



# معرفی DFU و پروگرام کردن میکروکنترلر STM32 از طریق بوت لودر



تاریخ انتشار ۱۵ اردیبهشت, ۱۴۰۰ توسط آرش فتاحی

همواره بعد از نوشتن کد در محیطهای برنامه نویسی میکروکنترلر ها در کامپیوتر، نیاز به یک مدار واسط جهت انتقال و پروگرام کردن برنامه نوشته شده به میکرو یا برد مربوطه احساس میشود. در میکروکنترلر های AVR این کار با استفاده از پروگرامرهایی همچون STK500، AVRISP/MKII، AVR910 و برخی پروگرامرهای یونیورسال و در میکروکنترلر های ARM از طریق J-Link انجام میشود. در میکروکنترلر های STM8 و STM32 و کنترلر این عمل از طریق





پروگرامر های خود شرکت ST، یا همان ST-LINK به راحتی قابل انجام بوده که علاوه بر انتقال برنامه به میکرو و پروگرام کردن آن، میتوان از آن به عنوان یک دیباگر برای خطایابی کد نیز استفاده نمود.

در این مطلب قصد داریم به نحوه پروگرام کردن میکروکنترلرهای این شرکت بدون استفاده از پروگرامر و با استفاده از Bootloader در این میکرو ها بپردازیم. همچنین در این مطلب به دو روش پروگرام کردن از طریق UART و USB با استفاده از نرم افزار STM32CubeProgrammer خواهیم پرداخت. برای مطالعه سایر مطالب به صفحه اول <u>وبلاگ</u> مراجعه نمایید.



پروگرامر st-link

گاهی اوقات محصولی توسط فروشنده به کاربر فروخته شده است که نیاز است بعد از مدتی برنامه داخل میکروکنترلر آن بروزرسانی گردد. در این حالت دو راهکار وجود دارد. ابتدا تحویل محصول به فروشنده و به روزرسانی آن توسط شرکت یا کارخانه سازنده آن انجام شود. راه دیگری ارسال فایل بروزرسانی محصول از طرف سازنده به خریدار و انجام این عملیات توسط خود کاربر.

طبیعتاً بازگرداندن محصول و انجام عملیات به روزرسانی برای تک تک برد های تولید شده، توسط شرکت یا کارخانه تولید کننده، امری طولانی و هزینه بر خواهد بود. به همین دلیل در این جا استفاده از بوت لودر می تواند چاره ای برای





حل این مشکل باشد.

### بوت لودر چیست؟

اگر با <mark>برد های آردوینو</mark> آشنایی داشته باشید، میدانید که می توان این بردها را مستقیما و توسط USB پروگرام نمود. در این برد ها که معمولا بر پایه میکروکنترلر های AVR طراحی شدهاند، <u>Bootloader</u> به گونه ای برنامه ریزی شده است که می تواند به حافظه FLASH میکرو دسترسی پیدا کرده و کار مربوط به برنامه ریزی حافظه فلش را بدون نیاز به پروگرامر خارجی انجام دهد. در اکثر میکروکنترلر ها از جمله شرکت ST این قابلیت وجود دارد که بتوان به صورت سخت افزاری میکرو را به این حالت برده و اقدام به پروگرام کردن آن کرد.

## بوت لودر در STM32

در میکروکنترلرهای STM32 معمولا پایه ای به نام BOOT0 وجود دارد. با HIGH کردن آن از خارج و ریست کردن میکروکنترلـر، پردازنـده بـه حـالت DFU یـا Device Firmware Update رفتـه و بـرای دریـافت بهروزرسـانی، آمـاده میشود.

حال برای انتقال برنامه بدون استفاده از پروگرامر دو روش وجود دارد:

- استفاده از مبدل USB به سريال و اتصال آن به پايه های UART ميكروكنترلر.
- استفاده از درگاه USB متصل به خود میکروکنترلر، در صورتی که میکرو قابلیت DFU از طریق USB را داشته باشد.

