

# Таймерни модули

**Автор:** гл. ас. д-р инж. Любомир Богданов



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. Въведение в таймерните модули
2. Режими на работа на таймерните модули
3. Схеми за начално установяване (POR, BOR)
4. Стражеви таймер (Watchdog)
5. Часовници за реално време (RTC)

# Въведение в таймерните модули

Във вградените системи почти винаги се налага генерирането и измерването на времеви интервали.

*Пример* - системата трябва да измерва периодически с АЦП-то си изхода на датчик и да изпраща данните към базова станция.

*Пример* – трябва да генерира правоъгълни импулси с определен коефициент на запълване и период, които да се използват за управление на различни изпълнителни устройства, например електродвигатели.

# Въведение в таймерните модули

*Пример* - измерване параметрите на импулси → някои датчици и периферни схеми генерират честота или времетраене на импулс, пропорционално на измерваната величина.

Ултразвуковият датчик HC-SR04 генерира правоъгълни импулси с времетраене, пропорционално на измереното разстояние до обект.

Инфрочервеният датчик MLX90614 генерира правоъгълни импулси, чиито период и коефициент на запълване са пропорционални на безконтактно измерената температура на обект.

# Въведение в таймерните модули

**Таймерен модул** – хардуерен блок от микроконтролера, с помощта на който:

-----*измерва*-----

- \*се измерват честота/период и коефициент на запълване на правоъгълни импулси от външни схеми/датчици;

- \*регистрира се броят на постъпили импулси от външни схеми/датчици;

-----*генерира*-----

- \*генерират се правоъгълни импулси с определена честота/период и коефициент на запълване за управление на външни схеми/актуатори;

- \*генерират се времеинтервали за спомагане работата на фърмуера на микроконтролера.

# Въведение в таймерните модули

За генерирането на времеви интервали има два подхода:

- \*да се реализира **софтуерно**, чрез цикъл;
- \*да се реализира **хардуерно** – чрез таймер.

## Софтуерно:

```
        mov    #100, r5 ;Зареди 100 в r5, 2-такта
L1:     sub    #1, r5    ;Намали r5 с едно, 2-такта
        jnz    L1       ;Сравни и се върни в L1, ако е ненулев
                        ;резултат, 2-такта
```

# Въведение в таймерните модули

Ако микропроцесорът работи с тактова честота 8 MHz, то периода на един такт ще е  $T = 1 / 8 \text{ MHz} = 125 \text{ ns}$ .

От горната програма може да изчислим колко време ще отнеме цялото изпълнение на цикъла:

$$t_{\text{delay}} = [2 + 100 * (2+2)] * 125 \text{ ns} = 50250 \text{ ns} = 50.25 \text{ }\mu\text{s}.$$

Чрез промяна на първия ред можем да променим това време зануждите на приложението.



# Въведение в таймерните модули

```
volatile uint8_t i;  
for(i = 0; i < 100 ; i++){ }
```

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

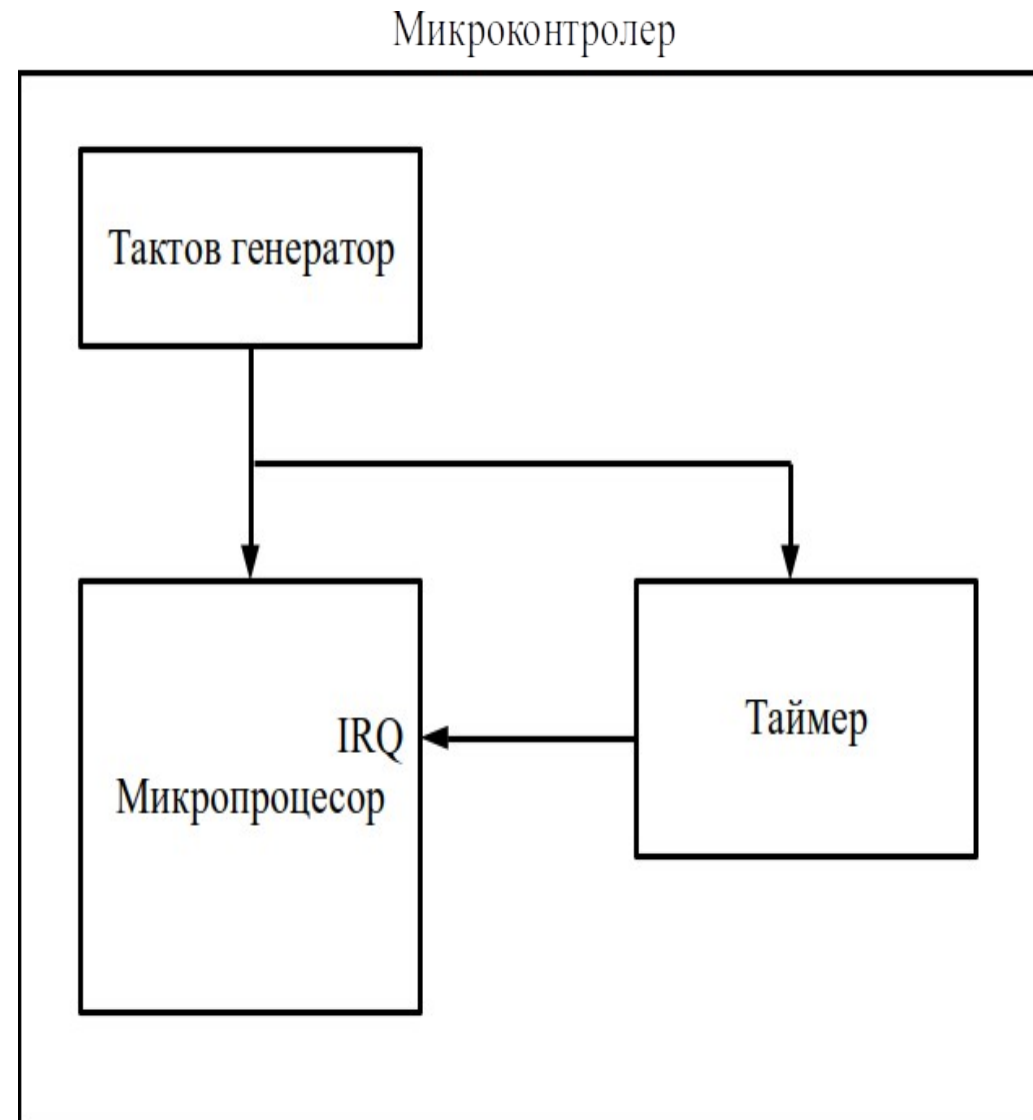
Предимства — софтуерното генериране на времеви интервали не изисква специални хардуерни модули.

