

МИКРОПРОЦЕССОРНА ТЕХНИКА

ЛЕКЦИЯ #13

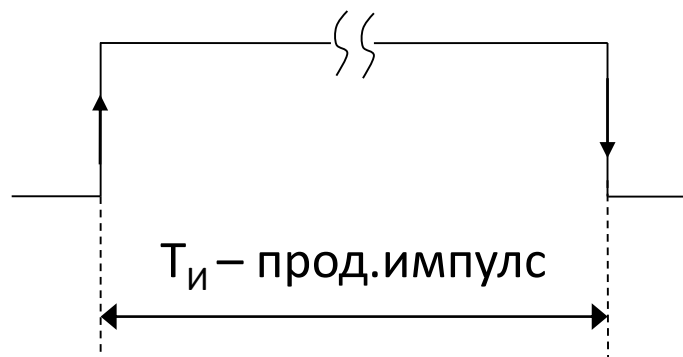
Таймерни функции – приложение: IC функция

Определяне продължителността $T_{и}$ на единичен импулс

- дефиниране на битове **PR1, PR0** от регистър **TMSK2** така, че **overflow** периодът на таймера > очакваната продълж. на $T_{и}$ (напр. при $PR1=1, PR0=0$ и $XTAL=8MHz \rightarrow \approx 262ms, t_{1отчет} = 4\mu s$);
- инициализация на регистър **TCTRL2** (битове **EDGxB, EDGxA**): **EDGxB=1, EDGxA=1** /и по двата фронта/;
- инициализация на регистри TMSK1[3:0], TFLG1[3:0]:
 - ICxF $\rightarrow 1$ – флаг за настъпило събитие на ICx. Вдига се в “1” в случай на поява на който и да е фронт (преден или заден);
 - при маска от TMSK1: ICxI=1 – заявка за прекъсване (обслужва се съответната сервизна процедура);
 - при маска от TMSK1: ICxI=0 – таймерна IC функция без прекъсване (програмата продължава със следващия оператор).

Таймерни функции – приложение (IC функция)

Определяне продължителността $T_{И}$ на единичен импулс
(графично представяне)



ICxF се вдига в “1”
 $TCNT(t1) \rightarrow TICx$

ICxF се вдига в “1”
 $TCNT(t2) \rightarrow TICx$

$$T_{И} = [TCNT(t2) - TCNT(t1)] \times t_{1отчет}$$

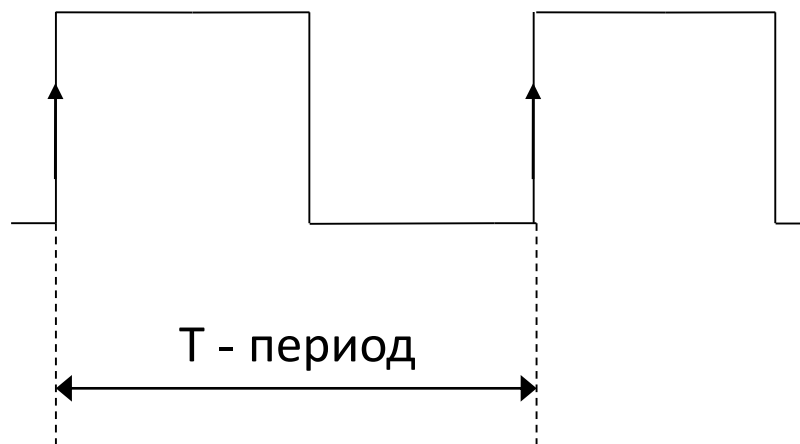
Таймерни функции – приложение (IC функция)

Определяне периода T на импулсна поредица

- дефиниране на битове **PR1, PR0** от регистър **TMSK2** така, че **overflow** периодът на таймера > очакваният период T;
- инициализация на регистър **TCTRL2** (битове **EDGxB, EDGxA**): **EDGxB=0, EDGxA=1** /по преден фронт/;
- инициализация на регистри **TMSK1[3:0], TFLG1[3:0]**:
ICxF → 1 - флаг за събитие на ICx. Вдига се в случая при поява на преден фронт.
- при ICxI=1 - заявка за прекъсване (обслужва се съответната сервизна процедура);
- при ICxI=0 - таймерна IC функция без прекъсване (програмата продължава със следващия оператор).

