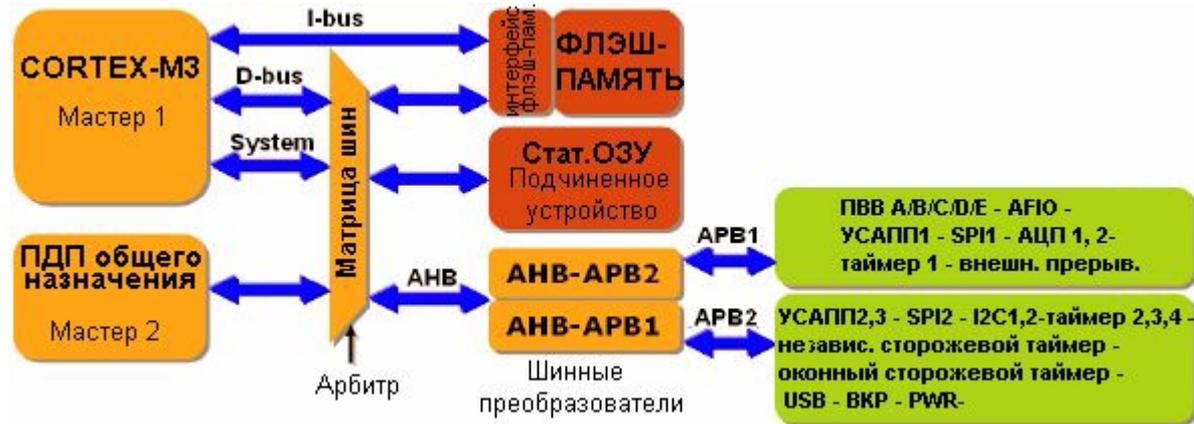

**ВСТРОЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.
МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ
ПЛАТФОРМА STM32**

Экономическая целесообразность использования микроконтроллеров STM32

- Современный уровень развития технологии обеспечил возможность создания микроконтроллеров с 32-битной архитектурой, цена которых сопоставима с 8-битными микроконтроллерами
- 32-х битное ядро для реализации требует несколько десятков тысяч транзисторов, в то время как 256Кб flash-памяти — это 2 млн транзисторов. Соответственно, основное место площади современного контроллера занимает память, порты ввода/вывода и периферийные модули
- Уменьшение площади кристалла даже в 2 раза не уменьшает стоимость вдвое, так как львиную долю стоимости микроконтроллера составляет механическая обработка

-
- Компания STMicroelectronics разрабатывала 32 -битные микроконтроллеры на основе ядер ARM7 и ARM9
 - Новое поколение 32- битных микроконтроллеров компании STMicroelectronics использует ядро CORTEX M3 и обеспечивает фантастическое соотношение цена/качество. При больших партиях стоимость микроконтроллера доходит до 1 евро
-

