

 **Технически университет – София**

**Факултет по електронна техника и технологии**

 **Катедра „Електронна техника”**

**Презентация № 6**

**Периферни схеми за временни интервали**

**дисциплина „Микропроцесорна схемотехника” – ВЕ30**  
**ОКС „Бакалавър” от Учебен план за студентите на специалност**  
**Електроника, Професионално направление**  
**5.2. Електротехника, електроника и автоматика**



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

# Съдържание

1. Методи за генериране на времеви интервали
2. Основни блокове на ССР модулите
  - броячи
  - делители на честота
  - блокове за измерване на времеви интервали (**C**apture)
  - блокове за генериране на времеви интервали (**C**ompare)
  - блокове за ШИМ (**P**WM)
3. Обобщена блокова схема на ССР модул
4. Допълнителни схеми
  - watchdog таймери
  - системни real-time таймери
  - часовници за реално време (RTC)
  - схеми за начално установяване POR, BOR
5. Блокове за управление на електродвигатели
6. Литература



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Методи за генериране на времеви интервали

Във вградените системи почти винаги се налага генерирането и измерването на времеви интервали. Например, системата трябва да измерва периодично с АЦП-то си изхода на датчик и да изпраща данните към базова станция. Друг вариант – трябва да генерира импулси с определен коефициент на запълване и период, които да се използват за управление на различни изпълнителни устройства, например електродвигатели. Измерването на параметри на импулси също е важно, защото някои датчици и периферни схеми генерират честота, пропорционална на измерваната величина.

За генерирането на времеви интервали има два подхода: единият е то да се реализира софтуерно, чрез цикъл, или хардуерно – чрез цифрова схема, вградена в микроконтролера.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Методи за генериране на времеви интервали

- **Софтуерно** генериране на закъснение – може да се извърши с празен цикъл например:

```
L1:   mov     r5, #100 ;зареди 100 в r5, 1-такт
      sub     r5, #1   ;намали r5 с едно, 1-такт
      cbnz   L1       ;сравни и се върни в L1, ако е ненулев
                        ;резултат, 3-такта
```

Ако микропроцесорът работи с тактова честота 50 MHz, то периода на един тактов сигнал ще е  $T = 1 / 50 \text{ MHz} = 20 \text{ ns}$ . От горната програма може да изчислим колко време ще отнеме цялото изпълнение на цикъла:  $t = [1 + 100 \cdot (1 + 3)] \cdot 20 \text{ ns} = 401 \cdot 20 = 8,02 \text{ }\mu\text{s}$ . Чрез промяна на първия ред можем да променим това време за нуждите на приложението.

Аналогично такава програма на C би изглеждала:



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Методи за генериране на времеви интервали

```
for(i = 0; i < 100 ; i++)  
{  
  
}
```

и ако знаем времето, за което се изпълнява една итерация от цикъла, може да изчислим закъснението на цялата конструкция.

Предимства – софтуерното генериране на времеви интервали не изисква специални хардуерни модули.

Недостатъци – докато микропроцесорът изпълнява кода на цикъла, нищо друго не може да бъде извършено от него.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*

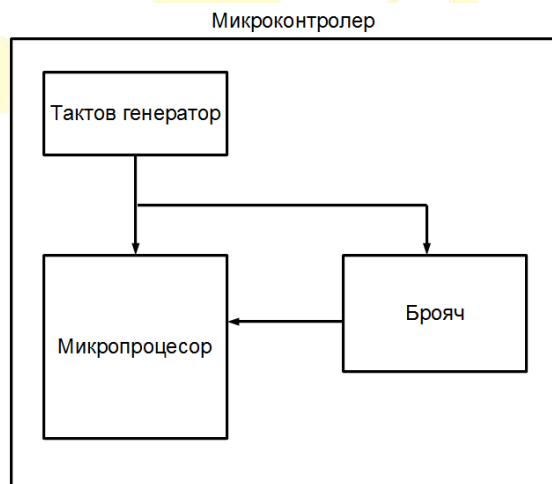


Европейски социален фонд

## Методи за генериране на времеви интервали

- **Хардуерно** генериране на закъснение – може да се извърши със специален модул, вграден в микроконтролера. Неговата цел е да отмери определен брой тактови импулси и да сигнализира на процесора, когато е достигнат максимумът.

Предимства – докато този отделен модул отброява, микропроцесорът може да продължи изпълнението на програмата си.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

## Основни блокове на ССР модулите (Броячи)

Най-общо периферните схеми за генериране и измерване на времеви интервали могат да се нарекат **ССР модули** (Capture, Compare and PWM). Следва разглеждане на основните блокове, от които са изградени те.

- **Броячи** – това са логически схеми, в изходите на които се установяват съответните логически нива, отговарящи на всеки един разред от числото, съответстващо на изброените импулси, постъпили на входа [1]. Разредността на брояча зависи от броя на изходите му, т.е. на максималното число, което може да бъде изведено на тях.

**4-битови броячи** – максималното число, до което могат да броят е  $2^4 - 1 = 15$

**8-битови броячи** – максималното число, до което могат да броят е  $2^8 - 1 = 255$

**16-битови броячи** – максималното число, до което могат да броят е  $2^{16} - 1 = 65535$

**32-битови броячи** – максималното число, до което могат да броят е  $2^{32} - 1 = 4\,294\,967\,295$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*

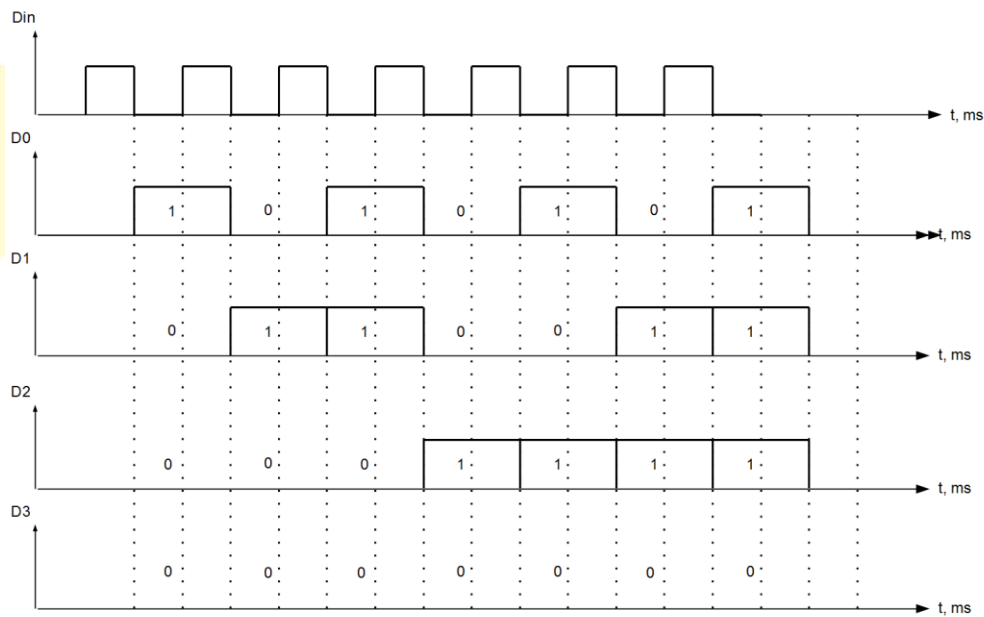


# Основни блокове на ССР модулите (Броячи)

На фигурата по-долу е демонстрирана работата на един 4-битов брояч. На входа му се подават 7 импулса.



Din	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**

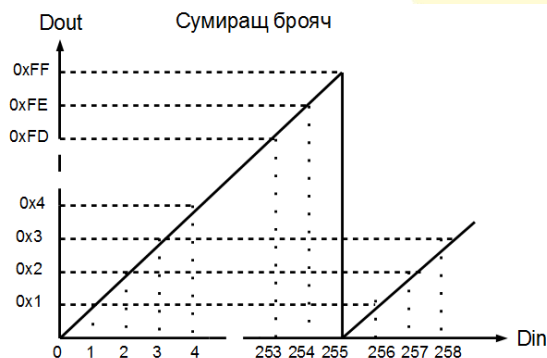


Европейски социален фонд



## Основни блокове на ССР модулите (Броячи)

В зависимост от това дали броенето се осъществява от нула или към нула броячите биват **сумиращи** и **изваждащи**. При тях след препълване броячът се установява или в 0, или в максимума. А ако след препълването броячът започне да брои наобратно, то тогава той е **реверсивен**. На фигурите е демонстрирана работата на 8-битови броячи.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Основни блокове на ССР модулите (Делители на честота)

Делителите на честота не се различават съществено от броячите. Това са едни и същи структури, като двете понятия се използват в зависимост от приложението им [1]. Делителите на честота притежават само един изход и при тях е от значение коефициента на делене, който осигуряват и коефициента на запълване на изходните импулси.

На следващия слайд е представена блокова схема на програмируем делител на честота. Детекторът на състояние е свързан последователно на изходите от брояча. На входовете Ds0 – Ds3 се задава числото, до което броячът трябва да брой. Когато това число бъде достигнато, детекторът рестартира брояча чрез входа Master Reset (MR).