Таймерни функции – приложение (IC функция)

Определяне периода T на периодична импулсна поредица
(графично представяне)



ICxF се вдига в "1"
 $TCNT(t1) \rightarrow TICx$

ICxF се вдига в "1"
 $TCNT(t2) \rightarrow TICx$

$$T = [TCNT(t2) - TCNT(t1)] \times t_{1отчет}$$

Таймерни функции – приложение: ОС функция

Генериране на единичен импулс с продължителност T_{OUT}

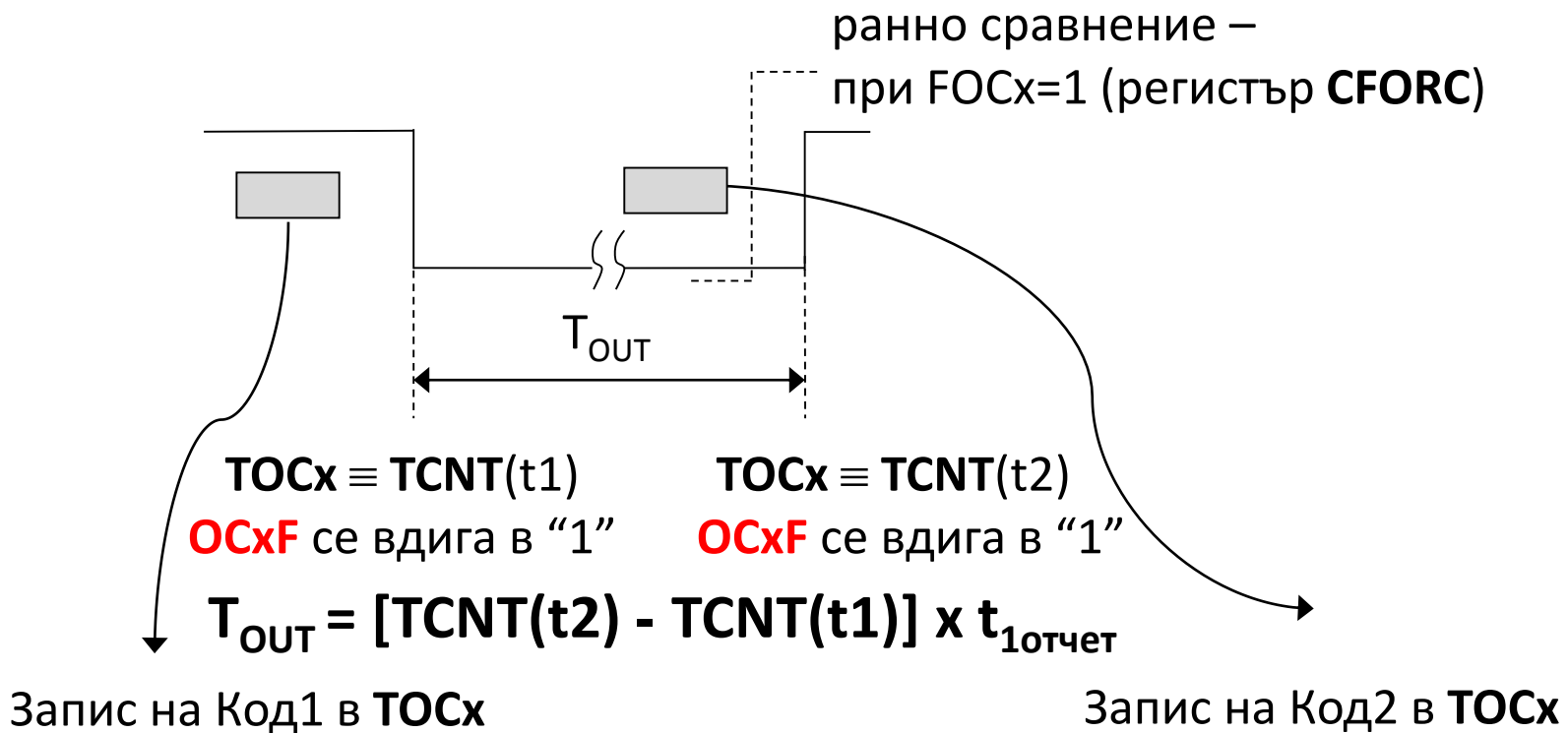
- дефиниране на битове **PR1, PR0** от регистър **TMSK2** така, че **overflow периода на таймера > желания изходен импулс T_{OUT}** ;
- инициализация на регистър **TCTRL1** (битове **OMx, OLx**). Напр.: **OMx=0, OLx=1** (изходната линия сменя състоянието си). Тъй като при Reset регистри **TOx** \rightarrow **\$FFFF** – отрицателен изходен импулс;
- инициализация на регистри **TMSK1[7:3], TFLG1[7:3]**:
 - **OSxF \rightarrow 1** - флаг за успешно сравнение в изход **OSx**.
 - при **OSxI=1** - заявка за прекъсване при успешно сравнение (обслужва се съответната сервизна процедура);
 - при **OSxI=0** - таймерна ОС функция без прекъсване (програмата продължава с изпълнение на следващия оператор).

