

سٹار ڈسٹ
۱۵۵۹۹۹۸



کیتوون نشر علوم

آموزش عملی میکروکنترلرهای ARM سری STM32

مؤلفین و گردآورندگان:

محمد رضا شکراللهی

مهدی کریمی احمدآبادی



ناشر علوم

www.nashreoloom.com

پیشگام در نشر آثار برگزیده علوم کاربردی کامپیوتر و الکترونیک

سرشناسه: شکراللهی، محمدرضا، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدیدآور: آموزش عملی میکروکنترلرهای ARM سری STM32 / مؤلفین و گردآوردگان محمدرضا شکراللهی، مهدی کریمی احمدآبادی.
مشخصات نشر: تهران: کانون نشر علوم: کانونی، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری: ۳۲۱ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک ۹۷۸۹۶۴۳۲۷۱۶۷۱
وضع فهرست‌نویسی: فیبا
وضع: کنترل‌کننده‌های برنامه‌پذیر.
موضوع: Programmable controllers
موضوع: میکروکنترلر
موضوع: Microcontroller
موضوع: میکروکنترلرها - برنامه‌نویسی
موضوع: Microcontroller Programming
موضوع: میکروکنترلرهای ARM
موضوع: ARM microcontroller
شناسه افزوده: کریمی احمدآبادی، مهدی - ۱۳۶۸ -
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۶ ش ۸/ک ۹/ت ج
رده‌بندی دیوینی: ۶۲۹/۸۹۵
شماره کتابشناسی ملی: ۴۶۴۰۳۴۱

نام کتاب: آموزش عملی میکروکنترلرهای ARM سری STM32

ناشر: کانون نشر علوم

ناشر همکار: کاتوزی

مؤلفین و گردآوردگان: محمدرضا شکراللهی - مهدی کریمی احمدآبادی

صفحه‌بندی: مهدی کریمی احمدآبادی

طرح جلد: زهرا سلطان‌آبادی

چاپ اول: بهار ۱۳۹۶

تیراژ: ۱۰۰۰

چاپ و صحافی: کانون نشر علوم

قیمت همراه با DVD: ۲۲۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸۹۶۴۳۲۷۱۶۷۱

مرکز پخش:

بخش علوم: خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان وحید نظری شرقی، پلاک ۶۵، واحد ۱

تلفن: ۶۶۹۶۱۵۶۸-۶۶۴۹۴۹۱۱



مقدمه مؤلفین

سیستم‌های نهفته (embedded)، نوعی سامانه کامپیوتری هستند که برای انجام وظایفی خاص و مشخص طراحی و بهینه شده‌اند و به عنوان بخشی از یک دستگاه که شامل سخت‌افزار و اجزاء مکانیکی است مورد استفاده قرار می‌گیرند. از موارد استفاده این سیستم‌ها می‌توان دستگاه‌های GPS، تلفن همراه، دستگاه‌های پخش صوتی و تصویری و دوربین‌های دیجیتال را نام برد.

با پیشرفت علم و تکنولوژی در الکترونیک تراشه‌هایی به عنوان میکروکنترلر طراحی و ساخته شده که به عنوان کنترل‌کننده در سیستم‌های نهفته مورد استفاده قرار می‌گیرند. از مهم‌ترین میکروکنترلرهای موجود در بازار می‌توان به AVR، PIC و ARM اشاره نمود. در این میان میکروکنترلرهای ARM از امکانات بیشتری نسبت به سایر میکروها برخوردار هستند تا جایی که می‌توان گفت ARM، صنعتی‌ترین میکروکنترلر موجود در بازار است.

از ویژگی‌های مهم میکروکنترلرهای ARM می‌توان قدرت پردازش بالا، نویز پذیری و توان مصرفی کم، اندازه کوچک، پشتیبانی از پروتکل‌های ارتباطی مختلف و قیمت پایین را برشمرد. همچنین به علت فرکانس کاری بالای آنها در کاربردهای پردازش سیگنال استفاده نمود.