Програмируемите делители намират широко приложение в микроконтролерите, тъй като от една фиксирана системна честота могат да се получат други по-ниски такива. Това позволява повече възможности за конфигуриране на различните периферии.



Европейски съюз

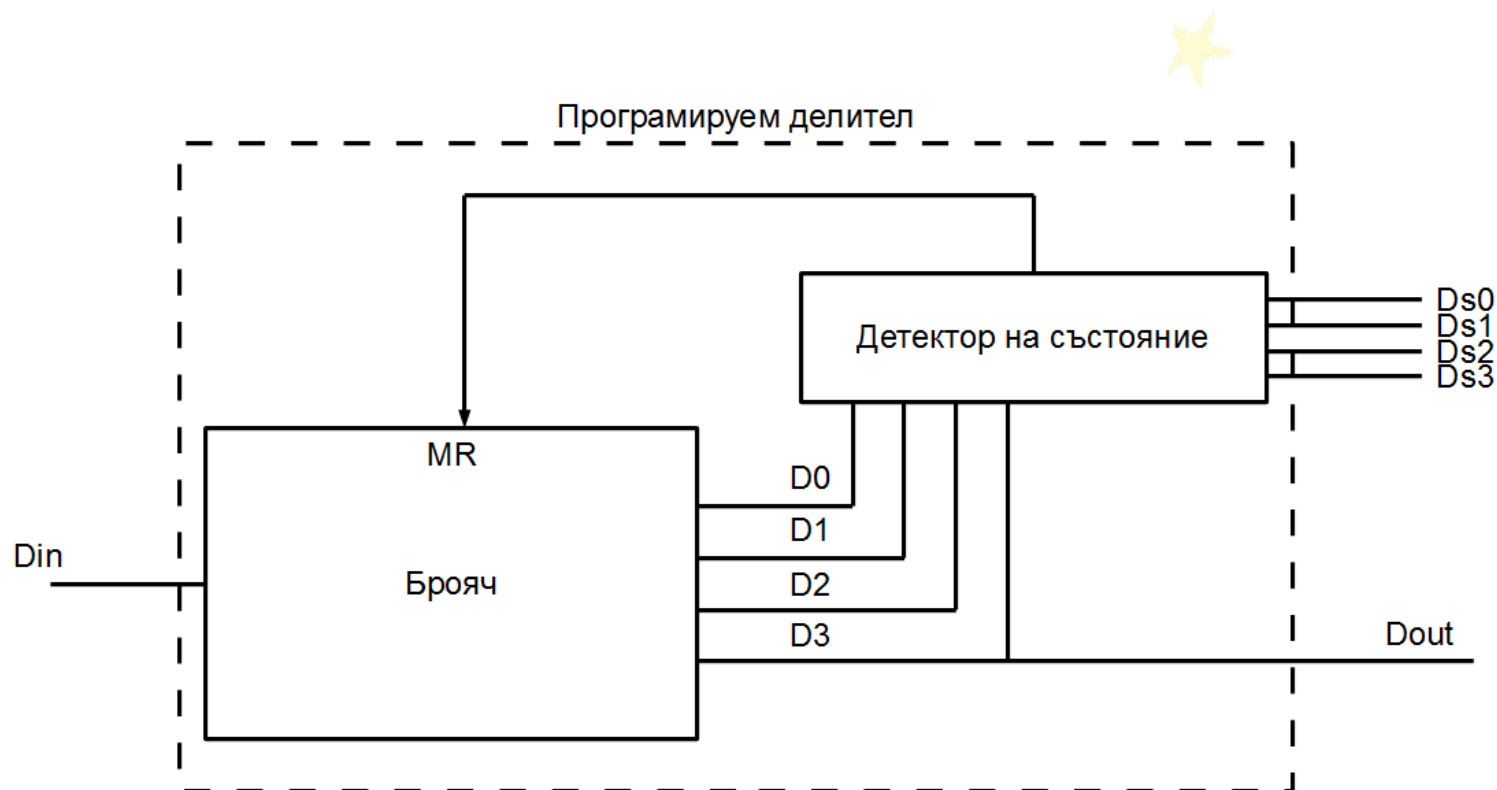
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Основни блокове на ССР модулите (Делители на честота)



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

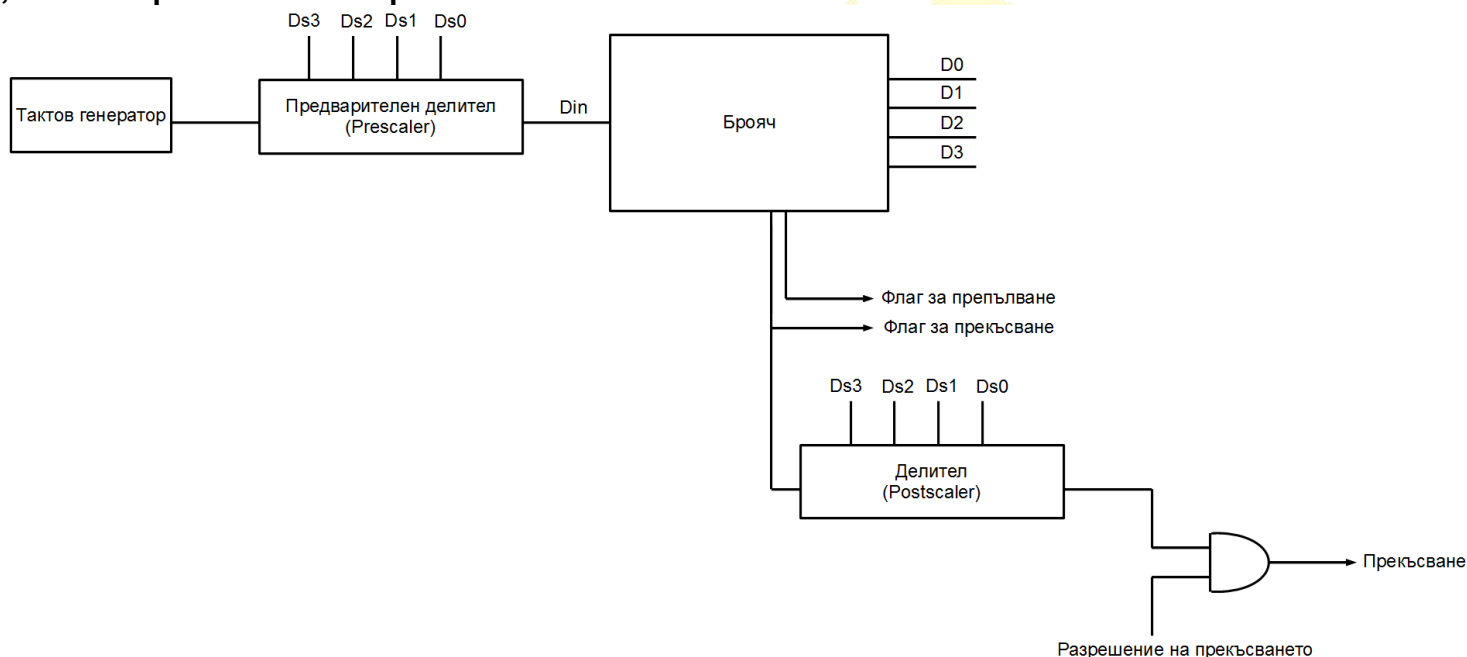
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Основни блокове на ССР модулите (Делители на честота)

Понякога делителите се използват не само за понижаване на входната честота, но и за конфигуриране на прекъсванията, както е показано по-долу. Вижда се, че благодарение на втория делител (postscaler) може да се конфигурира прекъсване на всяко второ, трето, четвърто и т.н. прекъсване.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

