

به نام خدا



# آموزش کاربردی میکروکنترلرهای ARM STM32

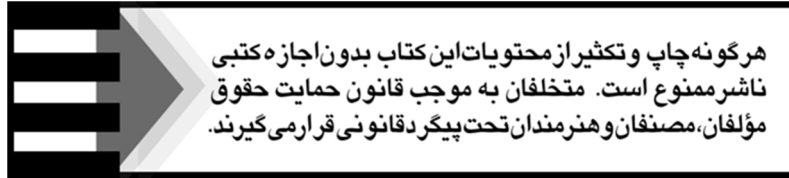
جهت دریافت دیسک همراه این کتاب از لینک زیر استفاده نمایید:

[dl.dibagarantehran.ir/CDDIBA/stm32karbordi.rar](http://dl.dibagarantehran.ir/CDDIBA/stm32karbordi.rar)

مؤلفان:

**دکتر مسرور دولت آبادی**

**مهندس متین تسلی بخش**



## ◀ عنوان کتاب: آموزش کاربردی میکروکنترلرهای ARM STM32

◀ مولفان: دکتر مسرور دولت آبادی - مهندس متین تسلی بخش

◀ ناشر: موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

◀ ویراستار: مهدیه مخبری

◀ صفحه آرای: نازنین نصیری

◀ طراح جلد: داریوش فرسای

◀ نوبت چاپ: اول

◀ تاریخ نشر: ۱۳۹۹

◀ چاپ و صحافی: صدف

◀ تیراژ: ۱۰۰ جلد

◀ قیمت: ۴۲۰۰۰۰ ریال

◀ شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۳۵۲-۳

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱

تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶

فروشگاههای اینترنتی دیباگران تهران :

[WWW.MFTBOOK.IR](http://WWW.MFTBOOK.IR)

[www.dibagarantehran.com](http://www.dibagarantehran.com)

[www.dibbook.ir](http://www.dibbook.ir)

نشانی تلگرام: @mftbook      نشانی اینستاگرام دیبا [dibagaran\\_publishing](https://www.instagram.com/dibagaran_publishing)

هر کتاب دیباگران، یک فرصت جدید شغلی.

هر گوشی همراه، یک فروشگاه کتاب دیباگران تهران.

از طریق سایتها و اپ دیباگران، در هر جای ایران به کتابهای ما دسترسی دارید.

# فهرست مطالب

۸.....	مقدمه ناشر.....
۹.....	پیشگفتار.....

## فصل اول

### مقدمه و معرفی میکروکنترلر ARM..... ۱۰

۱۱.....	۱-۱- مقدمه معرفی خانواده‌های میکروکنترلر ARM.....
۱۳.....	۲-۱- پردازنده‌های مبتنی بر ARM شرکت STM.....
۱۳.....	۳-۱- خانواده STM32.....
۱۴.....	۴-۱- ساختار و ساختمان STM32F1.....
۱۴.....	۵-۱- معرفی زیرمجموعه‌های خانواده F1.....
۱۴.....	۱-۵-۱- خانواده STM32F100.....
۱۴.....	۲-۵-۱- خانواده STM32F101.....
۱۵.....	۳-۵-۱- خانواده STM32F102.....
۱۵.....	۴-۵-۱- خانواده STM32F103.....
۱۶.....	۵-۵-۱- خانواده STM32F105/107.....
۱۶.....	۶-۱- مشخصات کامل میکروکنترلر STM32F103.....
۱۷.....	۱-۶-۱- هسته.....
۱۷.....	۲-۶-۱- حافظه‌ها.....
۱۹.....	۳-۶-۱- مدیریت کلاک، ریست و تغذیه خودکار.....
۲۱.....	۴-۶-۱- مصرف توان پایین.....
۲۳.....	۵-۶-۱- مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC).....
۲۴.....	۶-۶-۱- DMA (دسترسی مستقیم به حافظه).....
۲۴.....	۷-۶-۱- GPIO (پورت‌های ورودی و خروجی میکرو).....
۲۵.....	۸-۶-۱- واحد دیباگینگ.....
۲۵.....	۹-۶-۱- تایمرها.....
۲۵.....	۱۰-۶-۱- اینترفیس (رابط) ارتباطی.....
۲۶.....	۷-۱- توصیف پیکربندی STM32F103.....