Регистър **TMSK2** - бит **TOI=1** (разрешава прекъсване при препълване при вдигане на **TOF=1** от регистър **TFLG2**).

Таймерни функции – приложение (ОС функция)

Генериране на единичен импулс с продължителност T_{OUT} (графично представяне)

Допълнителна функционалност: инициализация на регистър **CFORC** – битове FOC[7:3]: при $FOCx="1"$ – за ранно сравнение: напр. реакция в съответния изход *при възникване на авария*.



Подсистема за прекъсване в реално време Real-Time Interrupt (RTI)

- ❑ Служи за генериране на хардуерно прекъсване през фиксиран интервал от време;
- ❑ Определяне на **периода на RTI** прекъсването – от битове **RTR[1:0]** в регистъра **PACTL** (пулс-акумулатор контролен регистър);
- ❑ 4 възможни периода (интервала), определени от двоичните комбинации на битове RTR[1:0];
- ❑ RTI подсистемата се разрешава от бит **RTII="1"** от регистъра **TMSK2**.

Подсистема за прекъсване в реално време (Real-Time Interrupt, RTI)

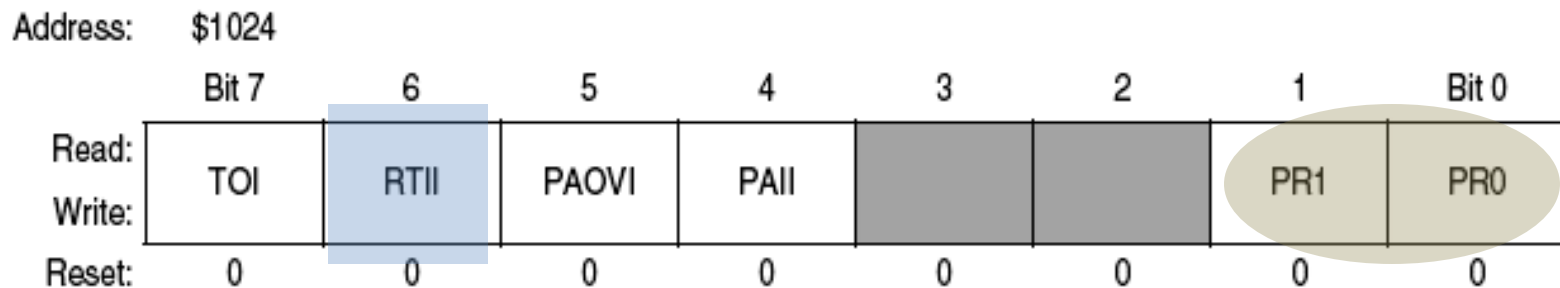
Интервали на генериране на RTI прекъсвания

RTR[1:0]	E = 3 MHz	E = 2 MHz	E = 1 MHz	E = X MHz
0 0	2.731 ms	4.096 ms	8.192 ms	$(E/2^{13})$
0 1	5.461 ms	8.192 ms	16.384 ms	$(E/2^{14})$
1 0	10.923 ms	16.384 ms	32.768 ms	$(E/2^{15})$
1 1	21.845 ms	32.768 ms	65.536 ms	$(E/2^{16})$