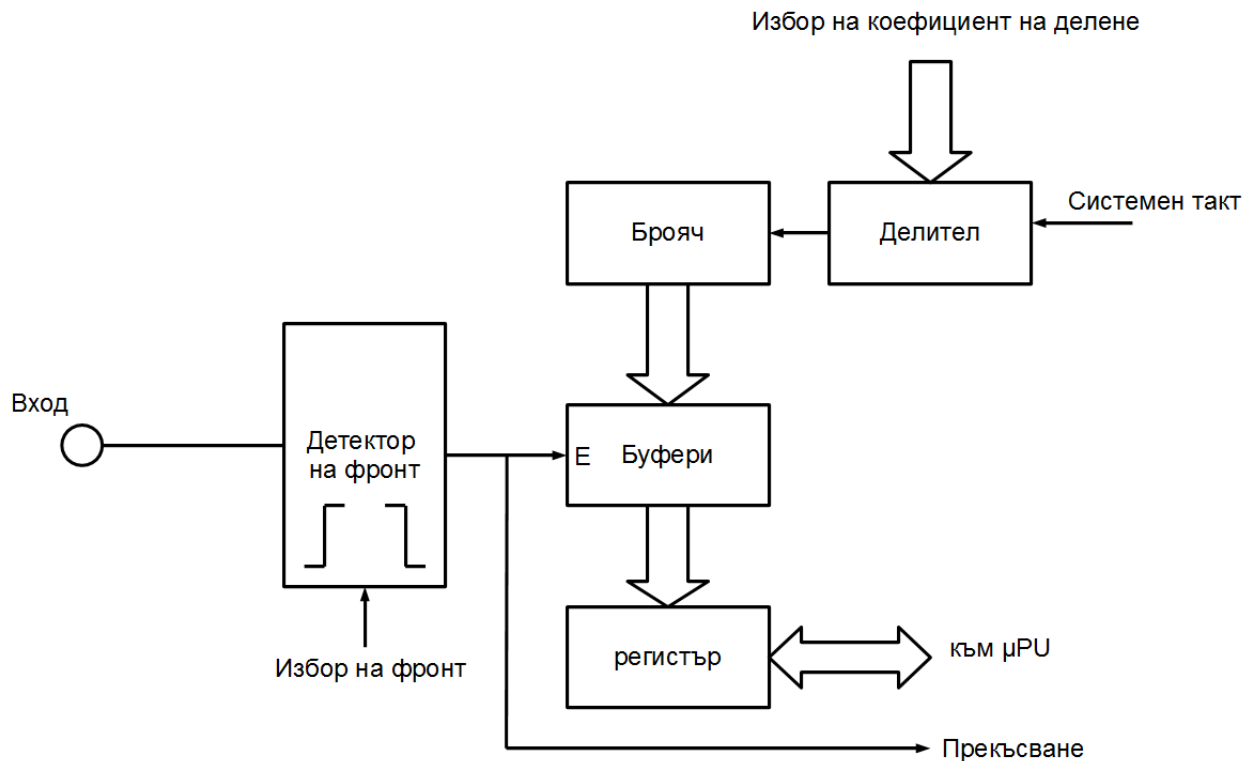
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Основни блокове на ССР модулите (изм. на t)

На схемата по-долу е представена една типична реализация на блок за измерване времетраенето на входни импулси (capture), подадени на извод на микроконтролера.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Основни блокове на ССР модулите (изм. на t)

Системният тактов сигнал се подава на входен делител, който го разделя до необходимата стойност. След това се подава на брояча, чийто изходи са свързани към потребителски регистър, в който се записва настоящата му стойност. Връзката между двата блока е осъществена с буфери, притежаващи вход за разрешение. Той от своя страна е свързан към специална схема за детектор на фронт, към който се подава входния сигнал. При настъпване на преход в логическото ниво на входа, детекторът на фронт ще забрани буферите и стойността в регистъра ще престане да се опреснява. При настъпването на това събитие потребителската програма може да прочете тази стойност и да определи времетраенето от стартирането на брояча до прехода на фронт.

Така чрез този модул може да се измерва период. Процесорът нулира брояча на всеки втори преход на импулса, като преди това прочита стойността от регистъра. Този процес е демонстриран на следващия слайд.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*

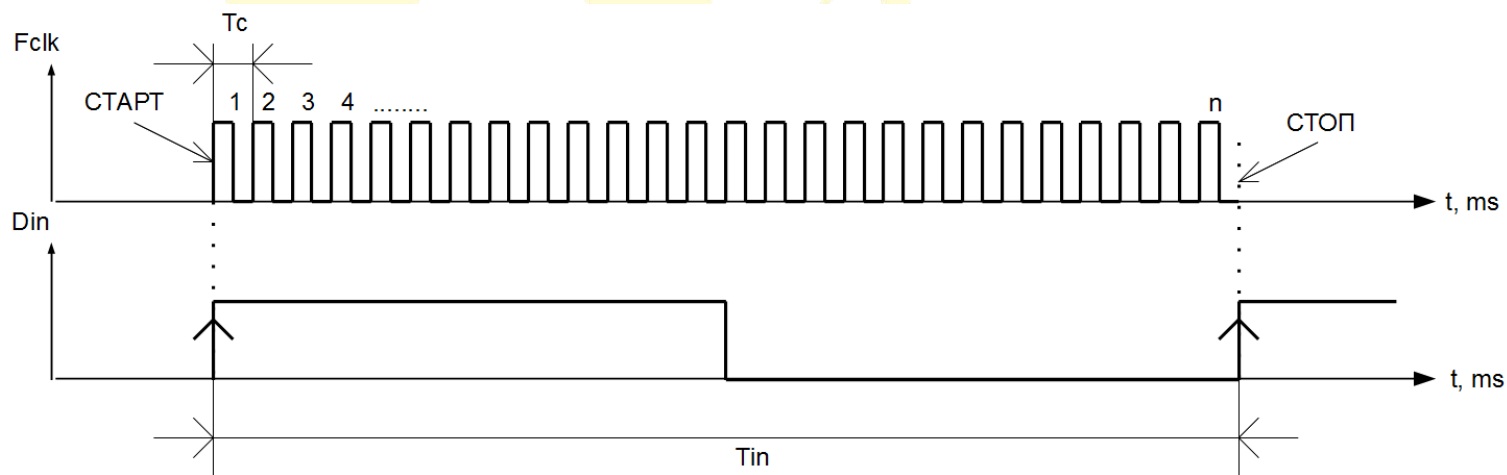


## Основни блокове на ССР модулите (изм. на t)

Ако  $T_{in}$  е периода на входния импулс,  $n$  – стойността на брояча,  $T_c$  – периода на тактовата честота на брояча, то:

$$T_{in} = n \cdot T_c$$

Броячът се нулира при втория преход (предполага се, че измерването става по нарастващ фронт в случая).



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*

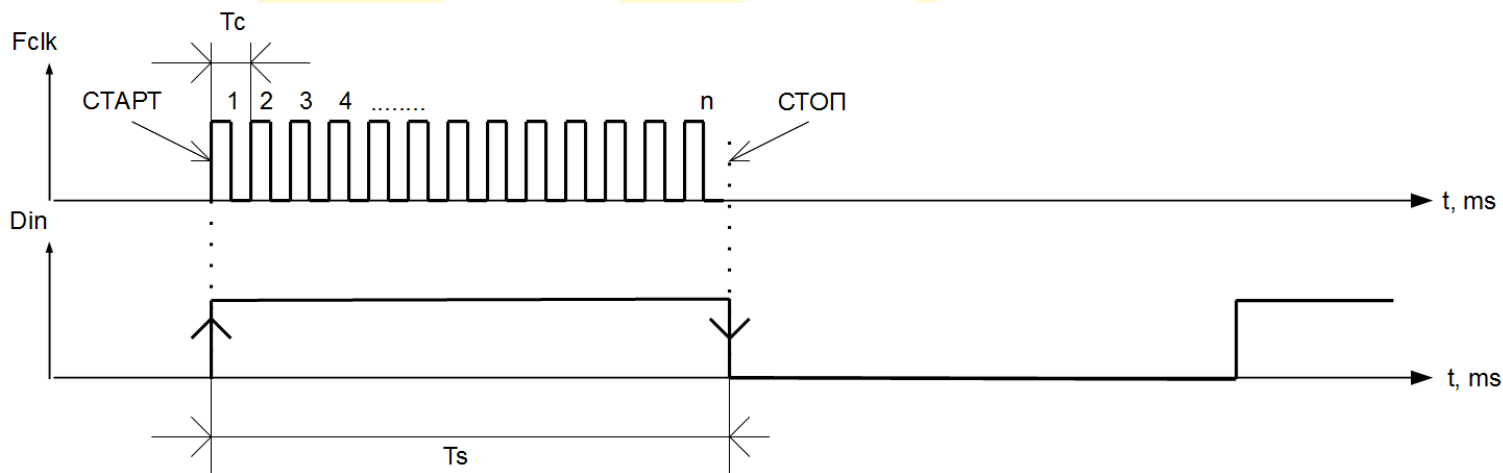


Европейски социален фонд

## Основни блокове на ССР модулите (изм. на t)

За да се измери продължителността на самия импулс  $T_s$ , управляващата програма трябва промени фронта на сработване веднага след започването на измерването, както е показано на фигурата по-долу.

Точността на измерването зависи от тактовата честота на брояча  $F_{clk}$  и неговата разредност (4-, 8-, 16-, 32-битов). Колкото по-големи са те, толкова по-малка е грешката от измерването.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*





## Основни блокове на ССР модулите (ген. на t)

Схемите за генериране на времеви интервали също използват броячи като техни основни модули. При изтичане на времето се генерира някакво събитие – или даден извод променя логическото си състояние, или се генерира прекъсване, или автоматично се прочитат данни от АЦП и т.н.

На фигурата на следващия слайд е даден модул за генериране на времеви импулси (compare). Потребителската програма записва число в регистъра, което ще определи големината на времевия интервал. След това се пуска броячът. Изхода на брояча се сравнява със записаното число от един цифров компаратор. Когато настъпи съответствие компараторът изработва сигнал, който се пренасочва от управляващия блок към блока за прекъсвания, към GPIO извод или др.