Архитектура микроконтроллеров STM32



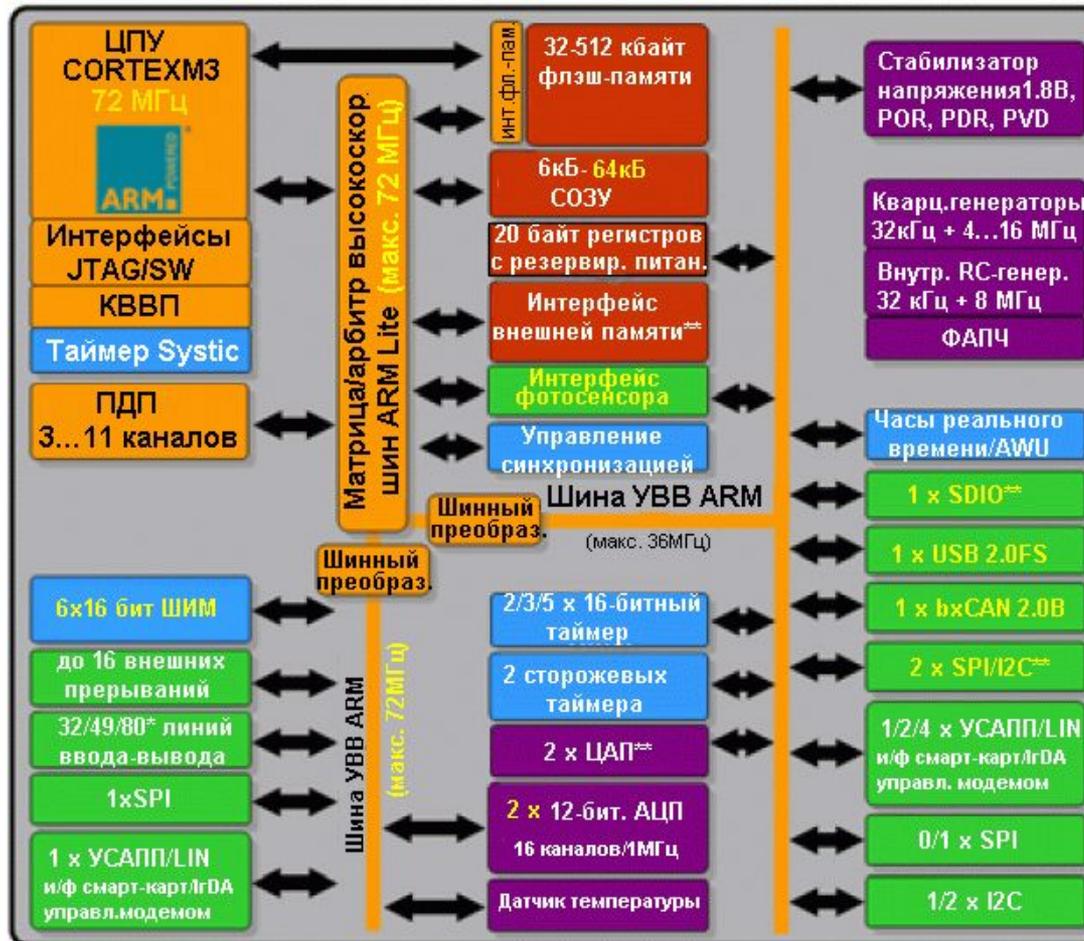
- Микроконтроллеры семейства STM32 выполнены на основе ядра Cortex-M3, которое подключено к flash-памяти по шине инструкций I-bus
- Шина данных D-bus и системная шина System Cortex подключены к матрице высокоскоростных шин АНВ
- Внутреннее статическое ОЗУ подключено напрямую к матрице шин АНВ, с которой также связан блок прямого доступа к памяти (ПДП).

Обзор платформы STM32

Микроконтроллеры STM32 изначально выпускались в 14 различных вариантах, разделенные на две группы:

