مؤسسه فرهنگی هنری
دیباگران تهران

به نام خدا

خودآموز کار با میکروکنترلر

STM32 توابع HAL

به همراه نمونه سوالات آزمون های فنی و حرفه ای

مؤلف:

محمدرضا بیگی ورزنه

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 می‌گیرند.

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

عنوان کتاب: خودآموز کار با میکروکنترلر STM32 توابع HAL
به همراه نمونه سوالات آزمون های فنی و حرفه ای

مولف : محمدرضا بیگی ورزنه

ناشر: موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
ویراستار: مهدیه مخبری
صفحه آرایی: نازنین نصیری
طراح جلد: داریوش فرسایی
نوبت چاپ: اول
تاریخ نشر: ۱۴۰۴
چاپ و صحافی: صدف
تیراژ: ۱۰۰ جلد
قیمت: ۶۰۰۰۰۰۰ ریال
شابک: ۴-۹۵۹-۲۱۸-۶۲۲-۹۷۸

نشانی واحد فروش: تهران-خیابان انقلاب-
خ شهدای ژاندارمری-بین خ فخررازی و ۱۲ فروردین-
پلاک ۸۸ طبقه دوم-واحد۴ تلفن ها: ۶۶۹۵۶۸۹۴-۶۶۹۶۵۷۴۹

فروشگاههای اینترنتی دیباگران تهران :
WWW.MFTBOOK.IR
www.dibagarantehran.com

سرشناسه:بیگی ورزنه،محمدرضا،۱۳۶۷-
عنوان و نام پدیدآور:خودآموز کار با میکروکنترلر STM32 توابعHAL: به همراه نمونه سوالات آزمون های فنی و حرفه ای/مولف:محمدرضا بیگی ورزنه؛
ویراستار:مهدیه مخبری.
مشخصات نشر: تهران : دیباگران تهران :۱۴۰۴
مشخصات ظاهری:۳۵۴ ص.
شابک: ۴-۹۵۹-۲۱۸-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
موضوع:میکروکنترلر اس. تی. ام ۳۲
موضوع:STM32 microcontroller
موضوع:میکروکنترلرها-برنامه نویسی
موضوع:Microcontrollers-programming
موضوع:کنترل کننده های برنامه پذیر
موضوع:Programmable controllers
رده بندی کنگره:۲۲۳ TJ
رده بندی دیویی:۸۹۵/۶۲۹
شماره کتابشناسی ملی:۱۰۲۸۸۰۹۴

نشانی تلگرام:@mftbook نشانی اینستاگرام دیبا dibagaran_publishing
هر کتاب دیباگران، یک فرصت جدید علمی و شغلی.
هر گوشی همراه، یک فروشگاه کتاب دیباگران تهران.
از طریق سایتهای دیباگران، در هر جای ایران به کتابهای ما دسترسی دارید.