### معرفى برنامه STM32 Cube Programmer





# All-in-one STM32 programming tool Multi-mode, user-friendly



نرم افزار STM32CubeProgrammer

نرم افزار STM32CubeProgrammer ابزاری همه منظوره هست که توسط شرکت ST برای تجمیع تمام نرم افزار هایی که تاکنون، برای پروگرامر کردن محصولات شرکت ST به کار میرفته است، ایجاد گردیده. هَمچنین این نرم افزار بر روی چندین سیستم عامل قابل استفاده است که برای پروگرام کردن میکروهای STM32 مورد استفاده قرار میگیرد.

نرم افزار CubeProgrammer، محیطی آسان برای خواندن، نوشتن و وریفای کردن دیوایس ها از طریق اینترفیس های دیباگ (JTAG و SWD) و اینترفیسهای بوت لودر (UART، USB DFU، I2C، SPI و CAN) ایجاد کرده است.

STM32CubeProgrammer رنج وسیعی از قابلیتها، جهت پروگرام کردن حافظه داخلی میکروکنترلرهای STM32 (مانند FLASH ، RAM و OTP) و همچنین حافظههای خارجی را ارائه میدهد. به عنوان مثال از طریق نرم افزار Keil امکان پروگرام کردن حافظه خارجی متصل شـده بـه میکرو مانند QSPI فلـش هـا دشـوار بـوده و بـرای برخـی از





میکروکنترلر ها امکان پذیر نمیباشد. اما با استفاده از نرم افزار STM32CubeProgrammer این امر به آسانی انجام میگیرد.

به عنوان مثال در هنگام استفاده از رابط کاربری TouchGFX در برد STM32F746 Discovery، نیاز به بارگذاری GVPI FLASH طراحی شده در حافظه از نوع GSPI FLASH وجود دارد که اگر برنامه با کامپایلر Keil توسعه داده شده باشد، امکان پروگرام مستقیم این حافظه خارجی توسط Keil وجود دارد. در این حالت باید از یک برنامه جانبی مانند Keil وجود ندارد. در این حالت باید از یک برنامه جانبی مانند Keil وجود ندارد. در این حالت باید از یک برنامه جانبی مانند مانند مانند مانند STM32CubeProgrammer در این برد یک حافظه از موگرام این برد و حافظه اکسترنال می باشد. حافظه از می منظور بر روی این برد یک حافظه از نوع Keil وجود دارد که اگر برنامه با کامپایل Keil توسعه داده شده باشد، امکان پروگرام مستقیم این حافظه خارجی توسط وجود ندارد. در این حالت باید از یک برنامه جانبی مانند STM32CubeProgrammer داده خارجی حافظه این برد و حافظه اکسترنال آن استفاده نمود.



برد Discovery F746

تصویری از محیط STM32CubeProgrammer را مشاهده میکنید:





	0	8 n o	
	Memory & Physiolism		Maximum .
Z	Press Course in the second sec		
	Allen in he : Denne Amile befor b	100 C	Sector P. P.
22		And and a second	
600		Harrison Same	
ET.		And in case of the local division of the loc	
		10	
	www.wwicros	100-1	
			-
1	Log Reduction #1.01 E.F.		
0	P I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	And a second sec	
0		antes Sec	

#### محيط برنامه STM32 CubeProgrammer

## قابلیت های نرم افزار STM32 CubeProgrammer

قابلیت های نرم افزار STM32CubeProgrammer در وب سایت شرکت ST ذکر شده است که در تصویر زیر قابل مشاهده است:





#### All features

- Erases, programs, views and verifies the content of the device Flash memory
- Supports Motorola S19, Intel HEX, ELF, and binary formats
- · Supports debug and bootloader interfaces:
  - ST-LINK debug probe (JTAG/SWD)
  - UART, USB DFU, I<sup>2</sup>C, SPI, and CAN bootloader interfaces
- Programs, erases and verifies external memories, with examples of external Flash loaders to help users to develop loaders for specific external memories
- Automates STM32 programming (erase, verify, programming, configuring option bytes)
- Allows OTP memory programming
- · Supports the programming and configuring of option bytes

- Offers a command-line interface for automation through scripting
- ST-LINK firmware update
- Enables secure firmware creation using the STM32 Trusted Package Creator tool
- STM32MP1 Series peripheral boot and flashing
- Supports OTA programming for the STM32WB Series
- · Multi-OS support: Windows, Linux, macOS

قابلیت ها در CubeProgrammer

جهت دانلود برنامه STM32CubeProgrammer میتوانید از طریق این <mark>لینک</mark> اقدام به دریافت برنامه با توجه به سیستم عامل رایانه خود کنید.

