

А. Е. Близнюк¹, магистрант, bliznyuksaha@mail.ru, **В. А. Жмудь**, д-р техн. наук, зам. ген. директора по науке², гл. науч. сотр.³, oao_nips@bk.ru,
М. В. Трубин¹, аспирант, morkai@bk.ru, **В. Г. Трубин**, ст. препод. ¹, директор⁴, trubin@ngs.ru
¹ Новосибирский государственный технический университет,
² АО "Новосибирский институт программных систем" (НИПС),
³ Институт лазерной физики СО РАН, г. Новосибирск,
⁴ ООО "КБ Автоматика"

Программирование микроконтроллеров STM32F10x с помощью встроенного загрузчика по USART

Представлен способ программирования микроконтроллеров STM32F10x с помощью встроенного загрузчика по последовательному интерфейсу USART с использованием программы *Flash Loader Demonstrator* от фирмы ST Microelectronics. Описан процесс создания командного файла для автоматизации процесса программирования. Довольно популярным является способ программирования микроконтроллера через интерфейс SWD с применением аппаратного программатора ST-Link. Однако в силу существующего на настоящее время дефицита микросхем, стоимость электронных компонентов заметно возросла, что сделало этот метод программирования более дорогостоящим. Таким образом, на данный момент способ программирования микроконтроллеров с помощью встроенного загрузчика через USART с применением преобразователя USB to RS-232_TTL является достаточно востребованным. Описанный в статье способ программирования может представлять интерес для студентов и инженеров.

Ключевые слова: микроконтроллер, STM32, загрузчик, последовательный интерфейс, USART, USB to RS-232_TTL, CH340G, Flash Loader Demonstrator, COM-порт, ST Microelectronics

Введение

В настоящее время практически любые устройства содержат микроконтроллеры. Существует большое число компаний, которые их производят. Достаточно популярными на рынке являются микроконтроллеры STM32 фирмы ST Microelectronics [1].

В процессе разработки устройств с микроконтроллерами обязательным этапом является их программирование. Микроконтроллеры STM32 можно запрограммировать разными способами. Наиболее известными являются перечисленные далее.

1. Через встроенный загрузчик (*bootloader*). Загрузчик — это специальная программа, которая располагается в постоянной памяти микроконтроллера и может самостоятельно перепрограммировать его внутреннюю Flash-память. Программирование осуществляется с помощью управляющих команд, которые передаются через последовательный интерфейс USART [2]. Для связи с компьютером используется переходник USB to RS-232_TTL [3].

2. С помощью внешнего программатора.

ST-Link — это внутрисхемный отладчик и программатор для микроконтроллеров семейств STM8 и STM32 [4]. В ST-Link для обмена данными с микроконтроллерами STM32 используются интерфейсы JTAG и SWD. В работе [5] представлено практическое

руководство по программированию микроконтроллеров STM с помощью внешнего программатора ST-Link.

Стоимость ST-Link на настоящее время примерно в два раза больше, чем цена на преобразователи USB to RS-232_TTL. Еще одним преимуществом преобразователя перед внешним программатором является то обстоятельство, что первый позволяет не только запрограммировать микроконтроллер, но и обмениваться данными между микроконтроллером и персональным компьютером при исполнении программы пользователя простым способом.

Существует множество преобразователей USB to RS-232_TTL. Они используются для передачи данных от компьютера на разные устройства и обратно. Также данный преобразователь может использоваться для обновления программы микроконтроллера.

На рынке существует два вида преобразователей, которые различаются по уровню напряжения сигналов в линиях RS-232. Это напряжение может быть двухполарным или однополярным. Примером RS-232 с двухполарными сигналами является аппаратный COM-порт на материнской плате персонального компьютера (рис. 1) [6]. Часто аппаратный COM-порт присутствует на материнских платах, но не выводится на заднюю панель системного блока [7].

Пример двухполарного сигнала в линии RS-232 приведен на рис. 2.

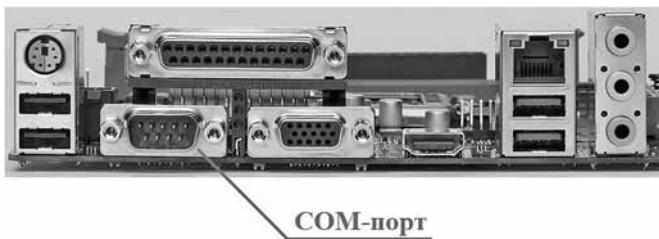


Рис. 1. COM-порт персонального компьютера

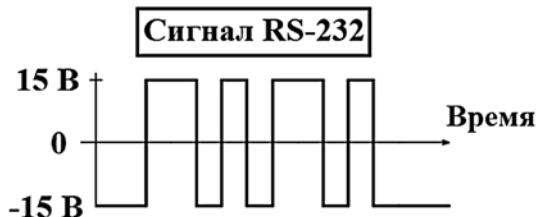


Рис. 2. Двухполярные сигналы уровня RS-232

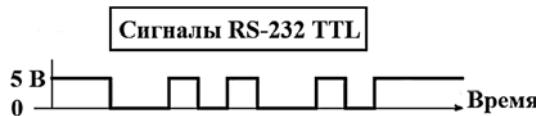


Рис. 3. Однополярные сигналы уровня TTL

Существуют преобразователи, которые имеют однополярные сигналы в линиях RS-232 (рис. 3). С интерфейсом и стандартом RS-232 можно ознакомиться в работе [8].

Перед покупкой преобразователя следует обратить внимание на то, что для программирования микроконтроллера необходим преобразователь с USB в RS-232 *однополярного типа*. В дальнейшем в статье будем называть данный тип преобразователей USB to RS-232_TTL.

На данный момент большой популярностью пользуется преобразователь на микросхеме CH340G фирмы *WCH* (рис. 4).

Данный преобразователь имеет следующие преимущества:

- низкая цена;



Рис. 4. Преобразователь USB to RS-232_TTL на микросхеме CH340G

- широко распространен;
- простая установка драйверов;
- переключение уровней сигналов приема и передачи данных 5 В или 3,3 В с помощью одной перемычки.

Подготовка преобразователя к работе

При подключении преобразователя "USB to RS-232_TTL" к USB-порту компьютера, устройство определяется как "USB to Serial COM Port". После чего автоматически начинается поиск и установка драйверов для преобразователя, но рекомендуется предварительно самостоятельно скачать подходящие драйверы, так как в автоматическом режиме процесс установки не всегда завершается корректно.