کتابی که پیش رو دارید میکروکنترلرهای ARM را از جنبه‌های گوناگون مورد بررسی قرار داده و با ارائه مثال‌ها و برنامه‌های کاربردی مختلف همراه با یک آزمایش (خرید این برد اختیاری است) خواننده را به سمت کار عملی با این میکروکنترلرها هدایت می‌کند. یکی از پیش‌نیازهای مهم برای شروع کار با این نوع میکروکنترلرها داشتن توانایی در برنامه‌نویسی به زبان C است.

کلیات سیستم‌های نهفته و استفاده از انواع پردازنده‌ها در طراحی این نوع سامانه‌ها در فصل اول مورد بررسی قرار گرفته و معماری پردازنده‌های ARM، انواع هسته‌ها و شرکت‌های مختلف سازنده این نوع پردازنده در فصل دوم مورد مطالعه قرار می‌گیرد. از فصل سوم به بعد بر روی یکی از میکروکنترلرهای ساخت شرکت STMicroelectronics یعنی سری STM32F103RET تمرکز می‌کنیم. در فصل‌های سوم تا پنجم به بررسی حافظه، واحد کنترل ریست و پالس ساعت و بخش تغذیه در این نوع میکروکنترلر می‌پردازیم.



برای آشنایی بیشتر با نحوه کار عملی با میکروکنترلرهای ARM، برد آموزشی خاصی مبتنی بر پردازنده STM32F103RET فراهم شده که البته خرید این برد اختیاری است. این برد کمک می‌کند تا خواننده بتواند همزمان با فراگیری مفاهیم خاصی از میکروکنترلرهای ARM، کار عملی با این میکروها را نیز تجربه نماید. فصل ششم این کتاب به معرفی این برد آموزشی اختصاص داده شده است. در فصل هفتم پس از آشنایی با برنامه‌نویسی میکروکنترلرهای ARM، به آموزش نحوه کار با یکی از نرم‌افزارهای پرکاربرد یعنی Keil uVision خواهیم پرداخت. از فصل هشتم به بعد در مورد تجهیزات قابل‌باید، های جانبی این نوع میکروکنترلر توضیحاتی ارائه می‌شود. در هر فصل پس از معرفی یک قابلیت میکروکنترلر، به منظور آشنایی هر چه بیشتر خواننده با نحوه کد نویسی و استفاده از قابلیت ذکر شده، مثال‌هایی ارائه شده است که تقریباً تمامی این مثال‌ها قابل پیاده‌سازی بر روی برد آموزشی هستند. لذا خواننده قادر خواهد بود با پیاده‌سازی این مثال‌ها، درک عمیق‌تری از نحوه کار با این نوع میکروکنترلرها پیدا کند. به عنوان مثال نمایشگرهای LCD و صفحات لمسی، امروزه در پروژه‌های صنعتی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. دو فصل از کتاب به طور کامل به این دو موضوع اختصاص یافته است. به علاوه امکان استفاده از LCD و صفحه لمسی در برد آموزشی معرفی شده نیز قرار داده شده است.

در پایان یادآور می‌شویم که این کتاب نیز مانند هر کتاب دیگری، خالی از اشکال نخواهد بود. لذا از خوانندگان خواهشمندیم که از طریق پست الکترونیکی زیر ما را از پیشنهادات سازنده خود محروم نسازند.

arm.book.stm32@ch.nail.ir

همچنین خوانندگان محترم می‌توانند با مراجعه به وبلاگ زیر از آخرین مطالب و نکات تکمیلی روزنویس، کتاب مطلع شوند.

arm-learn-book.blogfa.com

محمد رضا شکراللهی

(کارشناس ارشد الکترونیک، دانشکده برق، دانشگاه علم و صنعت)

مهدی کریمی احمدآبادی

(کارشناس ارشد الکترونیک، دانشکده برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)