فهرست مطالب

مقدمه ناشر ۱۳

مقدمه مؤلف ۱۴

۱ میکروکنترلرهای خانواده STM32 ..... ۱۸

۱.۱. مقدمه ۱۸

۲.۱. میکروکنترلر ARM ۱۸

۳.۱. تاریخچه تراشه‌های ARM ۱۹

۱.۳.۱. شرکت اولیه Acorn RISC Machine (1983-1985) ۱۹

۲.۳.۱. تأسیس ARM Ltd (1990) ۲۰

۱.۲.۳.۱. موفقیت مدل لیسانس‌دهی (۱۹۹۰-۲۰۰۰) ۲۰

۲.۲.۳.۱. انقلاب موبایل (۲۰۰۰-۲۰۱۰) ۲۰

۳.۳.۱. گسترش ARM به صنایع مختلف (۲۰۱۰–تاکنون) ۲۱

۴.۳.۱. ویژگی‌های کلیدی معماری ARM ۲۱

۴.۱. فاکتورهایی جهت انتخاب میکروکنترلر ۲۲

۱.۴.۱. میکروکنترلر خانواده STM32 ..... ۲۳

۵.۱. انواع مدل‌های STM32 ..... ۲۳

۱.۵.۱. سری STM32F ۲۳

۲.۵.۱. سری STM32L ۲۴

۳.۵.۱. سری STM32G ۲۴

۴.۵.۱. سری STM32H ۲۵

۵.۵.۱. سری STM32W ۲۵

۶.۵.۱. سری STM32MP ۲۵

۷.۵.۱. سری STM32C ۲۵

۸.۵.۱. سری STM32T ۲۵

۹.۵.۱. انتخاب سری‌های مختلف ۲۶

۶.۱ ابزارها و نرم‌افزارهای مرتبط با STM32 ..... ۲۶

۱.۶.۱. نرم‌افزار Keil µVision ۲۶

۲.۶.۱. نرم‌افزار STM32CubeIDE ۲۶

۳.۶.۱. نرم‌افزار IAR (EWARM) ۲۶

۴.۶.۱. نرم‌افزار STM Studio ۲۶

۵.۶.۱. نرم‌افزار STM32CubeMonitor ۲۷

۱.۵.۶.۱. کاربردهای عمده STM32CubeMonitor ۲۷
۶.۶.۱. نرم‌افزار ST-Link Utility ۲۷
۷.۶.۱. نرم‌افزار CubeProgrammer ۲۷
۸.۶.۱. نرم‌افزار STM32 TouchGFX ۲۸
۱.۸.۶.۱. کاربردهای TouchGFX ۲۸
۹.۶.۱. ابزار STM32CubeAi ۲۹
۱.۹.۶.۱. کاربردهای STM32CubeAi ۲۹
۱۰.۶.۱. سایر ابزارهای STM32 ..... ۲۹
۱۱.۶.۱. نرم‌افزارهای برنامه‌نویسی ۳۱
۱۲.۶.۱. نرم‌افزار شبیه‌سازی ۳۱
۷.۱. برنامه‌نویسی رجیستری یا توابع HAL ۳۲
۸.۱. جمع‌بندی ۳۲

۲ طراحی شماتیک یک برد STM32 ..... ۳۳

۱.۲. مقدمه ۳۳
۲.۲. انواع مستندات STM32 ..... ۳۳
۳.۲. میکروکنترلر STM32F103C8 ..... ۳۳
۱.۳.۲. خانواده STM32F1 ..... ۳۳
۲.۳.۲. روش برنامه‌ریزی STM32 ..... ۳۶
۳.۳.۲. پایه‌های GPIO در STM32F103C8 ..... ۳۷
۴.۳.۲. پایه بوت در STM32F103C8 ..... ۳۸
۵.۳.۲. پایه NRST در STM32F103C8 ..... ۳۹
۶.۳.۲. اتصال کریستال به STM32 ..... ۳۹
۴.۲. برد BluePill ۴۰
۵.۲. جمع‌بندی ۴۲

۳ کنترل پایه‌های ورودی خروجی ۴۴

۱.۳. مقدمه ۴۴
۲.۳. ساخت پروژه با STM32CubeIDE ۴۴
۱.۲.۳. کار با CubeMX ۴۷
۳.۳. نوشتن کد LED چشمک‌زن ۵۱
۱.۳.۳. ساخت فایل کتابخانه‌ای ۵۲
۲.۳.۳. تکمیل برنامه چشمک‌زن ۵۳
۳.۳.۳. ایجاد فایل HEX ۵۶
۴.۳. شبیه‌سازی در پروتئوس ۵۷
۵.۳. برنامه‌ریزی بر روی برد بلوپیل ۵۹
۶.۳. ماکرو نویسی در کدها ۶۲

۷.۳. چگونه توابع HAL موجود را مشاهده کنیم؟ ۶۳
۸.۳. تمرین صندوق پران خودرو ۶۵
۹.۳. اتصال ال سی دی کاراکتری به STM32 ..... ۶۸
۱.۹.۳. کد راه‌اندازی ال سی دی ۷۲
۲.۹.۳. بررسی توابع کتابخانه lcd.h ۷۶
۱.۲.۹.۳. تابع delay_small ۷۶
۲.۲.۹.۳. تابع lcd_update_pins ۷۷
۳.۲.۹.۳. تابع lcd_command ۷۷
۴.۲.۹.۳. تابع lcd_data ۷۷
۵.۲.۹.۳. تابع lcd_init ۷۷
۶.۲.۹.۳. تابع lcd_clear ۷۷
۷.۲.۹.۳. تابع lcd_gotoxy ۷۸
۸.۲.۹.۳. تابع lcd_putsf و lcd_puts ۷۸
۹.۲.۹.۳. تابع CGRAM_init ۷۸
۳.۹.۳. نمایش متن ثابت روی LCD کاراکتری ۷۸
۴.۹.۳. نمایش ساعت روی ال سی دی ۷۹
۱۰.۳. ورودی خروجی کردن پایه‌ها حین اجرای کد ۸۰
۱۱.۳. دلایل هنگی میکروکنترلر ۸۲
۱.۱۱.۳. حلقه‌ای که معلوم نیست چقدر در آن می‌مانیم ۸۲
۲.۱۱.۳. فراخوانی یک آرایه خارج از حافظه ۸۲
۳.۱۱.۳. فعال نکردن پریفرال و استفاده از آن ۸۳
۴.۱۱.۳. نوسان‌ساز داخلی و دمای بالا ۸۳
۵.۱۱.۳. ولتاژ تغذیه بیش‌ازحد تغذیه و GPIO ۸۳
۶.۱۱.۳. آپدیت برخی توابع HAL و مشکلات سخت‌افزاری STM32 ..... ۸۳
۱۲.۳. تمرین‌ها ۸۴
۱۳.۳. جمع‌بندی ۸۶