Европейски съюз

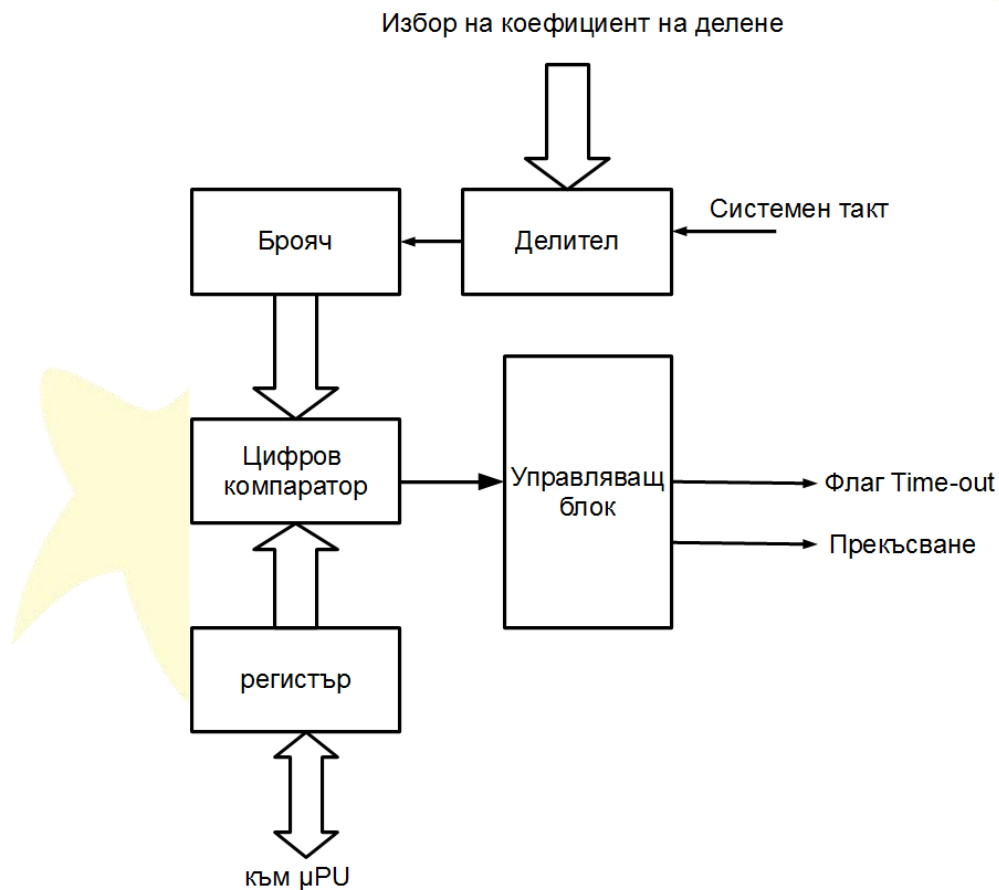
**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



# Основни блокове на ССР модулите (ген. на t)



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Основни блокове на ССР модулите (PWM)

В много приложения се изисква генерирането на сигнал, чийто коефициент на запълване не е равен на 50%. Като пример може да се посочи цифрово-аналогово преобразуване, управление на мотори и други изпълнителни механизми. При тях трябва също така този коефициент да може да се променя от потребителската програма. На следващия слайд е показана блокова схема на един PWM модул предназначен за целта.

Почти винаги тези модули имат поне два управляващи регистъра – в единият от тях се задава **периода на сигнала**, а в другия – **продължителността на импулса**. Както знаем отношението на тези две времена дава коефициента на запълване. Изхода на брояча се свързва към два компаратора, чиито изходи са подадени на един RS-тригер. Броячът се нулира при започването на всеки нов период (затова сигналът на входа S се подава на входа Нул.). Изходът на тригера се буферира и извежда на извод от микроконтролера.



Европейски съюз

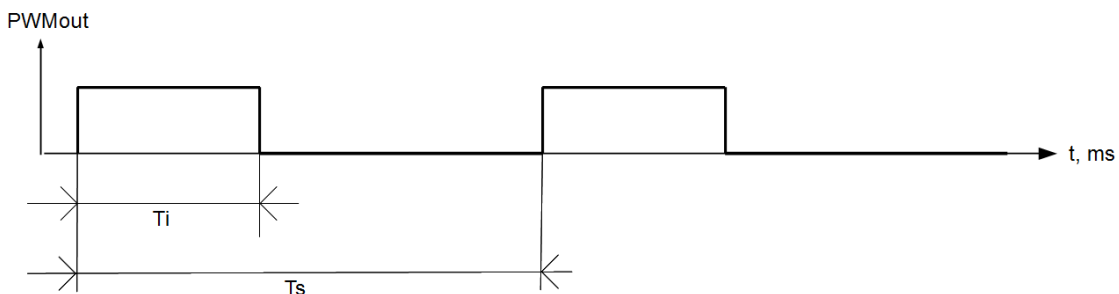
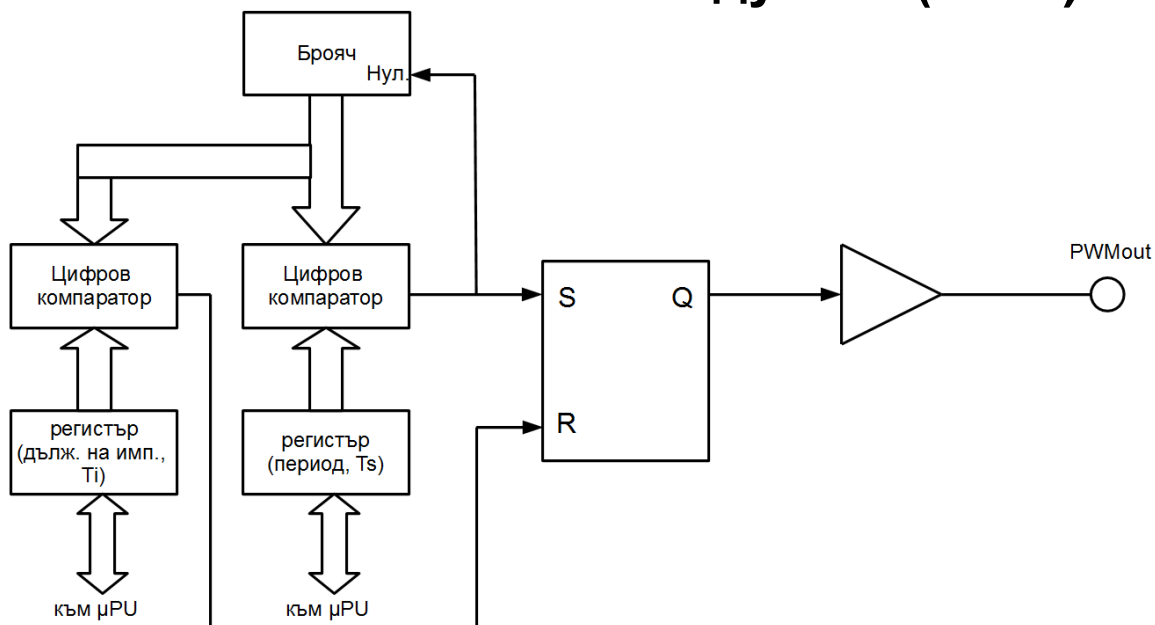
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Основни блокове на ССР модулите (PWM)



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**

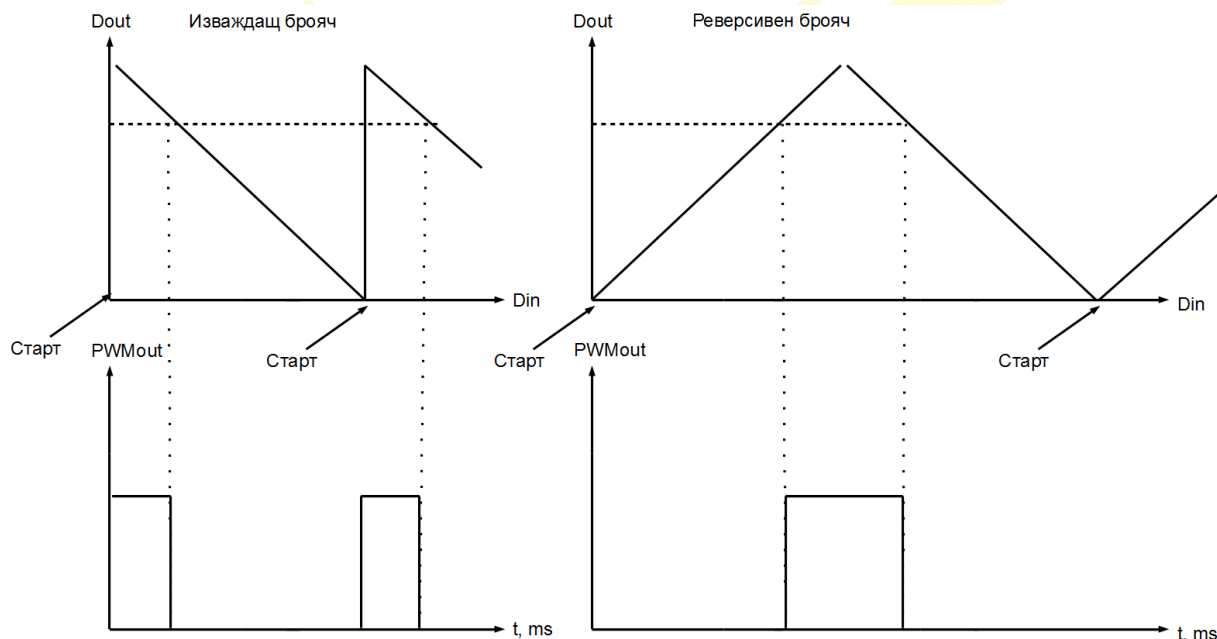


Европейски социален фонд

## Основни блокове на ССР модулите (PWM)

Ако броячът на даден PWM модул работи в **сумиращ** или **изваждащ** режим, то изходният сигнал се генерира с **едностранна** (ляво или дясно подравнена) ШИМ.