Драйверы можно скачать с официального сайта производителя. Для этого на сайте необходимо перейти в раздел "Поиск", который находится в правом верхнем углу веб-страницы [9].

В появившейся поисковой строке необходимо набрать "CH340". После получения результатов поиска нужно выбрать "CH341SER.EXE" (рис. 5).

На следующей открывшейся странице будет представлена информация о выбранном файле. Для загрузки драйверов следует нажать "download" (рис. 6).

file category	file content	version	upload time
DataSheet	CH340DS1.PDF CH340 datasheet, USB bus converter chip which realizes USB to serial port/printer port, etc., integrated crystal oscillator, chip information can be customized. Drivers support Windows/Linux/Android/Mac, etc. The datasheet is the the description of USB to serial port.	2.7	2021-07-05
Driver&Tools	CH341SER.EXE CH340/CH341 USB to serial port Windows driver, supports 32/64-bit Windows 10/8.1/8/7/VISTA/XP, Server 2016/2012/2008/2003, 2000/ME/98	3.5	2019-03-18

Рис. 5. Результаты поиска

CH341SER.EXE

The scope of application	version	upload time	size
CH340G, CH340T, CH340C, CH340E, CH340B, CH341A, CH341T, CH341B, CH341C, CH341U	3.5	2019-03-18	276KB

CH340/CH341 USB to serial port Windows driver, supports 32/64-bit Windows 10/8.1/8/7/VISTA/XP, Server 2016/2012/2008/2003, 2000/ME/98, Microsoft WHQL Certified, supports USB to 3 and 9 wire serial ports. Used to distribute to the end user with the product.

[download](#)

Рис. 6. Информация о выбранном файле

Можно заметить, что драйверы предложены для модели CH341, но они так же подходят для модели CH340G (рис. 7).

После установки программного обеспечения необходимо провести тестирование преобразователя на его работоспособность. Для этого соединим между собой выводы TX и RX (рис. 8).

Далее потребуется любое терминальное приложение для работы с COM-портом компьютера. В данном

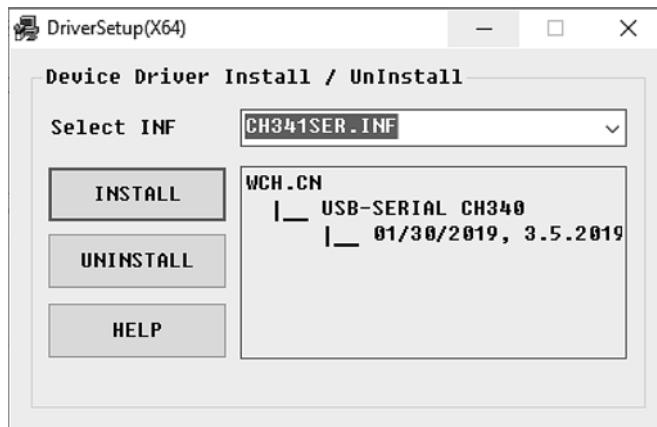


Рис. 7. Драйверы для адаптера CH340G



Рис. 8. Схема подключения для тестирования адаптера

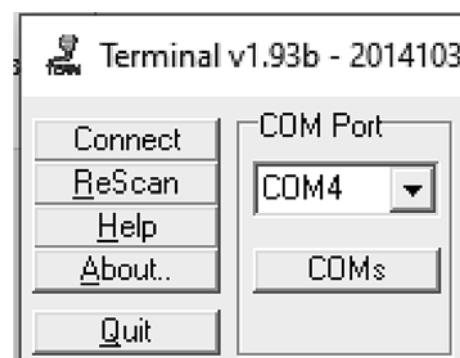


Рис. 9. Соединение с COM-портом в программе Terminal v1.93b

случае используется программа Terminal v1.93b [10]. После этого необходимо подключиться к COM-порту. Для этого необходимо нажать "ReScan", чтобы программа обновила список используемых COM-портов, после чего выбрать необходимый порт в выпадающем списке. При нажатии на кнопку "Connect" выполнится соединение с портом (рис. 9).

Далее следует отправить любые символы, которые необходимо ввести в текстовое окно "1" для отправки символов. После этого (при исправном преобразователе) данные символы должны появиться в текстовом окне "2" (рис. 10).

Программирование STM32 с помощью встроенного загрузчика по USART

Для работы с микроконтроллером основными источниками информации являются документы: руководство пользователя "Reference Manual" и техническая документация техническая документация "Data Sheet". В них описаны: характеристики микроконтроллера; назначение выводов; электрические па-



Рис. 10. Результат тестирования работоспособности преобразователя

раметры; описание управляющих регистров; карта памяти; описание периферийных подсистем и т. д.

Перед началом программирования на преобразователе USB to RS-232_TTL необходимо поставить перемычку уровней сигналов в положение 3,3 В как показано на рис. 8.

Существует три основных режима работы, которые приведены в табл. 1.

Отладочная плата на STM32 имеет две перемычки - BOOT_0 и BOOT_1, которые задают режимы работы микроконтроллера после подачи питания на плату, либо после нажатия на кнопку RESET. Необходимо выставить их в режим "2" (рис. 11) [11].

Таблица 1

BOOT-режимы

Режим	Положение		Что запустится после сброса (RESET)
	BOOT_0	BOOT_1	
1	0	0 или 1	Программа из Flash-памяти
2	1	0	Программа загрузчика
3	1	1	Программа в памяти RAM

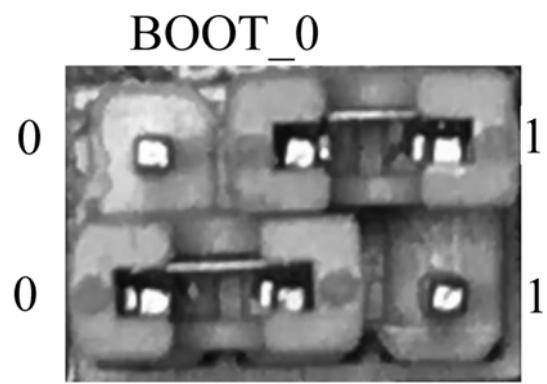


Рис. 11. Перемычки BOOT

Согласно информации из документа AN2606 (табл. 2) [12], загрузчик использует для связи USART под номером 1. На передачу (TX) настроен вывод PA9, а на прием (RX) — вывод PA10.