۳۰ ..... ۸-۱- مقایسه تایمرها

## فصل دوم

### معرفی سخت افزار مورد استفاده و ملاحظات سخت افزاری ..... ۳۲

- ۳۳ ..... ۱-۲- مقدمه
- ۳۳ ..... ۲-۲- سخت افزار STM32F103
- ۳۴ ..... ۳-۲- شماتیک تغذیه
- ۳۵ ..... ۴-۲- اسیلاتور خارجی
- ۳۵ ..... ۵-۲- کریستال خارجی RTC
- ۳۶ ..... ۶-۲- مدار ریست خارجی (NRST)
- ۳۷ ..... ۷-۲- پکیج های مختلف خانواده STM32F103
- ۳۷ ..... ۱-۷-۲- میکرو کنترلر STM32F103XX با پکیج VFQFPN36
- ۳۷ ..... ۲-۷-۲- میکرو کنترلر STM32F103C8T6 با پکیج LQFP-48PIN
- ۳۸ ..... ۳-۷-۲- میکرو کنترلر STM32F103RBT6 با پکیج LQFP-64PIN
- ۳۸ ..... ۴-۷-۲- میکرو کنترلر STM32F103XX با پکیج TFBGA64 Ballout
- ۳۹ ..... ۵-۷-۲- میکرو کنترلر STM32F103VBT6 با پکیج LQFP-100PIN
- ۴۰ ..... ۸-۲- برد مورد نظر برای پروژه و برنامه نویسی در این کتاب

## فصل سوم

### شروع کار با برنامه نویسی در KEIL ..... ۴۱

- ۴۲ ..... ۱-۳- ساخت اولین پروژه در KEIL
- ۴۲ ..... ۱-۱-۳- مراحل ایجاد پروژه جدید در نرم افزار Keil

## فصل چهارم

### کنترل پایه های میکرو کنترلر (GPIO) ..... ۴۷

- ۴۸ ..... ۱-۴- درگاه ورودی و خروجی
- ۴۸ ..... ۱-۱-۴- ساختار پین های ورودی و خروجی تراشه های خانواده STM32F10X
- ۴۹ ..... ۲-۱-۴- معرفی توابع و استراکچرهای CMSIS مربوط به GPIO ها
- ۵۰ ..... ۳-۱-۴- معرفی توابع CMSIS کار با پورت های GPIO

## فصل پنجم

### تایمرها ..... ۵۷

- ۵۸-۱- تایمرها ..... ۵۸
- ۶۰-۱-۱- معرفی توابع CMSIS کار با تایمرها ..... ۶۰
- ۶۱-۱-۲- راه‌اندازی سریع تایمر و وقفه آن ..... ۶۱
- ۶۳-۱-۳- زیر برنامه وقفه تایمر ..... ۶۳
- ۶۳-۲- راه‌اندازی واحد RTC ..... ۶۳
- ۶۴-۱-۲- معرفی توابع CMSIS مرتبط با بخش RTC ..... ۶۴
- ۶۷-۳- تایمر SYSTICK ..... ۶۷
- ۶۸-۴- تایمر WATCHDOG ..... ۶۸
- ۶۹-۱-۴- پیاده‌سازی نرم‌افزاری ..... ۶۹
- ۶۹-۲-۴- دستورات مورد نیاز برای راه‌اندازی واحد Watchdog ..... ۶۹

## فصل ششم

### وقفه خارجی ..... ۷۱

- ۷۲-۱- آشنایی با واحد کنترل وقفه‌ها (NVIC) و وقفه خارجی (EXTI) ..... ۷۲
- ۷۴-۱-۱- بردار وقفه‌های خارجی در تراشه‌های از خانواده STM32F10X ..... ۷۴
- ۷۵-۱-۲- دستورات مورد نیاز برای راه‌اندازی وقفه خارجی GPIO ها ..... ۷۵

## فصل هفتم

### راه‌اندازی ارتباط سریال ..... ۷۹

- ۸۰-۱- ارتباط داده ..... ۸۰
- ۸۰-۲- ارتباط موازی ..... ۸۰
- ۸۱-۳- ارتباط سریال ..... ۸۱
- ۸۱-۱-۳- تعریف چند اصطلاح و مفهوم در ارتباط سریال ..... ۸۱
- ۸۴-۴- قابلیت‌های میکروکنترلر ARM در ارتباط USART ..... ۸۴
- ۸۶-۵- سریال بر روی میکرو STM32F10X ..... ۸۶

## فصل هشتم

### مبدل آنالوگ به دیجیتال ..... ۹۲

- ۹۳-۱-۸- تعریف مبدل آنالوگ به دیجیتال .....
- ۹۳-۲-۸- ویژگی‌های مبدل آنالوگ به دیجیتال میکروکنترلر ARM .....
- ۹۴-۳-۸- محدوده مجاز ورودی ولتاژ .....
- ۹۴-۴-۸- دقت اندازه‌گیری .....
- ۹۵-۵-۸- قابلیت تعیین زمان نمونه‌گیری .....
- ۹۶-۶-۸- قابلیت تبدیل تکی و دائمی .....
- ۹۷-۷-۸- پیاده‌سازی نرم‌افزاری .....