Ако броячът на даден PWM модул работи в **реверсивен** режим, то изходният сигнал се генерира с **двустранна** модулация.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Обобщена блокова схема на ССР модул

На следващия слайд е показана примерна обобщена схема на ССР модул на микроконтролер. Условно тя може да се раздели на две части – таймер и същински ССР.

Таймерът може да се нарече също и брояч. На входа си той получава тактов сигнал от някой от източниците на системен такт (в съвременните  $\mu$ CU обикновено има повече от един системен тактов сигнал). След това този сигнал може да се раздели от един или повече делителя за по-фина настройка на времевите интервали. Често броячите се реализират с няколко режима на работа – сумиращ, изваждащ и реверсивен, като потребителя избира кой от тях да се използва.

Към таймерът са свързани няколко ССР модула. Те съдържат вече описаните capture, compare и PWM блокове. В някои микроконтролери ССР може да се включват към други таймери (обикновено са вградени повече от един таймер с общо предназначение).



Европейски съюз

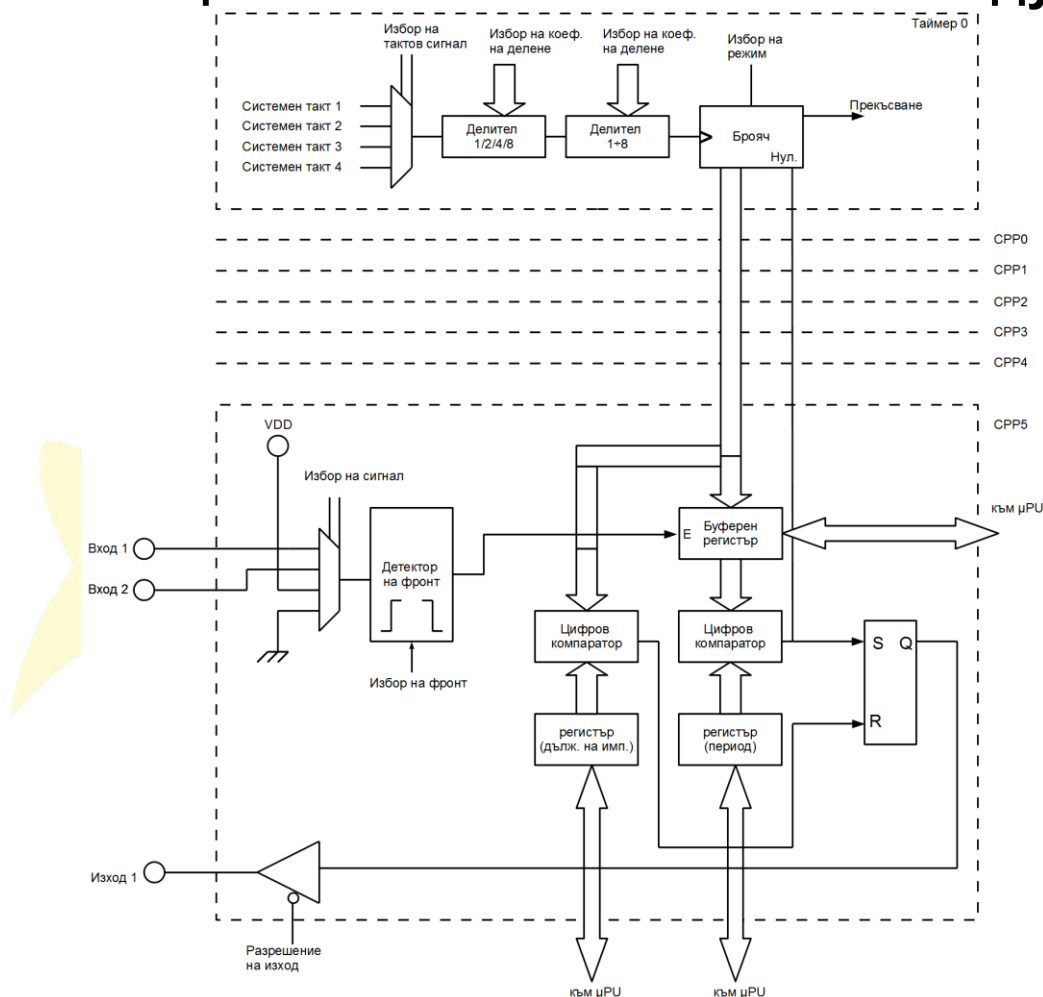
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Обобщена блокова схема на ССР модул



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Допълнителни схеми (WDT)

**Стражевите** или още **Watchdog** таймери (WDT – WatchDog Timer) са модули, които се използват за автоматично рестартиране на микроконтролерите в случай, че управляващата програма замръзне (увисне) в някой нейн клон.

WDT е брояч, при препълването на който се рестартира микроконтролера. Задължение на управляващата програма е да се нулира този брояч преди той да се препълни. По този начин, ако програмата замръзне, WDT няма да бъде нулиран и ще рестартира системата след изтичане на определен интервал от време.

На фигурата на следващия слайд е показано действието на един 16-битов WDT.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

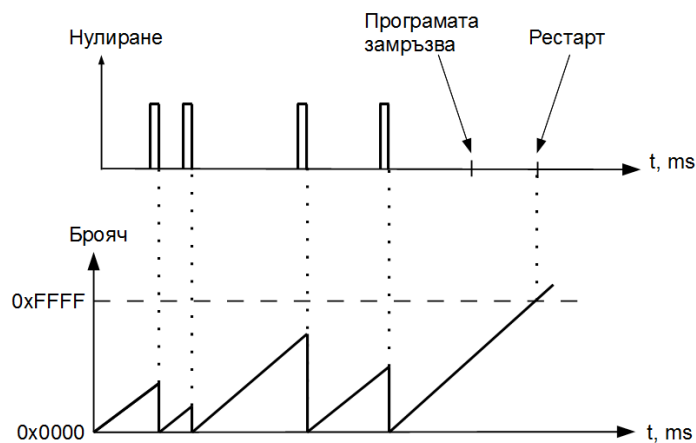
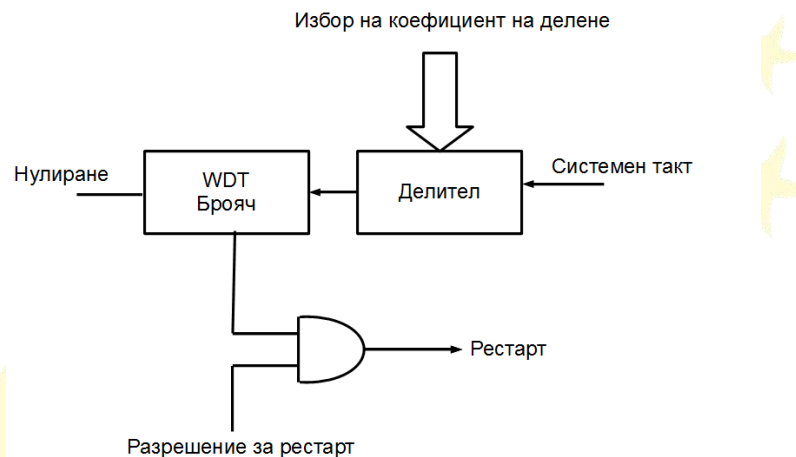
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**





# Допълнителни схеми (WDT)



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски съюз



Европейски социален фонд

## Допълнителни схеми (SysTick)

В микроконтролерите се вграждат броячи, реализиращи генериране на прекъсвания на равни интервали от време. Те се наричат **системни таймери** или **таймери за реално време**. Някои от приложенията на тези таймери са:

- при използване на операционна система за реално време
- аларма с възможност за променяне на времевите интервали
- обикновен таймер, който може да се реализира и с ССР модул
- контролен таймер, отмерващ дали дадено събитие е завършило в определен времеви интервал.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Допълнителни схеми (RTC)

**Часовниците за реално време** (RTC – real time clock) са периферни схеми за отмерване на астрономическо време. Те представляват един брояч, към който са свързани няколко регистъра. Стойността на брояча се увеличава с едно на всяка една секунда. В регистрите се записва текущата стойност, като при препълването на един регистър започва попълването на следващия. По този начин се отмерват секунди, минути, часове, дни, седмици, месеци и години.

