Лабораторно упражнение №3
"Управление на входно-изходните портове на микроконтролера MSP430FR6989"

3.1. Въведение.

MSP430FR6989(PZ100) има 100 извода, от които **83** могат да се използват като логически входове/изходи за общо предназначение (GPIO – General Purpose Input Output). Конфигурацията им се променя в зависимост от фърмуера, който изпълнява микроконтролера. Texas Instruments номерират всеки извод по следната схема:

$$P_{X.Y},$$

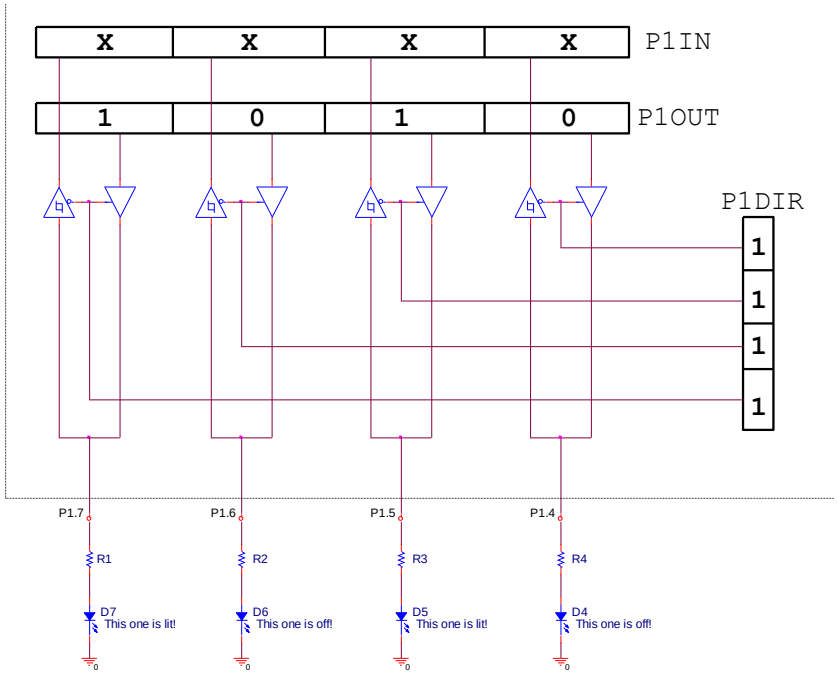
където X е номера на входно-изходния порт, а Y – номера на входно-изходния извод.

Портовете се номерират с цифра от 1 ÷ 9, като изключение прави PJ.y, който обозначава специален порт, към който е свързан JTAG интерфейсът. Ако JTAG не се използва, те могат да се използват като изводи с общо предназначение. Входовете са с тригер на Шмит. Номерът на извода може да приема стойности P1.(0 ÷ 7), P2.(0 ÷ 7), P3.(0 ÷ 7), P4.(0 ÷ 1), PJ.(0 ÷ 5) и т.н.

На всеки извод отговаря по един бит от даден регистър в микроконтролера. Най-важните регистри за управлението на портовете са:

- **PxDIR** – регистър, указващ типа на извода. Избира дали ще е вход или изход.
- **PxIN** – регистър, отразяващ логическото състояние на изводите, конфигурирани като входове.
- **PxOUT** – регистър, контролиращ логическото състояние на изводите, конфигурирани като изходи.

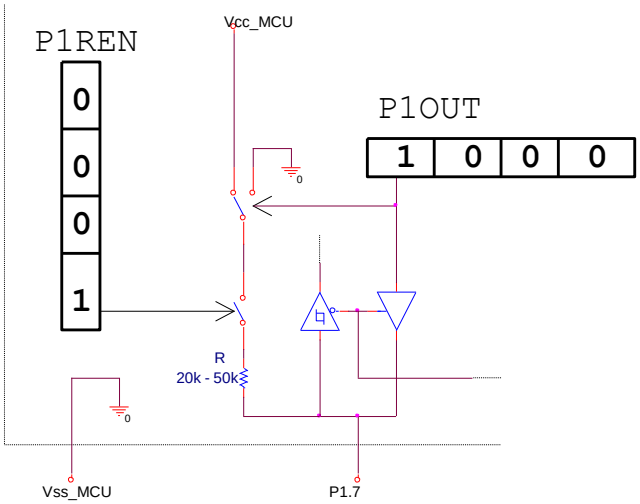
  Ако конфигурираме изводите на микроконтролера като изходи и свържем към тях периферни устройства, например светодиоди, то чрез запис в PxOUT регистъра ще можем да управляваме тези устройства посредством логическите нива на изводите. Такъв пример е показан на **фиг. 3.1**.