### پروگرام از طریق UART و نرم افزار STM32 CubeProgrammer

برای پروگرام کردن از طریق UART، لازم است که پایه BOOT0 میکرو HIGH شده و پس از ریست شدن، میکرو به حالت Bootloader خواهد رفت. با اتصال یک <mark>مبدل USB به سریال</mark> به پایه های UART میکروکنترلر، عملیات پروگرام کردن آن قابل انجام است.

در برخی از میکرو های STM32، یکی از UART ها مانند UART1 و در برخی دیگر مانند سری F4، تمام پورت های UART بعد از وارد شدن میکرو به حالت DFU، امکان اتصال مبدل USB به سریال، جهت پروگرام کردن میکرو از طریق بوت لودر را دارند. همچنین میتوان جهت آگاهی از این که کدام UART میکرو برای پروگرام کردن آن در حالت DFU باید مورد استفاده قرار گیرد، به دیتاشیت آن قطعه جهت آگاهی بیشتر مراجعه کرد.





### پروگرام STM32F103C8T6

برای انجام تست، از مبدل ارزان قیمت CH340 و یک برد BluePill با میکروکنترلر STM32F103C8T6 استفاده شده است.



مبدل USB به سریال و برد BluePill

پایه های Rx و Tx مبدل را به ترتیب به PA9 و PA10 که پایه های مربوط به UART1 میباشند متصل کرده و پایه GND مبدل را نیز به یکی از پایههای برد BluePill متصل میکنیم. در صورتی که از تغذیه جداگانه برای روشن کردن برد استفاده نشود، میتوانید پایه مثبت تغذیه مبدل را نیز به برد BluePill متصل عنصل کنید. حال مبدل را از طریق درگاه USB به رایانه خود وصل کنید.







#### پایه های UART1 در STM32F103C8T6

# اتصال مبدل به بورد STM32







# fritzing



پایه BOOT0 را با جا به جا کردن جامپر، بر روی HIGH قرار داده و برد را با قطع تغذیه و یا با کلید RESET تعبیه شده روی برد، ریست کنید.







تغيير وضيعت جامپر *BOOT0* 

بعد از نصب برنامه STM32CubeProgrammer، آن را اجرا کنید. با باز کردن منوی سمت راست برنامه، روش های مختلف جهت انجام عملیات پروگرام کردن میکرو نمایش داده می شود. ما در این جا UART را انتخاب میکنیم.





		_	-		(
	(19) f			<b>5</b> 7/	62
			No	t connecte	d
	ST-LINK			Connect	
	ST-LINK				
Read 🔷	UART		ration		
	USB		ected	- O	
	ΟΤΑ			-	
	Frequency (kHz)			*	
	Mode	Normal		-	
	ک مایکر والکام Access port	0 www.microsite.com		-	
	Reset mode	Software rese	et	-	
	Shared	Disabled		-	Ð
	External loader				
	Target voltage				
	Firmware version				
			Firm	ware upgrade	
			83. 		
		Target inform	nation		_
	Board				7
	Ture-				-
	STM32 CubeProgram	نرم افزار nmer			

حال از بخش PORT، پورت سریال مربوط به مبدل USB به سریال را انتخاب کرده و بر روی کلید سبز رنگ Connect کلیک کنید.





