Глава 6. Прерывания. NVIC, EXTI

Ежелев Г.И.

29 Ноября.

Основные принципы

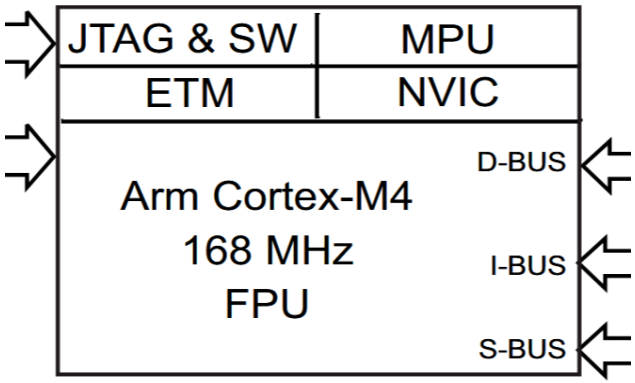
Применение

- Задачи, где важно быстро среагировать на какое-то событие (не обязательно внешнее) и его обработать. Т.е. прервать программу; обработать событие; вернуться обратно в ту же часть программы и продолжить выполнение.
- Например, инкремент энкодера. Сигнал от датчика настолько короткий, что его можно упустить при стандартной обработке: data = GPIO_PIN_x & GPIOx -> IDR (сигнал пройдет пока программа на других строках кода).
- Внутреннее событие так же может вызывать прерывание. На самом деле такое прерывание мы уже писали - это подсчёт времени.

NVIC

Nested vectored interrupt controller (NVIC) - Вложенный векторный контроллер прерываний.
Что это значит?

- Вложенный (nested) - контроллер находится прямо внутри ядра процессора CORTEX-M4. Это обеспечивает наибольшую скорость обработки прерываний.



- Векторный (vectored) - программа содержит таблицу с адресами функций - обработчиков конкретного события. Каждый такой адрес называется вектором.

Немного о самой таблице векторов (адресов прерываний)

- В начале памяти (по умолчанию во флеше) лежит массив слов: первое слово — начальный адрес стека, дальше идут адреса обработчиков Reset, NMI, HardFault, затем всех остальных прерываний.
- В самом ядре есть регистр VTOR: в нём хранится начальный адрес таблицы.
- **Номер прерывания = индекс в таблице**. Если придёт, например, IRQ №23, ядро возьмёт слово №23 от начала таблицы и прыгнет по адресу, который там лежит.
- То есть конкретное прерывание жестко привязано именно к номеру строки в таблице.

Эту таблицу можно найти в файле startup_stm32 (в проекте в папке main)

```
; Vector Table Mapped to Address 0 at Reset
                AREA    RESET, DATA, READONLY
                EXPORT  __Vectors
                EXPORT  __Vectors_End
                EXPORT  __Vectors_Size

__Vectors       DCD     __initial_sp              ; Top of Stack
                DCD     Reset_Handler             ; Reset Handler
                DCD     NMI_Handler               ; NMI Handler
                DCD     HardFault_Handler         ; Hard Fault Handler
                DCD     MemManage_Handler         ; MPU Fault Handler
                DCD     BusFault_Handler          ; Bus Fault Handler
                DCD     UsageFault_Handler        ; Usage Fault Handler
                DCD     0                         ; Reserved
                DCD     0                         ; Reserved
                DCD     0                         ; Reserved
                DCD     0                         ; Reserved
                DCD     SVC_Handler               ; SVCall Handler
                DCD     DebugMon_Handler          ; Debug Monitor Handler
                DCD     0                         ; Reserved
                DCD     PendSV_Handler            ; PendSV Handler
                DCD     SysTick_Handler           ; SysTick Handler

                ; External Interrupts
                DCD     WWDG_IRQHandler                 ; Window WatchDog
```

ISR

То, что мы называем прерыванием - функция обрабатывающая конкретное событие, вызванная по адресу из таблицы

- Строго говоря, перед тем, как прыгнуть в эту функцию хорошо бы запомнить откуда мы это делаем, чтобы после конца прерывания не забыть, куда надо вернуться. Также нужно сохранить все локальные переменные и необработанные значения
- ISR (Interrupt Service Routine) — это процедура обслуживания прерывания, то есть функция, которую процессор выполняет в ответ на конкретное прерывание.
- Состоит как раз из «запоминания», самой функции, возврата в исходную позицию.
- За нас, как и в ардуине, все делает либа!!!

Обычно ISR:

- Быстро фиксирует событие: читает/сбрасывает флаг прерывания, забирает данные из регистра периферии, кладёт в буфер, ставит флаги.
- Минимизирует время выполнения: без тяжёлых циклов, логики чтобы не блокировать остальные прерывания и основной код.
- На время исполнения может блокировать (откладывать) другие прерывания. **Если вы заблокируете другие прерывания и вызовите delay(ms) то программа зависнет.** Угадайте почему.