

ВВЕДЕНИЕ В БИБЛИОТЕКУ STM32F2_API

Автор: Дерябкин Вадим (Vadimatorik)

2017

ВВЕДЕНИЕ

Данный документ создан с целью донести до пользователя:

- основные сведения о библиотеке (часть [I](#));
- соглашения о написании и оформлении библиотеки (часть [II](#));
- структуру абстрактных аппаратных блоков периферии и примеры их использования (часть [III](#));

Оглавление

I	ЗНАКОМСТВО С БИБЛИОТЕКОЙ	5
1	Введение	6
2	Идеи, лежащие в основе библиотеки	7
3	Краткий обзор реализации библиотеки	8
II	СОГЛАШЕНИЕ О НАПИСАНИИ И ОФОРМЛЕНИИ БИБЛИОТЕКИ	10
4	Введение	11
5	Средства сборки	12
6	Дерево проекта и именование файлов	13
7	Принятые сокращения	15
8	Правила оформления имён	16
9	Оформление .h файлов библиотеки	17
9.1	Общее оформление	17
9.2	Содержимое prefix_moduleName.h файла	18
9.3	Содержимое prefix_moduleName_constexpr_func.h файла	19
9.4	Содержимое prefix_moduleName_constexpr_func_class_className.h файла	20
9.5	Содержимое prefix_moduleName_struct.h и erfix_moduleName_struct_class_className.h файлов	21
10	Объявление классов в .h файлах	23
10.1	Общие сведения об оформлении class-ов в .h файлах	24
10.2	Конструктор(-ы) класса	24
10.3	Constexpr конструктор(-ы) класса	24
10.4	Constexpr методы класса	25
10.5	Доступные пользователю нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных	25
10.6	Доступные пользователю нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных	25
10.7	Доступные пользователю статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип	26

10.8	Доступные пользователю статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип	26
10.8.1	Открытие переменные и константы класса, доступные пользователю напрямую	27
10.9	Внутренние constexpr методы класса, возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных	27
10.10	Внутренние constexpr методы класса, возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных	27
10.11	Закрытые нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных	28
10.12	Закрытые нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных	28
10.13	Закрытые статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип	28
10.14	Закрытые статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип	29
10.15	Закрытые константы класса стандартных типов	29
10.16	Закрытые константы класса нестандартных типов	29
10.17	Закрытые переменные класса стандартных типов	29
10.18	Закрытые переменные класса нестандартных типов	29
11	Объявление упакованных структур (packed struct) в .h файлах	30
11.1	Когда стоит объявлять структуру как упакованную (packed struct)?	30
11.2	Размещение упакованных структур (packed struct)	30
11.3	Оформление упакованных структур (packed struct)	30
12	Объявление структур в .h файлах	32
12.1	Когда стоит оборачивать данные в структуру?	32
12.2	Размещение структур	32
12.3	Оформление структур	32
13	Объявление enum class-ов в .h файлах	34
13.1	Когда стоит объявлять enum class?	34
13.2	Размещение enum class-ов	34
13.3	Оформление enum class-ов	34
14	Объявление макросов в .h файлах	36
14.1	Когда стоит объявлять макрос?	36
14.2	Размещение макросов	36
14.3	Оформление макросов	36
15	Объявление constexpr функций в .h файлах	38
15.1	Оформление заголовка constexpr функций	38
15.2	Оформление тела constexpr функции	38
16	Оформление .cpp файлов библиотеки	40
16.1	Введение	40
16.2	Оформление конструкторов в .cpp файлах	40

III СТРУКТУРА АБСТРАКЦИЙ АППАРАТНЫХ БЛОКОВ ПЕРИФЕРИИ И ПРИМЕРЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	41
17 Введение	42
18 Модуль работы с портами ввода-вывода общего назначения (PORT)	43
18.1 Класс pin	43
18.1.1 Общие сведения о классе	43
18.1.2 Методы класса pin	43
18.2 Класс global_port	44
18.2.1 Общие сведения о классе	44
18.2.2 Методы класса global_port	44
18.2.3 Замечания к классу global_port	46

Часть I

ЗНАКОМСТВО С БИБЛИОТЕКОЙ

Глава 1

Введение

Как известно, для микроконтроллеров существует множество различных библиотек, решающих широкий спектр задач. Однако большинство из них используют ресурсы микроконтроллера не экономно. Связано это с тем, что зачастую библиотеки пишутся под абстрактные микроконтроллеры и не учитывают индивидуальные особенности, имеющиеся у конкретных моделей. В своей библиотеке я поставил цель максимально эффективно использовать все доступные ресурсы конкретных серий микроконтроллеров.

Глава 2

Идеи, лежащие в основе библиотеки

На этапе проектирования библиотеки были отобраны следующие идеи, которые впоследствии легли в ее основу:

1. Все, что можно вычислить на этапе компиляции - не должно вычисляться в реальном времени.
2. Между производительностью и расходом памяти выбор должен быть в сторону производительности.
3. Все, что может быть выполнено с помощью аппаратной периферии - не должно выполняться программно.
4. Библиотека должна иметь как можно больше средств гибкой настройки на этапе компиляции и по минимуму - в реальном времени (в угоду производительности).
5. Работа программы должна быть по максимуму предсказуема ещё на этапе компиляции. Отсюда следует, что все режимы работы периферии должны быть заданы статически.
6. Все используемые блоки периферии (как связанные с аппаратной периферией, так и являющиеся логической надстройкой) должны быть объявлены в коде пользователя в виде глобальных `const constexpr` объектов.

Глава 3

Краткий обзор реализации библиотеки

1. Библиотека написана на C++14.
2. Большую часть библиотеки составляют constexpr функции, которые обрабатывают заполненные пользователем структуры инициализации периферии на этапе компиляции и создают маски регистров для всевозможных, указанных в структуре инициализации, режимов.

В реальном времени созданные из const constexpr структур инициализации глобальные const constexpr объекты в коде пользователя оперируют созданными на этапе компиляции масками регистров для работы с периферийными блоками.

Этим достигается высокая производительность. Поскольку программе не нужно «собирать» маски регистров в реальном времени, как это сделано в HAL или SPL. Достаточно только применить маску.

3. Тот факт, что для инициализации глобальных объектов используются глобальные const constexpr структуры вовсе не означает, что данные структуры войдут в состав прошивки контроллера.

Яркий тому пример, объект класса *global_port* (который будет рассмотрен в разделе 3). Он принимает в себя массив const constexpr *pin_config_t* структур, после чего private constexpr методы объекта класса *global_port* их (структуры) анализируют и возвращают *private global_port_msk_reg_struct* структуру, которая будет private структурой глобального объекта класса *global_port*.

Структуры *pin_config_t*, использовавшиеся для инициализации *private global_port_msk_reg_struct*, во flash загружены не будут, потому что в ходе работы программы обращений к ним не будет.

