مثال توجه کنید و مراحل مطالعه‌ی فصل ششم را پیمایید.

فصل هشتم : از نظر مؤلف، یادگیری این فصل با تمرین عملی و با توجه به روش مطالعه‌ی فصل ششم میسر است. برای خود تمرین طرح کنید و در صورت امکان مدار مورد نظرتان را ببندید و عیناً نتیجه را مشاهده کنید. شاید شبیه‌سازی به اندازه‌ی تمرین عملی مؤثر نباشد و با بعضی از اشکالات آشنا نشوید. به هر حال : «کاپی به از هیچی!»

در این قسمت اگر مطلبی را کاملاً متوجه نشدید، می‌توانید به فصل نهم که شامل چند پروژه می‌باشد رجوع کنید.

هم‌چنین سعی شده تا دستورات مربوط به دسترسی بیش‌تر رجیسترها بیان شود. بنابراین نگران استفاده از رجیسترها نباشید. این دستورات بسیار به شما کمک خواهند کرد.

به این نکته ایمان بیاورید که اگر زکات علم خود را بدهید، برای شما ازدیاد آن و برای کشورتان عزت، قدرت و سر بلندی به ارمغان می‌آورد. نگارنده این کتاب مشتاقانه پذیرای تجربیات و پیشنهادات شما می‌باشد.

پل ارتباطی : m_khoshbaten@yahoo.com

www.ketab.ir