Почти винаги RTC притежават резервно захранване, което позволява отмерване на времето, дори когато системата не е включена. Типичен пример са персоналните компютри – дори да са изключени часът и датата остават верни.

За тактова честота на брояча се използват генератори с изходен сигнал 1 Hz. Тази честота трябва да е кварцово стабилизирана, а кварцови резонатори с резонансна честота по-малка от 2 MHz трудно се произвеждат.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Допълнителни схеми (RTC)

За да се генерира точно честота от 1 Hz, кварцовият резонатор трябва да има резонансна честота **кратна на степените на 2**. Например 4.096 MHz е валидна стойност. Ако се използва кристал 4 MHz, с времето часовника ще изостава.

В схемотехниката се е наложила практиката да се използват кристали с честота 32768 Hz, който се намират лесно и се произвеждат специално за това приложение. Предимството на 32.768 kHz пред 4.096 MHz е, че консумацията на модула ще бъде по-малка. При избирането на кварц за такива цели е важна точността на честотата и температурния обхват на работа. Ако се налага голяма точност, някои от предлаганите ИС на пазара имат отделни регистри за допълнителна калибровка.

В зависимост от това дали са интегрирани в микроконтролера или не, RTC могат да се разделят на:

- вътрешни RTC
- външни RTC



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Допълнителни схеми (RTC)

При външните RTC се използват най-често интерфейсите паралелен, I<sup>2</sup>C и SPI за връзка с микроконтролера. На фигурата на следващия слайд е дадена примерна блокова схема на часовник за реално време.

Понякога в RTC се вгражда и малка по обем RAM памет, която може да се използва от микроконтролера за съхраняване на различни конфигурационни данни. Те ще се запазят и след изключването на устройството, защото към RTC има допълнителна (най-често 3-волтова) батерия. Предимството на тази RAM пред използването на EEPROM или Flash е, че тя няма ограничение на броя на циклите четене/запис. Недостатък – при премахване или разряд на батерията данните се губят.

Често в RTC се вгражда допълнителна алармена система, състояща се от един регистър и компаратор. В регистъра се записва час и дата, когато искаме алармата да се задейства и компаратора постоянно сравнява тази стойност с регистрите на часовника. При съвпадение, флагът се прочита софтуерно, а понякога на ИС има и отделен извод за сигнал.



Европейски съюз

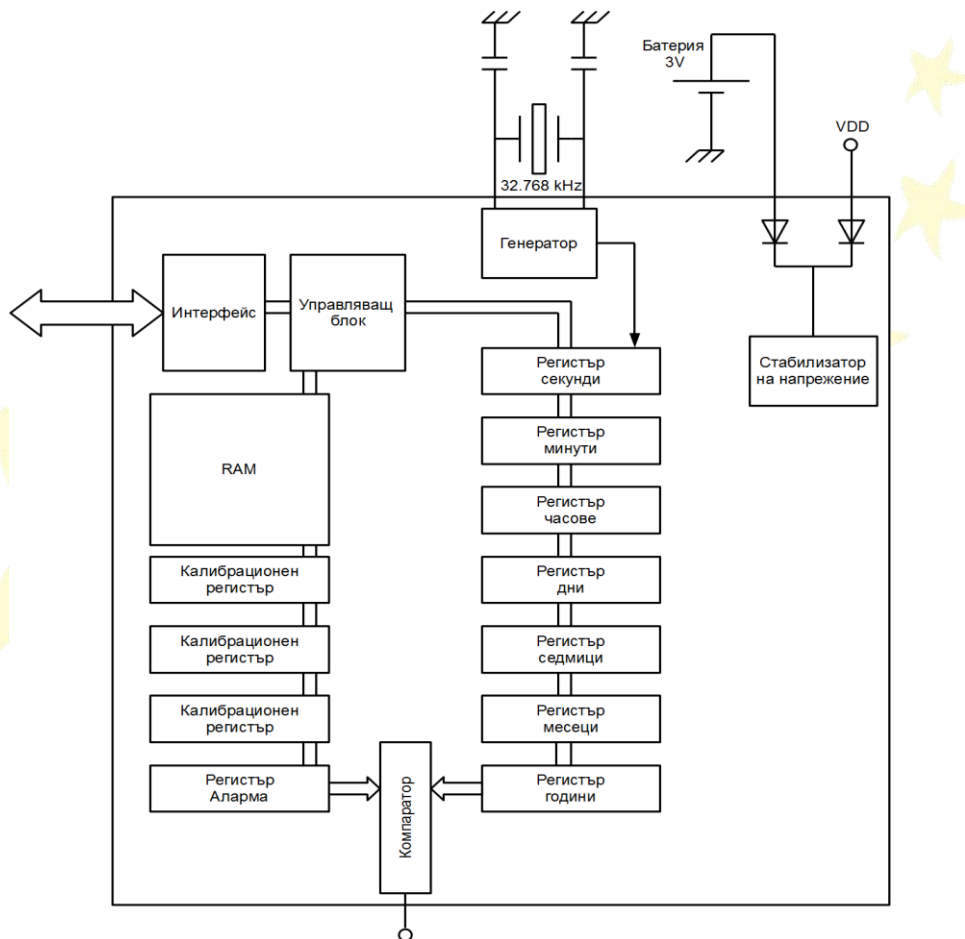
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Допълнителни схеми (RTC)



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Допълнителни схеми (НУ)

Схемите за **начално установяване** (НУ) се използват за правилното стартиране на микроконтролера и следене на захранващото напрежение по време на работа. Те биват няколко вида:

- **POR** (Power-on reset) – схема, която държи микроконтролера в рестарт, докато захранващото напрежение не премине дадена граница при първоначалното пускане на системата. Така се осигурява нормалното захранване на логиката на процесора [a] [b].

- **BOR** (Brown-out reset) – схема, следяща за наличието на постоянно напрежение, докато микроконтролера работи. При временни провадания в захранването (наречени още brown-out състояния) тази схема задържа reset сигнала за известен период от време, след което го пуска. Понякога се реализира с хистерезис – след провадането под една стойност, трябва да се върне над друга, за да продължи нормално работа.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Допълнителни схеми (НУ)

- **Start-up таймер** – това е брояч, който отмерва фиксиран брой системни тактови сигнали при начално установяване и държи микроконтролера в reset през това време. По този начин можем да сме сигурни, че тактовата честота се е стабилизирала (всеки генератор на сигнал при първоначалното си пускане формира нестабилни по амплитуда сигнали, което би довело до грешна работа на системата).

- **Low-bat детектор** – схема следяща за разреждането на батерия, свързана към микроконтролера. Най-често става дума за батерията на RTC. Ако нейното напрежение спадне под един определен праг, генерира се прекъсване и управляващата програма трябва да извести потребителя за настъпилото събитие.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

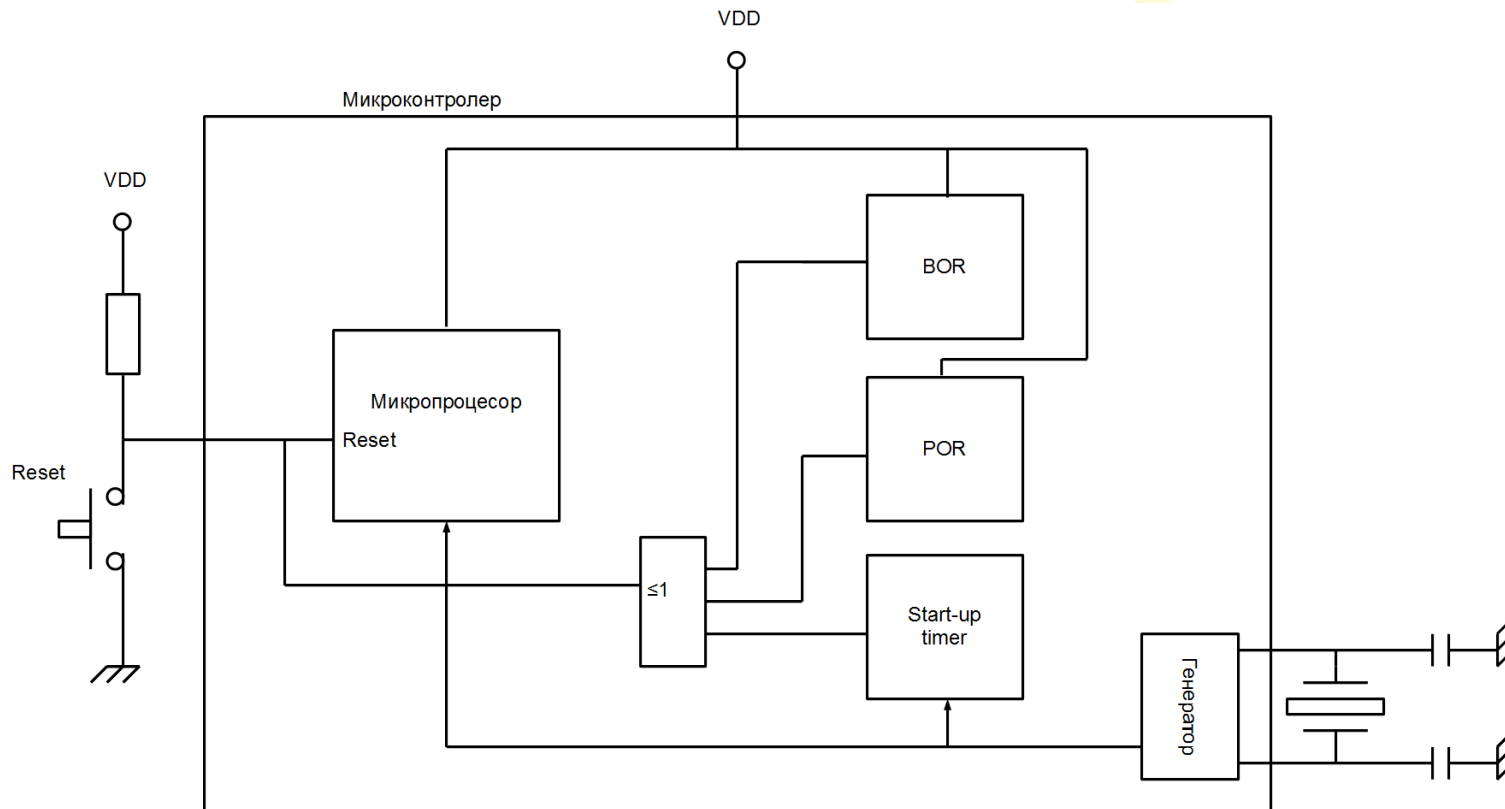
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*