Согласно данным табл. 2, необходимо соединить вывод RX (PA10) микроконтроллера с выводом TXD преобразователя и вывод TX (PA9) микроконтрол-

Таблица 2

Конфигурация STM32F10x в режиме загрузчика

Подсистема	Состояние	Примечание
USART1	Включен	Первоначальная конфигурация USART1: 8 бит информации, четный паритет и один стоповый бит
Выход PA10 USART1_RX	Вход	Используется в режиме цифрового входа без подтягивающего резистора
Выход PA9 USART1_TX	Двухтактный выход push-pull	Используется в режиме альтернативного цифрового выхода

лера с выводом RXD преобразователя. Необходимо также соединить GND, 5V микроконтроллера и преобразователя, как показано на рис. 12, см. вторую сторону обложки.

Программирование микроконтроллера осуществляется с помощью программы Flash Loader Demonstrator, которую можно скачать с официального сайта ST Microelectronics [13].

Данный способ программирования подходит для фирменных микроконтроллеров компании ST Microelectronics. На рынке существует также большое число аналогов STM32, для которых необходимы другие программные средства для программирования, узнать о них можно на сайтах производителей. Например, для программирования микроконтроллера CH32F103C8T6 необходима программа WCHISPTool, которую можно найти на сайте компании WCH.

Подключив преобразователь с отладочной платой к ПК, необходимо запустить программу Flash Loader

Demonstrator. После этого необходимо выбрать COM-порт. Остальные параметры оставить без изменения (рис. 13). Для продолжения необходимо нажать "Next". Если все операции по подготовке выполнены верно, то будет выведена страница со светофором зеленого цвета (рис. 14, см. вторую сторону обложки). Для продолжения необходимо нажать "Next", далее будет представлена информация о микроконтроллере и его Flash-памяти (рис. 15, см. вторую сторону обложки).

Далее необходимо выбрать, что необходимо выполнить. В нашем случае — загрузка на устройство. Необходимо также выбрать файл типа .hex с программой для микроконтроллера (рис. 16). Для продолжения необходимо нажать "Next". В случае успешной загрузки программы будет выведена страница с зеленой шкалой прогресса (рис. 17, см. вторую сторону обложки).

Чтобы загруженная программа запустилась необходимо вернуть перемычки в режим "1" (см. табл. 1) и нажать кнопку RESET на плате.

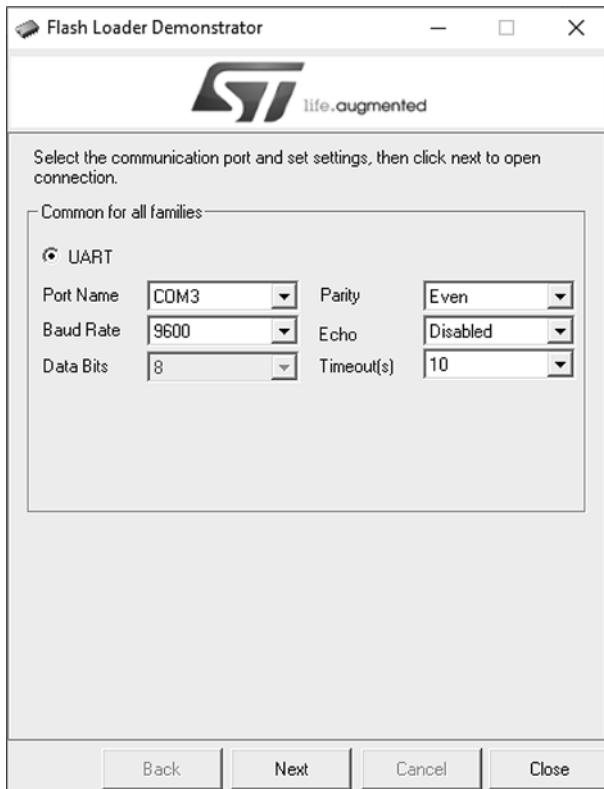


Рис. 13. Выбор параметров СОМ-порта в программе Flash Loader Demonstrator

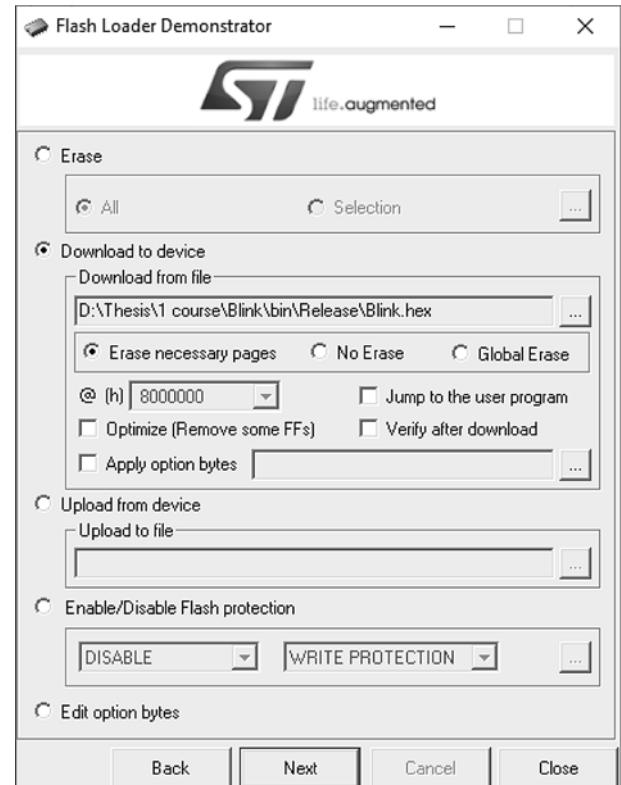


Рис. 16. Выбор файла для загрузки в микроконтроллер

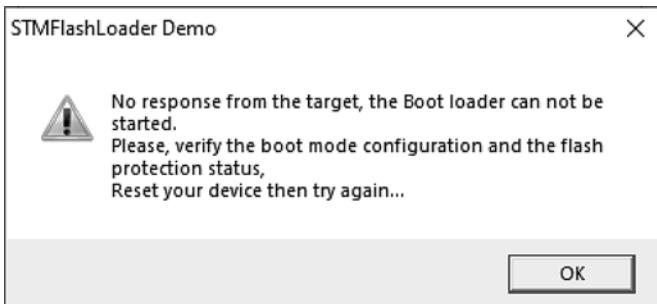


Рис. 18. Сообщение об ошибке

Если приложение вывело уведомление об ошибке (рис. 18), то:

- проверьте правильность соединения микроконтроллера и преобразователя;
- проверьте вольтметром наличие напряжения питания 5 В;
- проверьте положение перемычек BOOT_0 и BOOT_1;
- перезапустите микроконтроллер после смены положения перемычек нажатием кнопки "RESET" на плате.