4. Для работы с аппаратной частью контроллера используются объявленные в коде пользователя глобальные const constexpr объекты. В качестве параметра(-ов) конструктора передаётся указатель на const constexpr глобальную(-ые) структуру(-ы) (может передаваться указатель как на одну структуру, так и на массива структур). Важно отметить следующее:

- В случае, если после анализа структур(-ы) инициализации они(-на) больше не требуется - компоновщик не включит эти(-у) структуры(-у) в состав выходного файла программы (о чем было сказано в пункте 3). Однако в случае, если используемая структура инициализации, возможно, будет использована во время выполнения программы, как, например, в классе *pin*, описанного в разделе 3, то она обязательно пойдёт в состав выходной программы.
- Так как конструкторы классов используемых в коде пользователя объектов объявлены внутри класса как constexpr, то создание этих объектов, по сути, заключается в простом копировании в оперативную память их изменяемых данных. Никаких

действий в реальном времени (за исключением копирования в оперативную память изменяемых в процессе работы данных объекта) не производится.

Объекты, классы которых требуют вызова функции инициализации объекта (конструктора) перед вызовом `main` в реальном времени, **не поддерживаются намеренно**.

- Из того, что все объекты объявлены как `const constexpr` следует, что у каждого глобального объекта, работающего в реальном времени, имеется метод начальной инициализации (и/или переинициализации), вызов которого необходимо произвести из кода пользователя.

Это очень оправданно, когда требуется инициализировать объекты в определённом порядке в ходе выполнения программы, чего сложно достигнуть, когда объекты вызываются автоматически перед вызовом функции `main`. Именно это является причиной отказа от поддержки конструкторов классов, вызов функций инициализации (конструкторов) которых, без применения дополнительных директив, производится в случайном порядке (нельзя гарантировать, инициализация какого объекта будет произведена раньше).

- В случае, если `const constexpr` объект был объявлен глобально в коде пользователя, но обращений к нему не было на протяжении всей программы, он не будет добавлен в итоговый файл программы. Ситуация здесь аналогична ситуации с глобальными `const constexpr` структурами.

Часть II

СОГЛАШЕНИЕ О НАПИСАНИИ И ОФОРМЛЕНИИ БИБЛИОТЕКИ

Глава 4

Введение

В данной главе изложен стандарт, которого следует придерживаться на протяжении всего времени написания кода библиотеки, а так же рекомендации по ее (библиотеки) использованию в коде пользователя.

Стандарт распространяется на:

- средства сборки (раздел 5);
- дерево проекта и именование файлов (раздел 6);
- принятые сокращения (подраздел 7);
- общие правила оформления имен (раздел 8);
- оформление .h файлов библиотеки (раздел 9);
- объявление классов в .h файлах (раздел 10);
- объявление упакованных структур (packed struct) в .h файлах (раздел 11);
- объявление структур в .h файлах (раздел 12);
- объявление enum class-ов в .h файлах (раздел 13);
- объявление макросов в .h файлах (раздел 14).
- объявление constexpr функций в .h файлах (раздел 15).
- оформление .cpp файлов библиотеки (раздел 16)

Глава 5

Средства сборки

В основе библиотеки лежат `constexpr` функции, полноценная поддержка которых появилась в C++14. Отсюда следует вывод, что минимально возможная версия используемого языка - C++14. В случае, если в более поздних версиях будет несовместимость с C++14, следует внести изменения в библиотеку, решающие вопросы несовместимости по средствам проверки версии используемого стандарта языка и выбора совместимого с ним участка кода.

Для компиляции библиотеки следует использовать `arm-none-eabi-g++` не старше (GNU Tools for ARM Embedded Processors 6-2017-q1-update) 6.3.1 20170215 (release) [ARM/embedded-6-branch revision 245512].

Глава 6

Дерево проекта и именование файлов

Правила, касающиеся оформления библиотеки:

1. Для файлов, относящихся к работе с блоками аппаратной и программной (абстрактные) периферии, должна существовать своя папка на каждый модуль.

Пример: *rcc*, *port*, *pwr* и т.д.

Имя папки должно содержать только название аппаратного модуля, написанного строчными буквами латинского алфавита.

2. Каждая папка, посвящённая определённому блоку периферии (аппаратной или программной), должна содержать следующие файлы:

- **`prefix_moduleName.h`**

В данном файле должны находиться классы, относящиеся к определённому блоку периферии. Объекты этих классов можно использовать в коде пользователя.

- **`prefix_moduleName.cpp`**

Если в *prefix_moduleName.h* всего один класс, то в данном файле находятся методы класса из файла *prefix_moduleName.h*, вызов которых производится в реальном времени.

В случае, если классов несколько и у них нет static общих методов (используемые двумя и более классами) - данный файл создавать не следует. Вместо этого для уникальных методов каждого класса должен быть свой файл с соответствующим постфиксом (именем класса). Об этом ниже.

- **`prefix_moduleName_class_className.cpp`**

В случае, если в файле *prefix_moduleName.h* более одного класса и какой-то из этих классов имеет методы, доступные только ему - их следует вынести в отдельный файл с постфиксом, соответствующим имени класса, к которому он (метод) относится.

В случае, если в файле *prefix_moduleName.h* один класс, методы, относящиеся к этому классу, должны быть размещены в файле *prefix_moduleName.cpp*.

- **`prefix_moduleName_constexpr_func.h`**

В данном файле содержатся все constexpr методы, которые используются классом(-ами) из файла *prefix_moduleName.h*. Эти методы являются private методами класса(-ов).

В случае, если в файле *prefix_moduleName.h* более одного класса, в данном файле должны находиться лишь те методы, которые используются всеми классами файла *prefix_moduleName.h*.

В случае, если каждый класс файла *prefix_moduleName.h* использует лишь свой определённый набор методов, никак не пересекающийся с остальными классами, данный файл создавать не следует.

- **`prefix_moduleName_constexpr_func_class_className.h`**

В случае, если в файле *prefix_moduleName.h* более одного класса и у какого-то из классов имеются constexpr методы, никак не связанные с остальными (используются

только им), их следует вынести в отдельный файл.

В случае, если таких классов несколько (каждый из которых использует свои определённые constexpr методы), то для каждого такого класса следует создать отдельный файл.

- **prefix_moduleName_struct.h**

В данном файле содержатся все структуры и enum class-ы, используемые всеми классами файла *prefix_moduleName.h*.

В случае, если классы не имеют общих структур или enum class-ов, данный файл создавать не следует.

В случае, если в *prefix_moduleName.h* всего один класс, его структуры и enum class-ы должны располагаться здесь без создания конкретного файла под конкретный класс (из пункта ниже).

- **prefix_moduleName_struct_class_className.h**

В случае, если классов в файле *prefix_moduleName.h* более одного и у какого-то из классов имеются структуры или enum class-ы, которые используются только им одним, данные структуры и/или enum class-ы требуется вынести в отдельный файл с постфиксом имени класса, к которому они относятся.

Имена всех файлов должны быть написаны строчными латинскими символами (маленькие английские буквы). В том числе и сокращения по типу «rwt».

Все слова в имени должны разделяться символами нижнего подчеркивания.

В качестве примера рассмотрим дерево папки port библиотеки stm32_f20x_f21x (название библиотеки выступает в качестве префикса).

stm32_f20x_f21x_port.h содержит 2 класса (global_port и pin). У них есть общие структуры, enum class-ы и методы. Однако есть и личные (используемые только ими) структуры, enum class-ы и constexpr методы. При этом у них нет общих static методов.

```
stm32_f20x_f21x_port_class_global_port.cpp
stm32_f20x_f21x_port_class_pin.cpp
stm32_f20x_f21x_port_constexpr_func_class_global_port.h
stm32_f20x_f21x_port_constexpr_func_class_pin.h
stm32_f20x_f21x_port_constexpr_func.h
stm32_f20x_f21x_port_struct_class_global_port.h
stm32_f20x_f21x_port_struct_class_pin.h
stm32_f20x_f21x_port_struct.h
stm32_f20x_f21x_port.h
```

Глава 7

Принятые сокращения

1. Если `uint32_t` переменная содержит внутри себя адрес в памяти (является указателем), то перед ее именем должен быть префикс «`p_`».