# Допълнителни схеми (НУ)



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

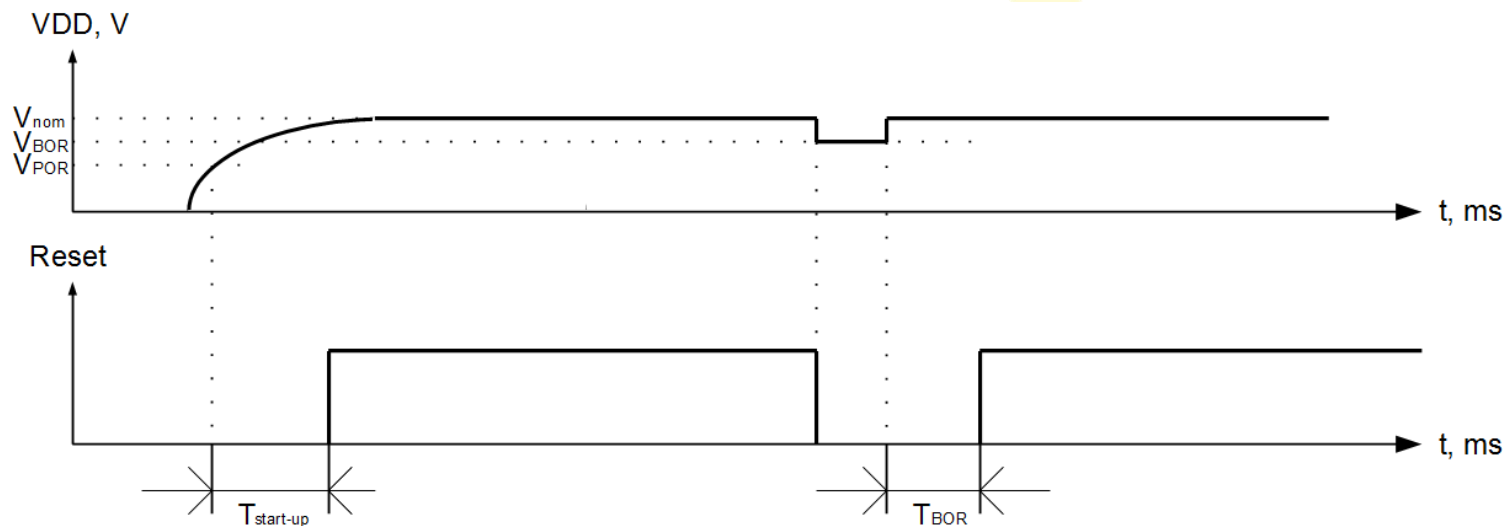
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

## Допълнителни схеми (НУ)

Работа на НУ модулите е демонстрирана на графиката по-долу. Използва се BOR схема без хистерезис.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

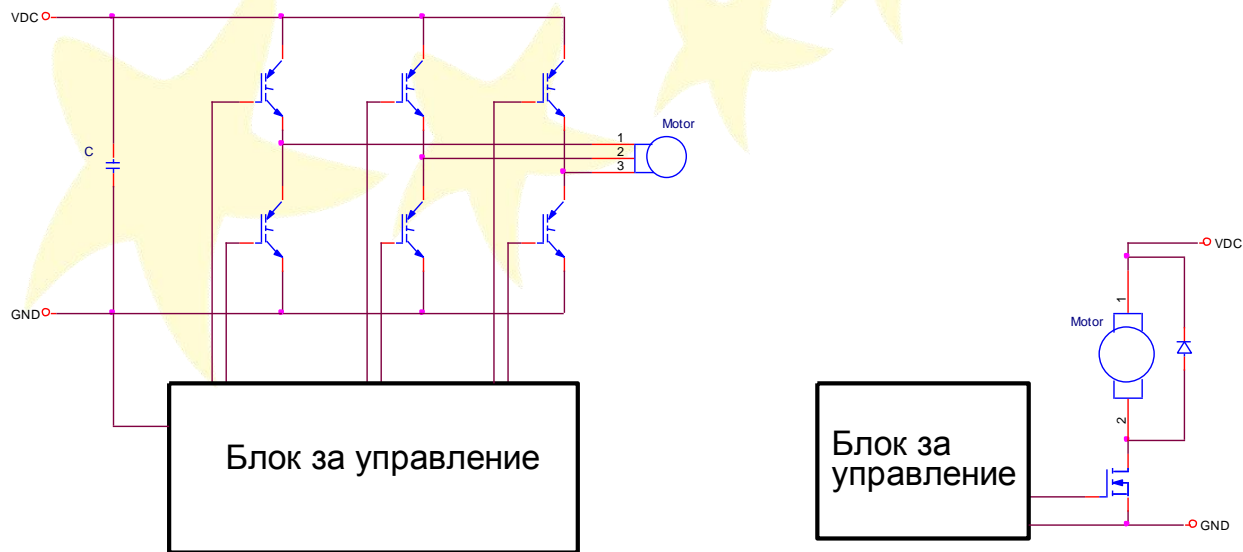
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Блокове за управление на електродвигатели

За управлението на електродвигатели се използват ШИМ модулите на микроконтролера. В зависимост от вида на електродвигателя най-често се използват от един до шест изхода с ШИМ. На схемата по-долу са показани начините на свързване на четков (дясно) и безчетков (ляво) постоянен ток електродвигател.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

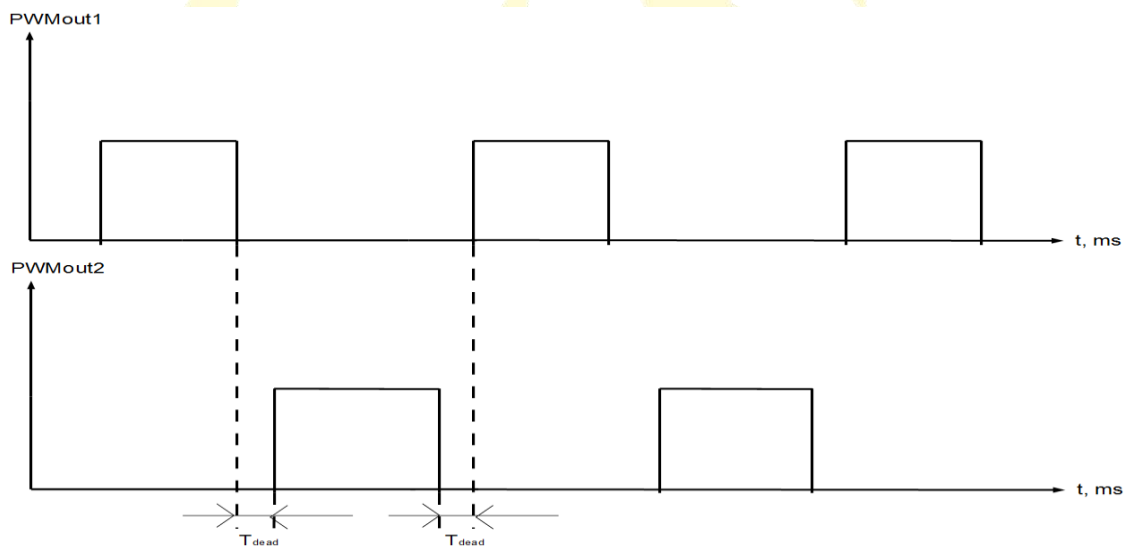
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Блокове за управление на електродвигатели

При използването на мостови схеми за управление на електродвигатели винаги има момент, в който и двата транзистора минават през линейния участък от изходните си характеристики. Затова в управляващите им модулирани сигнали се въвежда т.нар. **мъртво време** (dead time), което разделя сигналите за отпушване на транзисторите и подобрява КПД на схемата.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