۴ تایمر و وقفه ۸۷

۱.۴. مقدمه ۸۷
۲.۴. پیکربندی کلاک در STM32 ..... ۸۷
۳.۴. فعال‌سازی تایمر ۹۰
۱.۳.۴. وقفه (Interrupt) چیست؟ ۹۱
۴.۴. اطلاع از توابع تایمر ۹۲
۱.۴.۴. تکمیل کد ایجاد زمان ۱ میلی‌ثانیه با تایمر ۹۳
۵.۴. سون سگمنت تک‌رقمی ۹۴
۱.۵.۴. طراحی شماتیک سون سگمنت تک‌رقمی ۹۵

۲.۵.۴. برنامه‌نویسی سون سگمنت تک‌رقمی ۹۶
۶.۴ سون سگمنت چند رقمی ۹۷
۱.۶.۴ راه‌اندازی سون سگمنت چند رقمی با تایمر ۱۰۲
۷.۴ راه‌اندازی صفحه کلید ماتریسی ۱۰۴
۱.۷.۴ تشخیص کلیدهای صفحه کلید ۱۰۴
۲.۷.۴ خواندن صفحه کلید با تایمر و نمایش روی ال سی دی ۱۰۵
۸.۴ استفاده از PWM ۱۰۹
۱.۸.۴ حالت Dead Time در PWM ۱۱۱
۹.۴ خواندن انکدر موتور ۱۱۳
۱۰.۴ مد Capture در تایمر ۱۱۵
۱.۱۰.۴ ساخت پروژه Capture ۱۱۵
۲.۱۰.۴ کد کپچر ۱۱۷
۳.۱۰.۴ عیب‌یابی و دیباگ در STM32 ..... ۱۱۹
۱۱.۴ فعال‌سازی ورودی‌ها به شکل وقفه‌ای ۱۲۰
۱.۱۱.۴ قرار دادن Breakpoint ۱۲۲
۱۲.۴ خواندن کلیدها به شکل Debouncing با تایمر ۱۲۳
۱۳.۴ تمرین‌ها ۱۲۵
۱۴.۴ جمع‌بندی ۱۲۷

۵ پورت سریال و پروتکل سریال ۱۲۸

۱.۵ مقدمه ۱۲۸
۲.۵ مدهای پورت سریال ۱۲۸
۱.۲.۵ مد TTL ۱۲۸
۲.۲.۵ مد RS232 ..... ۱۲۹
۳.۲.۵ مد RS485 ..... ۱۳۰
۴.۲.۵ مد RS422 ..... ۱۳۱
۳.۵ پروتکل مدباس ۱۳۲
۱.۳.۵ مدباس ASCII ۱۳۲
۲.۳.۵ مدباس RTU ۱۳۲
۳.۳.۵ Modbus Pro ۱۳۳
۴.۳.۵ Modbus Over TCP/IP ۱۳۳
۵.۳.۵ طریقه عملکرد مدباس ۱۳۴
۴.۵ سیگنالینگ UART ۱۳۵
۵.۵ ارسال اطلاعات به پورت سریال ۱۳۶
۱.۵.۵ شبیه‌سازی برنامه با پروتئوس ۱۳۹
۲.۵.۵ مبدل USB به TTL ۱۴۰

۳.۵.۵. نرم‌افزار DockLight ۱۴۱
۶.۵ DMA چیست؟ ۱۴۲
۷.۵ دریافت اطلاعات از پورت سریال ۱۴۵
۸.۵ روش ماشین حالت و تایم اوت برای دریافت داده ۱۵۰
۱.۸.۵. روش ماشین حالت ۱۵۰
۹.۵ دستگاه‌های کاربردی ۱۵۲
۱.۹.۵. ماژول EM18 ..... ۱۵۲
۲.۹.۵. ماژول HMTR ۱۵۳
۳.۹.۵. ماژول بلوتوث HC-05 ..... ۱۵۴
۴.۹.۵. ماژول GSM Sim800C ۱۵۴
۵.۹.۵. ماژول‌های ارتباط بی‌سیم ۱۵۵
۶.۹.۵. سایر ماژول‌ها ۱۵۵
۱۰.۵ تمرین‌ها ۱۵۵
۱۱.۵ جمع‌بندی ۱۵۶

۶ پروتکل SPI ۱۵۸

۱.۶ مقدمه ۱۵۸
۲.۶ سیگنالینگ پروتکل SPI ۱۵۸
۳.۶ آی سی شیفت رجیستر ۱۶۰
۱.۳.۶. راه‌اندازی ۷۴۵۹۵ در STM32 ..... ۱۶۱
۴.۶ کار با مبدل ADC MCP3550 ..... ۱۶۴
۱.۴.۶. چگونگی خواندن از MCP3550 ..... ۱۶۴
۲.۴.۶. کد آی سی MCP3550 ..... ۱۶۵
۵.۶ آی سی ADC HX711 ..... ۱۶۷
۶.۶ آی سی MAX7219 ..... ۱۶۷
۱.۶.۶ برنامه MAX7219 ..... ۱۶۸
۷.۶ حافظه Flash W25Q64 ..... ۱۷۱
۸.۶ ماژول‌های کاربردی ۱۷۵
۱.۸.۶ ماژول RC522 ..... ۱۷۵
۲.۸.۶ ماژول MCP2515 ..... ۱۷۵
۳.۸.۶ نمایشگر OLED ۱۷۶
۴.۸.۶ آی سی شبکه ENC28J60 ..... ۱۷۸
۵.۸.۶ آی سی شبکه Wiznet W5500 ..... ۱۷۹
۶.۸.۶ کدک صوت VS1003b ۱۷۹
۷.۸.۶ ال سی دی NOKIA 5110 ..... ۱۸۰
۸.۸.۶ کار با ماژول TTP229 ..... ۱۸۱