Недостатъци — докато микропроцесорът изпълнява кода на цикъла, **нищо друго не може да извършва.**

# Въведение в таймерните модули

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

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



# Въведение в таймерните модули

**Броячи** – цифрови последователностни логически схеми, с паралелен изход, при който всеки разред се установява в логическо състояние, така че да отговаря на числото, съответстващо на изброените импулси, постъпили на входа [1]. Разредността на брояча зависи от броя на изходните му сигнали, т.е. на максималното число, което може да бъде изведено на тях.

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

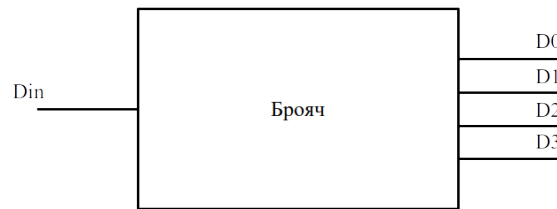
**8-битови** броячи – максималното число, до което могат да броят е  $2^8 - 1 = 255$

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

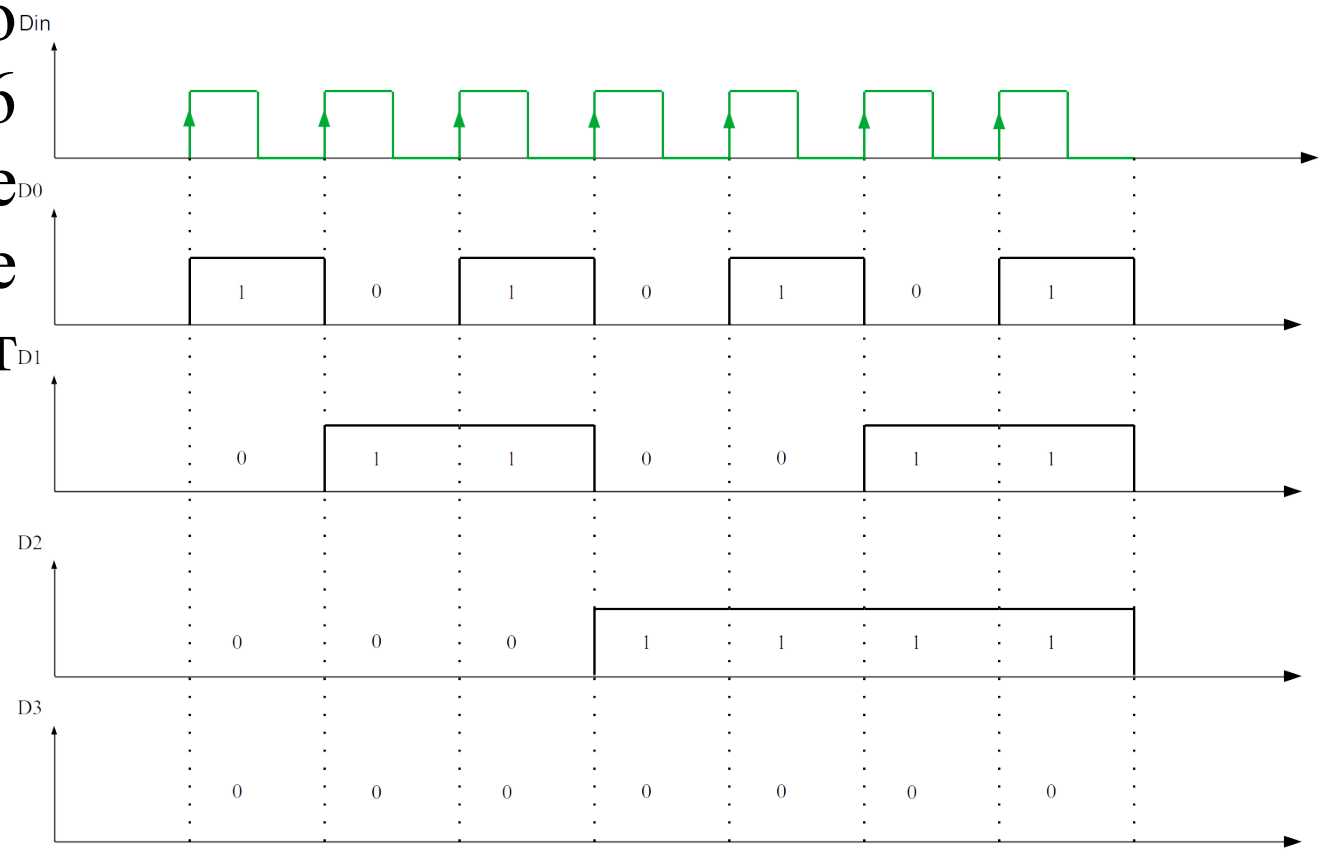
**32-битови** броячи – максималното число, до което могат да броят е  $2^{32} - 1 = 4\,294\,967\,295$

# Въведение в таймерните модули

*Пример* – 4-битов брояч. За по-лесно изобразяване е показано броенето на 7 импулса. На 16 импулс броячът ще се препълни и ще започне да брои от 0.



$D_{in}$	$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$
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



