**Побитовые операции**

Побитовые операции – мощный и изящный инструмент, полезный при низкоуровневом программировании аппаратных средств. Однако мощный инструмент требует правильного использования. Рассмотрим сущность побитовых операции, их свойства и применение при работе с портами ввода/вывода.

Определим **побитовые** операции, сравнив их с родственными **логическими** операциями (*И, ИЛИ*). При вычислении логической операции на вход подаются два булевых операнда, на выходе получаем булево значение, например:

1 И 0 = 0

1 ИЛИ 0 = 1

Каждая **одиночная** побитовая операция представляет собой **серию** логических операции над парами операндов. Пример:

|  |  |
| --- | --- |
| & | A = 10101 |
| B = 00111 |
|  |  00101 |

Здесь выполнено побитовое *И* – серия логических *И* для пар битов пятиразрядных двоичных чисел A и B. (Знак «&» - амперсанд обозначает побитовое *И* в языке Си). Аналогичным образом, побитовое *ИЛИ* (знак вертикальная черта «|» в Си) представляет собой серию логических *ИЛИ*:

|  |  |
| --- | --- |
| | | A = 110011 |
| B = 100111 |
|  |  110111 |

Рассмотрим важные в дальнейшем свойства логических *И*, *ИЛИ*. Рассмотрим выражение x && 1 при различных значениях x:

$x \&\& 1=\left\{\begin{matrix}0, если x=0\\1, если x=1\end{matrix}\right.$

Проще говоря, логическое *И* с единицей не меняет x:

$$1°) x \&\& 1=x$$

Рассмотрим теперь выражение x && 0:

$x \&\& 0=\left\{\begin{matrix}0, если x=0\\0, если x=1\end{matrix}\right.$

То есть логическое *И* с нулем всегда дает 0, независимо от x.

$$2°) x \&\& 0=0$$

Аналогично анализируя результат выражения при различных значениях x, получим правила для логического *ИЛИ*:

$$3°) x || 1=1$$

$$4°) x || 0=x$$

(докажите это самостоятельно).

Основываясь на изложенном, научимся решать задачи:

* Задача 1. Проверка отдельного бита числа.
* Задача 2. Установить нужный бит числа в 0, остальные оставить неизменными.
* Задача 3. Установить заданный бит числа в 1, остальные не трогать.

Необходимость проверки отдельного бита (задача 1) возникает при обработке нажатий кнопки, подключенной к одной из ножек порта ввода/вывода микроконтроллера. Допустим, нас интересует кнопка, подключенная к ножке PD2 (порт D, вторая ножка). Чтобы программно определить, что кнопка нажата, надо определить состояние второго бита регистра PIND. Рассчитаем результат выражения PIND & 0b00000100 при всевозможных значениях PIND (учтем свойства 1° и 2°):

|  |  |
| --- | --- |
| & | PIND = b7b6b5b4b3b2b1b0 |
|  00000100 |
|  |  00000b2 00 |

 Второй бит результата равен второму биту PIND, остальные биты PIND не влияют на результат. Таким образом:

при нажатой кнопке: PIND & 0b00000100 = 0b00000000

при отпущенной кнопке: PIND & 0b00000100 = 0b00000100 ≠ 0

Учитывая это, код проверки положения кнопки можно написать так:

|  |
| --- |
| int year;if (PIND & 0b00000100) year = 1824;else year = 1799; |

Очевидно, в случае нажатой кнопки в переменной year год рождения гениального поэта, а при отпущенной кнопке – великого писателя.

Изменять значение одного бита, не трогая другие (задачи 2, 3) нужно, если мы хотим зажечь (или погасить) один из светодиодов, подключенный к порту ввода/вывода. Пусть нас интересует диод, подключенный к ножке PB1. Чтобы его зажечь, надо записать 0 в 1-й бит регистра PORTB, оставив неизменными. Рассмотрим фрагмент кода в языке Си:

|  |
| --- |
| PORTB = PORTB & 0b11111101; |

Рассмотрим, что окажется в PORTB после выполнение операции:

|  |  |
| --- | --- |
| & | PORTB = b7b6b5b4b3b2b1b0 |
|  11111101 |
|  |  b7b6b5b4b3b20b0 |

Результат операции PORTB & 0b11111101 совпадает с исходным значением PORTB за исключением 1-го бита (снова вследствие свойств 1° и 2°).

Если мы теперь хотим погасить диод на PB1, то нам надо записать в бит b1 единицу, как и раньше не испортив (т.е. оставив неизменными) остальные биты. Заметим, что это нельзя сделать с помощью побитового *И* (самостоятельно рассмотрите результат выражения PORTB & 0b00000010, которое так и тянет использовать). Рассмотрим, как это достигается побитовым *ИЛИ*:

|  |
| --- |
| PORTB = PORTB | 0b00000010; |

Рассмотрим результат побитовой операции (учтем свойства 3° и 4°):

|  |  |
| --- | --- |
| | | PORTB = b7b6b5b4b3b2b1b0 |
|  00000010 |
|  |  b7b6b5b4b3b21b0 |

Результат отличается от начального значения PORTB только первым битом.

Отметим важную особенность побитовых операций: если требуется установить бит в 0, то надо использовать побитовое *И*, если надо установить бит в 1, используется побитовое *ИЛИ*.