Пример: «`p_target_port`».

2. «`bit_banding_`» == «`bb_`»

Только в тексте (не применимо к коду).

3. «`point_bit_banding_bit_address`» == «`bb_p_`»

Когда `uint32_t` переменная содержит адрес бита в `bit banding` области (является указателем на бит).

Глава 8

Правила оформления имён

1. Все имена переменных, структур, объектов, функций должны быть написаны строчными латинскими символами (маленькие английские буквы).

Пример: «`pwd`», «`port`», «`value`».

2. Директивы препроцессора (`define`, макросы, `ifndef` и т.д.) должны писаться заглавными латинскими символами (большие английские буквы).

Пример: «`ADD(A,B)`»

3. Слова в именах должны быть разделены нижним подчеркиванием.

Пример: «`buf_speed`», «`STM32F2_API_PORT_STM32_F20X_F21X_PORT_STRUCT-`
«`CLASS_PIN_H_`», «`PORT_PIN_0`»

4. Макросы должны начинаться с префикса «`M_`», после чего идет действие, которое он совершает («`GET`»/«`SET`»).

В именах так же следует использовать принятые сокращения.

Пример: «`M_GET_BB_P_PER(ADDRESS,BIT)`»

5. **Рекомендуется воздержаться от использования `enum`-ов.**

Заместо них следует использовать **`enum class`**.

6. Имя прототипа `enum class` должно начинаться с префикса «`EC_`». К нему можно обращаться только через «`::`».

Прямое обращение к значению `enum class`-а без указания пространства имен - запрещено.

Пример: «`EC_PORT_NAME::A`»

Глава 9

Оформление .h файлов библиотеки

9.1 Общее оформление

1. Файл должен включать в себя защиту от повторного включения в процесс компиляции по типу *ifndef-define-endif*, оканчивающуюся пустой строкой.

Пример:

```
#ifndef STM32F2_API_STM32_F20X_F21X_PORT_H_
#define STM32F2_API_STM32_F20X_F21X_PORT_H_

#endif
```

2. После *define* строки защиты следует пустая строка, за которой располагается *include* на файл конфигурации библиотеки, имеющий имя **prefix_conf.h** (название библиотеки выступает в качестве префикса).

Пример:

```
#define STM32F2_API_STM32_F20X_F21X_PORT_H_

#include "stm32_f20x_f21x_conf.h"
```

3. В случае, если файл стоит включать в процесс компиляции только при каком-то условии, это условие (обернутое в *ifdef*) необходимо указать через одну пустую строку после *include* файла конфигурации библиотеки. Блок *endif*, закрывающий тело блока условной компиляции должен быть написан без пустой строки перед *endif*, закрывающим блок защиты повторной компиляции.

Пример:

```
#ifndef STM32F2_API_STM32_F20X_F21X_PORT_H_
#define STM32F2_API_STM32_F20X_F21X_PORT_H_

#include "stm32_f20x_f21x_conf.h"

#ifdef MODULE_PORT

CODE

#endif
#endif
```

4. Внутри всех необходимых обёрток, описанных выше (на месте слова «CODE» примера из предыдущего пункта), располагается основное содержимое, уникальное для каждого типа .h файла:

- *prefix_moduleName.h* (дел [9.2](#));
- *prefix_moduleName_constexpr_func.h* (подраздел [9.3](#));
- *prefix_moduleName_constexpr_func_17_class_className.h* (подраздел [9.4](#));

- *prefix_moduleName_struct.h* и *prefix_moduleName_struct_class_className.h* (подраздел 9.5);

9.2 Содержимое *prefix_moduleName.h* файла

1. include *prefix_moduleName_struct.h* и *prefix_moduleName_constexpr_func.h* файлов, если таковые имеются;
2. пустая строка;
3. краткое описание всего модуля, включающее в себя описание всех классов модуля, обернутое в многострочный комментарий с явно обозначенными границами символами «*» в количестве 70 штук;
4. пустая строка;
5. краткое описание класса, обернутое в много строчный комментарий;
6. пустая строка;
7. include *prefix_moduleName_struct_class_className.h*, если имеется;
8. пустая строка;
9. тело класса;
10. пустая строка;
11. include файла *prefix_moduleName_constexpr_func_class_className.h*, если имеется;
12. пустая строка;
13. пункты 5-12 повторить для всех требуемых классов;
14. пустая строка.

Пример всего файла:

```
#ifndef STM32F2_API_STM32_F20X_F21X_PORT_H
#define STM32F2_API_STM32_F20X_F21X_PORT_H

#include "stm32_f20x_f21x_conf.h"

#ifdef MODULE_PORT

#include "stm32_f20x_f21x_port_struct.h"
#include "stm32_f20x_f21x_port_constexpr_func.h"

/*****
 * Краткое описание модуля...
 *****/

/*
 * Краткое описание класса pin...
 */

#include "stm32_f20x_f21x_port_struct_class_pin.h"

class pin {
public:
    ...

private:
    ...
};

#include "stm32_f20x_f21x_port_constexpr_func_class_pin.h"
```

```

/*
 * Краткое описание класса global_port...
 */

#include "stm32_f20x_f21x_port_struct_class_global_port.h"

class global_port {
public:
    ...
private:
    ...
};

#include "stm32_f20x_f21x_port_constexpr_func_class_global_port.h"

#endif
#endif

```

9.3 Содержимое `perfix_moduleName_constexpr_func.h` файла

Замечание: в случае, если модуль не имеет `perfix_moduleName_constexpr_func_class_className.h` файлов (файл `perfix_moduleName.h` имеет только один класс), то данный файл (`perfix_moduleName_constexpr_func.h`) оформляется в стиле `perfix_moduleName_constexpr_func_class_className.h` файла.

В случае, если файлы `perfix_moduleName_constexpr_func_class_className.h` в папке модуля имеются, то оформления этого файла (`perfix_moduleName_constexpr_func.h`) производится так, как описано ниже.

1. include `perfix_moduleName_struct.h` файла, если таковой имеются;
2. пустая строка;
3. краткое описание constexpr функции, обернутое в многострочный комментарий;
4. тело функции;
5. пустая строка;
6. пункты 3-5 повторить для всех имеющихся методов;

Пример всего файла:

```

#ifndef STM32F2_API_PORT_STM32_F20X_F21X_PORT_CONSTEXPR_FUNC_H
#define STM32F2_API_PORT_STM32_F20X_F21X_PORT_CONSTEXPR_FUNC_H

#include "stm32_f20x_f21x_conf.h"

#ifdef MODULE_PORT

#include "stm32_f20x_f21x_port_struct.h"

/*
 * Краткое описание constexpr функции p_base_port_address_get...
 */
constexpr uint32_t p_base_port_address_get ( EC_PORT_NAME port_name ) {
    CODE;
}

/*
 * Краткое описание constexpr функции bb_p_port_look_key_get...
 */
constexpr uint32_t bb_p_port_look_key_get ( EC_PORT_NAME port_name ) {
    CODE;
}

#endif

```

```
#endif
```

Как можно было заметить, файл не содержит constexpr конструкторов классов. Т.к. невозможно, чтобы один конструктор относился к двум (2) и более разным классам. В случае же, если в файле *perfix_moduleName.h* только один класс, то оформление происходит иным способом (об этом написано в замечании выше).