فصل اول: مقدمه‌ای بر میکروکنترلرها ۲۱

- ۱-۱ مقدمه ۲۱
- ۲-۱ طراحی یک سیستم نهفته ۲۲
- ۳-۱ استفاده از پردازنده‌ها در طراحی سخت‌افزار یک سیستم نهفته ۲۳
- ۳-۱ پردازنده‌ها ۲۴
- ۲-۳-۱ پردازنده‌های DSP ۲۴
- ۳-۳-۱ میکروکنترلر ۲۵
- ۴-۱ کاربردهای میکروکنترلر ۲۸

فصل دوم: میکروکنترلرهای ARM ۲۹

- ۱-۲ مقدمه ۲۹
- ۲-۲ تاریخچه ۲۹
- ۳-۲ هسته‌های پردازنده ARM و نسخه‌های مختلف معماری ۳۱
- ۴-۲ ویژگی‌های Cortex-M3 ۳۴
- ۵-۲ شرکت‌های سازنده ۳۶
- ۱-۵-۲ پردازنده‌های مبتنی بر ARM شرکت Atmel ۳۶
- ۲-۵-۲ پردازنده‌های مبتنی بر ARM شرکت NXP ۳۹
- ۳-۵-۲ پردازنده‌های مبتنی بر ARM شرکت Samsung ۴۰
- ۴-۵-۲ پردازنده‌های مبتنی بر ARM شرکت STMicroelectronics ۴۱
- ۶-۲ مشخصات میکروکنترلر STM32F103 ۴۶

فصل سوم: حافظه ۴۹

- ۱-۳ مقدمه ۴۹
- ۲-۳ بررسی ویژگی‌های سیستم حافظه ۴۹



۵۰	۳-۳ معماری سیستم.....
۵۲	۴-۳ نقشه حافظه.....
۵۶	۵-۳ حافظه SRAM داخلی.....
۵۶	۶-۳ حافظه Flash داخلی.....
۵۶	۱-۶-۳ برنامه‌ریزی و پاک کردن حافظه Flash.....

۵۸ فصل چهارم: واحد کنترل ریست و پالس ساعت

۵۸	۱-۴ مقدمه.....
۵۸	۲-۴ ریست.....
۵۸	۱-۲-۴ ریست سیستم.....
۵۹	۲-۲-۴ ریست توان.....
۵۹	۳-۲-۴ ریست حوزه پشتیبان گس.....
۶۰	۳-۴ پالس ساعت.....
۶۲	۱-۳-۴ HSE پالس ساعت.....
۶۴	۲-۳-۴ HSI پالس ساعت.....
۶۴	۳-۳-۴ واحد PLL.....
۶۴	۴-۳-۴ LSI پالس ساعت.....
۶۴	۵-۳-۴ LSE پالس ساعت.....
۶۵	۶-۳-۴ انتخاب پالس ساعت سیستم.....
۶۵	۷-۳-۴ RTC پالس ساعت.....
۶۵	۸-۳-۴ پالس ساعت سگ نگهبان.....
۶۵	۹-۳-۴ قابلیت خروجی پالس ساعت.....
۶۶	۴-۴ ثبات‌های واحد RCC.....



فصل پنجم: تغذیه ۶۹

- ۱-۵ مقدمه ۶۹
- ۲-۵ منابع اصلی تغذیه ۶۹
- ۱-۲-۵ تغذیه اصلی ۶۹
- ۲-۵ تغذیه مدارهای آنالوگ ۷۰
- ۳-۲-۵ تغذیه باتری شتابان ۷۱
- ۳-۵ حالت‌های ان‌باین میکروکنترلر ۷۱
- ۱-۳-۵ حالت Sleep ۷۱
- ۲-۳-۵ حالت توقف ۷۱
- ۳-۳-۵ حالت آماده به کار ۷۱