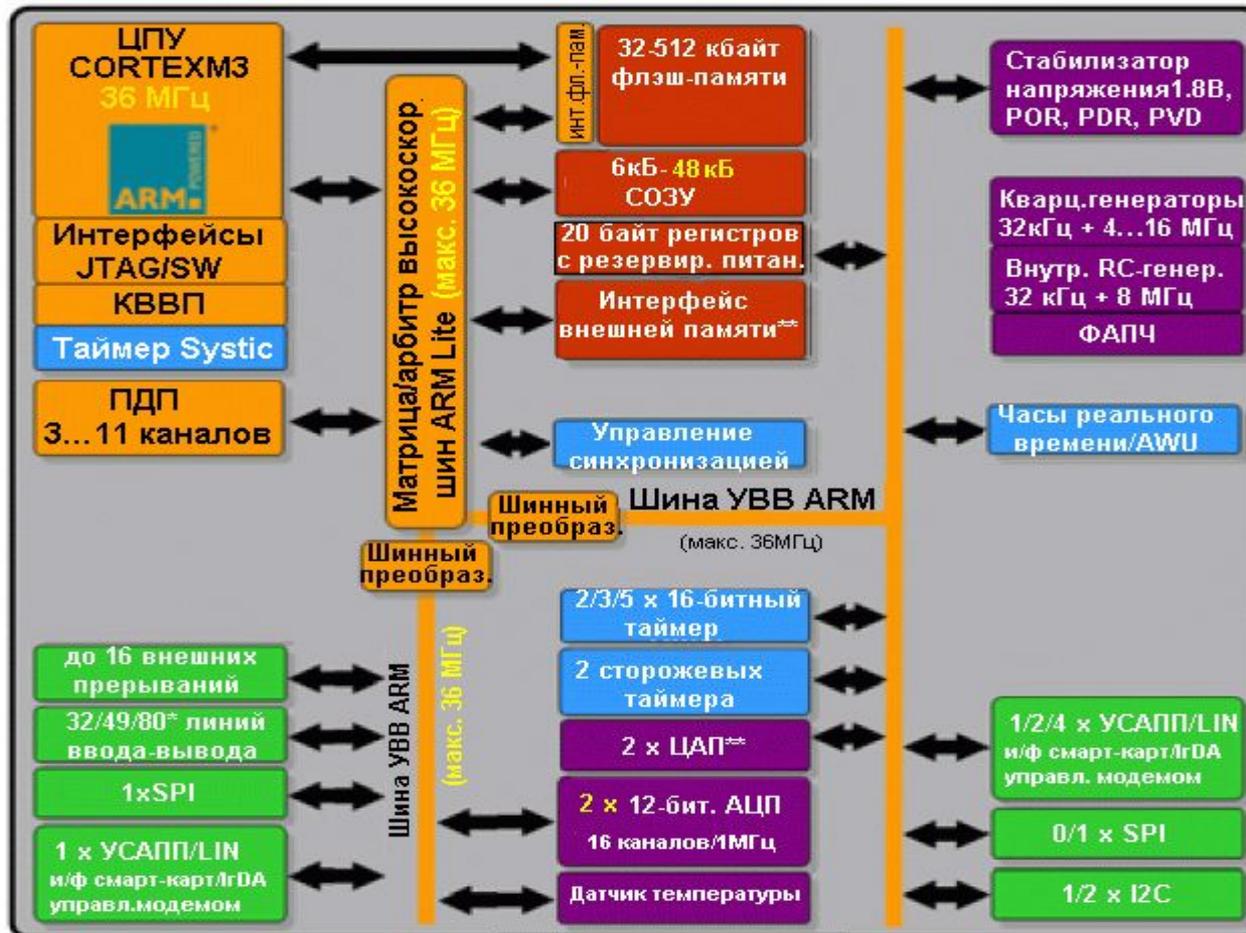
- Performance Line, в которую вошли микроконтроллеры с тактовой частотой ЦПУ до 72 МГц;
 - Access Line (тактовая частота до 36 МГц)
-

Группа Performance Line (рабочие частоты до 72 МГц)



Группа Access Line

(тактовая частота до 36 МГц)



Энергопотребление

- Микроконтроллеры работают от 2В-ого источника питания на тактовой частоте 72МГц и потребляют с учетом нахождения в активном состоянии всех встроенных ресурсов, всего лишь 36 мА
- Если же использовать поддерживаемые ядром Cortex экономичные режимы работы, то потребляемый ток можно снизить до 2 мкА в режиме STANDBY
- Для быстроты возобновления активной работы микроконтроллера используется внутренний RC-генератор на частоту 8 МГц. Его активность сохраняется на время запуска внешнего генератора. Благодаря скорости перехода в экономичный режим работы и выхода из них результирующая средняя потребляемая мощность еще больше снижается

Линейка микроконтроллеров STM32

STM32F07/STM32F217

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------|----------------------|---------------|------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Cortex-M3 120MHz | up to 128KB SRAM | up to 1MB FLASH | 3xADC 12 bit (0,5us) | 2xDAC 12 bit | 2 timers motor control | USB 2.0 OTG FS | USB 2.0 OTG FS/HS | 2xCAN 2.0B | FSMC | Ethernet IEEE 1588 | Camera interface | Random Generator |
|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------|----------------------|---------------|------|-----------------------|---------------------|---------------------|