۹.۸.۶. آی سی XPT2046 ..... ۱۸۲
۹.۶. ارتباط با کارت حافظه ۱۸۲
۱۰.۶. تمرین‌ها ۱۸۳
۱۱.۶. جمع‌بندی ۱۸۶
۷ کارت حافظه SD Card ۱۸۷
۱.۷. مقدمه ۱۸۷
۲.۷. پایه‌های SD Card ۱۸۷
۳.۷. راه‌اندازی کارت حافظه ۱۸۸
۴.۷. پروتکل کارت حافظه در مد SPI ۱۹۵
۱.۴.۷. تابع SD_Init ۱۹۵
۲.۴.۷. تابع خواندن و نوشتن ۱۹۵
۳.۴.۷. کامندهای کارت حافظه ۱۹۵
۴.۴.۷. خواندن از کارت حافظه ۱۹۷
۵.۴.۷. نوشتن در کارت حافظه ۱۹۸
۶.۴.۷. الگوی پاسخ به فرامین ۱۹۹
۵.۷. پروتکل کارت حافظه در مد SD ۲۰۰
۶.۷. لیستی از توابع FATFS ۲۰۱
۷.۷. آشنایی با فرمت FAT ۲۰۳
۱.۷.۷. ساختار سکتور اول (Boot Sector) در FAT32 ..... ۲۰۳
۲.۷.۷. جزئیات BPB ۲۰۴
۳.۷.۷. بخش Boot Code ۲۰۵
۴.۷.۷. آدرس فایل‌ها و دایرکتوری‌ها ۲۰۶
۵.۷.۷. کتابخانه Fatfs ۲۰۷
۸.۷. تمرین‌ها ۲۰۸
۹.۷. جمع‌بندی ۲۰۸
۸ پروتکل I2C ۲۰۹
۱.۸. مقدمه ۲۰۹
۲.۸. شرح پروتکل ۲۱۰
۳.۸. ساخت پروژه ۲۱۱
۴.۸. آی سی ساعت DS3231 ..... ۲۱۲
۵.۸. خواندن زمان از DS3231 ..... ۲۱۴
۶.۸. کد آی سی ساعت ۲۱۴
۷.۸. تشخیص آدرس I2C دستگاهی که نمی‌دانیم ۲۱۶
۸.۸. معرفی IC های کاربردی ۲۱۷
۱.۸.۸. تراشه PCF8574 و PCA9535 ..... ۲۱۷

۲.۸.۸. تراشه LM75 و DS1621 ..... ۲۱۸
۳.۸.۸. آی سی EEPROM AT24Cxx ۲۱۸
۴.۸.۸. آی سی درایور تاچ خازنی ۲۱۸
۵.۸.۸. ماژول Gyro (ژایروسکوپ) و شتاب ۲۱۹
۶.۸.۸. ماژول OLED ۲۱۹
۷.۸.۸. آی سی INA219 ..... ۲۱۹
۹.۸. تمرین‌ها ۲۲۰
۱۰.۸. جمع‌بندی ۲۲۱
۹ مبدل ADC ۲۲۲
۱.۹. مقدمه ۲۲۲
۲.۹. تشریح ADC ۲۲۲
۱.۲.۹. مد Regular و Injected ۲۲۳
۲.۲.۹. حالت‌های مختلف دو ADC ۲۲۳
۱.۲.۲.۹. حالت Independent ۲۲۳
۲.۲.۲.۹. حالت Injected Simultaneous ۲۲۴
۳.۲.۲.۹. حالت Regular Simultaneous ۲۲۴
۴.۲.۲.۹. حالت Fast Interleave ۲۲۴
۵.۲.۲.۹. حالت Alternate Trigger ۲۲۵
۶.۲.۲.۹. حالت‌های ترکیبی ۲۲۵
۳.۲.۹. سنسور دمای داخلی ۲۲۵
۴.۲.۹. مفهوم سگ نگهبان آنالوگ ۲۲۶
۳.۹. ساخت پروژه ولت‌متر ۲۲۶
۴.۹. فعال‌سازی وقفه ADC و خواندن LDR ۲۲۹
۵.۹. فعال‌سازی DMA و سنسور LM35 ..... ۲۳۱
۱.۵.۹. سنسور دمای LM35 ..... ۲۳۳
۶.۹. خواندن ترتیبی چند ورودی ADC با DMA ۲۳۶
۷.۹. اسکن همزمان چند ADC با DMA ۲۳۹
۸.۹. استفاده از کانال‌های Injecrd ۲۴۰
۹.۹. حالت موازی ۲۴۲
۱۰.۹. سنسور ۴ تا ۲۰ میلی‌آمپر ۲۴۵
۱۱.۹. قطعات کاربردی ۲۴۵
۱.۱۱.۹. سنسور گاز MQ ۲۴۵
۲.۱۱.۹. سنسور اثر هال ACS712 ..... ۲۴۶
۳.۱۱.۹. ماژول‌های مادون‌قرمز ۲۴۶
۴.۱۱.۹. سنسورهای دما ۲۴۷