Также можно автоматизировать данный процесс программирования микроконтроллера путем

создания командного файла [14]. В нем необходимо вызвать программу Flash Loader Demonstrator с управляющими ключами, которые позволяют задать режимы и параметры процесса программирования микроконтроллера. Информация о ключах находится в руководстве пользователя программы Flash Loader Demonstrator в разделе Command-line usage [15].

Вызов программы STMFlashLoader.exe с управляющими ключами обеспечивает такие же функциональные возможности, что и приложение с графическим интерфейсом.

Необходимые для поставленной задачи опции описаны в табл. 3.

Для того чтобы запрограммировать микроконтроллер через командный файл, сначала необходимо в этом файле вызвать программу STMFlashLoader.exe, указав к ней полный путь (рис. 19, 20).

В первой строке выполняется проверка на наличие необходимого файла. Вторая строка содержит путь до файла, который необходимо запустить.

Далее определяются параметры СОМ-порта путем добавления в файл строки, приведенной на рис. 21.

В данной строке определяются такие параметры, как номер СОМ-порта, скорость передачи, число бит

Таблица 3

Опции Flash Loader Demonstrator

Опция	Описание опции	Параметр	Описание параметра
-с	Определяет СОМ-порт. Опция -с позволяет выбрать СОМ-порт на компьютере, который программа использует для связи с микроконтроллером. По умолчанию используется порт COM1. Чтобы выбрать другой СОМ-порт и параметры соединения, необходимо использовать -с с другими параметрами. Опция -с поддерживает несколько аргументов. Это означает, что можно задать более одного аргумента в одной команде (-с -pn 1 -br 115200 --to 7000)	--pn	Номер порта (значения {1, 2...}, по умолчанию 1)
		--br	Скорость передачи (значения {115200, 57600...}, по умолчанию 57600)
		--db	Число бит информации (значения {5, 6, 7, 8}, по умолчанию 8)
		--pr	Число четности (значения {NONE, ODD, EVEN}, по умолчанию EVEN)
		--sb	Число стоповых бит (значения {1, 1.5, 2}, по умолчанию 1)
		--ec	Наличие эха (значение ON или OFF, по умолчанию OFF)
		--to	Максимальное время ожидания ответа (мс, значения {1000, 2000, 3000...}, по умолчанию 5000)
-i	Определяет микроконтроллер, который будет использоваться. Например, STM8_32K, STM32_Med-density_128K, STM32_High-density_512K, STM32_Low-density_16K и т. д.	-	-
-e	Команда стирания памяти. В соответствии с заданными аргументами, команда может быть использована для стирания определенной страницы памяти или для стирания всей Flash-памяти. Эта операция может занять секунду или более в зависимости от объема памяти	--all	Стереть всю память
-d	Загружает содержимое указанного файла во Flash-память микроконтроллера по указанному адресу	--fn filename	Filename — полный путь до загружаемого файла

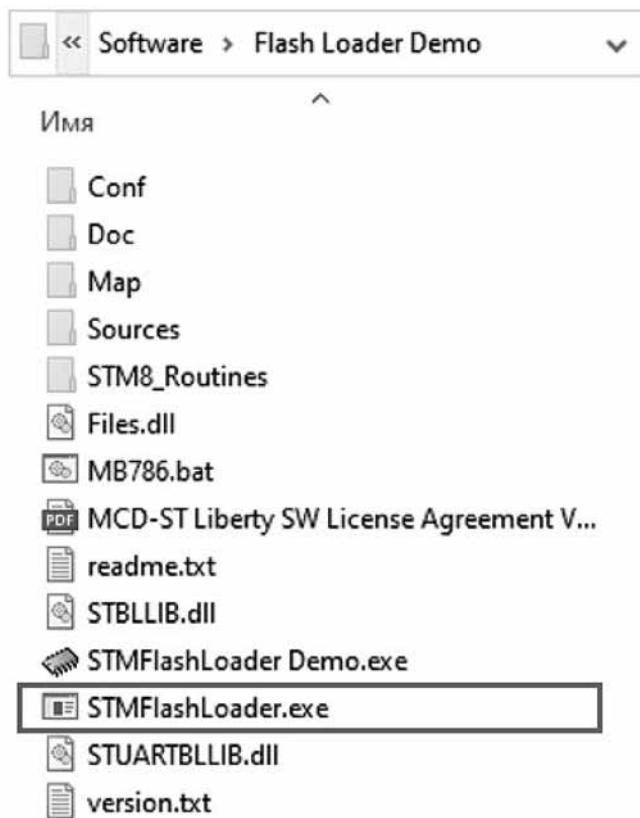


Рис. 19. Местонахождение файла STMFlashLoader.exe

информации, проверка на четность, число стоповых бит и максимальное время ожидания ответа. В па-

метре "--pn" использована переменная COM_Number, которая содержит номер COM-порта. Это сделано, чтобы была возможность удобно изменить номер используемого порта в начале командного файла. Номер используемого порта можно посмотреть в "Диспетчере устройств". Открывается он путем выполнения следующих действий.

1. Нажать на значок "Компьютер", в проводнике или на рабочем столе, правой кнопкой мыши и выбрать "Свойства" (рис. 22).

2. Выбрать пункт "Диспетчер устройств" в открывшемся окне.

Для просмотра используемых портов в "Диспетчере устройств" необходимо перейти в раздел COM и LPT, где содержится информация о всех используемых COM-портах (рис. 23).

Далее для определения модели микроконтроллера и для выбора загружаемого файла добавим в командный файл строку, приведенную на рис. 24.

Информация о модели микроконтроллера находится в технической спецификации [16]. Информация о семействе микроконтроллера density находится на первой странице рис. 25.