## فصل نهم

### راه‌اندازی DAC در میکروکنترلر ..... ۹۹

- ۱۰۰-۱-۹- آشنایی با واحد مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC) .....
- ۱۰۱-۱-۹- معرفی استراکچرها و توابع CMSIS مرتبط با واحد DAC .....

## فصل دهم

### PVD و مدیریت توان ..... ۱۰۳

- ۱۰۴-۱-۱۰- واحد نظارت بر منبع تغذیه .....
- ۱۰۴-۲-۱۰- راه‌اندازی واحد PVD .....
- ۱۰۵-۳-۱۰- استراکچرها و توابع CMSIS مرتبط با واحد PVD .....
- ۱۰۶-۴-۱۰- زیر برنامه وقفه PVD .....

## فصل یازدهم

### استفاده از ریجسترهای Backup ..... ۱۰۷

- ۱۰۸-۱-۱۱- مقدمه .....
- ۱۰۸-۲-۱۱- معرفی توابع CMSIS مرتبط با بخش BKP .....

## فصل دوازدهم

### ۱۱۰..... قابلیت‌های DMA

- ۱۱۱ ..... ۱-۱۲ مقدمه
- ۱۱۱ ..... ۲-۱۲ ارتباط کانال و سخت‌افزار
- ۱۱۳ ..... ۳-۱۲ پیاده‌سازی نرم‌افزاری

## فصل سیزدهم

### ۱۱۴..... آشنایی با نحوه کار با واحد حافظه Flash داخلی تراشه

- ۱۱۵ ..... ۱-۱۳ مقدمه

## فصل چهاردهم

### ۱۲۱..... آشنایی با واحد I<sup>2</sup>C

- ۱۲۲ ..... ۱-۱۴ مقدمه
- ۱۲۳ ..... ۲-۱۴ ساختار I<sup>2</sup>C در تراشه‌های خانواده STM32F10X
- ۱۲۳ ..... ۱-۲-۱۴ نحوه استفاده از درایور I<sup>2</sup>C با استفاده از کتابخانه CMSIS

## فصل پانزدهم

### ۱۲۶..... پروتکل SPI

- ۱۲۷ ..... ۱-۱۵ واحد SPI
- ۱۲۸ ..... ۲-۱۵ ساختار واحد SPI تراشه‌های خانواده STM32F10X

## فصل شانزدهم

### ۱۳۴..... پروژه‌های کاربردی میکروکنترلر

- ۱۳۵ ..... پروژه ۱: صفحه کلید ماتریسی
- ۱۳۷ ..... پروژه ۲: LCD
- ۱۳۹ ..... پروژه ۳: ارتباط SD

### ۱۴۶..... مراجع

# خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب‌های است که بتواند خواسته‌های 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 دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گسترده‌گی 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 پُر بار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "دکتر مسرور دولت آبادی و مهندس متین تسلی بخش" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

## کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نماید با مراجعه به آدرس [dibagaran.mft.info](mailto: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  
[bookmark@mft.info](mailto:bookmark@mft.info)



## پیشگفتار

آموزش این کتاب براساس میکروکنترلرهای خانواده STM32 می‌باشد. میکروکنترلرهای STM32F103 را می‌توان در صنایع وسیعی استفاده کرد از جمله راه‌اندازی کاربردی موتورهای AC و DC مناسب برای مناطق پرنویز و صنعتی، کاربردهای پزشکی و تجهیزات پرتابل، سیستم‌های بازی (دسته‌ای بیسیم کنسول‌ها)، پلت فرم GPS و همچنین برای کاربردهای صنعتی که شامل: ساخت PLC، اینورترهای سه فاز، چاپگرها، اسکنرها از این جمله می‌باشند. در این کتاب قصد داریم بر روی برد مبتنی بر stm32f103c8t6 برنامه‌نویسی نماییم. دلیل این انتخاب ارزان بودن این میکرو و فراوانی آن در بازار ایران می‌باشد. همچنین این میکرو می‌تواند در بسیاری از کاربردها جایگزین مناسبی برای میکروهای گران باشد. برد در نظر گرفته شده برای برنامه‌نویسی در بازار ایران موجود می‌باشد که می‌توان برنامه‌های توضیح‌داده شده در این کتاب را بر روی آن پیاده‌سازی نمود و نتایج را مشاهده کرد. IDE در نظر گرفته شده برای برنامه‌نویسی نرم‌افزار KEIL می‌باشد و همچنین اساس برنامه‌نویسی در این کتاب مبتنی بر کتابخانه‌های CMSIS و کتابخانه SPL است.