# Въведение в таймерните модули

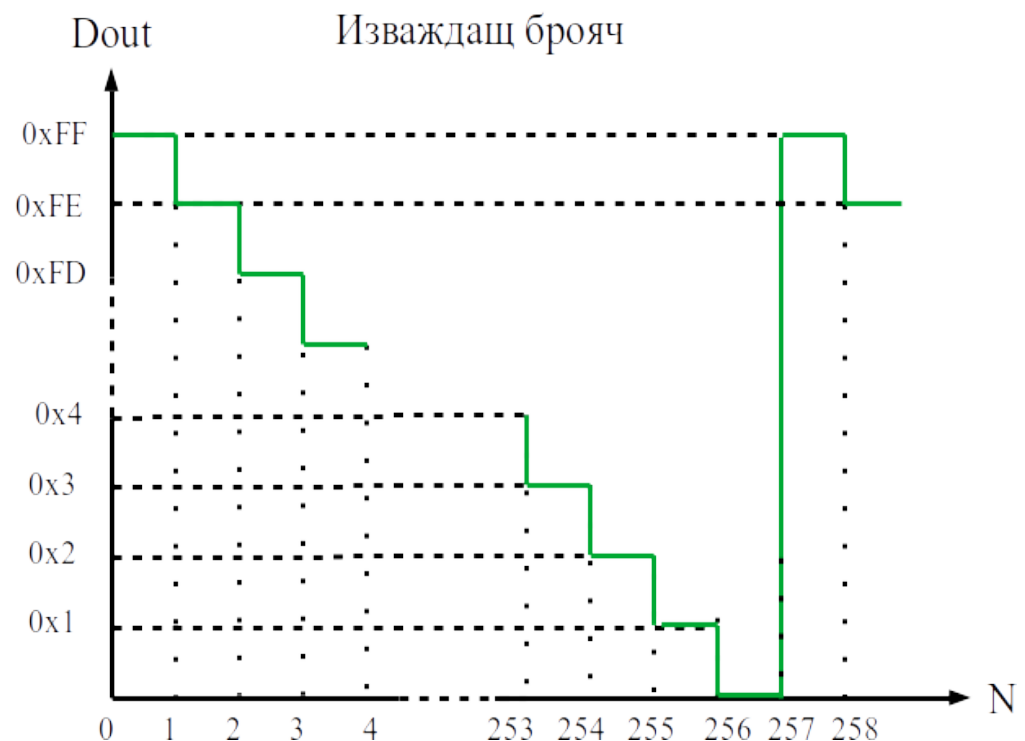
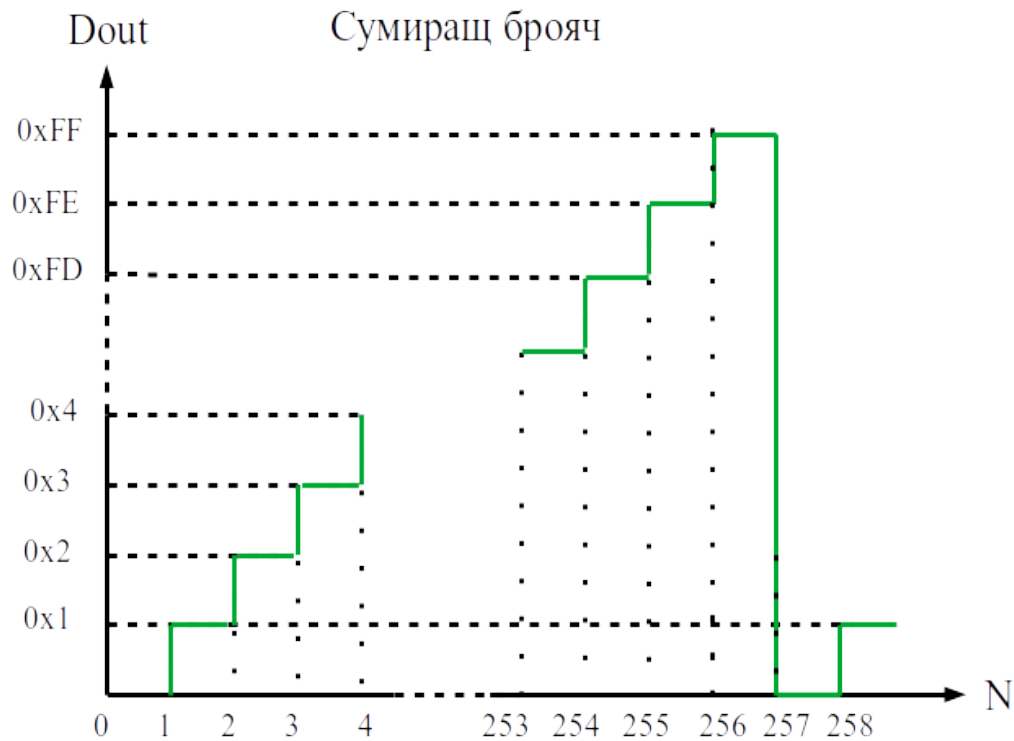
Ако един брояч брои от 0 към максималното си число, той се нарича **сумиращ** (up counter). При препълване броячът се установява в 0.

Ако един брояч брои от максималното си число към 0, той се нарича **изваждащ** (down counter). При препълване броячът се установява в максималното си число.

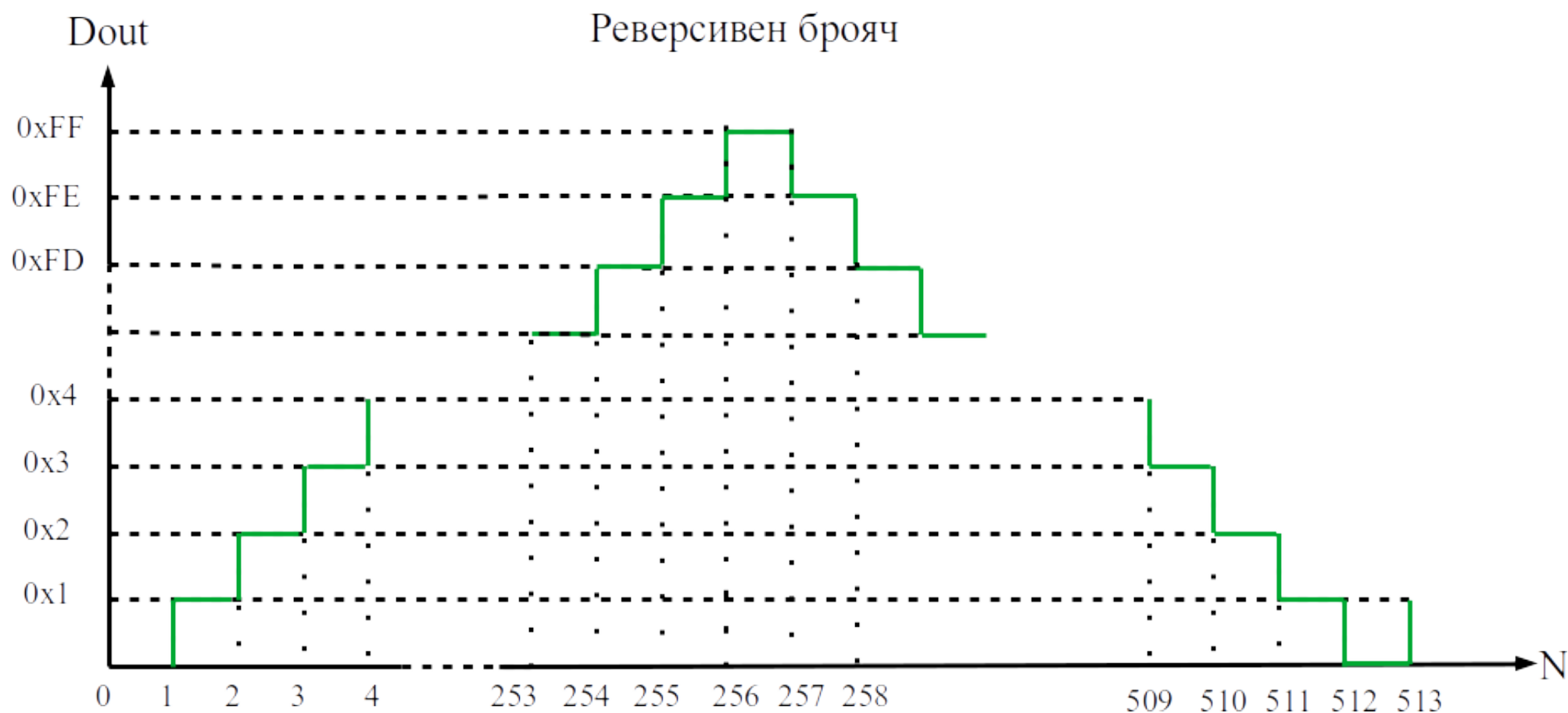
Ако един брояч брои от 0 към максималното си число и след това при препълване започне да брои от максималното си число до 0, той се нарича **реверсивен** (up/down counter).