9.4 Содержимое *perfix_moduleName_constexpr_func_class- _class- Name.h* файла

1. include *perfix_moduleName_struct.h* и *perfix_moduleName_struct_class_className.h* файлов, если таковые имеются;
2. пустая строка;
3. комментарий о начале области с constexpr конструктором(-ами), обернутый в многострочный комментарий с явно обозначенными границами символами «*» в количестве 70 штук. После комментария должна следовать пустая строка;
4. тело constexpr конструктора;
5. пустая строка;
6. пункты 3-5 повторяются для всех имеющихся конструкторов;
7. комментарий о начале области с constexpr методами, , обернутый в много строчный комментарий с явно прописанными границами, бросающимися в глаза;
8. пустая строка;
9. краткое описание constexpr функции, обернутое в много строчный комментарий;
10. тело функции;
11. пустая строка;
12. пункты 9-11 повторить для всех имеющихся методов;

Пример всего файла:

```
#ifndef STM32F2_API_PORT_STM32_F20X_F21X_PORT_CONSTEXPR_FUNC_CLASS_PIN_H
#define STM32F2_API_PORT_STM32_F20X_F21X_PORT_CONSTEXPR_FUNC_CLASS_PIN_H

#include "stm32_f20x_f21x_conf.h"

#ifdef MODULE_PORT

#include "stm32_f20x_f21x_port_struct.h"
#include "stm32_f20x_f21x_port_struct_class_pin.h"

/*****
 * Область constexpr конструкторов.
 *****/
constexpr pin::pin ( const pin_config_t* pin_cfg_array ):
    КОД ИНИЦИАЛИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННЫХ КЛАССА {};

/*****
 * Область constexpr функций.
 *****/

/*
 * Краткое описание constexpr функции set_msk_get...
```

```

*/
constexpr uint32_t pin::set_msk_get ( const pin_config_t* const pin_cfg_array ) {
    CODE;
}

/*
 * Краткое описание constexpr функции p_base_port_address_get...
 */
constexpr uint32_t pin::p_base_port_address_get ( const pin_config_t* const
                                                    pin_cfg_array ) {
    CODE;
}

#endif
#endif

```

9.5 Содержимое prefix_moduleName_struct.h и erfix_moduleName_struct_class_className.h файлов

В файлах располагаются следующие конструкции (сверху вниз):

1. Enum class-ы.
2. Макросы.
3. Packed структуры.
4. Структуры.

Правила оформления следующие:

1. Перед каждым из выше перечисленных пунктов размещается комментарий о начале области конкретного пункта. Он оборачивается в многострочный комментарий с явно обозначенными границами. Граница представляют из себя строку символов «*». Верхняя и нижняя строка должна содержать 70 разграничивающих символов. После выделенного комментария следует пустая строка.
2. Перед каждым элементом пункта размещается краткое описание элемента, обернутое в много строчный комментарий. После краткого описания пустая строка не ставится.
3. Между предыдущим элементом пункта и комментарием следующего элемента этого же пункта вставляется пустая строка.
4. Между предыдущим элементом пункта и комментарием области следующего пункта вставляется пустая строка.

Пример всего файла:

```

#ifndef STM32F2_API_PORT_STM32_F20X_F21X_PORT_STRUCT_CLASS_PIN_H
#define STM32F2_API_PORT_STM32_F20X_F21X_PORT_STRUCT_CLASS_PIN_H

#include "stm32_f20x_f21x_conf.h"

#ifdef MODULE_PORT

/*
 * Область упакованных структур.
 */

/*
 * Краткое описание упакованной структуры.
 */
struct __attribute__((packed)) port_registers_struct {
    ПОЛЯ_СТРУКТУРЫ;
};

```

```

/*****
 * Область структур.
 *****/

/*
 * Краткое описание структуры.
 */
struct st_struct {
    ПОЛЯ СТРУКТУРЫ;
};

/*****
 * Область enum классов-.
 *****/

/*
 * Краткое описание enum класса-.
 */
enum class EC_PORT_PIN_NAME {
    VALUE_FIELDS;
};

/*****
 * Область макросов.
 *****/

/*
 * Краткое описание макроса.
 */
#define M_PIN_CFG_ADC(PORT,PIN) {
    VALUE_FIELDS;
}

#endif
#endif

```

Глава 10

Объявление классов в .h файлах

1. Общие сведения об оформлении class-ов в .h файлах (раздел [10.1](#)).
2. В public области должны располагаться (с соблюдением последовательности сверху вниз):
 - конструктор(-ы) класса (раздел [10.2](#));
 - constexpr конструктор(-ы) класса (раздел [10.3](#));
 - constexpr методы класса (раздел [10.4](#));
 - доступные пользователю не статические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных (раздел [10.5](#));
 - доступные пользователю не статические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных (раздел [10.6](#));
 - доступные пользователю статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип (раздел [10.7](#));
 - доступные пользователю статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип (раздел [10.8](#));
 - открытие переменные и константы класса, доступные пользователю напрямую (раздел [10.8.1](#)).
3. В private область должны располагаться (с соблюдением последовательности сверху вниз):
 - внутренние constexpr методы класса, возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных (раздел [10.9](#));
 - внутренние constexpr методы класса, возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных (раздел [10.10](#));
 - закрытые не статические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных (раздел [10.11](#));
 - закрытые не статические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных (раздел [10.12](#));
 - закрытые статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип (раздел [10.13](#));
 - закрытые статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип (раздел [10.14](#));

- закрытые константы класса стандартных типов (раздел 10.15).
- закрытые константы класса нестандартных типов (раздел 10.16).
- закрытые переменные класса стандартных типов (раздел 10.17).
- закрытые переменные класса нестандартных типов (раздел 10.18).

10.1 Общие сведения об оформлении class-ов в .h файлах

- Между зарезервированным словом `class` и именем класса ставится один (1) пробел.
- Между последним символом имени класса и открывающейся фигурной скобкой ставится один (1) пробел.
- Сначала идёт `public`, а за ним `private` область.
- «}» (скобка закрывающая тело класса) должна находиться на новой строке.

```
class name_class {
public:
private:
};
```

10.2 Конструктор(-ы) класса

Использование не `constexpr` конструкторов классов запрещено. Это связано с не очевидной последовательностью вызова конструкторов глобальных объектов, которая может привести к неверной инициализации объекта (если явно не указывать последовательность вызовов с помощью специальных директив компоновщика). Например, сначала будет предпринята попытка инициализировать внешнюю периферию (за пределами микроконтроллера), не инициализировав интерфейс, по которому она подключена.

В случае если пользователь все же создаст объект, конструктор которого будет требовать выполнения кода функции конструктора во время инициализации, вызов его метода инициализации произведен не будет (объект останется не инициализированным).