فصل ششم: معرفی برد آموزشی ۷۲

- ۱-۶ مقدمه ۷۲
- ۲-۶ مشخصات پردازنده برد آموزشی ۷۲
- ۳-۶ امکانات برد آموزشی ۷۴
- ۴-۶ مشخصات برد آموزشی ۷۵
- ۱-۴-۶ بخش تغذیه ۷۵
- ۲-۴-۶ اتصال LCD از نوع گرافیکی و کاراکتری و صفحه لمسی ۷۶
- ۳-۴-۶ کانکتور JTAG ۷۹
- ۴-۴-۶ ارتباط USART ۷۹
- ۵-۴-۶ برقراری ارتباط با ماژول بلوتوث از طریق USART ۸۰
- ۶-۴-۶ قابلیت استفاده از حافظه Micro SD ۸۱
- ۷-۴-۶ مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال ۸۲



- ۸۳..... ۸-۴-۶ مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ
- ۸۴..... ۹-۴-۶ استفاده از پایه‌های میکروکنترلر به عنوان ورودی و خروجی دیجیتال
- ۸۵..... ۱۰-۴-۶ اعمال وقفه خارجی به پایه‌های میکروکنترلر
- ۸۵..... ۱۱-۴-۶ کلید ریست و پایه‌های استفاده نشده از میکروکنترلر

تصل هفتم: برنامه‌نویسی میکروکنترلرهای ARM و آموزش نرم‌افزار

۸۶

Keil uVision

- ۸۶..... ۱-۷ مقدمه
- ۸۶..... ۲-۷ روش‌های پروگرام کردن میکروکنترلرهای ARM
- ۸۶..... ۱-۲-۷ استفاده از واسطه JTAG
- ۸۸..... ۲-۲-۷ استفاده از نرم‌افزارهای محاسب تراشه
- ۸۸..... ۳-۷ کامپایلرهای ARM
- ۸۸..... ۴-۷ قسمت‌های تشکیل دهنده یک برنامه ربات C
- ۸۹..... ۱-۴-۷ قرار دادن توضیحات در متن برنامه
- ۸۹..... ۲-۴-۷ افزودن فایل‌های هدر
- ۹۰..... ۳-۴-۷ تعریف ماکرو
- ۹۰..... ۴-۴-۷ تعریف ثوابت
- ۹۱..... ۵-۴-۷ تعریف متغیرها و انواع آن‌ها
- ۹۳..... ۶-۴-۷ اشاره‌گرها
- ۹۳..... ۷-۴-۷ عملگرها و عملوندها
- ۹۶..... ۸-۴-۷ ساختارهای شرطی و حلقه‌های تکرار
- ۹۹..... ۹-۴-۷ استفاده از زیربرنامه (تابع)
- ۹۹..... ۵-۷ معرفی نرم‌افزار Keil uVision



- ۱-۵-۷ نحوه ایجاد یک پروژه و افزودن فایل‌های اصلی برنامه به آن..... ۱۰۰
- ۲-۵-۷ انجام تنظیمات لازم برای کامپایل کردن برنامه..... ۱۱۰
- ۳-۵-۷ کامپایل و پروگرام کردن برنامه..... ۱۲۱
- ۴-۵-۷ عملیات اندکال زدایی..... ۱۲۳