На фигурите на следващия слайд е демонстрирана работата на 8-битови броячи.

# Въведение в таймерните модули



# Въведение в таймерните модули



# Въведение в таймерните модули

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.

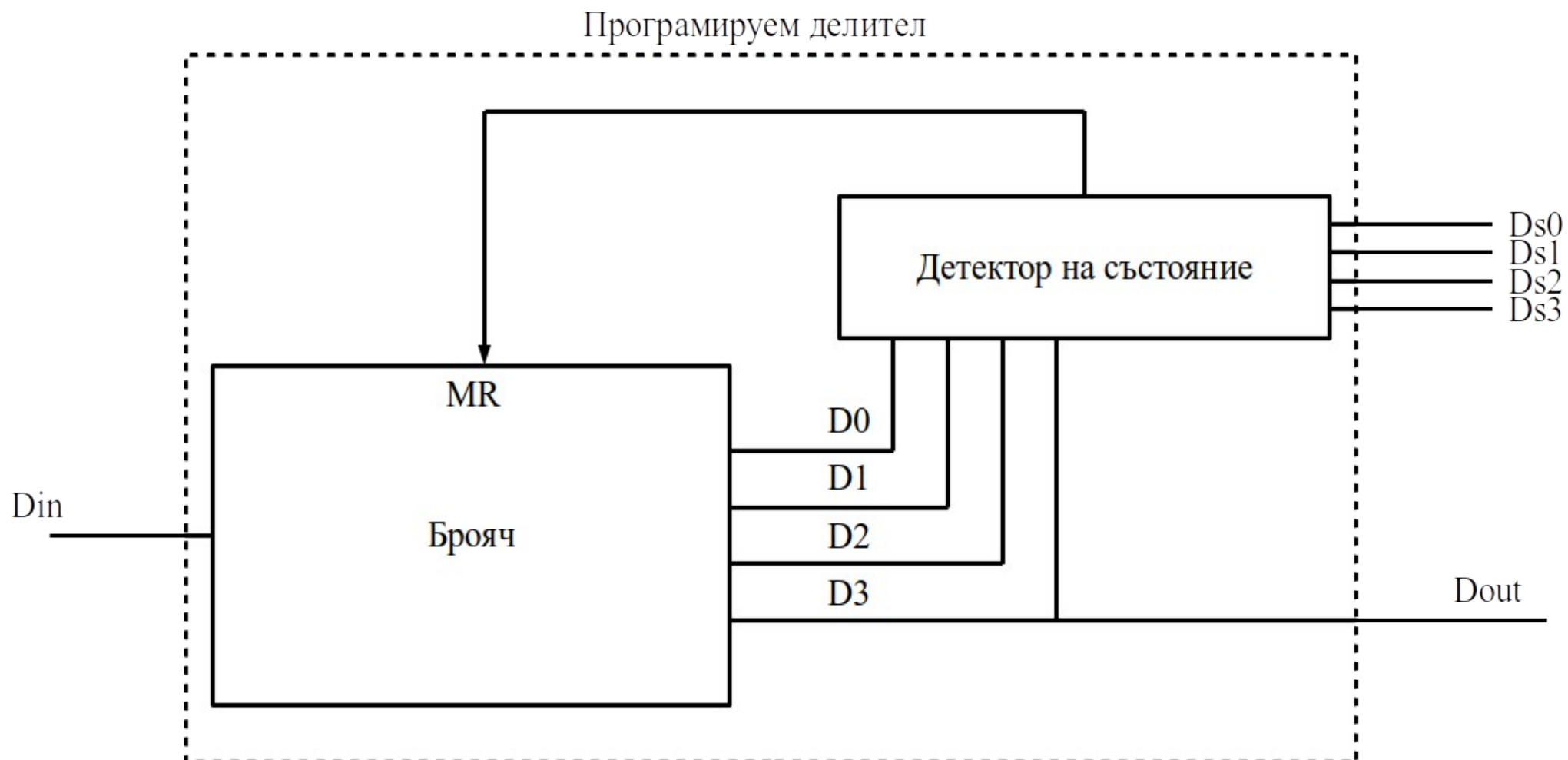


# Въведение в таймерните модули

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 брои. 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.