STM32F05/STM32F215

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|---------------|------|---------------------|--------------------------|
| Cortex-M3 120MHz | Up to 128KB SRAM | Up to 1MB FLASH | 3xADC 12 bit (0,5us) | 2xDAC 12 bit | 2 timers motor control | USB 2.0 OTG FS/HS | 2xCAN 2.0B | FSMC | Random Generator | Crypto/Hash processor |
|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|---------------|------|---------------------|--------------------------|

STM32F105/STM32F107 «Connectivity Line»

| | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|---------------|--------------------------------------|---|
| Cortex-M3 72MHz | Up to 64KB SRAM | Up to 256KB FLASH | 2xADC (1 us) | 2xDAC 12 bit | 1 timer motor control | USB 2.0 OTG FS | 2xCAN 2.0B | 2xI ² S audio class | Ethernet IEEE 1588 (Only in STM32F107) |
|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|---------------|--------------------------------------|---|

STM32F103 «Performance Line»

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|-----------|-------------|--------------------|------|------|
| Cortex-M3 72MHz | Up to 96KB SRAM | Up to 1MB FLASH | 2/3x12 DAC (1 us) | 2xDAC 12 bit | 1 timer motor control | USB FS | CAN 2.0B | 2xI ² C | SDIO | FSMC |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|-----------|-------------|--------------------|------|------|

STM32F102 «USB Access Line»

| | | | | |
|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------|
| Cortex-M3 48MHz | Up to 16KB SRAM | Up to 128KB FLASH | ADC 12 bit (1 us) | USB FS |
|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------|

STM32F101 «Access Line»

| | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|------|
| Cortex-M3 36MHz | Up to 8 KB SRAM | Up to 1MB FLASH | ADC 12 bit (1 us) | 2xDAC 12 bit | FSMC |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|------|

STM32F100 «Value Line»

| | | | | | | |
|--------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------|
| Cortex-M3 24MHz | Up to 32KB SRAM | Up to 512KB FLASH | ADC 12 bit (1,2 us) | 2xDAC 12 bit | 1 timer motor control | CEC(HDMI) |
|--------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------|

STM32L152 «Ultra Low Power Line»

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------|------------------|-----------------------|-----|--------------------------------|------------------|------------|--------|-------------|
| Cortex-M3 32MHz | Up to 128KB FLASH | Up to 16KB SRAM | Reset BOR PVD | EEPROM 4KB | RTC 32KHz osc | MSI 64KHz- 4MHz | DMA | ADC 12 bit 1us, 24 channels | 2x DAC 12 bit | MPU ETM | USB FS | LCD 8x40 |
|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------|------------------|-----------------------|-----|--------------------------------|------------------|------------|--------|-------------|

STM32L151 «Ultra Low Power Line»

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------|------------------|-----------------------|-----|--------------------------------|------------------|------------|--------|
| Cortex-M3 32MHz | Up to 128KB FLASH | Up to 16KB SRAM | Reset BOR PVD | EEPROM 4KB | RTC 32KHz osc | MSI 64KHz- 4MHz | DMA | ADC 12 bit 1us, 24 channels | 2x DAC 12 bit | MPU ETM | USB FS |
|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------|------------------|-----------------------|-----|--------------------------------|------------------|------------|--------|

STM32W108 «RF (ZigBee) Line»

| | | | | | | |
|--------------------|-------------|----------------|---------------|------------------------|--------|---|
| Cortex-M3 24MHz | 8KB SRAM | 128KB FLASH | ADC 12 bit | USCI (UART/SPI/TWI) | AES128 | IEEE 802.15.4 radio RF and Baseband |
|--------------------|-------------|----------------|---------------|------------------------|--------|---|

АРХИТЕКТУРА

Контроллер вложенных векторных прерываний (NVIC)

NVIC – неотъемлемая часть процессора Cortex-M3. Модуль NVIC в процессоре Cortex-M3 осуществляет обработку прерываний аппаратными средствами.

NVIC отвечает за генерацию прерываний на различные события:

- внешние — изменение логического уровня на входе ножки, пробуждение из режима сна;
- внутренние — завершение приёма/отправки данных, переполнение счётчика таймера и т.п.