۱۲۷

فصل هشتم: رجیسترهای ورودی و خروجی

- ۱-۸ تعاریف و توضیحات اولیه..... ۱۲۷
- ۲-۸ حالت‌های مختلف پایه‌های ورودی و خروجی..... ۱۲۸
- ۱-۲-۸ حالت‌های ورودی..... ۱۲۹
- ۲-۲-۸ حالت‌های خروجی..... ۱۳۰
- ۳-۲-۸ حالت تابع‌های جایگزین..... ۱۳۰
- ۳-۸ سایر ویژگی‌های GPIO..... ۱۳۱
- ۱-۳-۸ فرکانس کار پایه‌های خروجی..... ۱۳۱
- ۲-۳-۸ حالت اولیه پایه‌ها بعد از ریست میکروکنترلر..... ۱۳۱
- ۳-۳-۸ قابلیت جریان‌دهی پایه‌ها..... ۱۳۲
- ۴-۳-۸ قابلیت تنظیم پایه‌ها..... ۱۳۲
- ۴-۸ پیاده‌سازی GPIO در نرم‌افزار..... ۱۳۳
- ۱-۴-۸ پیاده‌سازی GPIO با استفاده از ثبات..... ۱۳۳
- ۲-۴-۸ پیاده‌سازی GPIO با استفاده از توابع کتابخانه‌ای..... ۱۳۴
- ۵-۸ مثال‌های کاربردی..... ۱۳۸
- ۱-۵-۸ مثال یک: اعمال فرمان به خروجی..... ۱۳۹
- ۲-۵-۸ مثال دو: چراغ چشمک‌زن..... ۱۴۱
- ۳-۵-۸ مثال سه: دریافت از کلید ورودی..... ۱۴۳



۱۴۶..... ۸-۵-۴ مثال چهار: صفحه کلید ماتریسی

۱۵۰ فصل نهم: آشنایی با نمایشگرهای LCD

- ۱۵۰..... ۱-۱ انواع LCD
- ۱۵۱..... ۱-۱-۱ LCD کاراکتری
- ۱۵۷..... ۱-۱-۲ LCD ۴ افيكي
- ۱۶۴..... ۱-۱-۳ LCD رنگي

۱۶۶ فصل دهم: وقفه‌ها، رویدادها

- ۱۶۶..... ۱-۱۰ وقفه چیست
- ۱۶۷..... ۲-۱۰ انواع وقفه
- ۱۶۷..... ۱-۲-۱۰ وقفه
- ۱۶۷..... ۲-۲-۱۰ رویداد
- ۱۶۸..... ۳-۱۰ وقفه در میکروکنترلر ARM
- ۱۶۸..... ۴-۱۰ مراحل تنظیم یک وقفه در نرم‌افزار
- ۱۶۸..... ۵-۱۰ مثال‌های کاربردی
- ۱۷۰..... ۱-۵-۱۰ مثال یک کرومومتر و چراغ
- ۱۷۶..... ۲-۵-۱۰ LED چشمک‌زن با فرکانس قابل تنظیم
- ۱۷۷..... ۳-۵-۱۰ حذف لرزش

۱۷۹ فصل یازدهم: مبدل آنالوگ به دیجیتال

- ۱۷۹..... ۱-۱۱ تعریف مبدل آنالوگ به دیجیتال
- ۱۷۹..... ۲-۱۱ ویژگی‌های مبدل آنالوگ به دیجیتال میکروکنترلر ARM
- ۱۷۹..... ۱-۲-۱۱ تعداد کانال‌های ADC



- ۱۸۰ ۲-۲-۱۱ محدوده مجاز ورودی ولتاژ
- ۱۸۱ ۳-۲-۱۱ دقت اندازه گیری
- ۱۸۱ ۴-۲-۱۱ قابلیت تعیین زمان نمونه گیری
- ۱۸۲ ۵-۲-۱۱ قابلیت تبدیل تکی و دائمی
- ۱۸۲ ۶-۲-۱۱ قابلیت وقوع یک رویداد در پایان هر تبدیل
- ۱۸۲ ۷-۲-۱۱ قابلیت پیش کش کردن تمامی کانال ها
- ۱۸۳ ۸-۲-۱۱ مقیاس گیری خودکار
- ۱۸۳ ۹-۲-۱۱ راه انداز سخت خرابی شروع کار مبدل
- ۱۸۳ ۳-۱۱ پیاده سازی نرم افزاری
- ۱۸۳ ۴-۱۱ خواندن ولتاژ یک مقاومت ه تغییر