# Въведение в таймерните модули



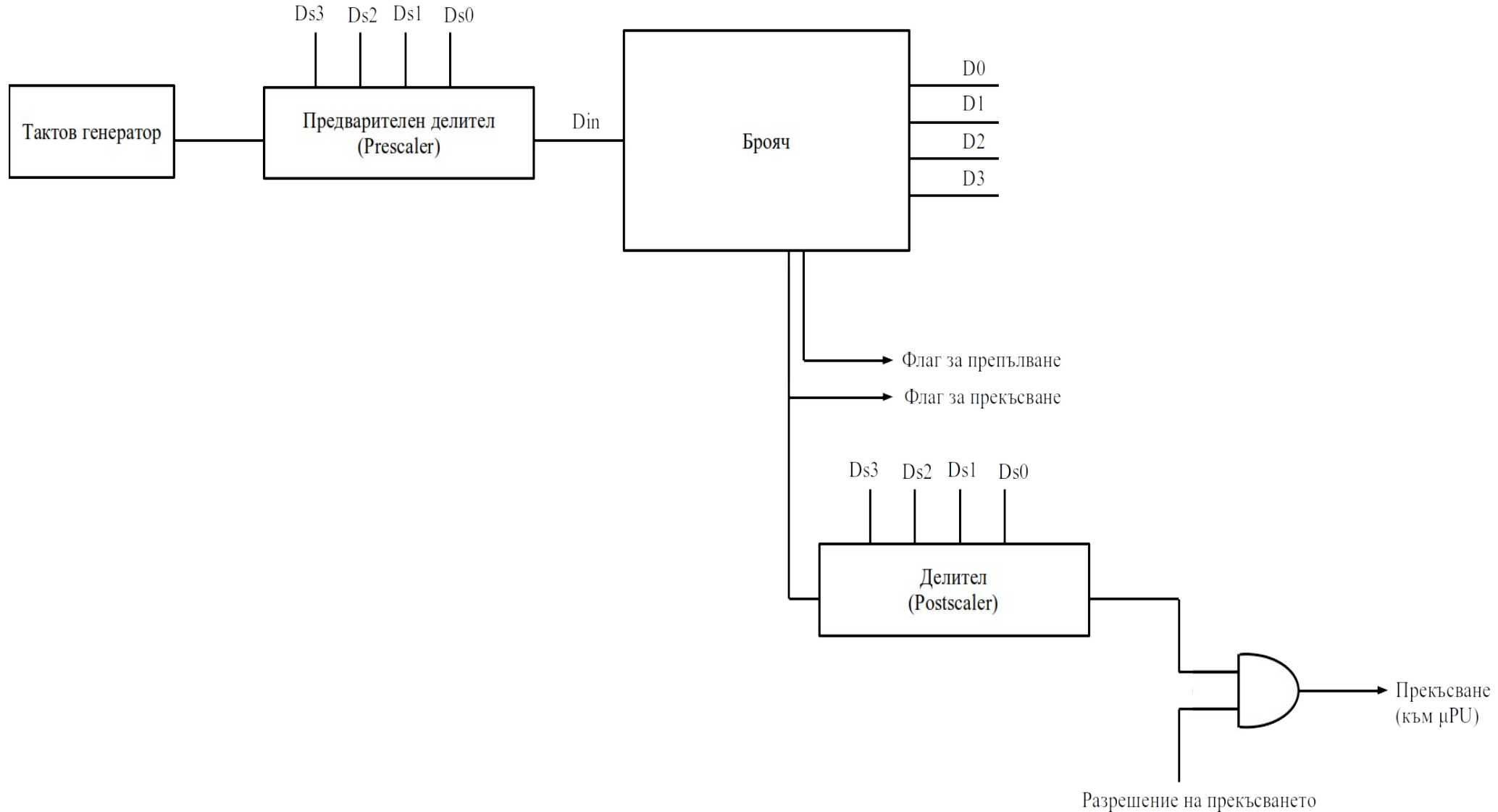
# Въведение в таймерните модули

Понякога делителите се използват не само за понижаване на входната честота (наричат се предделител, prescaler), но и за понижаване на изходната (наричат се постделител, postscaler).

На следващия слайд е демонстрирана работата на брояч с предделител и постделител.

Вижда се, че благодарение на постделителя може да се конфигурира прекъсване на всяко второ, трето, четвърто и т.н. прекъсване.

# Въведение в таймерните модули



# Режими на работа на таймерните модули

Таймерите се състоят от поне четири цифрови схеми:

- \*брояч
- \*цифров компаратор
- \*потребителски регистър
- \*детектор на фронт

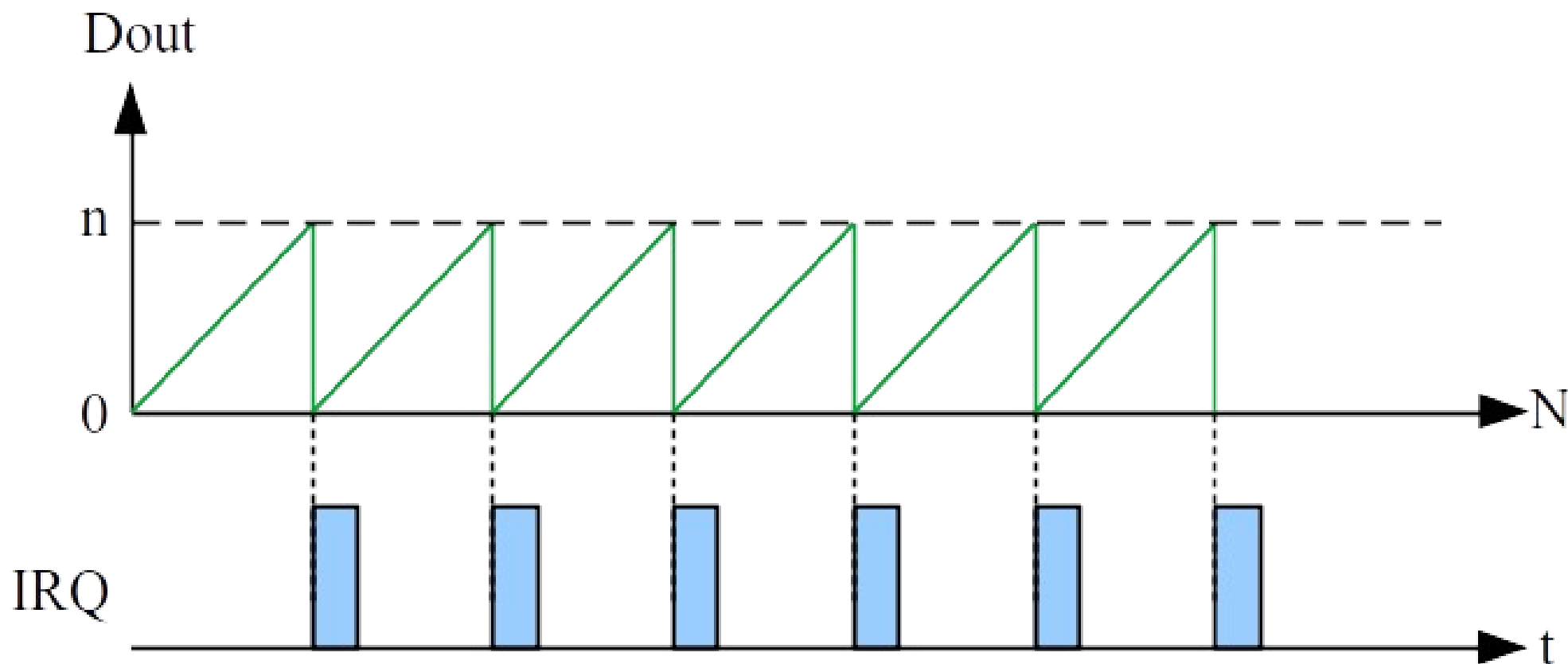
Таймерите могат да работят в 4 режима:

- \***свободно броящ** (free running)
- \***измерващ** (Capture)
- \***генериращ** (Compare)
- \***ШИМ** (PWM)