۱۲.۹. آی سی های ADC ۲۴۷
۱.۱۲.۹. ایزوله کردن ADC جهت کاهش نویز ۲۴۸
۱۳.۹. تمرین‌ها ۲۴۸
۱۴.۹. جمع‌بندی ۲۴۹

۱۰ مبدل DAC ۲۵۰

۱.۱۰. مقدمه ۲۵۰
۲.۱۰. راه‌اندازی DAC بر روی STM32F051 ..... ۲۵۱
۳.۱۰. راه‌اندازی DAC ۲۵۲
۴.۱۰. راه‌اندازی DAC به کمک DMA ۲۵۲
۵.۱۰. تولید موج سینوسی ۵۰ هرتز با DAC ۲۵۴
۶.۱۰. پخش صدا با کمک DAC ۲۵۶
۷.۱۰. تمرین‌ها ۲۵۹
۸.۱۰. جمع‌بندی ۲۶۰

۱۱ پروتکل CAN در STM32 ..... ۲۶۱

۱.۱۱. مقدمه ۲۶۱
۲.۱۱. عملکرد پروتکل CAN ۲۶۲
۱.۲.۱۱. سطح ولتاژ CAN ۲۶۲
۲.۲.۱۱. سیگنالینگ CAN ۲۶۲
۳.۲.۱۱. حالت Bit Stuffing ۲۶۳
۴.۲.۱۱. پروتکل CAN FD ۲۶۳
۳.۱۱. فعال‌سازی CAN ۲۶۴
۱.۳.۱۱. ماژول MCP2551 ..... ۲۶۵
۴.۱۱. برنامه CAN ۲۶۶
۱.۴.۱۱. برنامه Node2 ..... ۲۶۷
۵.۱۱. تمرین‌ها ۲۶۹
۶.۱۱. جمع‌بندی ۲۶۹

۱۲ شبکه LAN به کمک LWIP ۲۷۰

۱.۱۲. مقدمه ۲۷۰
۲.۱۲. اتصالات سخت‌افزار LAN ۲۷۱
۳.۱۲. ساخت پروژه ۲۷۲
۴.۱۲. بررسی توابع LWIP در مد TCP ۲۷۴
۱.۴.۱۲. مفهوم سرور و کلاینت ۲۷۶
۵.۱۲. بررسی کد LWIP در مد TCP Server ۲۷۷
۱.۵.۱۲. بخش main2 ..... ۲۷۷

۲.۵.۱۲. تابع وقفه در LWIP ۲۷۹
۳.۵.۱۲. تابع بررسی وصل بودن کابل شبکه ۲۷۹
۴.۵.۱۲. تابع Initialize سرور ۲۸۰
۵.۵.۱۲. تابع دریافت داده‌ها ۲۸۱
۶.۵.۱۲. توابع ارسال داده و خاتمه ارتباط ۲۸۲
۶.۱۲. مد کلاینت در TCP ۲۸۳
۷.۱۲. تست پروتکل TCP با Hercules ۲۸۵
۸.۱۲. مانیتورینگ پکت های شبکه با Wireshark ۲۸۶
۹.۱۲. پروتکل UDP در LWIP ۲۸۷
۱.۹.۱۲. بخش اول main2 ..... ۲۸۷
۲.۹.۱۲. تابع udpServerInit ۲۸۹
۳.۹.۱۲. تابع udpReciveData ۲۸۹
۴.۹.۱۲. تابع udpSendDataTo ۲۹۱
۵.۹.۱۲. تابع udpClientConnect ۲۹۲
۱۰.۱۲. وب سرور با LWIP ۲۹۲
۱.۱۰.۱۲. بررسی فایل fsdata_custom.h ۲۹۴
۲.۱۰.۱۲. متد GET و POST چیست؟ ۲۹۷
۱۱.۱۲. بررسی کد وب سرور ۲۹۸
۱.۱۱.۱۲. بررسی توابع مربوط به CGI و SSI ۳۰۰
۱۲.۱۲. تست صفحات با نرم‌افزار POSTMAN ۳۰۳
۱۳.۱۲. دریافت داده‌ها به روش POST ۳۰۳
۱۴.۱۲. تمرین‌ها ۳۰۵
۱۵.۱۲. جمع‌بندی ۳۰۵