فصل دوازدهم: دسترسی مستقیم به حافظه ۱۸۹

- ۱۸۹ ۱-۱۲ دسترسی مستقیم به حافظه چیست؟
- ۱۹۰ ۲-۱۲ قابلیت های DMA
- ۱۹۰ ۱-۲-۱۲ دوازده کانال مستقل
- ۱۹۰ ۲-۲-۱۲ ارتباط کانال و سخت افزار
- ۱۹۰ ۳-۲-۱۲ اولویت دستیابی به حافظه
- ۱۹۱ ۴-۲-۱۲ تعیین پهنای باند انتقال اطلاعات
- ۱۹۱ ۵-۲-۱۲ انتقال به صورت دورانی
- ۱۹۱ ۶-۲-۱۲ پرچم های وضعیت سه گانه
- ۱۹۱ ۷-۲-۱۲ مبدأ و مقصد انتقال اطلاعات
- ۱۹۲ ۸-۲-۱۲ تعداد قابل تنظیم انتقال داده
- ۱۹۲ ۳-۱۲ پیاده سازی نرم افزاری



۱۲-۴ خواندن ولتاژ یک مقاومت متغیر و حسگر دمای داخلی ۱۹۲

فصل سیزدهم: صفحات لمسی ۱۹۹

۱-۱۳ صفحه لمسی چیست؟ ۱۹۹

۲-۱۳ تاریخچه ۲۰۰

۳-۱۳ انواع و اقسام صفحات لمسی ۲۰۰

۱-۳-۱۳ مقاومیت ۲۰۰

۲-۳-۱۳ زنی ۲۰۱

۴-۱۳ ساختمان صفحه لمسی مقاومیتی ۲۰۲

۵-۱۳ نحوه تشخیص مرعیت مکان لمس شده ۲۰۴

۶-۱۳ کالیبراسیون مختصات ۲۰۵

۷-۱۳ پیاده‌سازی بر روی نرم‌افزار ۲۰۶

۱-۷-۱۳ تنظیم کردن مبدل ADC ۲۰۸

۲-۷-۱۳ خواندن ولتاژهای سطر و ستون ۲۰۹

۳-۷-۱۳ تعیین مکان لمس شده با استفاده از وسازها ۲۱۱

فصل چهاردهم: مبدل دیجیتال به آنالوگ ۲۱۸

۱-۱۴ تعریف مبدل دیجیتال به آنالوگ ۲۱۸

۲-۱۴ ویژگی‌های مبدل دیجیتال به آنالوگ میکروکنترلر ARM ۲۱۸

۱-۲-۱۴ تعداد کانال‌های DAC ۲۱۸

۲-۲-۱۴ محدوده خروجی ولتاژ ۲۱۹

۳-۲-۱۴ قابلیت به روزرسانی خودکار ۲۱۹

۴-۲-۱۴ دقت تولید سیگنال آنالوگ ۲۱۹



- ۲۱۹ ۵-۲-۱۴ قابلیت تبدیل مستقل کانال‌ها
- ۲۲۰ ۶-۲-۱۴ راه‌انداز سخت‌افزاری شروع کار مبدل
- ۲۲۰ ۷-۲-۱۴ قابلیت تولید سیگنال نویز
- ۲۲۰ ۸-۲-۱۴ قابلیت تولید موج مثلثی
- ۲۲۰ ۹-۲-۱۴ قابلیت استفاده از DMA
- ۲۲۰ ۳-۱۴ پیاده‌سازی نرم‌افزاری
- ۲۲۱ ۱-۳-۱۴ تنظیم کردن مبدل DAC
- ۲۲۲ ۲-۳-۱۴ نحوه استفاده از DAC