Информация о размере Flash-памяти находится в разделе Ordering information scheme (рис. 26).

Далее необходимо найти название семейства и размер памяти в папке Map программы Flash Loader Demonstrator (рис. 27).

После этого с помощью опции "-e" очищаем память микроконтроллера, а затем указываем файл для загрузки с полным путем.

В результате получим командный файл, который представлен ниже.

```

:: COM-port number
SET /A COM_Number = 3

if exist "C:/Program Files (x86)/Flash Loader/Software/Flash
Loader Demo/STMFlashLoader.exe" ^
"C:/Program Files (x86)/Flash Loader/Software/Flash Loader
Demo/STMFlashLoader.exe" ^
-c --pn %COM_Number% --br 115200 --db 8 --pr EVEN --sb 1 --ec
OFF --to 1000^
-i STM32F1_Med-density_64K -e --all -d --fn "tar-
get/target.hex"

if exist "C:/Program Files/Flash Loader/Software/Flash Loader
Demo/STMFlashLoader.exe" ^
"C:/Program Files/Flash Loader/Software/Flash Loader
Demo/STMFlashLoader.exe" ^
-c --pn %COM_Number% --br 115200 --db 8 --pr EVEN --sb 1 --ec
OFF --to 1000^
-i STM32F1_Med-density_64K -e --all -d --fn "tar-
get/target.hex"

pause

```

```
if exist "C:/Program Files (x86)/Flash Loader/Software/Flash Loader Demo/STMFlashLoader.exe" ^
"C:/Program Files (x86)/Flash Loader/Software/Flash Loader Demo/STMFlashLoader.exe" ^
```

Рис. 20. Команда запуска программы STMFlashLoader.exe

```
-c --pn %COM_Number% --br 115200 --db 8 --pr EVEN --sb 1 --ec OFF --to 1000^
```

Рис. 21. Выбор параметров COM-порта

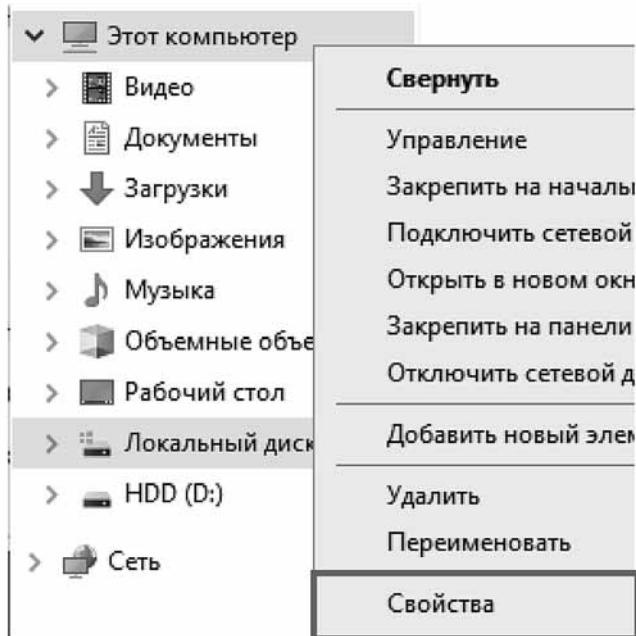


Рис. 22. Путь к диспетчеру устройств

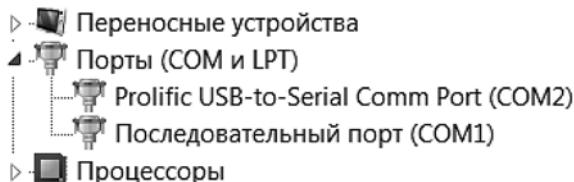


Рис. 23. Информация о COM-портах в "Диспетчере устройств"

В данном файле с помощью первой строки вводится переменная, которая содержит номер COM-порта ("A" — указывает, что параметр является вычисляемым числовым выражением). Помимо этого, в файле содержится две разные команды, первая выполнится в 32-разрядной операционной системе, а вторая в 64-разрядной операционной системе.

Специальной символ "^" позволяет разбить длинную строку на несколько строк.

На рис. 28 приведен пример успешного завершения программы.

```
-i STM32F1_Med-density_64K -e --all -d --fn "target/target.hex"
```

Рис. 24. Определение микроконтроллера и выбор файла с программой

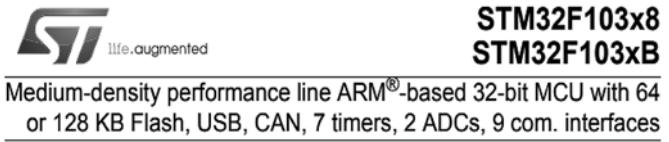


Рис. 25. Информация о семействе микроконтроллера

Flash memory size

8 = 64 Kbytes of Flash memory

B = 128 Kbytes of Flash memory

Рис. 26. Информация о размере Flash-памяти микроконтроллера

Компьютер > Локальный диск (C:) > Program Files (x86) > Flash Loader	
Имя	Дата изменения
STM32F1_Low-density-value_32K.STmap	14.09.2014 22:02
STM32F1_Med-density_64K.STmap	14.09.2014 22:01
STM32F1_Med-density_128K.STmap	14.09.2014 22:01
STM32F1_Med-density-value_64K.STmap	14.09.2014 22:01
STM32F1_Med-density-value_128K.STmap	14.09.2014 22:01

Рис. 27. Папка Мар

Следует обратить внимание, что используемая в настоящей статье схема имеет особенности. Так как в данной схеме общий провод блока питания, материнской платы, преобразователя CH340G и микроконтроллера объединены, то попадание высокого напряжения на выводы микроконтроллера может привести к выходу из строя элементов схемы, включая материнскую плату (рис. 29, см. третью сторону обложки).

Для предотвращения данной ситуации рекомендуется использовать гальваническую развязку [17]. Существует три основных вида гальванической развязки: трансформаторная, оптическая, конденсаторная.

Примером трансформаторной гальванической развязки является модуль на микросхеме ADUM3160 [18] (рис. 30, см. третью сторону обложки).

При использовании данного модуля схема будет выглядеть, как приведено на рис. 31 (см. третью сторону обложки).