10.3 Constexpr конструктор(-ы) класса

- В случае, если конструкторов несколько, они должны быть расположены от большего количества входных параметров к меньшему.
- Реализация самого конструктора не должна находиться в теле класса. Ее (реализацию конструктора) следует вынести в отдельный файл.
- Перед словом `constexpr` должен быть выполнен отступ в 1 tab.
- Между словом `constexpr` и именем конструктора(-ов) ставится один (1) пробел.
- После имени конструктора должен быть выполнен один (1) пробел.
- Аргументы конструктора(-ов) в скобках должны быть разделены «, » (запятая + пробел).
- Внутри скобок перечисления аргументов конструктора должен быть отступ в 1 пробел с каждой стороны.

Пример: «(uint32_t a, uint8_t b)».

Пример:

```
constexpr pin ( const pin_config_t* pin_cfg_array );
```

10.4 Constexpr методы класса

Размещение constexpr методов в разделе public запрещено и не имеет смысла.

10.5 Доступные пользователю нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных

- Перед типом возвращаемого значения должен быть выполнен отступ в один (1) tab.
- Имена методов должны быть выравнены с помощью tab с остальными методами этого типа. Выравнивание методов других типов производится по иной сетке.
- Аргументы методов в скобках должны быть разделены «, » (запятая + пробел).
- Внутри скобок перечисления аргументов метода должен быть отступ в один (1) пробел с каждой стороны.

Пример: «(uint32_t a, uint8_t b)».

- В случае, если метод не изменяет данные класса, после параметров в скобках следует поставить один (1) пробел, после чего слово «const;». «;» закрывает заголовок функции.

Пример:

```
void set      ( void ) const;  
void reset   ( void ) const;  
void invert  ( void ) const;  
int  read    ( void ) const;
```

10.6 Доступные пользователю нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных

- В качестве нестандартного типа может выступать enum class или структура.
- В качестве указателя на нестандартный тип может выступать указатель на enum class переменную или структуру.
- Перед возвращаемым типом метода должен быть отступ в один (1) tab.
- Имена методов должны быть выравнены с помощью tab с остальными методами этого типа. Выравнивание методов других типов производится по иной сетке.
- Аргументы методов в скобках должны быть разделены «, » (запятая + пробел).
- Внутри скобок перечисления аргументов метода должен быть отступ в 1 пробел с каждой стороны.

Пример: «(uint32_t a, uint8_t b)».

Пример:

```
E_ANSWER_GP met_g ( void );
```

10.7 Доступные пользователю статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип

- Перед зарезервированным словом «static» должен быть отступ в один (1) tab.
- Между «static» и типом возвращаемого значения должен быть выполнен отступ в один (1) пробел.
- Имена методов должны быть выравнены с помощью tab с остальными методами этого типа. Выравнивание методов других типов производится по иной сетке.
- Аргументы методов в скобках должны быть разделены «, » (запятая + пробел).
- Внутри скобок перечисления аргументов метода должен быть отступ в 1 пробел с каждой стороны.

Пример: «(uint32_t a, uint8_t b)».

- Так как предполагается, что данный метод будет работать с объектом(-ами) класса, в котором(-ых) описан его заголовок, то первым аргументом метода должен быть указатель на void, который внутри класса будет разыменован в указатель на объект класса, в котором был объявлен.
Используется указатель на void, а не на объект класса с целью совместимости с FreeRTOS, написанной на C.
- Первый аргумент метода следует называть «void *obj».

Пример:

```
static void task_1 ( void* obj );  
static int m_1 ( void* obj );
```

10.8 Доступные пользователю статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип

- В качестве нестандартного типа может выступать enum class или структура.
- В качестве указателя на нестандартный тип может выступать указатель на enum class переменную или структуру.
- Перед зарезервированным словом «static» должен быть отступ в один (1) tab.
- Между «static» и типом возвращаемого значения должен быть выполнен отступ в один (1) пробел.
- Имена методов должны быть выравнены с помощью tab с остальными методами этого типа. Выравнивание методов других типов производится по иной сетке.
- Аргументы методов в скобках должны быть разделены «, » (запятая + пробел).
- Внутри скобок перечисления аргументов метода должен быть отступ в 1 пробел с каждой стороны.

Пример: «(uint32_t a, uint8_t b)».

- Так как предполагается, что данный метод будет работать с объектом(-ами) класса, в котором(-ых) описан его заголовок, то первым аргументом метода должен быть указатель на void, который внутри класса будет разыменован в указатель на объект класса, в котором был объявлен.
Используется указатель на void, а не на объект класса с целью совместимости с FreeRTOS, написанной на C.
- Первый аргумент метода следует называть «void *obj».

Пример:

```
static E_ANSWER_GP met_a ( void* obj );
```

10.8.1 Открытие переменные и константы класса, доступные пользователю напрямую

Размещение переменных (изменяемых или заданных как const) в public области запрещено. Даже в случае, если требуется просто читать/записывать одну переменную, следует сделать отдельный метод(-ы) для этого. Так как прямое чтение данных из класса является нарушением ООП.

10.9 Внутренние constexpr методы класса, возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных

- Реализация тела функции не должна находиться в теле класса. Она (реализация тела функции) должна быть вынесена в отдельный файл. Допускаются только заголовки функций.
- Перед словом constexpr должен быть выполнен отступ в один (1) tab.
- Между зарезервированным словом constexpr и типом возвращаемого значения требуется поставить один (1) пробел.
- Имена методов должны быть выравнены с помощью tab с остальными методами этого типа. Выравнивание методов других типов производится по иной сетке.
- Аргументы методов в скобках должны быть разделены «, » (запятая + пробел).
- Внутри скобок перечисления аргументов метода должен быть отступ в 1 пробел с каждой стороны.

Пример: «(uint32_t a, uint8_t b)».

Пример:

```
constexpr uint32_t moder_reg_reset_init_msk_get ( EC_PORT_NAME port_name );
```

10.10 Внутренние constexpr методы класса, возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных

- В качестве нестандартного типа может выступать enum class или структура.
- В качестве указателя на нестандартный тип может выступать указатель на enum class переменную или структуру.

- Реализация тела функции не должна находиться в теле класса. Она (реализация тела функции) должна быть вынесена в отдельный файл. Допускаются только заголовки функций.
- Перед словом `constexpr` должен быть выполнен отступ в один (1) `tab`.
- Между зарезервированным словом `constexpr` и типом возвращаемого значения требуется поставить один (1) пробел.
- Имена методов должны быть выравнены с помощью `tab` с остальными методами этого типа. Выравнивание методов других типов производится по иной сетке.
- Аргументы методов в скобках должны быть разделены «, » (запятая + пробел).
- Внутри скобок перечисления аргументов метода должен быть отступ в 1 пробел с каждой стороны.

Пример: `«(uint32_t a, uint8_t b)»`.

```
constexpr EC_PORT_NAME port_name_get ( uint32_t value_reg );
```

10.11 **Закрытые нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных**

Оформляются так же, как и открытые нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип данных (подраздел [10.5](#)).

10.12 **Закрытые нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных**

Оформляются так же, как и открытые нестатические методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип данных (подраздел [10.6](#)).

10.13 **Закрытые статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип**

Оформляются так же, как и открытые статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение стандартного типа или указатель на стандартный тип (подраздел [10.7](#)).

10.14 **Закрытые статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип**

Оформляются так же, как и открытые статические (static) методы класса, выполняющиеся в реальном времени и возвращающие значение нестандартного типа или указатель на нестандартный тип (подраздел [10.8](#)).