NVIC имеет несколько типов конфигурации:

- Стандартная конфигурация: поддержка одного немаскируемого прерывания (NMI), 32 физических прерывания общего назначения с восемью уровнями приоритета;
- Улучшенная конфигурация: поддержка от 1 до 240 физических прерываний с количеством уровней приоритета до 256

Шинная матрица (Bus matrix)

Шинная матрица — это развитие идеи простого контроллера шины: здесь шины соединены так, что устройства могут взаимодействовать напрямую, не через ядро.

Архитектурой Cortex-M3 предусмотрены 4 шины, подключенных к матрице:

- ICode, для выборки инструкций и векторов прерываний — для пользовательского кода. 32-битная шина АНВ-Lite типа;
- DCode, для выборки/записи данных и отладочного доступа — для пользовательского кода. 32-битная шина АНВ-Lite типа;
- System, для выборки инструкций и векторов прерываний, а также выборки/записи данных и отладочного доступа в системном пространстве — для внутренних компонентов МК. 32-битная шина АНВ-типа;
- PPB (Private Peripheral Bus), для выборки/записи данных и отладочного доступа — для периферии. 32-битная шина АРВ-типа

Ядро Cortex-M3

- Выполняет инструкции, производит вычисления в своём арифметико-логическом устройстве (АЛУ)
- Его Гарвардская архитектура позволяет одновременно загружать инструкции и осуществлять доступ к памяти — благодаря этому, а также трёхступенчатому конвейеру, большинство инструкций выполняются за 1 такт
- Ядро Cortex-M3 поддерживает набор инструкций Thumb-2, который содержит как 32-битные, так и 16-битные инструкции для сокращения объёма кода за счёт менее дальнобойных переходов; имеет 13 регистров общего назначения, снижая потребность в частом доступе к памяти

СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Библиотека поддержки ядра

- Ядро ARM Cortex-M3 выходит за рамки обычного понятия ядра микроконтроллера и представляет собой мини-микроконтроллер с периферией - встроенные системный таймер, контроллер прерываний и т.д.
- Стандартная библиотека поддержки ядра – CMSIS (разработана компанией ARM)
- CMSIS предоставляет собой файлы определения констант и определения символьных имен, библиотеку функций доступа к регистрам и периферийным модулям ядра и интерфейса пользовательского ПО для операционных систем реального времени (RTOS)

Структура CMSIS

CMSIS состоит из трех файлов:

- `core_m3.h` - вспомогательные функции доступа к регистрам ядра;
 - `startup_stm32f10x_xx.s` - набор файлов для каждой линейки семейства STM32, обеспечивающие инициализацию стека и таблицу векторов прерываний;
 - `system_stm32f10x.h` - файл начальной инициализации тактовой частоты микроконтроллера
-

Стандартная библиотека STM32

Стандартная библиотека для работы с периферийными модулями написана в соответствии со стандартом ANSI C и может использоваться с любым стандартизованным компилятором

Библиотека состоит из двух взаимодополняющих составляющих:

- заголовочных файлов и файлов реализации всей периферии микроконтроллеров STM32 - STM32F10x_StdPeriph_Driver;
- заголовочных файлов и файлов реализации ядра ARM Cortex-M3

Вся функциональность периферийных модулей описана в заголовочных файлах и файлах реализации. Например, для портов ввода-вывода это два файла: `stm32f10x_gpio.h` и `stm32f10x_gpio.c`

Модификация библиотек

Библиотека содержит три файла, доступные для модификации пользователем:

- файл конфигурации библиотеки `stm32f10x_conf.h`
- файлы обработчиков прерываний `stm32f10x_it.h` и `stm32f10x_it.c`.

Для использования определенных модулей периферии в проект необходимо добавить файлы реализации и сконфигурировать файл `stm32f10x_conf.h`

Под конфигурацией файла `stm32f10x_conf.h` подразумевается удаление символов «комментарий» в строках с названием периферийного модуля, предполагаемого для использования в конкретном проекте.