۱۳ پروتکل USB ۳۰۷

۱.۱۳. مقدمه ۳۰۷
۲.۱۳. انواع مدهای USB ۳۰۷
۱.۲.۱۳. مد USB Host ۳۰۷
۲.۲.۱۳. مد USB Device ۳۰۷
۳.۲.۱۳. مد OTG(One The Go) ۳۰۸
۳.۱۳. کلاس‌های کاری در USB ۳۰۸
۴.۱۳. حالت‌های انتقال داده در USB ۳۰۸
۵.۱۳. انواع لایه‌ها در USB ۳۰۹
۶.۱۳. مفهوم EndPoint ۳۱۰
۷.۱۳. پروژه USB CDC ۳۱۲
۸.۱۳. پروژه USB HID ۳۱۵

۹.۱۳. برنامه WPF برای ویندوز با Visual Studio برای کنترل USB ۳۲۱
۱.۹.۱۳. بررسی کد WPF برای کنترل USB ۳۲۳
۱۰.۱۳. تمرین‌ها ۳۲۷
۱۱.۱۳. جمع‌بندی ۳۲۸
۱۴ پیوست ۳۲۹
۱.۱۴. مقدمه ۳۲۹
۲.۱۴. فعال‌سازی Serial Wire Viewer در CubeIDE ۳۲۹
۳.۱۴. نمونه سؤالات ۴ گزینه‌ای ۳۳۲

مقدمه ناشر

خط مشی انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب هایی با کیفیت عالی است که بتواند خواسته های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.

هر کتاب دیباگران تهران، یک فرصت جدید شغلی و علمی

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 فرهنگی این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی و آموزشی گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گستردگی علوم وسرعت 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 برجسته نموده است.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران و محققان در زمینه های گوناگون و مورد نیاز جامعه تلاش نموده برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهد.

کتابی که در دست دارید تألیف **"جناب آقای محمدرضا بیگی ورزنه"** است که با تلاش همکاران ما در نشر دیباگران تهران منتشرگشته و شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

با نظرات خود مشوق و راهنمای ما باشید

با ارائه نظرات و پیشنهادات وخواسته های خود،به ما کمک کنید تا بهتر و دقیق تر در جهت رفع نیازهای علمی و آموزشی کشورمان قدم برداریم.برای رساندن پیام هایتان به ما از رسانه های دیباگران تهران شامل سایتهای فروشگاهی و صفحه اینستاگرام و شماره های تماس که در صفحه شناسنامه کتاب آمده استفاده نمایید.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
dibagaran@mftplus.com

مقدمه مؤلف

کتابی که در دست شما هست حاصل ۲۰ سال کار و تدریس بوده و بر با تأکید بر کاربردی بـودن مطالـب نوشـته شده است و از مطالب غیرضروری و مطالب صرفاً آکادمیک خودداری شده است.

بنده به مدت ۱۴ سال در سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای تدریس دارم و این سازمان مورد غفلت مسئولان و عموم قرار گرفته است؛ درحالی‌که می‌تواند برای اشتغال‌زایی جامعه بسیار مفید باشد. این سازمان توانایی تـأمین نیـروی کار ماهر و نیمه ماهر صنایع، ارتقا بهره‌وری در بخش تولید، نوآوری و انتقال فناوری‌هـای جدیـد، توسـعه صـنایع کوچک و متوسط، توانمندسازی کارآفرینان، کاهش نرخ بیکاری، تقویت اقتصاد مقاومتی و ایجاد تعامل با بازارهای جهانی را دارد و به‌خوبی می‌تواند شعار سال ۱۴۰۴ که سرمایه‌گذاری برای تولید است را محقـق نمایـد. در بخـش دولتی این سازمان دوره‌های آموزشی تقریباً رایگان است و دوره‌های آموزشی بنده سـالانه بـه شـکل گردشـی در کارگاه الکترونیک برگزار می‌شوند. با توجه به طولانی بودن مدت دوره‌هـا مـی‌تـوان طیـف وسـیعی از مطالـب را آموزش داد و صرفاً مطالب سطحی تدریس نمی‌شوند. نوشتن این کتاب نه به دلیل مالی یا آکادمیک بلکه به دلیل علاقه‌ام به آموزش و انتقال تجربیات می‌باشد. همچنین برای اسـتفاده در کـلاس‌هـای آموزشـی و تسـریع رونـد آموزش و استفاده سایر همکاران و مشتاقان علم می‌باشد.