- Тактов източник за RTI функцията – системната тактова E честота, разделена на 2^{13} ;
- Не може да бъде спряна или прекъсната (освен при Reset);
- Фиксирано време между две последователни RTI сработвания - НЕ ЗАВИСИ от софтуерни закъснения свързани с нулиране на флагове (RTIF в случая);
- При изтичане на RTI периода битът RTIF → 1 от регистъра TFLG2 (при RTII="1" от TMSK2) се генерира прекъсване.
/след Reset, RTIF се вдига след 1 пълен период/.

Подсистема за прекъсване в реално време (Real-Time Interrupt, RTI)

- **TMSK2** – Таймерен масков регистър за прекъсване 2 разрешава/забранява прекъсванията в реално време.
- **TOI** - бит за разрешаване на прекъсване при препълване (overflow) на таймера:
 - 0 - прекъсвания от таймера забранени;
 - 1 - заявка за прекъсвания (при TOF="1").
- **RTII** - бит за разрешаване на RTI прекъсванията:
 - 0 - прекъсвания от RTI подсист. забранени;
 - 1 - заявка за прекъсвания (при RTIF="1").



Подсистема за прекъсване в реално време (Real-Time Interrupt, RTI)

- **TMSK2** – Таймерен масков регистър за прекъсване 2 (продължение)
- PAOVI - бит за разрешаване на прекъсвания *при препълване на ПА*;
- PAII - бит за разрешаване на прекъсвания *при входен импулс към входа на ПА (PAI)*;
- битове [3:2] - не се използват (винаги се четат 0 от тях);
- битове PR[1:0] – Prescaler битове за таймера (основна верига).

Подсистема за прекъсване в реално време (Real-Time Interrupt, RTI)

□ **TFLG2** – Таймерен флагов регистър за прекъсване 2

Указва настъпване на събития в таймерната система. Свързани позиционно по двойки с масковите битов TMSK2 [7:4].

- TOF - флаг за прекъсване при препълване на таймера.
Установява се в “1” при промяна на TCNT \$FFFF → \$0000;
- RTIF - флаг за RTI прекъсване (периодично);
- PAOVF - флаг за прекъсване при препълване на ПА;
- PAIF - флаг за прекъсване при импулс към ПА-входа (PAI);
- битове [3:0] - не се използват (винаги се четат 0 от тях).

Address: \$1025

	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:	TOF	RTIF	PAOVF	PAIF				
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Подсистема за прекъсване в реално време (Real-Time Interrupt, RTI)

- **РАCTL** - Пулс-акумулатор контролен регистър
 - ❖ Определя периода за RTI подсистемата- битове **RTR[1:0]** ;
 - ❖ Контрол на функциите на Пулс-акумулатора;
 - ❖ Дефинира функцията на извод **PA3 - IC4/OC5**.
- DDRA7 - определя посоката на данните на бит7 от Порт A;
- PAEN - бит за разрешаване на Пулс-акумулатора;
- PAMOD - определя режима на Пулс-акумулатора.

Address: \$1026

	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:	DDRA7	PAEN	PAMOD	PEDGE	DDRA3	I4/O5	RTR1	RTR0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Подсистема за прекъсване в реално време (Real-Time Interrupt, RTI)

- **РАCTL** - Пулс-акумулатор контролен регистър
(продължение)
- PEDGE - определя фронта за Пулс-акумулатора;
- DDRA3 - определя посоката на данните на бит3 от Порт А;
- I4/O5 - бит за дефиниране функциите на PA3 (IC4/OC5);
- RTR[1:0] - дефинират периодите на RTI прекъсванията
(виж табл., дадена по-рано).