10.15 **Закрытые константы класса стандартных типов**

- Перед зарезервированным словом «const» должен быть поставлен один (1) tab.
- В случае, если констант несколько, они пишутся через «, » (запятая + пробел).
- После типа константы требуется поставить tab (или несколько tab-ов) для выравнивания констант с остальными константами этого типа. Выравнивание констант других типов производится по иной сетке.

```
const uint32_t  a;  
const char      b, c;
```

10.16 **Закрытые константы класса нестандартных типов**

Оформляются так же, как и закрытые константы класса стандартных типов (подраздел [10.15](#))

```
const global_port_msk_reg_struct  gb_msk_struct;
```

10.17 **Закрытые переменные класса стандартных типов**

- Перед типом должен быть поставлен один (1) tab.
- В случае, если переменных несколько, они пишутся через «, » (запятая + пробел).
- Имена переменных должны быть выравнены с помощью tab с остальными переменными этого типа. Выравнивание переменных других типов производится по иной сетке.

```
uint32_t  flag;  
char      b, data;
```

10.18 **Закрытые переменные класса нестандартных типов**

Оформляются так же, как и закрытые переменные класса стандартных типов (подраздел [10.17](#)).

```
EC_FL mb_msk_struct;
```

Глава 11

Объявление упакованных структур (packed struct) в .h файлах

11.1 Когда стоит объявлять структуру как упакованную (packed struct)?

Структуру следует объявить как упакованную (packed struct), если она:

- описывает совокупность регистров аппаратного блока периферии (у которого, как известно, регистры имеют четко фиксированный размер и порядок следования);
- описывает образ памяти регистров аппаратного блока;
- описывает структуру какого-либо пакета со строго фиксированными полями.

11.2 Размещение упакованных структур (packed struct)

Прототипы упакованных структур должны быть размещены только в .h файлах. Экземпляры - в .c-файлах.

11.3 Оформление упакованных структур (packed struct)

- перед первой объявленной упакованной структурой размещается комментарий о начале соответствующей области (области упакованных структур), обернутый в многострочный комментарий с явно обозначенными границами символами «*» в количестве 70 штук. После комментария должна следовать пустая строка;
- перед каждой packed структурой размещается ее краткое описание, обернутое в многострочный комментарий. После краткого описания пустая строка не ставится;
- заголовок структуры следует оформить следующим образом:
 1. ключевое слово struct без отступов в начале строки;
 2. отступ в один (1) пробел;
 3. директива препроцессора «__attribute__((packed))»;
 4. пробел;
 5. имя структуры;
 6. пробел;
 7. открывающая тело packed структуры скобка «{»;
- поля структуры следует оформлять следующим образом:

1. каждая строка начинается с отступа в один (1) tab;
2. ключевое слово volatile;
3. один (1) пробел;
4. тип поля;
5. требуемое количество отступов, выполненных с помощью tab;
6. имя поля;
7. «;»;
8. требуемое количество tab;
9. «// » (// + пробел) + одно строчный комментарий.

- все имена полей структуры должны быть выравнены с помощью tab между собой;
- после последнего поля структуры следует скобка закрытия тела структуры («}»);
- после последней packed структуры вставляется пуста строка.

Пример области упакованных структур:

```

/*****
 * Область упакованных структур.
 *****/

/*
 * Перечень регистров физического порта ввода - вывода.
 */
struct __attribute__((packed)) port_registers_struct {
    volatile uint32_t mode;    // Регистр выбора режима работы выводов.
    volatile uint32_t otype;   // Регистр выбора режима выхода
                               // ( в случае, если вывод настроен как выход ).
    volatile uint32_t ospeede; // Регистр выбора скорости выводов.
    volatile uint32_t pupd;    // Регистр включения подтяжки выводов.
    volatile uint32_t id;      // Регистр с текущими данными на входе вывода.
    volatile uint32_t od;      // Регистр с выставленными пользователем на выход данными
                               // ( в случае, если вывод настроен как выход ).
    volatile uint32_t bsr;     // Регистр быстрой установки состояния выводов
                               // ( когда вывод настроен как выход ).
    volatile uint32_t lck;     // Регистр блокировки настроек.
    volatile uint32_t afl;     // Младший регистр настройки альтернативных функций выводов.
    volatile uint32_t afh;     // Старший регистр настройки альтернативных функций выводов.
};

```


Глава 12

Объявление структур в .h файлах

12.1 Когда стоит оборачивать данные в структуру?

Данные следует обернуть в структуру, если:

- требуется передавать более одного параметра в конструктор класса;
- требуется вернуть из функции более одного параметра;

Замечание: перед тем, как оборачивать данные в структуру проверьте, не имеются ли у вас условий, согласно которым данные должны быть обернуты в упакованную структуру (раздел 11)

12.2 Размещение структур

Прототипы структур должны быть размещены только в **.h** файлах. Экземпляры - в **.cpp**.

12.3 Оформление структур

- перед первой объявленной структурой размещается комментарий о начале соответствующей области (области структур), обернутый в многострочный комментарий с явно обозначенными границами символами «*» в количестве 70 штук. После комментария должна следовать пустая строка;
- перед каждой структурой размещается ее краткое описание, обернутое в многострочный комментарий. После краткого описания пустая строка не ставится;
- заголовок структуры следует оформить следующим образом:
 1. ключевое слово `struct` без отступов в начале строки;
 2. отступ в один (1) пробел;
 3. имя структуры;
 4. пробел;
 5. открывающая тело `packed` структуры скобка «{»;
- поля структуры следует оформлять следующим образом:
 1. каждая строка начинается с отступа в один (1) `tab`;
 2. тип поля;
 3. требуемое количество отступов, выполненных с помощью `tab`;
 4. имя поля;

5. «;»;
6. требуемое количество tab;
7. «// » (// + пробел) + одно строчный комментарий.

- все имена полей структуры должны быть выравнены с помощью tab между собой;
- после последнего поля структуры следует скобка закрытия тела структуры («}»);
- после последней структуры вставляется пуста строка.

Пример области структур:

```
/* *****  
 * Область структур.  
 * ***** /  
  
/*  
 * Краткое описание структуры...  
 */  
struct a {  
    uint32_t  b;    // Пояснение к полю b.  
    uint32_t  c;    // Пояснение к полю c.  
};
```

Глава 13

Объявление enum class-ов в .h файлах

13.1 Когда стоит объявлять enum class?

Enum class-ы стоит объявлять, если какому-то полю структуры/переменной требуется присвоить какое-то одно значение из заранее известного ряда, каждому из которых можно присвоить уникальное имя.

13.2 Размещение enum class-ов

Прототипы enum class-ов должны быть размещены только в **.h** файлах.

13.3 Оформление enum class-ов

- перед первым объявленным enum class-ом размещается комментарий о начале соответствующей области (области enum class-ов), обернутый в многострочный комментарий с явно обозначенными границами символами «*» в количестве 70 штук. После комментария должна следовать пустая строка;
- перед каждым enum class-ом размещается его краткое описание, обернутое в многострочный комментарий. После краткого описания пустая строка не ставится;
- заголовок enum class-а следует оформить следующим образом:
 1. ключевое словосочетание «enum class» без отступов в начале строки;
 2. отступ в один (1) пробел;
 3. имя enum class-а (в соответствии с правилами написания имён enum class-ов);
 4. пробел;
 5. открывающая тело enum class-а скобка «{»;
- значения enum class-ов следует оформлять следующим образом:
 1. каждое значение начинается с отступа в один (1) tab;
 2. имя значения;
 3. требуемое количество отступов, выполненных с помощью tab;
 4. «= » («=» + один (1) tab);
 5. непосредственное цифровое значение;
 6. «,» (в случае, если элемент последний, запятая не ставится).
 7. требуемое количество tab;
 8. «// » (// + пробел) + однострочный комментарий.