Чтобы удостовериться, что для данной схемы, нет гальванической связи, необходимо

```

C:\Tools\Work\PWM>SET /A COM_Number = 3

C:\Tools\Work\PWM>if exist "C:/Program Files (x86)/Flash Loader/Software/Flash Loader Demo/STMFlashLoader.exe" "C:/Program Files (x86)/Flash Loader/Software/Flash Loader Demo/STMFlashLoader.exe" -c --pn 3 --br 115200 --db 8 --pr EVEN --sb 1 --ec OFF --to 1000 -i STM32F1_Med-density_64K -e --all -d --fn "target/target.hex"
Opening Port [OK]
Activating device [OK]

ERASING ...
erasing all pages [OK]

DOWNLOADING ...

downloading page/sector 0 @0x 8000000 size 0.55(KB) [OK]

C:\Tools\Work\PWM>if exist "C:/Program Files/Flash Loader/Software/Flash Loader Demo/STMFlashLoader.exe" "C:/Program Files/Flash Loader/Software/Flash Loader Demo/STMFlashLoader.exe" -c --pn 3 --br 115200 --db 8 --pr EVEN --sb 1 --ec OFF --to 1000 -i STM32F1_Med-density_64K -e --all -d --fn "target/target.hex"

C:\Tools\Work\PWM>pause
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .

```

Рис. 28. Процесс выполнения программы

с помощью мультиметра измерить сопротивление между общим проводом блока питания и общим проводом, который приходит на микроконтроллер. *Это необходимо делать обязательно при выключенном питании.* При отсутствии гальванической связи мультиметр покажет сопротивление более 2 МОм, что является хорошим результатом.

Заключение

Программирование микроконтроллеров STM32F10x с помощью преобразователя USB to RS-232_TTL является простым и недорогим решением, что позволяет не покупать отдельное устройство ST-Link для процесса программирования.

Использование преобразователя USB to RS-232_TTL позволяет не только выполнять программирование микроконтроллера, но и обмениваться данными между персональным компьютером и микроконтроллером при выполнении программы пользователя простым способом.

Для реализации представляемого способа программирования микроконтроллеров, необходим преобразователь USB to RS-232 *однополярного* типа.

На рынке существует большое число аналогов микроконтроллеров STM32. Способ программирования, описанный в статье, подходит для микроконтроллеров фирмы ST Microelectronics. Для программирования аналогов рекомендуется обратиться за дополнительной информацией на сайты производителей.

Список литературы

1. **STM32** 32-bit Arm Cortex MCUs. URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>

2. **Универсальный** асинхронный приемопередатчик. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Универсальный_асинхронный_приемопередатчик

3. **Микроконтроллер** и Bootloader. URL: <https://microtechnics.ru/mikrokontroller-i-bootloader-opisanie-i-princip-raboty/>

4. **ST-LINK/V2** in-circuit debugger/programmer for STM8 and STM32. URL: <https://www.st.com/en/development-tools/st-link-v2.html>

5. **Торгаев С. Н., Тригуб М. И., Мусоров И. С., Чертихина Д. С.** Практическое руководство по программированию STM-микроконтроллеров: уч. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. 111 с.

6. **Универсальный** асинхронный приемопередатчик. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Последовательный_порт

7. **Добавляем** COM-порт на ПК. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5cd03c8b7dea6f00b30de39b/dobavliaem-com-port-na-pk-5ec4a3e7a16e2c16b877b659>

8. **Жмудь В. А., Трубин М. В., Трубин И. В.** Обмен данными между компьютером и микроконтроллером STM32F100 по последовательному интерфейсу связи RS-232//Автоматика и программная инженерия. 2015. № 1(11). С. 45 – 51. URL: <http://kb-au.ru/wp-content/uploads/AaSI-2015-1-6.pdf>

9. **Компания WCH.** URL: <http://wch-ic.com/>

10. **Terminal** 1.93b. URL: <https://micro-pi.ru/terminal-1-9b-rabotаем-com-portun/>

11. **RM0008.** Reference manual. URL: https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/59/b9/ba/7f/11/af/43/d5/CD00171190.pdf/files/CD00171190.pdf/jcr:content/translations/en.CD00171190.pdf

12. **AN2606.** Application note. URL: https://www.st.com/resource/en/application_note/cd00167594-stm32-microcontroller-system-memory-boot-mode-stmicroelectronics.pdf

13. **Flash** Loader Demonstrator. URL: <https://www.st.com/en/development-tools/flasher-stm32.html>

14. **Пакетный** файл. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пакетный_файл

15. **UM0462.** User manual. URL: https://www.st.com/resource/en/user_manual/cd00171488-stm32-and-stm8-flash-loader-demonstrator-stmicroelectronics.pdf

16. **STM32F103x8.** Datasheet. URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>

17. **Гальваническая** связь. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гальваническая_связь

18. **ADUM** 3160. URL: <https://www.analog.com/en/products/adum3160.html>

Programming of STM32F10x Microcontrollers Using the Built-in USART Bootloader

A. E. Bliznyuk¹, Master, bliznyuksaha@mail.ru, **V. A. Zhmud**, D. Sc., Deputy General Director², Chief Researcher³, oao_nips@bk.ru, **M. V. Trubin¹**, Postgraduate Student, morkai@bk.ru,

V. G. Trubin, Senior Lecturer¹, Director⁴, trubin@ngs.ru,

¹Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, 630073, Russian Federation,

² Novosibirsk Institute of Program Systems for Science JSC "Novosibirsk Institute of Program Systems" (NIPS), Novosibirsk, Russian Federation,

³ Institute of Laser Physics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation,

⁴ KB Avtomatika LLC

Corresponding author:

Zhmud Vadim A., D. Sc., Deputy General Director of the Novosibirsk Institute of Program Systems for Science JSC "Novosibirsk Institute of Program Systems" (NIPS), Chief Researcher of the Institute of Laser Physics SB RAS
E-mail: oao_nips@bk.ru

Received on December 26, 2021

Accepted on January 19, 2022

This paper is devoted to the description of the method of programming STM32F10x microcontrollers using the built-in bootloader via the USART serial interface, using the Flash Loader Demonstrator program from ST Microelectronics. To automate the programming process, the process of creating a batch file is described. Quite popular is the method of programming the microcontroller through the SWD interface using the ST-Link hardware programmer. However, due to the current shortage of microcircuits, the cost of electronic components has risen markedly, making this method of programming more expensive. Thus, at this point in time, the method of programming microcontrollers using the built-in bootloader via USART using the USB to RS-232_TTL converter is quite in demand. The article may be of interest to students and engineers.