با توجه به اینکه کتابی به شکل خودآموز و بیان ساده و جامع به این شـکل وجـود نداشـت و ایـن خـلأ احسـاس می‌شد، تصمیم گرفتم که کتابی کامل را بنویسم که بتوانـد راهنمـای مناسـبی بـرای افـرادی باشـد کـه نیازمنـد یادگیری این تراشه‌ها هستند. کتاب موجود به شکل خودآموز می‌باشد و با مطالعه آن خواهید توانسـت در انتهـای کتاب با بخش‌های مختلف میکروکنترلر STM32 کار کرده و پروژه اجرا نمایید. طریقه مطالعه به این شکل است که باید هر بخشی از کتاب که خوانده شد را خودتان به شکل عملی اجرا کـرده و سـپس بخـش بعـدی را شـروع نمایید تا یادگیری عمیقی اتفاق بیفتد. در غیر اینصورت یادگیری بسیار افت خواهد نمود.

بیشتر مطالب کتاب با برد ارزان‌قیمت BluePill و تراشه STM32F103 قابل اجرا هستند توصیه می‌کنم این برد را با پروگرمر مربوطه تهیه کرده تا بتوانید به شکل عملی کارها را بـر روی STM32 اجـرا نماییـد. کـدهای مـتن کتاب نیز برخی توضیح بیشتر و برخی توضیح کمتر داده شده‌اند و فرض بر این است که مطالب قبلی را یاد گرفته باشید و سپس مطالب جدید را بیاموزید.

تمام کدهای داخل کتاب مطالب تدریس شده در این ۱۴ سال آموزش می‌باشند و همگی تست شده‌اند. همچنـین این جلد از کتاب به شکل کامل توابع HAL و نرم‌افزار STM32CubeIDE را آموزش داده است. در جلد دیگری که در آینده خواهم نوشت روش رجیستری و توابع LL را مورد بررسی قرار خواهم داد.

پیش‌نیاز کتاب آشنایی با دیجیتال و مدارمنطقی بوده و باید در حد هنرستان با الکترونیک آشنا باشید کـه مفـاهیم مربوطه را متوجه بشوید. همچنین باید آموزش رایگان ۱۸ ساعته زبان برنامه‌نویسی C را از کانال آپاراتم به نشانی

Aparat.com/LPCARM.ir مشاهده نمایید. باید به زبان برنامه‌نویسی C تسلط داشته باشید تا بتوانید کدهای متن کتاب را متوجه بشوید.

در فصل ۱ سیر تکاملی میکروکنترلر ARM، انواع مدل‌ها، مدل‌های خانواده STM32 و ابزارها و نرم‌افزارهای کار با میکروکنترلر آموزش داده شده است.

فصل ۲ با تمرکز بر روی مدل STM32F103 نکاتی را در مورد این خانواده بیان می‌کند و شماتیک برد BluePill بررسی می‌شود و روش برنامه‌ریزی آن و مدهای بوت هم توضیح داده شده‌اند.

فصل ۳ در مورد کنترل GPIO و ساخت پروژه می‌باشد. در این فصل یک پروژه کامل ساخته شده، با نرم‌افزار پروتئوس شبیه‌سازی شده و برنامه‌ریزی بر روی برد و عیب‌یابی آن انجام می‌شود و سپس پروژه صندوق پران خودرو و نیز اتصال ال سی دی کاراکتری و نوشتن توابع آن از صفر بررسی می‌شوند و درنهایت چندین تمرین خواهیم داشت.

فصل ۴ در مورد تایمر و وقفه می‌باشد و پیکربندی کلاک میکروکنترلر بررسی شده و پیکربندی تایمر انجام می‌شود. سپس پروژه‌هایی مانند راه‌اندازی سون سگمنت و صفحه کلید ماتریسی را خواهیم داشت و در ادامه کار با PWM استفاده از حالت Dead Time برای کنترل پل H، خواندن انکدر موتور برای تشخیص موقعیت آن، مد کپچر، عیب‌یابی تایمر و قراردادن Break Point در برنامه و راه‌اندازی وقفه خارجی برای کلیدها و معرفی روش فیلتر پایین گذر جهت Bounce گیری کلیدها انجام شده است. در انتها نیز چندین تمرین کاربردی قرار گرفته است.

فصل ۵ مربوط به پروتکل سریال می‌باشد. در این فصل انواع حالت‌های پورت سریال نظیر TTL، RS485، RS422، RS232 و مدباس بررسی می‌شود و سیگنالینگ پورت سریال توضیح داده می‌شود. در ادامه ساخت پروژه و شبیه‌سازی با پروتئوس و تست عملی برنامه را خواهیم داشت و از نرم‌افزار Docklight برای نمایش داده‌های پورت سریال استفاده می‌کنیم. در ادامه برنامه‌نویسی پورت سریال به روش سرکشی، وقفه و DMA را خواهیم داشت و چندین مثال مانند برنامه کنترل خروجی‌ها و خواندن ورودی‌ها به کمک پورت سریال را خواهیم داشت. روش ماشین حالت و پیاده‌سازی آن را بررسی می‌کنیم و در انتها چندین ماژول کاربردی بررسی می‌شوند و چند تمرین داریم.