		– Ø ×
🧐 🚺	<b>D</b> y	* 57
	(	Not connected
UART	۲.	Connect
	UART configurati	on
Port	COM4	• Ø
Baudrate 7012	وبلاك <mark>ماركرو</mark> ام 115200	
Parity	Even	-
Data bits	8	•
Stop bits	1.0	~
Flow control	Off	•
Read Unprotect (N		

نرم افزار STM32 CubeProgrammer

در صورتی که بعد از کلیک بر روی Connect، آدرس های حافظه میکرو و داده های داخل آن به صورت کد هگز به نمایش در بیاید، نشان دهنده موفقیت آمیز بودنِ اتصال نرم افزار Cube Programmer به میکرو خواهد بود. همچنین پیام موفقیت آمیز بودن اتصال به میکرو با رنگ سبز در بخش Log برنامه نیز نشان داده خواهد شد.



Prg STM3	32CubeProgrammer									-	o ×
STM32 Cube	Programmer							19	f 🕨	⊻ ⊁	: 57
	Memory & File ed	lition								<u> </u>	onnected
	Device memory O	pen file +						UART		×	Disconnect
	Address 0x08000000	Size	0x400	Data width 32-bit	▼ Find Data	0x	Read 👻		UART con	figuration	
	Address	0	4	8	С	ASCII		Port	COM4		- 0
	0x0800000	200011B8	08000101	08001727	0800160D		â	Baudrate	115200		
OR	0x08000010	08001725	08000191	08003057	00000000	%w0		Parity			
CRU	0x08000020	00000000	00000000	00000000	08001A27			rung	Teven		
CPU	0x08000030	0800047D	00000000	08001A25	08001A29	}%)	L.	Data bits	8		*
enny	0x08000040	0800011B	0800011B	0800011B	0800011B			Stop bits	10		
D VV V	0x08000050	0800011B	0800011B	0800011B	0800011B			Flow control	1012		
	0x08000060	0800011B	0800011B	0800011B	0800011B	ماتد ماتد ماتد					
	0x08000070	0800011B	0800011B	0800011B	0800011B			Read Unproted	et (MCU)		
	0x08000080	0800011B	0800011B	0800011B	0800011B						
	0x0800090	08002FE1	0800011B	0800011B	0800011B	á/					
	0x080000A0	0800011B	0800011B	0800011B	0800011B						
	0x080000B0	0800011B	0800011B	0800011B	0800011B						
	0x080000C0	0800011B	0800011B	0800011B	0800011B						
	0x080000D0	0800011B	0800011B	0800011B	0800011B						
			0000044-	0000044-		0 -	v		Target in	formation	
	Log					Verbosity level	• 1 • 2 • 3	Board Device	STM32E	101/F102/F10	 3 Medium-densi
	20:11:26 : Address : 20:11:26 : Read progress: 20:11:27 : Data read succ 20:11:27 : Time elapsed c	0x8000000 essfully luring the read op	eration is: 00:00:01.14	19				Type Device ID Revision ID	STINGL	101/1102/110	MCU 0x410
?							100%	Flash size CPU			128 KB - Default Cortex-M3

نرم افزار STM32 CubeProgrammer

مانند تصویر زیر، با کلیک بر روی آیکون دانلود برنامه (1) به بخش Erasing & Programming رفته و از (2) مسیر فایل Hex برنامه نوشته شده توسط خود را به برنامه معرفی کنید. همچنین، نرم افزار Cube Programmer از فرمت های دیگر مانند bin، elf، out و … نیز جهت پروگرام برنامه بر روی میکروکنترلر پشتیبانی میکند.





Pro STM32CubeProgrammer

	Erasing & Programming						
	Download	۲	Erase flash mer	nory Erase	e external memory	y	
<b>.</b>	File path F:\microele\DFU\TESTS\F4071\D	FU1\MDK-ARM\DFU1\DFU1.he   Browse Browse		Eras	e selected sectors	Full chip era	se
	Start address		Select	Index	Start Address	Size	
Ъ	Skip flash erase before programming	2		0	0x08000000	1K	â
CPUI	Verify programming			1	0x08000400	1K	U
CPU	Run after programming	1		2	0x08000800	1K	
swv				3	0x08000C00	1K	
		Start Programming مرکزش ویلاکهای روالکام		4	0x08001000	1K	
	Automatic Mode	www.microph.com		5	0x08001400	1K	
	Full ship serves			6	0x08001800	1K	
	V Pui crip erase			7	0x08001C00	1K	
	✓ Download file			8	0x08002000	1K	
	Option bytes commands -ob			9	0x08002400	1K	
				10	0x08002800	1K	
		Start automatic mode		11	0x08002C00	1K	
				12	0x08003000	1K	~
	Log			Verbos	ity level 💿 1	O 2 O	3
9 2	20:11:26 : Address       : 0x8000000         20:11:26 : Read progress:         20:11:27 : Data read successfully         20:11:27 : Time elapsed during the read operation	on is: 00:00:01.149				Î	