- выравнивание производится по знаку «=» с левой стороны;
- после последнего значения enum class-а следует скобка закрытия его тела и точка с запятой («};»), расположенная на новой строке;
- после последнего enum class - а вставляется пустая строка.

Пример области структур:

```
/* ****  
* Область enum class - ов.  
* **** */  
  
enum class EC_PORT_NAME {  
    A = 0,  
    B = 1,  
    C = 2,  
    D = 3,  
    H = 4  
};
```

Глава 14

Объявление макросов в .h файлах

14.1 Когда стоит объявлять макрос?

Макрос следует объявить, если имеется фрагмент кода, многократно повторяющийся в коде программы с незначительными изменениями в каждом конкретном случае. При этом использовать отдельную `constexpr` функцию не рационально или невозможно.

Пример: при заполнении массива структур инициализации выводов некоторое количество выводов инициализируются как входы ADC. Для того, чтобы не писать каждый раз все параметры каждого пина, достаточно будет воспользоваться макросом, в котором нужно указать изменяющиеся параметры: имя порта и вывода.

14.2 Размещение макросов

Прототипы макросов должны быть размещены в .h файлах.

14.3 Оформление макросов

- перед первым объявленным макросом размещается комментарий о начале соответствующей области (области макросов), обернутый в многострочный комментарий с явно обозначенными границами символами «*» в количестве 70 штук. После комментария должна следовать пустая строка;
- перед каждым макросом размещается его краткое описание, обернутое в многострочный комментарий. После краткого описания пустая строка не ставится;
- заголовок макроса следует оформить следующим образом:
 1. ключевое слово `#define` без отступов в начале строки;
 2. отступ в один (1) пробел;
 3. имя макроса (в соответствии с правилами написания макросов);
 4. открывающаяся скобка (`(«»`);
 5. параметры макроса через запятую без пробелов в соответствии с правилами написания макросов;
 6. закрывающаяся скобка (`(«»`);
 7. тело макроса;

Пример:

```
/*
 * Область макросов.
 */
```

```

/*
 * Возвращает структуру конфигурации вывода,
 * настроенного на вход, подключенный к ADC.
 */
#define M_PIN_CFG_ADC(PORT, PIN) {
    .port          = PORT,
    .pin_name      = PIN,
    .mode          = EC_PIN_MODE::ANALOG,
    .output_config = EC_PIN_OUTPUT_CFG::NOT_USE,
    .speed         = EC_PIN_SPEED::LOW,
    .pull          = EC_PIN_PULL::NO,
    .af            = EC_PIN_AF::NOT_USE,
    .locked        = EC_LOCKED::LOCKED,
    .state_after_init = EC_PIN_STATE_AFTER_INIT::NO_USE
}

```

Глава 15

Объявление constexpr функций в .h файлах

15.1 Оформление заголовка constexpr функций

В случае, если constexpr функция относится к какому-либо классу, ее заголовок должен быть объявлен в этом классе. Если же функция не относится к какому-либо классу, разрешается не объявлять ее заголовка (в случае, если можно построить сборку проекта таким образом, что дополнительное объявление заголовка нет требуется). В случае, если заголовок все-таки требуется объявить, это следует сделать по тому же стандарту, что и внутри класса (раздел 10).

15.2 Оформление тела constexpr функции

Сам по себе заголовок функции непосредственно перед телом оформляется иначе, еже ли как отдельный заголовок или в составе класса.

1. ключевое слово «**constexpr**»;
2. один (1) пробел;
3. тип возвращаемого значения;
4. один (1) пробел;
5. имя функции в соответствии с правилами оформления имен constexpr методов;
6. открывающаяся скобка аргументов метода (без пробела) «(»;
7. один (1) пробел;
8. аргументы метода через «, » (запятая + пробел);
9. один (1) пробел;
10. закрывающаяся скобка «)»;
11. один (1) пробел;
12. открывающая тело метода скобка «{»

Пример:

```
constexpr uint32_t p_base_port_address_get ( EC_PORT_NAME port_name ) {
```

Содержимое тела constexpr метода оформляется так же, как и у обычного метода. По окончании кода метода на новой строке следует «}» и одна пустая строка.

Пример:

```
constexpr uint32_t bb_p_port_look_key_get( EC_PORT_NAME port_name ) {  
    uint32_t port_point = p_base_port_address_get( port_name );  
    port_point += 0x1C;  
    return M_GET_BB_P_PER( port_point , 16 );  
}
```


Глава 16

Оформление .cpp файлов библиотеки

16.1 Введение

В *.cpp* файлах библиотеки могут находиться только методы, исполняемые в реальном времени (как методы, принадлежащие какому-либо классу, так и `static` методы).

В *.cpp* файлах пользователя помимо выше перечисленного еще допустимо объявление экземпляров глобальных объектов `const` `constexpr` объектов и структур инициализации.

16.2 Оформление конструкторов в .cpp файлах

Как говорилось ранее, все объекты, используемые пользователем, должны быть экземплярами `constexpr` классов. Как следствие, все конструкторы так же являются `constexpr`. В связи с тем, что они не требуют выполнения в реальном времени, они должны быть объявлены в соответствующих *.h* файлах (раздел [9](#)).

Часть III

СТРУКТУРА АБСТРАКЦИЙ АППАРАТНЫХ БЛОКОВ ПЕРИФЕРИИ И ПРИМЕРЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Глава 17

Введение

Для работы с аппаратными блоками периферии в библиотеке присутствуют абстрактные блоки, которые используются пользователем или драйверами более высокого уровня. Они обеспечивают высокую скорость взаимодействия пользователя или драйверов высокого уровня с аппаратной периферией, сохраняя при этом удобный для восприятия и использования уровень абстракции.

Модули библиотеки позволяют комфортно взаимодействовать со следующими аппаратными блоками:

- порты ввода-вывода общего назначения (глава [18](#));

Каждый абстрактный блок представляет из себя класс/группу классов, экземпляр(-ы) которого(-ых) должен(-ы) быть объявлен(-ы) в коде пользователя/драйвере более высокого уровня как глобальный(-е) `const constexpr` объект(-ы). Более подробная информация об объявлении и использовании блоков приведена в соответствующих разделах.

Глава 18

Модуль работы с портами ввода-вывода общего назначения (PORT)

Данный модуль состоит из следующих классов:

- `pin` (раздел 18.1);
- `global_port` (раздел 18.2);

18.1 Класс `pin`

18.1.1 Общие сведения о классе

Объект данного класса позволяет работать с конкретным выводом порта.