Фиг. 3.1. – Пример за управление лог. ниво на входно-изходните изводи

За простота е показан само най-старшият квартет от използваните регистри. При запис $10100000_{(b)}$ в P1OUT ще светят само светодиоди D7 и D5. Аналогично при конфигуриране на изводите като входове, ако подадем логическа 1 на P1.7 и P1.5, то бит 7 и 5 от P1IN ще се установят в 1. Тогава програмата може да прочете регистър P1IN, което ще върне резултат $10100000_{(b)}$ и така да разбере на кой извод какво ниво е подадено.

Често в микроконтролерите се включват вътрешни резистори, „издърпващи“ даден вход към логическа 0 или 1 (**фиг. 3.2**). Това позволява намаляване броя на външно-включваните елементи. Най-често това се използва при свързване на бутони и схеми с отворен колектор/дрейн.

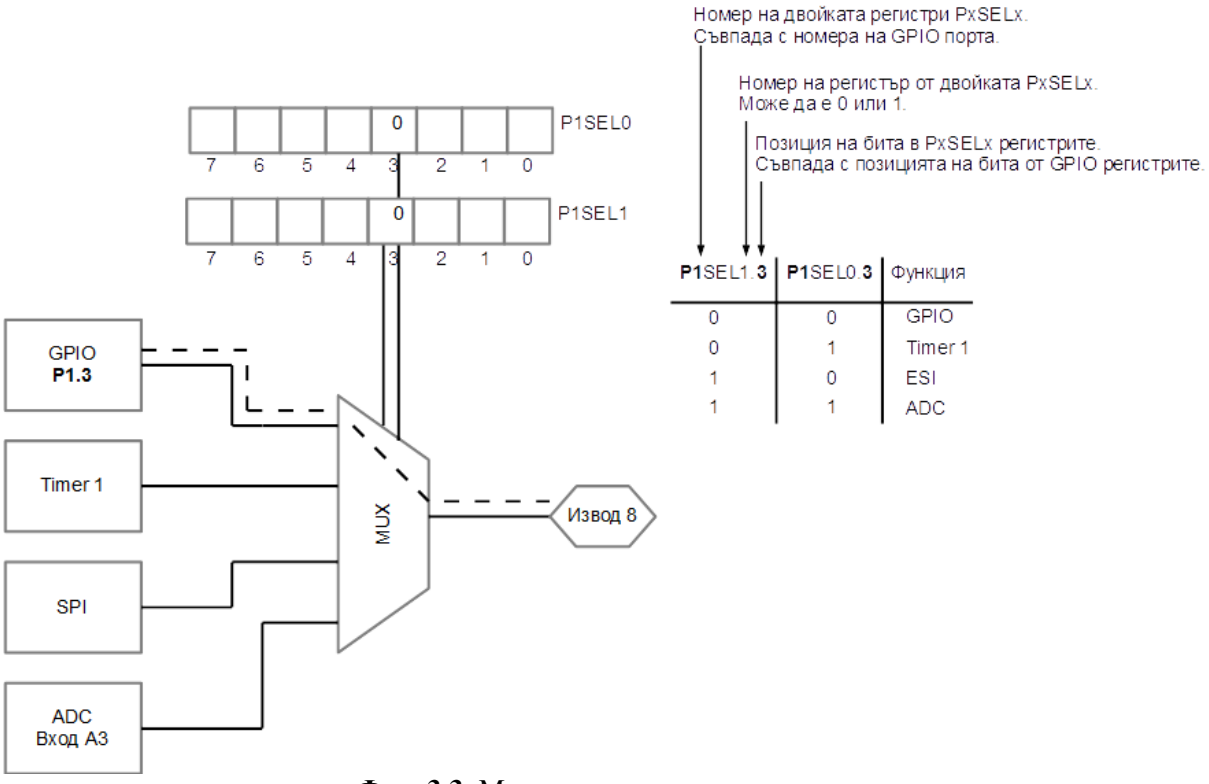


Фиг. 3.2. Свързване на „издърпващ“ резистор към извод на контролера

- **PxREN** – регистър за включване/изключване на вътрешния издърпващ резистор (1 – включен, 0 – изключен). Когато дадения извод е конфигуриран като вход, PxOUT задава вида на резистора (1 – pull-up, 0 – pull-down). Стойността му е без значение и варира от 20 ÷ 50 k (по каталожни данни).
- **PxIE** – регистър, разрешаващ прекъсванията (interrupts). Ако даден извод е конфигуриран като вход, той може да се използва за генериране на прекъсване (1 – прекъсването от даден извод е разрешено, 0 – прекъсването е