فصل ۶ در مورد پروتکل SPI است. در این فصل با سیگنالینگ و کاربردهای این پروتکل آشنا می‌شویم، ساخت پروژه و راه‌اندازی چندین آی سی مانند آی سی شیفت رجیستر، آی سی MAX7219، آی سی ADC External، آی سی حافظه، نمایشگر OLED و چندین ماژول کاربردی بررسی شده‌اند و در انتها نیز تمرین‌هایی را داریم.

فصل ۷ مربوط به کارت حافظه SD می‌باشد و با کمک کتابخانه FatFS با آن ارتباط برقرار می‌کنیم. در این فصل بررسی توابع خواندن از کارت حافظه را داریم و جزئیات پروتکل کارت حافظه بررسی می‌شود و سپس به شکل مختصر فایل سیستم FAT را شرح می‌دهیم.

فصل ۸ به تشریح پروتکل I2C می‌پردازیم و آی سی ساعت DS3231 را برنامه‌نویسی و تست عملی می‌کنیم. چندین ماژول و آی سی در این فصل معرفی شده‌اند و چند تمرین در این فصل داریم.

فصل ۹ مربوط به مبدل ADC می‌باشد و انواع مدهای آن مانند Regular، Injected، Interleave، Dual و.. بررسی می‌شوند. سپس پروژه‌هایی مانند ولت‌متر، مقاومت حساس به نور، سنسور دمای LM35، شبیه‌سازی در پروتئوس، خواندن چند کاناله ADC، راه‌اندازی با کمک DMA، خواندن سنسور جریان ۴ تا ۲۰ میلی‌آمپر و انواع ماژول‌ها بررسی می‌شوند.

فصل ۱۰ مربوط به مبدل DAC می‌باشد و برنامه‌هایی مانند تولید ولتاژ آنالوگ، تولید موج سینوسی ۵۰ هرتز، پخش صدا به کمک DAC و راه‌اندازی DMA انجام شده است.

فصل ۱۱ در مورد پروتکل CAN می‌باشد. در این فصل اتصالات سخت‌افزار CAN و آی سی لایه فیزیکی و سیگنالینگ آن بیان شده است. همچنین برنامه تبادل اطلاعات بین دو میکروکنترلر را انجام شده است.

فصل ۱۲ پروتکل شبکه LAN را آموزش داده است. در این فصل برد Nucleo-F746ZG استفاده شده است و اتصالات سخت‌افزار LAN بررسی گردیده، سپس روش ساخت پروژه و تنظیم آن و توابع مختلف پروتکل TCP بررسی گردیده‌اند. در ادامه بخش‌های یک برنامه TCP Server بررسی شده است و کار با نرم‌افزار Hercules و Wireshark آموزش داده شده است. در ادامه پروتکل UDP بررسی شده و کدهای آن شرح داده شده‌اند و سپس حالت وب سرور بیان شده است. روش POST و GET بررسی شده و کد وب سرور را بررسی نموده‌ایم. نرم‌افزار POSTMAN هم آموزش داده شده است.

فصل ۱۳ مربوط به پروتکل USB می‌باشد. در این فصل کد راه‌اندازی USB از نوع پورت سریال مجازی (CDC) بررسی شده است و سپس کد USB از نوع HID بررسی گردیده است. با کمک WPF یک برنامه کامپیوتری برای ارتباط با USB هم نوشته‌ایم و آموزش داده‌ایم.

در فصل پیوست نیز به بررسی مد SWV می‌پردازیم و نمونه سؤالات تستی فنی و حرفه‌ای را در این فصل وجود دارد.

در هر فصل مطالب و نکات بسیار متعددی بیان خواهد شد که برای بررسی آن‌ها می‌توانید به فهرست کتاب رجوع نمایید امیدوارم که کتاب موجود راهنمای خوبی برای شما باشد.

در پایان از خرید شما تشکر می‌کنم و همچنین از مدیریت محترم انتشارات دیباگران و ویراستاران و گرافیست کاران محترم سپاسگزاری می‌کنم. و این کتاب به همه جویندگان علم هدیه داده می‌شود و امیدوارم که مورد استفاده قرار بگیرد و همچنین از زحمات مادر عزیزم و پدر مرحومم تشکر می‌کنم.

در انتها می‌توانید نظرات خود را به آی دی تلگرامی یا ایتـایی LpcarmAdmin@ ارسـال نماییـد. برنامـه‌هـای اضافه‌تر در وب‌سایت به نشانی www.LPCARM.ir منوی سایت بخش دوره‌ها- میکروکنترلـر ARM و نمونـه کد قرار گرفته است. کدهای نوشته شده در این کتاب هم در همین بخش به نام کتاب STM32 دیبـاگران قـرار داده شده است. همچنین در سایت گیت هاب به نشانی GitHub.com/lpcarmir به کـدهای کتـاب مـی‌توانیـد دسترسی داشته باشید.

با تشکر

محمدرضا بیگی ورزنه