18.1.2 Методы класса `pin`

- `constexpr pin (const pin_config_t* const pin_cfg_array, uint8_t size = 1);`
Конструктор класса принимает указатель на структуру/массив структур конфигурации режима(-ов) работы вывода.
Замечание 1: в случае, если метод `reinit` объекта будет использован в коде пользователя или драйверах высокого уровня, структура/массив структур, на которую(-ый) ссылается указатель, полностью попадает во flash. В связи с тем, что метод `reinit` будет использовать структуру/элемент массива.
- **Замечание 2:** важно понимать, что все структуры конфигурации вывода (в случае, если передаётся указатель на массив структур) должны относиться к одному физическому выводу (изменяя лишь режим его работы).
- **Замечание 3:** В случае, если в качестве параметра выступая единичная структура, а не массив структур, второй параметр указывать не нужно.
- `void set (void) const;`
Устанавливает 1 на выводе, если вывод сконфигурирован как выход;
- `void reset (void) const;`
Устанавливает 0 на выводе, если вывод сконфигурирован как выход;
- `void set (uint8_t state) const;`
Устанавливает заданное состояние на выводе (1 или 0), если вывод сконфигурирован как выход;
- `void set (bool state) const;`
Устанавливает заданное состояние на выводе (`true == 1` или `false == 0`), если вывод сконфигурирован как выход;

- **void set (int state) const;**
Устанавливает заданное состояние на выводе (1 или 0), если вывод сконфигурирован как выход;
- **void invert (void) const;**
Логическое НЕ состояния на выходе вывода, если вывод сконфигурирован как выход;
- **int read (void) const;**
Возвращает логическое состояние на входе вывода, если вывод сконфигурирован как вход;
- **EC_ANSWER_PIN_REINIT reinit (uint8_t number_config) const;**
Переинициализирует вывод в ходе выполнения программы в выбранную конфигурацию.
Замечание: первичная инициализация вывода по нулевой (0) структуре производится объектом *global_port*. Что избавляет от надобности начальной инициализации вывода. Данный метод следует вызывать, если требуется изменить конфигурацию вывода на иную в ходе выполнения программы (при условии, что он не был заблокирован объектом *global_port*).
Возвращаемое значение:
 - **OK** - вывод был успешно переинициализирован;
 - **LOCKED** - конфигурация вывода была заблокирована;
 - **CFG_NUMBER_ERROR** - вы попытались инициализировать вывод несуществующей конфигурацией;

18.2 Класс *global_port*

18.2.1 Общие сведения о классе

Объект данного класса позволяет работать со всеми имеющимися в контроллере портами ввода-вывода. В проекте должен быть один экземпляр (объект) данного класса. Объект предоставляет следующие возможности:

- переинициализация конкретных или всех портов (при условии, что те не были заблокированы);
- блокировка конкретных или всех портов;
- получение данных о текущем состоянии блокировки;

18.2.2 Методы класса *global_port*

- **constexpr global_port (const pin_config_t* const pin_cfg_array, const uint32_t pin_count);**
Конструктор класса принимает указатель на структуру/массив структур конфигурации режима(-ов) работы вывода(-ов). Сами структуры во flash загружены не будут (при условии, что они не были повторно использованы ещё и объектом класса *pin*).
На основе этих структур создаётся внутренняя структура *gb_msk_struct*, содержащая в себе массив масок портов, физически разведённых в корпусе контроллера. Важно заметить следующее:
 - размер массива зависит только от количества физически разведённых портов в корпусе контроллера и не зависит от количества переданных структур конфигурации выводов;
 - на каждый физический вывод контроллера должна приходиться только одна структура конфигурации;

- в случае, если по ошибке будет передано несколько структур инициализации, ссылающиеся на один вывод, в итоговом массиве масок будет последняя конфигурация из массива структур;
- для тех выводов, для которых не было передано структуры инициализации, будет выбрана конфигурация по-умолчанию;

- **E_ANSWER_GP reinit_all_ports (void) const;**

Метод инициализирует в реальном времени все порты ввода-вывода контроллера, основываясь на переданной(-ом) во время формирования объекта *pin_config* структуре/массиве структур (используется созданная конструктором структура с массивом масок портов).

Возвращаемое значение:

- **SUCCESS** - переинициализация прошла успешно;
- **LOOK** - порт заблокирован, переинициализация некоторых (или всех) выводов какого-то (или всех) порта(-ов) невозможна.

Заметка: Может быть, что выводы одного или нескольких портов не были переинициализированы. В случае обнаружения блокировки порта производится попытка переинициализации (на случай, если требуется переинициализировать те выводы, которые заблокированы не были). Данное поведение можно изменить, раскомментировав `define NO_REINIT_PORT_AFTER_LOOKING` в файле *stm32_f20x_f21x_conf.h*. В этом случае, если порт был заблокирован ранее - попытки переинициализировать его не производится и метод переходит к следующему порту.

Если хоть один порт из имеющихся был ранее заблокирован, то будет возвращено именно **LOOK**, даже если другие были успешно проинициализированы.

- **E_ANSWER_GP reinit_port (EC_PORT_NAME port) const;**

Метод переинициализирует конкретный порт, основываясь на переданной(-ом) во время формирования объекта *pin_config* структуре/массиве структур (используются созданная конструктором структура с массивом масок портов).

Возвращаемое значение:

- **SUCCESS** - переинициализация прошла успешно;
- **LOOK** - порт заблокирован, переинициализация некоторых (или всех) выводов порта невозможна.

Заметка: В случае обнаружения блокировки порта производится попытка переинициализации (на случай, если требуется переинициализировать те выводы, которые заблокированы не были). Данное поведение можно изменить, раскомментировав `define NO_REINIT_PORT_AFTER_LOOKING` в файле *stm32_f20x_f21x_conf.h*. В этом случае, если порт был заблокирован ранее - попытки переинициализировать его не производится и работа метода на этом заканчивается (будет возвращен **LOOK**).

- **E_PORT_LOCKED_KEY get_state_locked_key_port (EC_PORT_NAME port) const;**

Метод возвращает состояние ключа блокировки порта.

Возвращаемое значение:

- **SET** - порт уже заблокирован;
- **RESET** - порт не был заблокирован.

- **E_ANSWER_PORT_SET_LOCK set_locked_key_port (EC_PORT_NAME port) const;**

Метод блокирует конфигурацию выводов порта, подлежащих блокировке.

Возвращаемое значение:

- **OK** - конфигурации выводов, в структурах конфигурации которых значилось, что их можно блокировать, были успешно заблокированы (порт успешно заблокирован);

- **ALREADY** - порт был ранее заблокирован;
 - **ERROR** - после попытки блокировки порта, порт не был заблокирован (вероятнее всего, на порт не был подан сигнал тактирования);
- **E_ANSWER_PORT_SET_LOCK set_locked_keys_all_port (void) const;**
Метод блокирует конфигурацию выводов, подлежащих блокировке, во всех портах.
Возвращаемое значение:
 - **OK** - все порты были успешно заблокированы;
 - **ALREADY** - один из портов был ранее заблокирован;
 - **ERROR** - после попытки блокировки порта, один из портов (или все) не был заблокирован (вероятнее всего, на один (или все) из порт не был подан сигнал тактирования);

18.2.3 Замечания к классу `global_port`

- В случае, если некоторые (или все) выводы порта/портов были заблокированы, попытка переинициализации выводов методами *reinit_all_ports* и *reinit_port* все равно производится.
Это нужно на случай, когда требуется переинициализировать некоторые (1 и более) выводов не трогая другие. Данное поведение можно сменить в `stm32_f20x_f21x_conf.h`, раскомментировав `define NO_REINIT_PORT_AFTER_LOOKING`.