۲۲۹

فصل پانزدهم: زمان سنج

- ۲۲۹ ۱-۱۵ زمان سنج چیست و چه کاربردی دارد؟
- ۲۲۹ ۲-۱۵ قابلیت‌های تایمرها
- ۲۳۰ ۱-۲-۱۵ شمارنده ۱۶ بیتی
- ۲۳۰ ۲-۲-۱۵ سرعت شمارش
- ۲۳۱ ۳-۲-۱۵ کانال‌های تایمر
- ۲۳۱ ۴-۲-۱۵ مدار همگام‌ساز
- ۲۳۲ ۵-۲-۱۵ قابلیت استفاده از DMA
- ۲۳۲ ۶-۲-۱۵ تولید رویدادهای مختلف
- ۲۳۲ ۷-۲-۱۵ رمزگذاری
- ۲۳۳ ۸-۲-۱۵ حسگر هال
- ۲۳۳ ۳-۱۵ نحوه استفاده از تایمرها
- ۲۳۴ ۴-۱۵ پیاده‌سازی نرم‌افزاری



۲۴۱

فصل شانزدهم: ساعت زمان حقیقی

- ۲۴۱ ۱-۱۶ ساعت زمان حقیقی چیست؟
- ۲۴۱ ۲-۱۶ قابلیت‌های RTC
- ۲۴۱ ۳-۱۶ قابلیت نگهداری زمان در حالت آماده به کار
- ۲۴۲ ۴-۱۶-۲-۲ حفظ زمان بعد از ریست
- ۲۴۲ ۵-۱۶-۳-۲-۱۶ تبدیل آسان شمارنده تایمر به زمان
- ۲۴۲ ۶-۱۶-۴-۲-۱۶ قابلیت ۳۲ بیتی
- ۲۴۲ ۷-۱۶-۵-۲-۱۶ امکان راه‌اندازی با سه منبع پالس ساعت مختلف
- ۲۴۴ ۸-۱۶-۶-۲-۱۶ تولید رویداد ای خف
- ۲۴۴ ۹-۱۶-۳-۱۶ پیاده‌سازی نرم‌افزار

۲۵۱

فصل هفدهم: زمان سنج سگ نگاه

- ۲۵۱ ۱-۱۷ سگ نگاه چیست؟
- ۲۵۱ ۲-۱۷ نحوه کارکرد WDG
- ۲۵۲ ۳-۱۷ قابلیت‌های WDG
- ۲۵۲ ۴-۱۷-۱-۳-۱۷ شمارنده کاهنده
- ۲۵۲ ۵-۱۷-۲-۳-۱۷ منبع پالس ساعت مستقل
- ۲۵۲ ۶-۱۷-۳-۳-۱۷ ریست نمودن میکروکنترلر پس از صفر شدن شمارنده
- ۲۵۲ ۷-۱۷-۴-۳-۱۷ قابلیت مقداردهی بلا درنگ به شمارنده
- ۲۵۳ ۸-۱۷-۵-۳-۱۷ تنظیم دلخواه فرکانس تایمر IWDG
- ۲۵۳ ۹-۱۷-۶-۳-۱۷ امکان تشخیص وقوع ریست توسط تایمر IWDG
- ۲۵۳ ۱۰-۱۷-۴-۱۷ پیاده‌سازی نرم‌افزاری



- ۱-۱۸ انواع اصلی ارتباط داده ۲۵۷
- ۱-۱-۱۸ ارتباط سریال ۲۵۷
- ۲-۱-۱۸ رابط موازی ۲۵۸
- ۲-۱۸ ارتباط USART ۲۵۸
- ۳-۱۸ تعریف چند اصطلاح مفهومی در ارتباط سریال ۲۵۹
- ۱-۳-۱۸ پورت ۲۵۹
- ۲-۳-۱۸ NRZ ۲۵۹
- ۳-۳-۱۸ نرخ داده ۲۵۹
- ۴-۳-۱۸ بیت شروع ۲۶۰
- ۵-۳-۱۸ طول داده ۲۶۰
- ۶-۳-۱۸ بیت توقف ۲۶۰
- ۷-۳-۱۸ بیت توازن ۲۶۰
- ۸-۳-۱۸ ارتباط دو طرفه ۲۶۰
- ۹-۳-۱۸ ارتباط UART ۲۶۱
- ۱۰-۳-۱۸ ارتباط USART ۲۶۱
- ۴-۱۸ قابلیت‌های میکروکنترلر ARM در ارتباط USART ۲۶۲
- ۵-۱۸ پیاده‌سازی سخت‌افزاری UART با RS232 ۲۶۳
- ۶-۱۸ پیاده‌سازی نرم‌افزاری ۲۶۴
- ۱-۶-۱۸ تنظیمات نرم‌افزار میکروکنترلر ۲۶۵
- ۲-۶-۱۸ تنظیمات نرم‌افزاری دستگاه یا میکروکنترلر دیگر ۲۶۷
- ۳-۶-۱۸ معرفی نرم‌افزار Hyper Terminal ۲۶۷