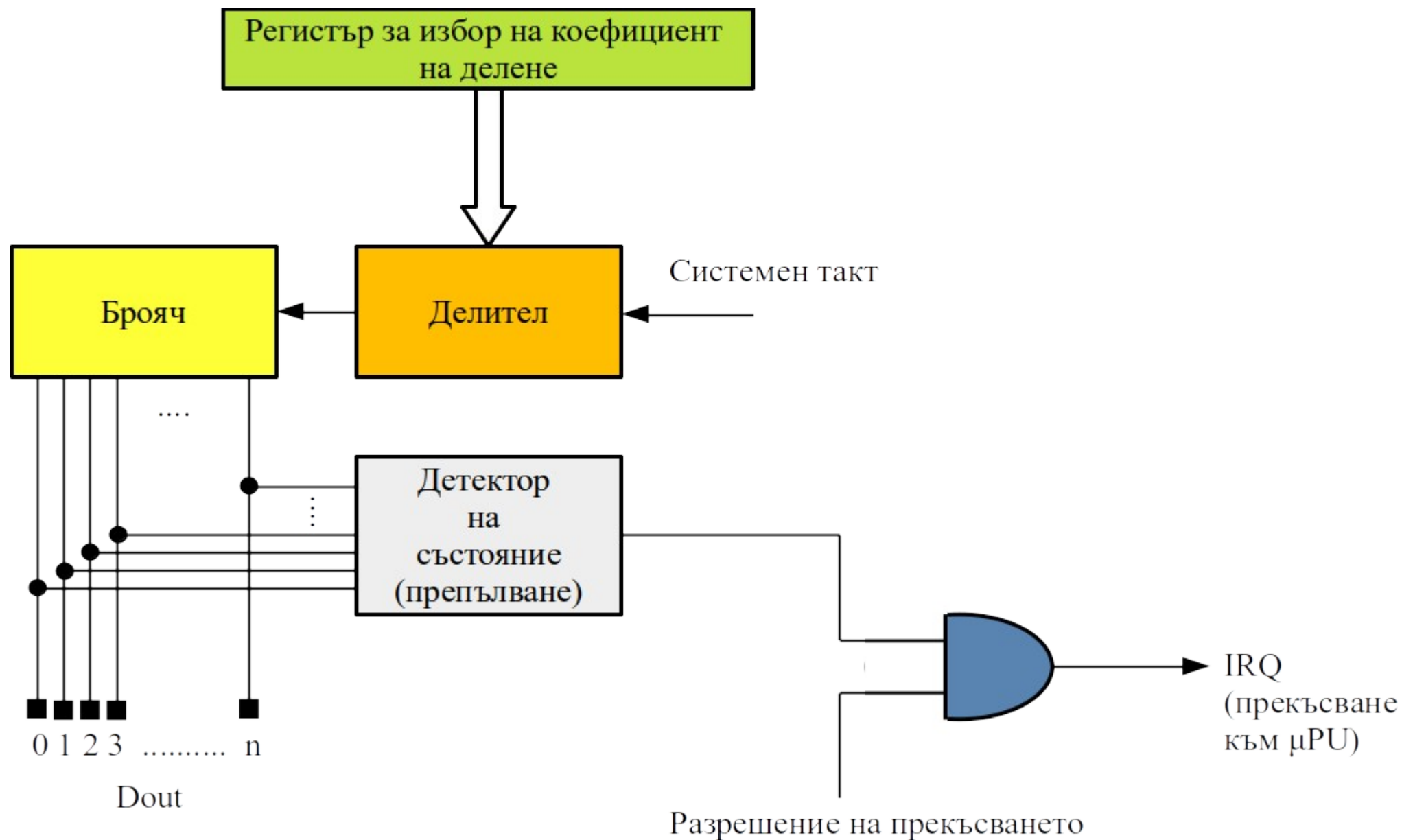
Capture/Compare/PWM = CCP

# Режими на работа на таймерните модули

**\*свободно броящ (free running)** – таймерът брои от 0 до максималното си число (ако е сумиращ). При препълване генерира прекъсване.



# Режими на работа на таймерните модули



# Режими на работа на таймерните модули

**\*измерващ (capture)** – стойностите на брояча се извличат при настъпване на събитие.  $\mu$ PU запааметява тези стойности и след това ги обработва. В този режим може да се мери период/честота или коефициент на запълване.

## Видове събития:

- \*постъпил нарастващ фронт на входа
- \*постъпил спадащ фронт на входа
- \*постъпил или нарастващ, или спадащ фронт



# Режими на работа на таймерните модули

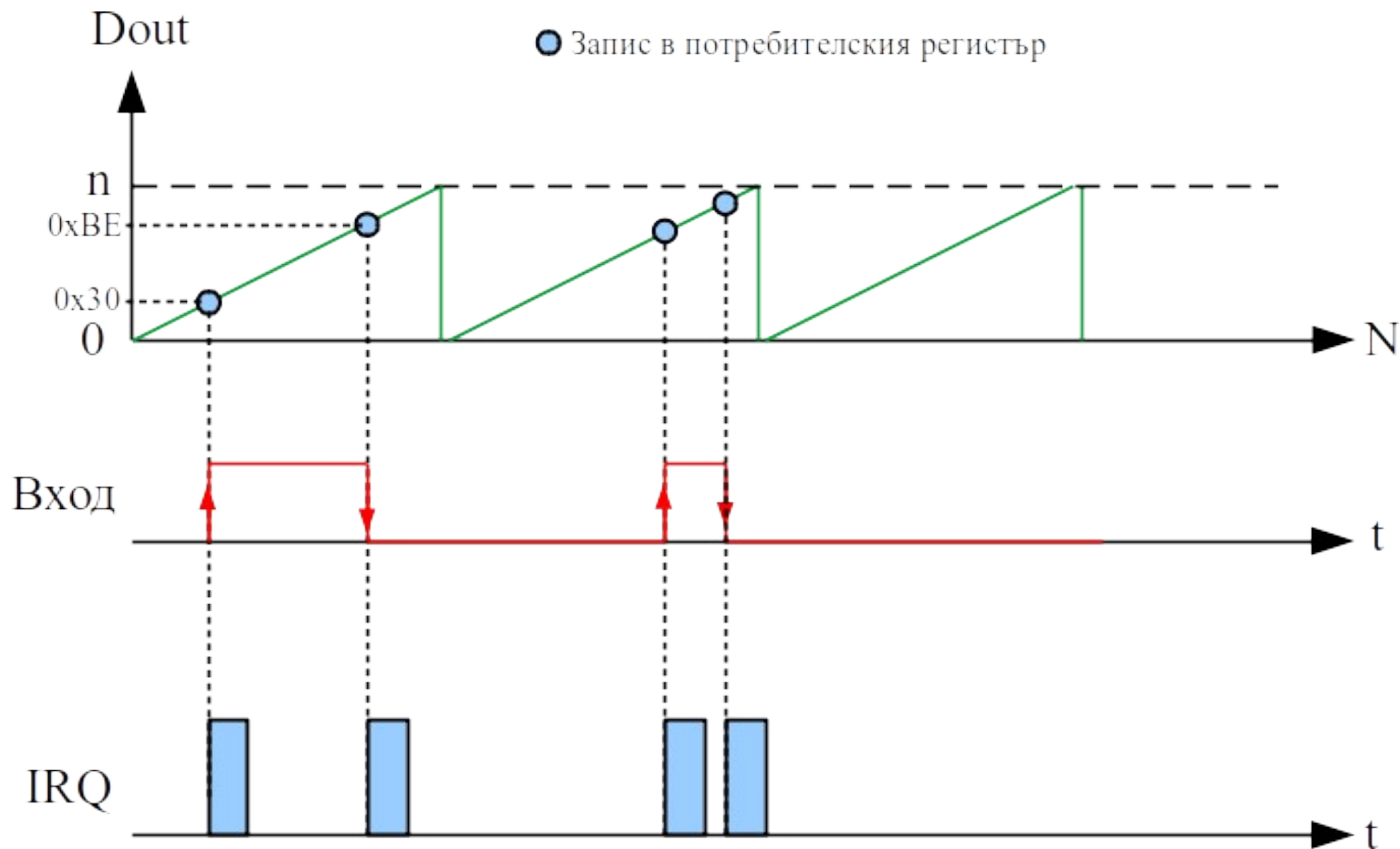
*Пример* - на извод на микроконтролера се подава правоъгълен сигнал.