Keywords: microcontroller, STM32, bootloader, serial interface, USART, USB to RS-232_TTL, CH340G, Flash Loader Demonstrator, COM port, ST Microelectronics

For citation:

Bliznyuk A. E., Zhmud V. A., Trubin M. V., Trubin V. G. Programming of STM32F10x Microcontrollers Using the Built-in USART Bootloader, *Programmnaya Ingeneria*, 2022, vol. 13, no. 3, pp. 132–141.

DOI: 10.17587/prin.13.132-141.

References

1. STM32 32-bit Arm Cortex MCUs, available at: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>
2. Universal asynchronous receiver-transmitter, available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver-transmitter
3. Microcontroller and Bootloader, available at: <https://microtechnics.ru/mikrokontroller-i-bootloader-opisanie-i-princip-raboty/> (in Russian).
4. ST-LINK/V2 in-circuit debugger/programmer for STM8 and STM32, available at: <https://www.st.com/en/development-tools/st-link-v2.html>
5. Torgaev S. N., Trigub M. I., Musorov I. S., Chertikhina D. S. *A practical guide to programming STM microcontrollers*: a tutorial, Tomsk, Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2015, 111 p. (in Russian).
6. Serial port, available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_port
7. Dobavlyuem COM-port na PK, available at: <https://zen.yandex.ru/media/id/5cd03c8b7dea6f00b30de39b/dobavliaem-com-port-na-pk-5ec4a3e7a16e2c16b877b659> (in Russian).
8. Zhmud V. A., Trubin M. V. Trubin I. V. Exchange of Data between the Computer and the Microcontroller STM32F100 by Serial Communication Interface RS-232, *Avtomatika i programmnaya inzheneriya*, 2015, no. 1 (11), pp. 45–51, available at: <http://jurnal.nips.ru/sites/default/files/A%26SE-1-2015-6.pdf> (in Russian).
9. WCH forum, available at: <http://wch-ic.com/>
10. Terminal 1.93b, available at: <https://micro-pi.ru/terminal-1-9b-rabotаем-с-ком-портом/> (in Russian).
11. RM0008. Reference manual, available at: https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/59/b9/ba/7f/11/af/43/d5/CD00171190.pdf/files/CD00171190.pdf/jcr:content/translations/en.CD00171190.pdf
12. AN2606. Application note, available at: https://www.st.com/resource/en/application_note/cd00167594-stm32-microcontroller-system-memory-boot-mode-stmicroelectronics.pdf
13. Flash Loader Demonstrator, available at: <https://www.st.com/stcom/en/development-tools/flasher-stm32.html>
14. Batch file. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Batch_file
15. UM0462. User manual, available at: https://www.st.com/resource/en/user_manual/cd00171488-stm32-and-stm8-flash-loader-demonstrator-stmicroelectronics.pdf
16. STM32F103x8. Datasheet, available at: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>
17. Galvanic isolation, available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Galvanic_isolation
18. ADUM 3160, available at: <https://www.analog.com/en/products/adum3160.html>

Рисунки к статье А. Е. Близнюка, В. А. Жмудя, М. В. Трубина, В. Г. Трубина
 «ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32F10x С ПОМОЩЬЮ ВСТРОЕННОГО ЗАГРУЗЧИКА ПО USART»

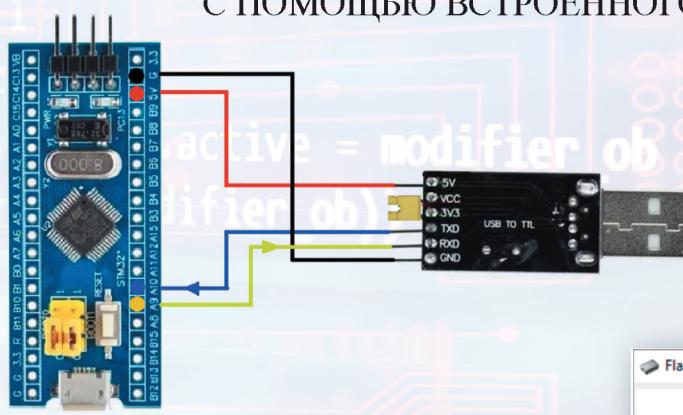


Рис. 12. Схема подключения преобразователя к отладочной плате

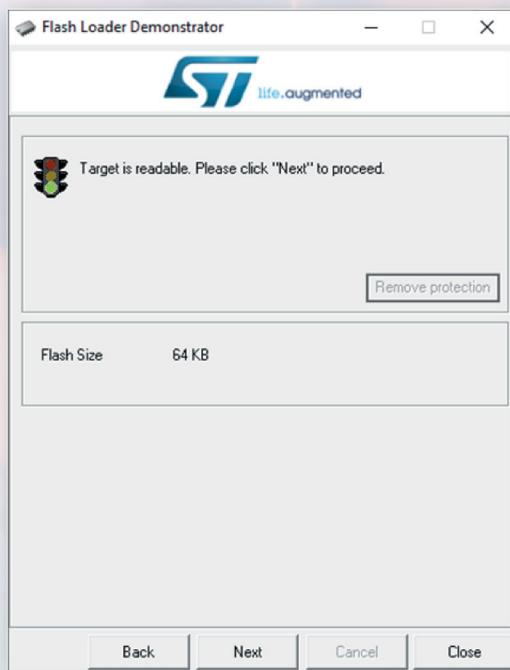


Рис. 14. Уведомление об успешном подключении

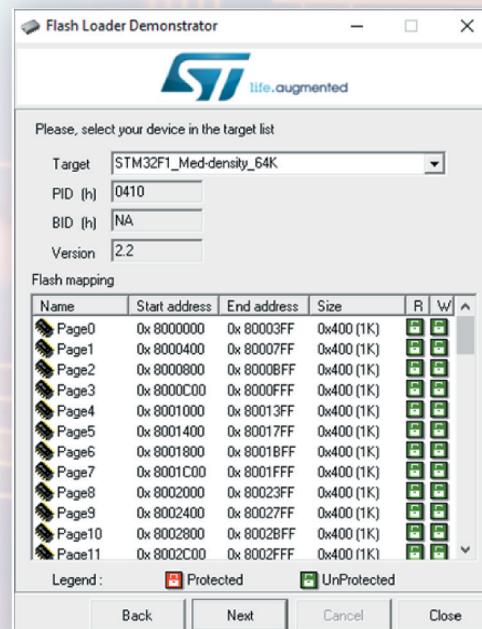


Рис. 15. Информация о микроконтроллере в программе «Flash Loader Demonstrator»