- ۲۷۶ ۱۸-۷ مثال‌های کاربردی
- ۲۷۷ ۱۸-۷-۱ ارسال زمان حقیقی میکروکنترلر به رایانه
- ۲۸۰ ۱۸-۷-۲ دریافت کاراکتر از رایانه و نمایش بر روی LCD
- ۲۸۳ ۱۸-۷-۳ ارتباط دوطرفه بین میکروکنترلر و رایانه

فصل نوزدهم: ماژول بلوتوث ۲۸۷

- ۲۸۷ ۱۹-۱ هتوث چیست؟
- ۲۸۷ ۱۹-۱-۱ تاریخچه
- ۲۸۸ ۱۹-۱-۲ نماد بلوتوث
- ۲۸۸ ۱۹-۱-۳ مزایا و مشخصات
- ۲۹۰ ۱۹-۱-۴ تکنولوژی امن
- ۲۹۱ ۱۹-۱-۵ کاربردها
- ۲۹۱ ۱۹-۲-۱ ماژول HC-05
- ۲۹۱ ۱۹-۲-۱-۱ معرفی ماژول
- ۲۹۲ ۱۹-۲-۲ شمای فنی و پایه‌ها
- ۲۹۴ ۱۹-۲-۳ حالت‌های کاری
- ۲۹۴ ۱۹-۲-۴ حالت عملکردی ماژول
- ۲۹۴ ۱۹-۲-۵ تفاوت ماژول بلوتوث HC-05 و HC-06
- ۲۹۵ ۱۹-۳ تنظیمات سخت‌افزاری ماژول بلوتوث
- ۲۹۵ ۱۹-۴ معرفی نرم‌افزار

فصل بیستم: ارتباط SDIO ۳۰۳

- ۳۰۳ ۲۰-۱ ارتباط SD چیست؟



- ۲-۲۰ همه چیز درباره کارت حافظه SD..... ۳۰۴
- ۲-۲۰-۱ تاریخچه..... ۳۰۴
- ۲-۲۰-۲ مزیت نسبت به MMC..... ۳۰۴
- ۲-۲۰-۳ خانواده‌های SD..... ۳۰۴
- ۲-۲۰-۴ ابعاد..... ۳۰۵
- ۲-۲۰-۵ سرعت حافظه‌ها..... ۳۰۶
- ۲-۲۰-۶ ویژگی‌های نسبت‌افزایی..... ۳۰۸
- ۲-۲۰-۳ ارتباط سخت‌افزار و کارت حافظه میکرو..... ۳۰۹
- ۲-۲۰-۴ ارتباط سخت‌افزاری پروکسر ARM..... ۳۱۰
- ۲-۲۰-۵ معرفی کتابخانه ارتباط SDIO..... ۳۱۱
- ۲-۵-۱ تنظیمات اولیه..... ۳۱۱
- ۲-۵-۲ نحوه نوشتن در کارت حافظه..... ۳۱۳
- ۲-۵-۳ خواندن از کارت حافظه..... ۳۱۵
- ۲-۵-۴ تابع وقفه..... ۳۱۵

پیوست الف: نحوه خریداری برد آموزشی..... ۳۱۹

پیوست ب: محتویات لوح فشرده..... ۳۲۰

فهرست منابع..... ۳۲۱