забранено). Прекъсването е процес на спиране изпълнението на главната програма и стартиране изпълнението на специална програма (interrupt handler), разположена на различен адрес в паметта. Този процес е асинхронен спрямо изпълнението на главната програма. Той позволява микроконтролерът свободно да извършва дадени операции и само при настъпване на събитие (прекъсване) да обслужва заявката чрез специален сорс код. Алтернативен метод на работа е с постоянна проверка (polling) за настъпило събитие, но докато тя се извършва, микроконтролерът не може да прави нищо друго.
- **P1IFG** – регистър с битове, отговарящи на източника на прекъсване. Специалната програма (interrupt handler) в повечето случай е само една за GPIO модула. При работа с два или повече извода, програмата няма как да знае кой от тях е генерирал прекъсването. Затова регистър P1IFG съдържа флагове, осигуряващи ни информацията кой точно извод е генерирал прекъсването. Позицията на флага (бита) носи тази информация.
- **PxIES** – регистър, определящ активния фронт на прекъсването. Прекъсването от извод, конфигуриран като вход, може да се осъществи по два начина – по

нарастващ фронт (0 → 1) или по падащ фронт (1 → 0) на входния сигнал. 0 – конфигурира прекъсване по нарастващ фронт (rising edge), 1 – по падащ(falling edge). Други микроконтролери позволяват прекъсване по четири начина – по фронт(0 → 1 / 1 → 0) и по ниво (1 / 0).