Вътрешно изводът е свързан към детектор на фронт.

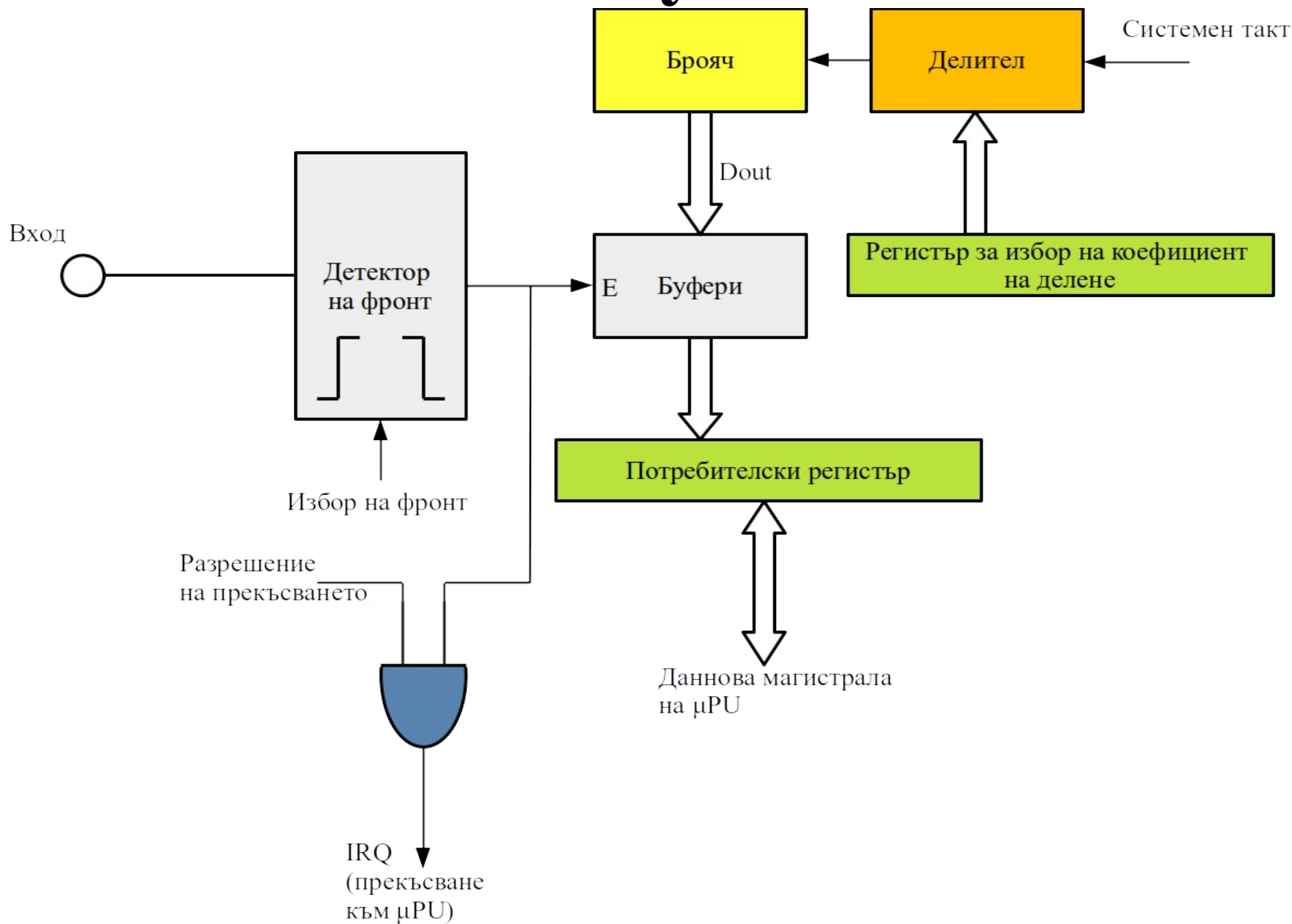
Когато настъпи събитие, микропроцесорът получава прекъсване и чете настоящата стойност на брояча.

Настоящата стойност на брояча е записана автоматично през един буферен блок в потребителския регистър.