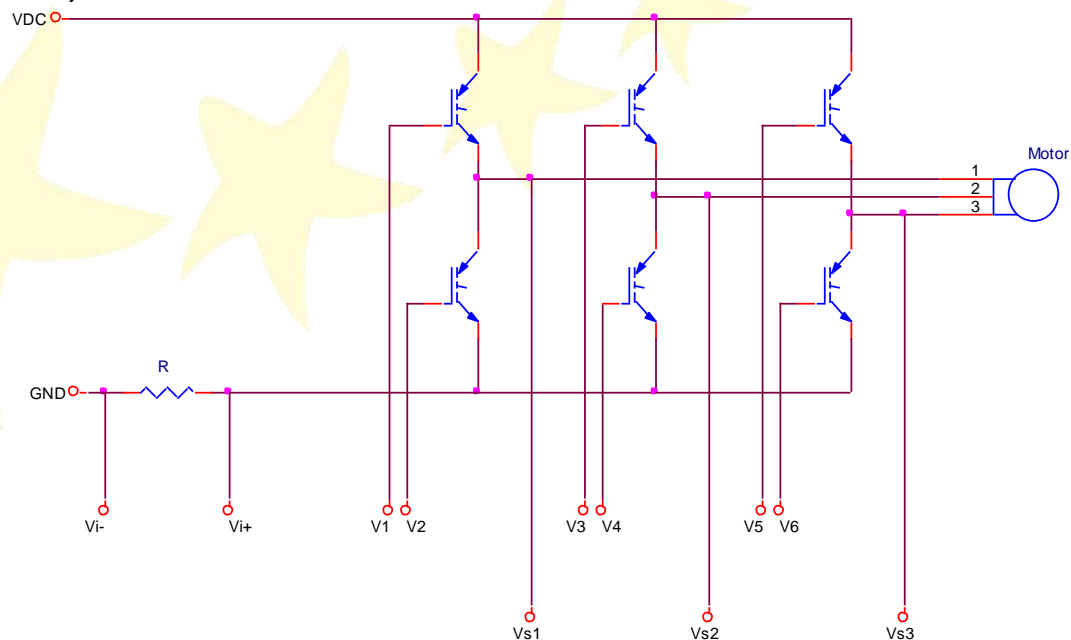
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Блокове за управление на електродвигатели

Често при управлението на мотори се използва безсензорен метод [с] за отчитане позицията на ротора. За тази цел се измерват напреженията, индуцирани от обратното ЕМП. На схемата по-долу това са  $V_{s1}$ ,  $V_{s2}$  и  $V_{s3}$ . Допълнително трябва да се следи и тока през мотора ( $V_{i-}$  и  $V_{i+}$ ).



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Блокове за управление на електродвигатели

**QEI (quadrature encoder interface) модули** – модули за измерване на линейно изместване чрез импулсни сигнали. Наричат се още двуканални инкрементиращи енкодери. В практиката се използват сензори за позиция, чиито изход изработва единични импулси при преместването на обекта (напр. ротор на мотора). Чрез измерване броя на импулсите и фазата между два канала може да се измери **позиция**, **посока** на въртене и **скорост** на въртене. Най-често тези модули се използват при сензорното управление на електродвигатели.

На следващия слайд е представена опитна постановка за измерване на линейно преместване. За целта се използва лента, която е с отвори, изместни един спрямо друг на 90 градуса. От едната страна на лентата има IR излъчватели, а от другата – IR приемници.



Европейски съюз

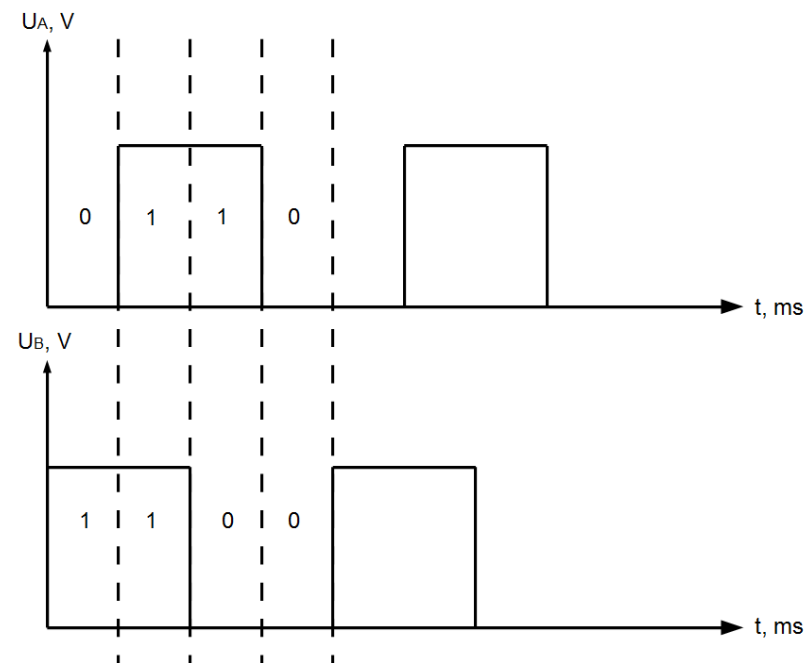
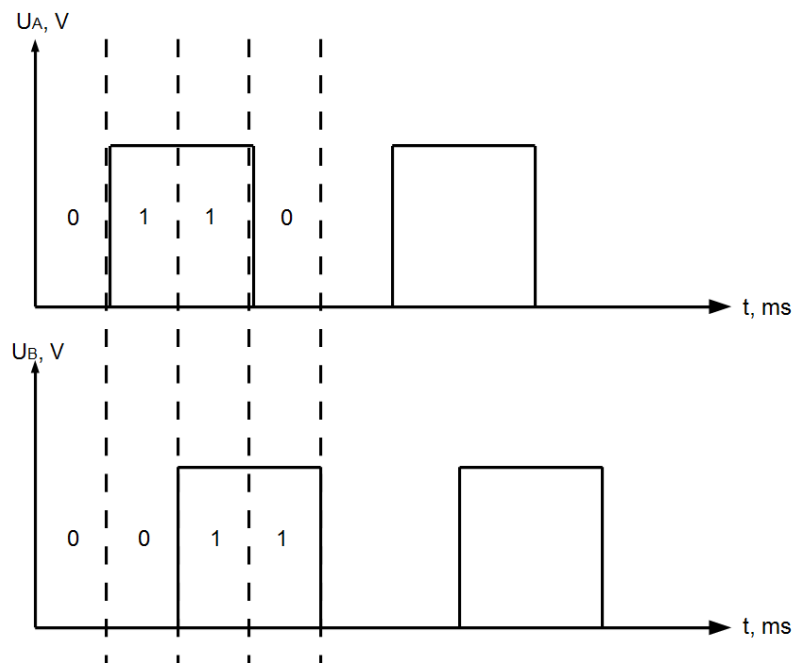
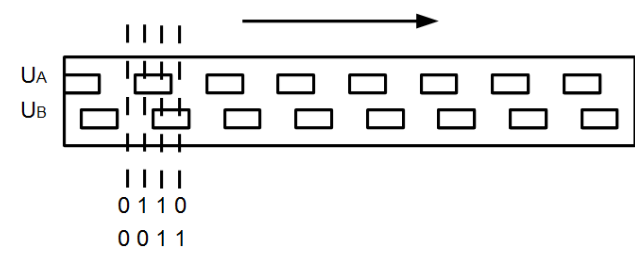
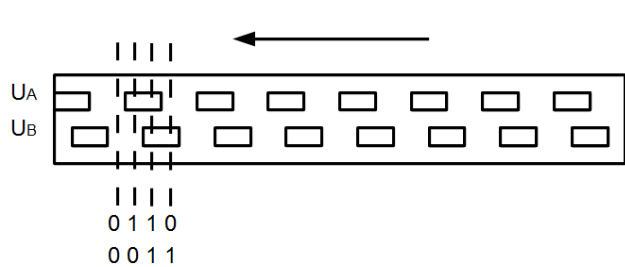
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Блокове за управление на електродвигатели



**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**  
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през**  
**целия живот и развитие на компетенции”**  
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



## Блокове за управление на електродвигатели

Когато лентата се движи наляво, поредицата от числа, която ще се засече е 00, 10, 11, 01 (или 0, 2, 3, 1). Когато се движи надясно – 01, 11, 10, 00 (или 1, 3, 2, 0). По поредицата може да се съди за посоката на движение (ляво или дясно).

Ако се измери честотата на единия от сигналите може да се определи скоростта на въртене, като се знаят броя на отворите.

Текущата позиция може да се измери спрямо началната чрез подходящ софтуерен алгоритъм.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**





# Литература

1. Михов Г., Цифрова схемотехника, ТУ-София, 1999.

## Външни връзки

- a. <http://nice.kaist.ac.kr/pdf/journals/2011/10.pdf>
- b. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00686a.pdf>
- c. <http://www.freescale.com/files/product/doc/AN1913.pdf>



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

***„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”***

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
***Инвестира във вашето бъдеще!***



Европейски социален фонд