Address: \$1026

	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:	DDRA7	PAEN	PAMOD	PEDGE	DDRA3	I4/O5	RTR1	RTR0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Пулс-акумулатор

- Отделна подсистема, включваща **8-битов брояч (РАСТN)**, за работа в два режима (в зависимост от стойността на бит **РАМОD** от регистър РАСТL):
 - **обикновен броячен режим (event counting)**: стойността на брояча се увеличава при постъпване на сигнал на входа му РАI (максимална честота: $E\text{-clock}/2$);
 - **разрешителен акумулиращ режим (gated accumulation)** - в този случай $E\text{-clock}/64$ тактува 8-битовия брояч, но само докато външният извод РАI е в активно ниво (с активно ниско или високо ниво: задава се от бит **РЕDGE** от регистър РАСТL).
- четене/запис от Пулс-акумулаторът - по всяко време;
- контролни битове - в регистри **РАСТL**, **TMSK2** и **TFLG2**.

Пулс-акумулатор

- Дефиниране на циклите на Пулс-акумулатора (ПА) в двата възможни режима на работа:

$$E/2^6 = E/64 \text{ (8-битов брояч PACNT)}$$

Crystal Frequency	E Clock	Cycle Time	E ÷ 64	PACNT Overflow
4.0 MHz	1 MHz	1000 ns	64 µs	16.384 ms
8.0 MHz	2 MHz	500 ns	32 µs	8.192 ms
12.0 MHz	3 MHz	333 ns	21.33 µs	5.461 ms

Пулс-акумулатор – регистри

□ РАCTL - Пулс-акумулатор контролен регистър

(тук: за контрол функциите на Пулс-акумулатора – 4 бита)

// DDRA7 - посоката на данните на бит7 от Порт А;
 // I4/O5 - дефинира функциите IC4/OC;
 // RTR[1:0] - задават периода на RTI прекъсването.

- **PAEN** - бит за разрешаване на Пулс-акумулатора (ПА):
 0 – забранен ПА (*по подразбиране след Reset*);
 1 – разрешен ПА.

Address: \$1026

	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:	DDRA7	PAEN	PAMOD	PEDGE	DDRA3	I4/O5	RTR1	RTR0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Пулс-акумулатор – регистри

- ❑ **РАСТL**- Пулс-акумулатор контролен регистър (продължение)
- **РАМОD** - определя режима на ПА:
 - 0** - обикновен броячен режим;
 - 1** - разрешителен акумулиращ режим.
- **РЕDGE** - бит за контрол вида на фронта за задействане брояча на ПА:

бит РАМОD	бит РЕDGE	Реакция пр постъпване на тактов сигнал
0	0	Увеличаване съдържанието на брояча при постъпване на заден фронт на сигнал на входа РАI
0	1	Увеличаване съдържанието на брояча при постъпване на преден фронт на сигнал на входа РАI
1	0	Ниво "0" на вход РАI забранява броенето
1	1	Ниво "1" на вход РАI забранява броенето

Пулс-акумулатор – регистри

- **PACNT** - Пулс-акумулатор броячен регистър. Функции:
 - Съхранява показанието за постъпилите към ПА външни събития през неговия вход PAI;
 - Позволява запис и четене от него по всяко време;
 - Четене: възможно е дори при неактивен вход PAI в разрешителен “gated” акумулиращ режим;
 - Съдържанието му НЕ СЕ ПРОМЕНЯ при Reset.