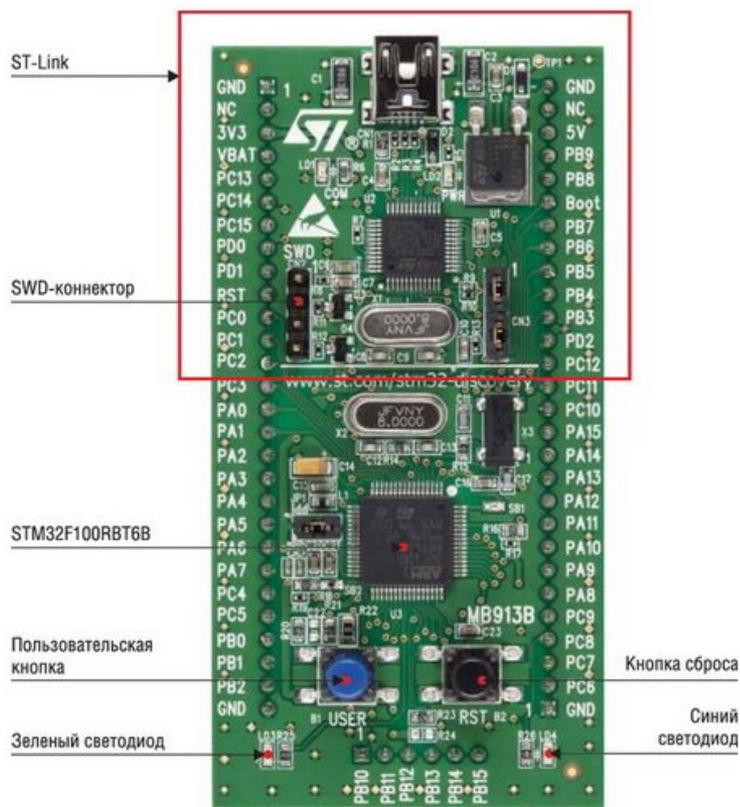
ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СРЕДА

Выбор программного инструментария под ARM-архитектуру

| Инструментарий | Среда разработки | C/C++ компилятор | Ограничение Си-инструментария | Программатор-отладчик | Ссылка |
|----------------|--------------------|------------------|---|-----------------------|--|
| IAR Systems | Embedded Workbench | IAR C/C++ | 32 Кбайт или полная с ограничением на 30 дней | J-Link ST-Link | www.iar.com |
| Keil | uVision (MDK-ARM) | Keil C/C++ | 32 Кбайт | ULink ST-Link | www.keil.com |
| Raisonance | Ride7 + RKIT-ARM | GCC C/C++ | Нет, ограничения по отладке | RLink | www.raisonance.com |
| Atollic | TrueStudio | GCC C/C++ | Нет, ограничения по функционалу | ST-Link STICE | www.atollic.com |
| Open source | Eclipse | GCC C/C++ | Без ограничений | ARM-Link | www.eclipse.org |

ОСВОЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ

Отладочная плата STM32VLDISCOVERY



- Плата реализована на микроконтроллере линейки «Value Line» STM32F100RBT6
- Имеет программатор-отладчик ST-Link с выведенным разъемом SWD
- Свободные ножки микроконтроллера выведены на внешние разъемы

Поддержка разработчиков

Стандартные библиотеки можно загрузить с официального сайта STMicroelectronics. Структура пакета библиотек следующая:

▣ Libraries:

- ▣ CMSIS (библиотека ядра ARM Cortex-M3);
- ▣ STM32F10x_StdPeriph_Lib_V3.4.0\Libraries\STM32F10x_StdPeriph_Driver (библиотека периферии STM32)

▣ Project (типовые применения):

- ▣ STM32F10x_StdPeriph_Lib_V3.4.0\Project\STM32F10x_StdPeriph_Examples
- ▣ STM32F10x_StdPeriph_Lib_V3.4.0\Project\STM32F10x_StdPeriph_Template

▣ Utilities (драйвера для отладочных плат STMicroelectronics):

- ▣ STM32F10x_StdPeriph_Lib_V3.4.0\stm32f10x_stdperiph_lib_um.chm (файл справки)