#### نرم افزار STM32CubeProgrammer

در نهایت با کلیک بر روی کلید Start Programming میکروی شما پروگرام خواهد شد. همچنین در قسمت (4) می توانید تنظیمات دیگری مانند Full chip erase و Verify کردن برنامه آپلود شده را نیز تنظیم کنید. بعد از آپلود برنامه، پیغام موفقیت آمیز بودن عملیات برنامه ریزی میکرو نمایش داده خواهد شد.





Download		Erase flash memo	ory	Erase external memory	У
File path F:	\microele\DFU\TESTS\F4071\DFU1\MDK-ARM\DFU1\DFU1.he Browse		1	Erase selected sectors	Full chip erase
Start address		Select	Inde	ex Start Address	Size
Skip flash era	ise before programming		0	0x0800000	1K
Verify progra	mming		1	0x08000400	1K
Run after pro	-		2	0x08000800	1K
	Pro Message			× 0	1K
	متعقده وبلاك مايخروالحام			o	1K
Automatic Mod	e Start operation a	achieved successfully		о	1K
Cull ship area				o	1K
Full chip eras	e de la constante de			ОК 0	1K
V Download file	e			0x00002000	1K
Option bytes	commands -ob		9	0x08002400	1K
			10	0x08002800	1K
	Start automatic mode		11	0x08002C00	1K
			12	0x08003000	1K

#### عملیات پروگرام در STM32CubeProgrammer

فراموش نشود که بعد از اتمام عملیات پروگرام، مجدد جامپر BOOT0 به وضعیت قبلی خود برگشته و LOW گردد. سپس با ری استارت کردن میکرو، برنامه اجرا خواهد شد.

### پروگرام از طریق USB

در صورتی که میکروی شما از DFU از طریق USB پشتیبانی کند، مانند آن چه در میکروکنترلر های سری F4 وجود دارد، کافیست که پایه BOOT0 را با جامپر، HIGH کرده و مانند حالت قبلی برد خود را ری استارت کنید.







اتصال پايه BOOT0 و VDD در بردDiscoveryF407

مجدد به منوی انتخاب روش پروگرام کردن رفته و USB را انتخاب کنید. بقیه موارد عیناً مشابه حالت UART خواهد بود.





			<del></del> )	đ	×
19 f		y	$\star$	5	
			Not	conne	ected
UART		-	C	onnect	
ST-LINK			<i></i>		
UART		tion	1		_
USB				•	Ø
OTA	مانكتوالك	SUL		-	+
Parity	Even		IIICIC		-
Data bits	8				*
Stop bits	1.0				•
Flow control	Off				•
Read Unprotect (	MCU)				
STI	M32CubeProgramme	ت USB در er	تنظيم حال		

### نتيجه گيرى

در این مطلب روش های پروگرام کردن میکروهای STM32 بدون استفاده از پروگرامر های مرسوم مانند ST-LINK بررسی گردید. با بوت لودر در این میکروکنترلر ها جهت برنامه ریزی با روش DFU آشنا شدید و نحوه استفاده از نرم افزار STM32CubeProgrammer توضیح داده شد.

امیدوارم که این مطلب مورد رضایت شما قرار گرفته باشد. چنانچه در این خصوص سوال، نظر و یا اطلاعات و تجربه ای دارید، آن را از قسمت کامنت ها با ما در میان بگذارید تا در اسرع وقت پاسخ داده شود و از تجربیات و اطلاعات شما هم استفاده شود. همچنین ما را در <mark>پیچ اینستاگرام مایکروالکام</mark> دنبال کنید.