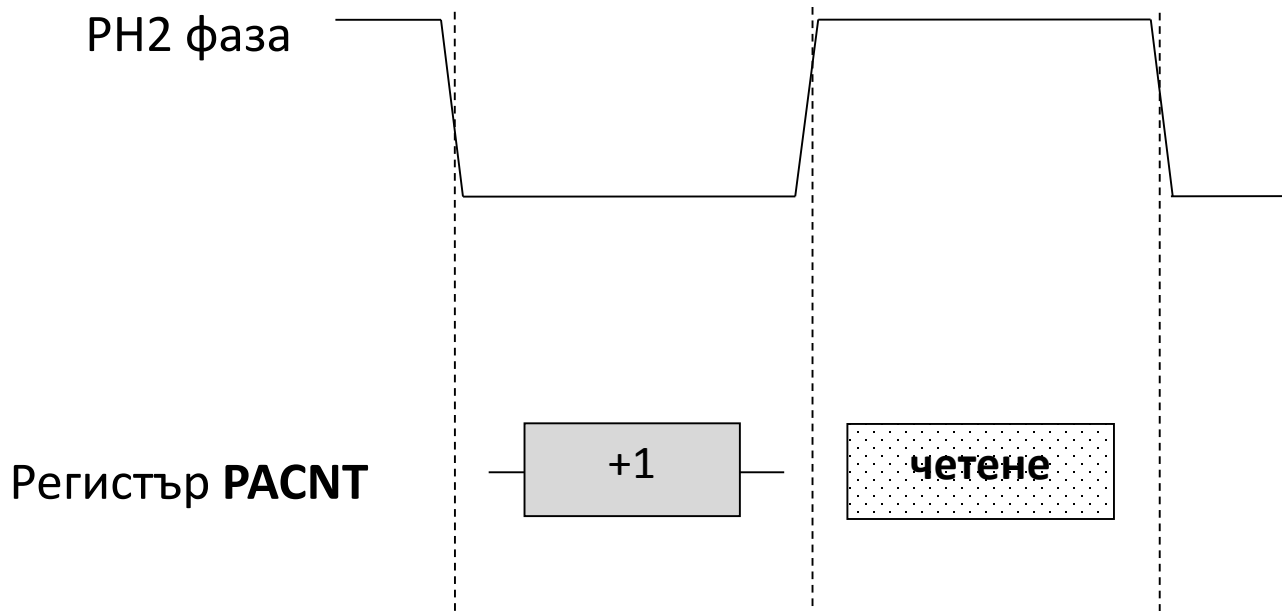
Address: \$1027

	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Write:	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Reset:	Indeterminate after reset							

Пулс-акумулатор – регистри

□ **PACNT** - Пулс-акумулатор броячен регистър
(продължение)

- синхронизация на ПА - по E-clock честота → фаза PH2:
- увеличаване на съдържанието (първа половина);
 - четене (втора половина – т.е. при високо ниво).



Пулс-акумулатор – регистри

- ✓ ПА – двойки статус-битове (флагове) и съответни маски за прекъсване - от таймерни регистри **TMSK2, TFLG2**.
 - Маски за прекъсване: PAOVI, PAII;
 - Флагове за прекъсване: PAOVF, PAIF.

Address:	\$1024							
	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:	TOI	RTII	PAOVI	PAII			PR1	PR0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
Address:	\$1025							
	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:	TOF	RTIF	PAOVF	PAIF				
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Пулс-акумулатор – регистри

- ✓ ПА – статус-битове (флагове) и маски за прекъсване /от таймерни регистри TMSK2, TFLG2 - продължение/:
 - Маски за прекъсване: PAOVI, PAII;
 - Флагове за прекъсване: PAOVF, PAIF.
- **Флаг PAOVF** – вдига се в “1” всеки път при промяна съдържанието на ПА от \$FF в \$00 (препълване). Нулиране – запис на “1” в съответния бит (PAOVI-бит 5) от регистър TFLG2.
- **Маска PAOVI** – определя режима на работа на ПА по отношение на прекъсванията *при препълване* (не засяга установяването на флага PAOVF):
 - При PAOVI=“0” – вдигането на флага PAOVF се определя софтуерно за реализация на прекъсване при необходимост;
 - При PAOVI=“1” – генерира се хардуерно прекъсване всеки път, когато PAOVF се установи в “1”. Преди завършване сервизната процедура по обслужване на прекъсването флагът PAOVF следва да се нулира чрез запис в рег. TFLG2.

Пулс-акумулатор – регистри

- ✓ ПА – статус битове (флагове), битове (маски) за прекъсване /от таймерни регистри TMSK2, TFLG2 - продължение/:
- **Флаг PAIF** – установява се автоматично всеки път при детекция на фронт на вход PA7/PAI/OC1. Нулиране – запис на “1” в съответния бит (PAII-бит 4) от регистър TFLG2.
- **Маска PAII** – определя режима на работа на ПА по отношение на прекъсванията *при входен сигнал* (не засяга установяването на флага PAIF):
 - При PAII = “0” – вдигането на флага PAIF се определя софтуерно за реализация на прекъсване при необходимост;
 - При PAII = “1” – генерира се хардуерно прекъсване всеки път, когато PAIF се установи в “1”. Преди завършване сервизната процедура по обслужване на прекъсването флагът PAIF следва да се нулира чрез запис в регистър TFLG2.