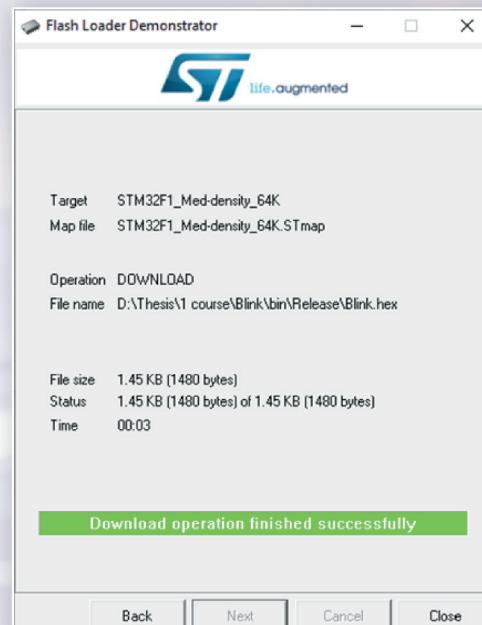


Рис. 17. Удачное завершение процесса программирования микроконтроллера

```
mirror_mod.use_z = False  
elif _operation == "MIRROR_Z":  
    mirror_mod.use_x = False  
    mirror_mod.use_y = False
```

Рисунки к статье А. Е. Близнюка, В. А. Жмудя, М. В. Трубина, В. Г. Трубина
«ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32F10x
С ПОМОЩЬЮ ВСТРОЕННОГО ЗАГРУЗЧИКА ПО USART»

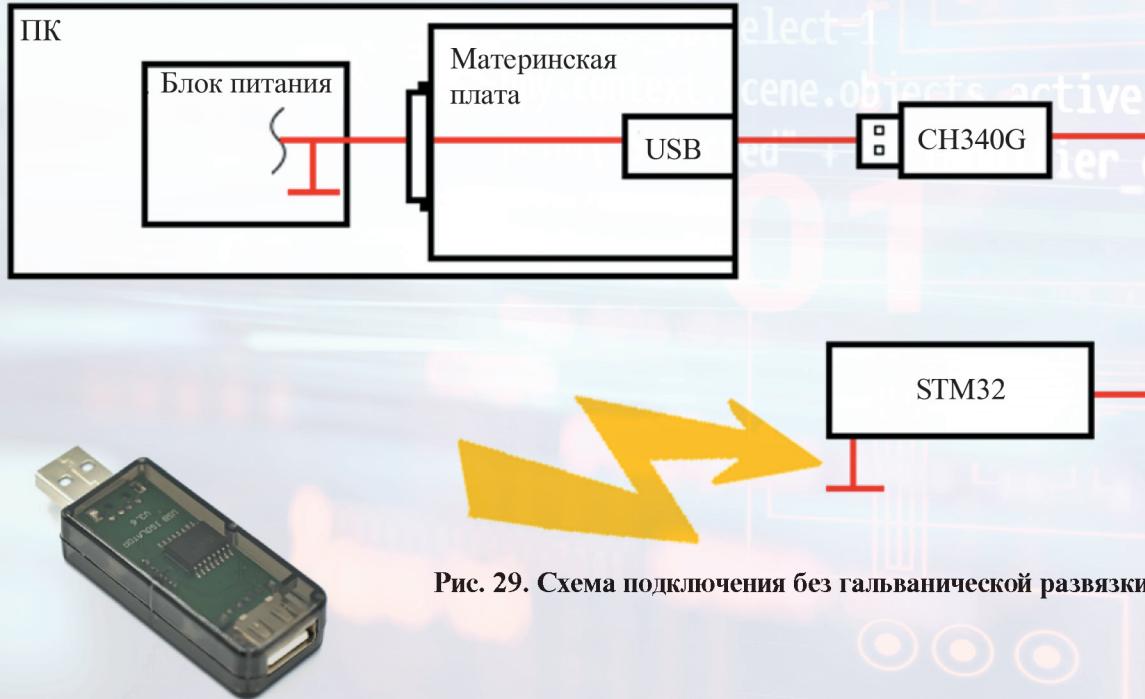


Рис. 30. Модуль
гальванической развязки
для USB на микросхеме
ADUM3160

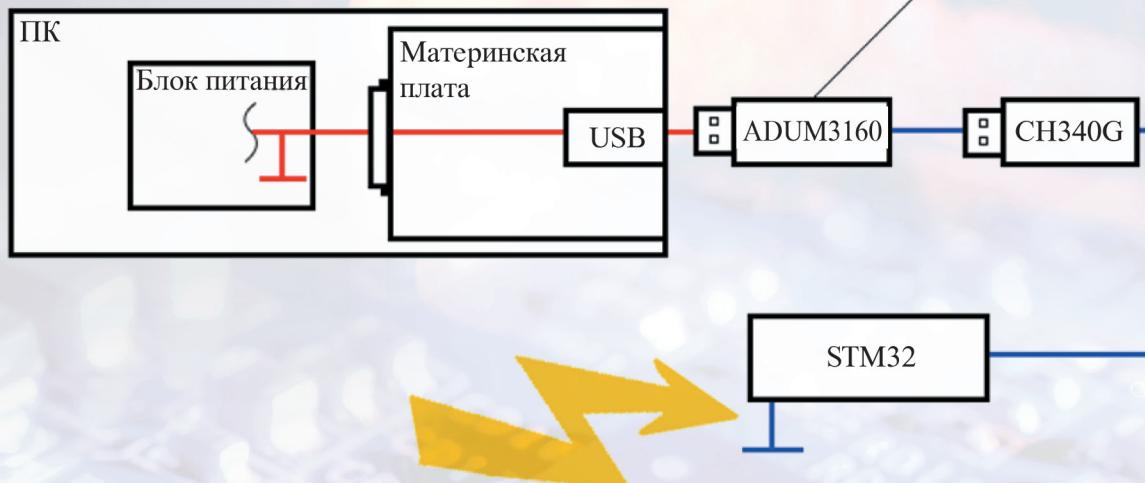


Рис. 31. Схема с использованием гальванической развязки