# Режими на работа на таймерните модули



# Режими на работа на таймерните модули

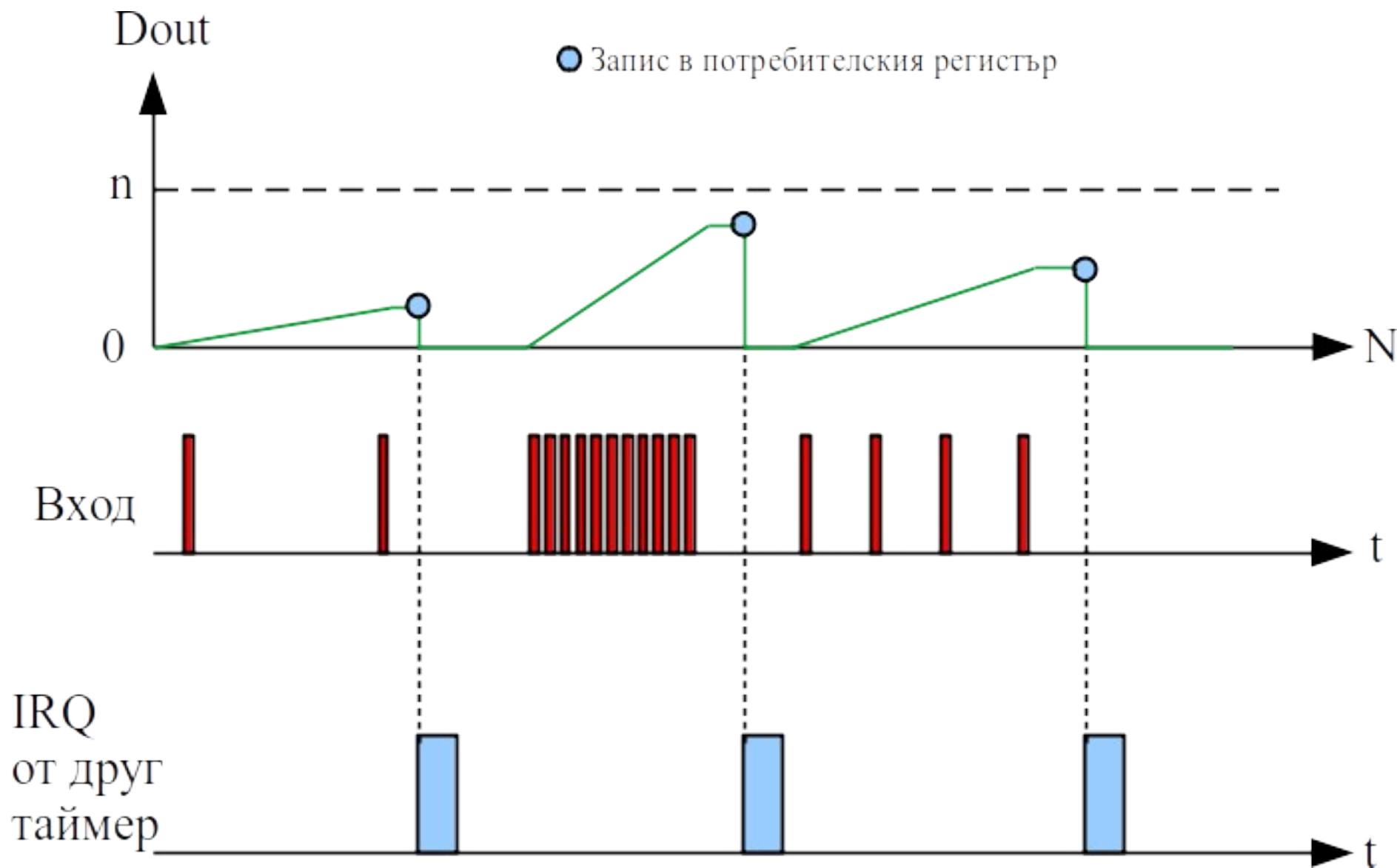


# Режими на работа на таймерните модули

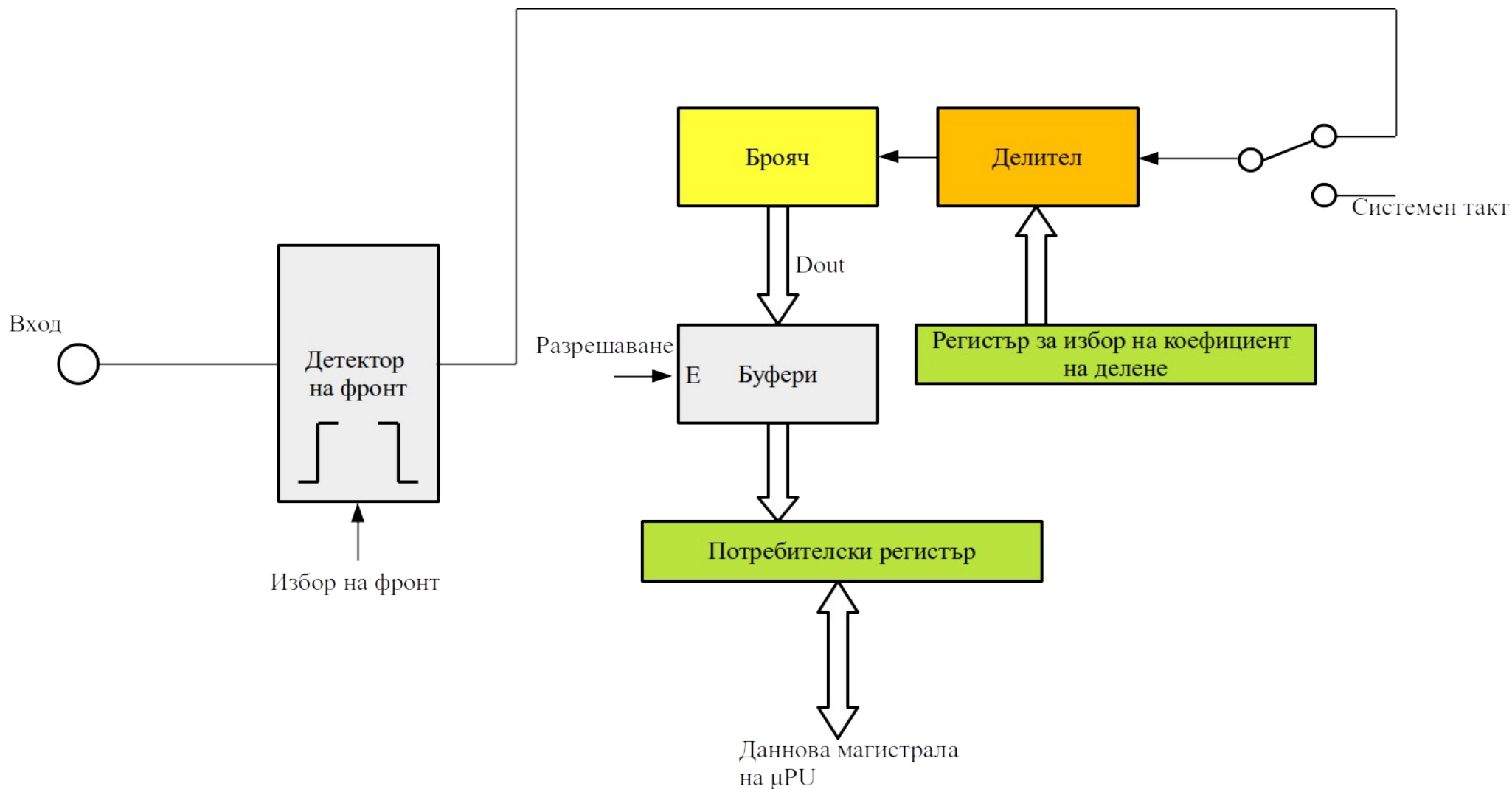
**\*измерващ** + режим броене на импулси – частен случай на измерващия режим, при който броячът се тактува от външен сигнал. Ако се пусне втори таймер, и периодически се чете стойността на брояча, може да се измери честотата на сигнала или да се броят импулси.

*Пример* – машина за навиване на трансформаторни намотки. Оборотомер на кола. Броячи на импулси и др.

# Режими на работа на таймерните модули



# Режими на работа на таймерните модули



# **Режими на работа на таймерните модули**

**\*генериращ (compare)**

**\*ШИМ**

# **Въведение в таймерните модули**



# Литература

[1] Г. Михов, “Цифрова схемотехника”, ТУ-София, 1999.