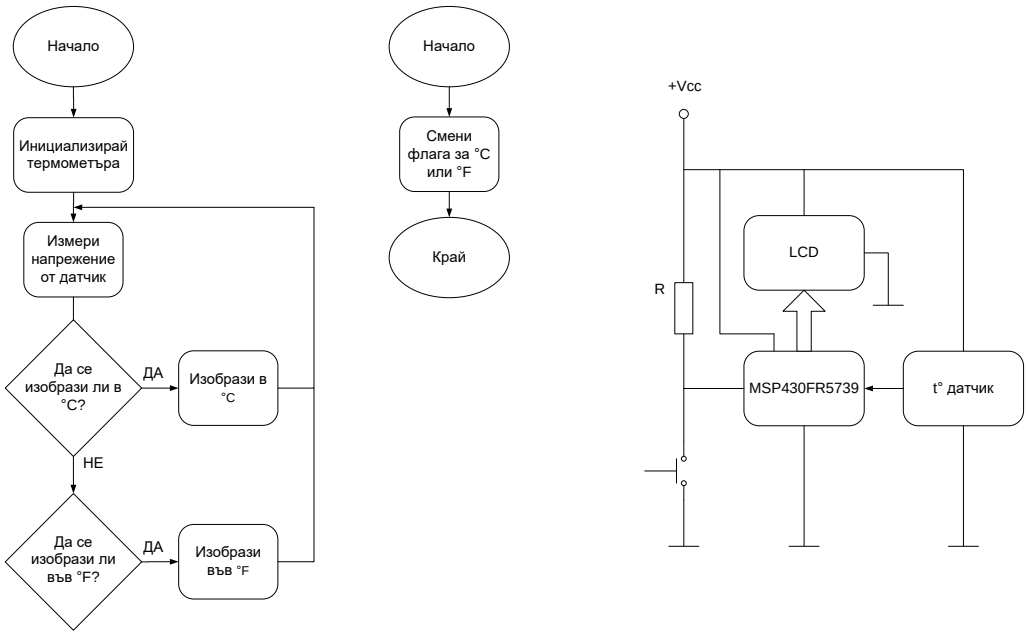
- **PxSEL0** и **PxSEL1** – регистри, конфигуриращи функцията на извода. При всички микроконтролери даден извод понякога може да извършва повече от една функция. В настоящото упражнение разглеждаме функцията GPIO, но изводите могат да се използват и от ADC, компаратор, PWM, SPI и други модули. За да се превключи функцията на извода, производителят на ИС реализира мултиплексор, като всеки негов вход се избира от регистри PxSEL0 и PxSEL1 (за MSP430). Данни за функциите на всеки извод може да се намерят в каталога (datasheet) на микроконтролера. На **фиг. 3.3** е показан извод 63 на MSP430FR6989 (PZ100), който може да се използва от GPIO, Timer1, ESI, и ADC модула. Както се вижда от таблицата на фигурата, името на регистъра се формира от номера на GPIO порта, свързан към дадения извод. Това значи, че регистри P1SEL0 – P1SEL1 мултиплексират изводи P1.0 – P1.7, P2SEL0 – P2SEL1 мултиплексират P2.0 – P2.7 и т.н. Комбинацията от допълнителни периферни модули, свързани към изводите, зависи от конкретния микроконтролер.



Фиг. 3.3. Мултиплексиране на изводите

Пример за използване на прекъсване с използване на входно-изходен извод

Пример за програма, използваща прекъсвания е показана на **фиг. 3.4**. Представена е блоковата схема на устройството и управляващия алгоритъм. От тях е видно, че основната програма изпълнява измерването на температурата и опреснява дисплея. Когато потребителят натисне бутона, микропроцесорът получава прекъсване и обслужва по-малка програма, която променя начина на изобразяване на температурата. След това изпълнението на главната програма продължава там, откъдето е била прекъсната.



Фиг. 3.4. Пример за използване на прекъсване с използване на входно-изходен извод

ЗАДАЧИ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ

1. Да се създаде нов проект с име **Lab_3_1** в папка **/Desktop/MSHT_GR_XX_N/Lab_3_1**, да се копира програмата на асемблер, която включва и изключва светодиод от демоплатката с MSP430FR6989. Да се изпълни програмата стъпка по стъпка. Да се наблюдават регистрите на микропроцесора и изходния порт. Да се постави точка на прекъсване.

Принципната схема е показана в **Schema.pdf**. С цел опростяване, част от елементите на макета са пропуснати. Разположението на елементите на макета е показано в **Maket.pdf**.

2. Да се създаде нов проект с име **Lab_3_2** в папка **/Desktop/MSHT_GR_XX_N/Lab_3_2**, и да се реализира задача 3.2.1., но с програмния език С и друг (произволен) светодиод.

3. Да се създаде нов проект с име **Lab_3_3** в папка **/Desktop/MSHT_GR_XX_N/Lab_3_3**, и да се реализира програма на С, която да чете състоянието на бутон **S1** и да превключва светодиод **D8** от платката. Да се използва метода “polling”. Да се наблюдава регистъра P1IN.

4. Да се създаде нов проект с име **Lab_3_4** в папка **/Desktop/MSHT_GR_XX_N/Lab_3_4**, и да се реализира програма на С, която да чете състоянието на бутон **S1** и да превключва светодиод **D8** от платката. Да се използват прекъсвания.