# Programiranje z uporabo prekinitev

- **Napisati prekinitveni servisni program (PSP)**
  - Kaj naj se izvede, ko pride do prekinitve določene vrste?
  - PSP končamo z ukazom RTI
- **Napisati ustrezno inicializacijo (v glavnem programu)**
  - Začetni naslov PSP vpisati v ustrezni prekinitveni vektor
  - Omogočiti želeno prekinitev
    - Različni kontrolni biti omogočijo različne tipe prekinitev
    - Z ukazom CLI pobrisati zastavico I v registru CCR
  - Po inicializaciji lahko glavni program normalno teče
    - PSP se bo izvedel avtomatsko, če se pojavi ustrezna prekinitev

# Prekinitveni vektorji HC11

Maskirani (se ignorirajo), če je I-bit v CCR enak 1

16-bitni vektorji

| | |
|---|---|
| FFD6 | SCI serial system |
| FFD8 | SPI serial transfer complete |
| FFDA | pulse accumulator input edge |
| FFDC | pulse accumulator overflow |
| FFDE | timer overflow |
| FFE0 | timer output compare 5 |
| FFE2 | timer output compare 4 |
| FFE4 | timer output compare 3 |
| FFE6 | timer output compare 2 |
| FFE8 | timer output compare 1 |
| FFEA | timer input capture 3 |
| FFEC | timer input capture 2 |
| FFEE | timer input capture 1 |
| FFF0 | real time interrupt |
| FFF2 | IRQ' pin interrupt |
| FFF4 | XIRQ' pin interrupt |
| FFF6 | SWI |
| FFF8 | illegal opcode trap |
| FFFA | COP failure (reset) |
| FFFC | COP clock monitor fail (reset) |
| FFFE | reset' |

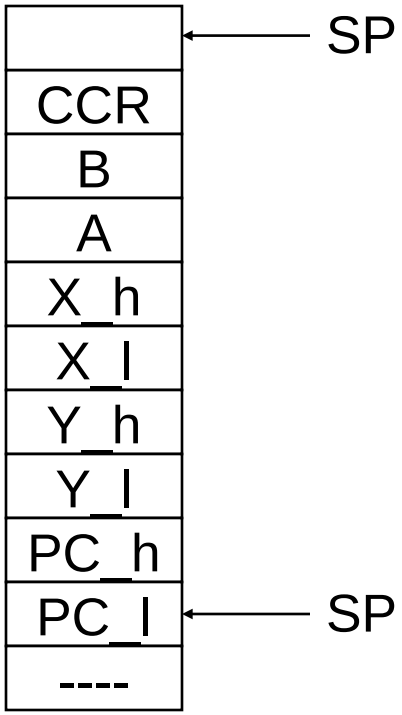
} software interrupts

najnižja prioriteta

najvišja prioriteta

Večino prekinitev lahko maskiramo z uporabo določenih kontrolnih bitov

# Dogajanje ob prekinitvah




Ko pride do prekinitve:

1. HC11 shrani na sklad (PUSH):
   PC, registre IY, IX, akumulatorja in CCR

2. HC11 postavi I-bit
   Prekinitve se maskirajo – gnezdenja ni

3. Poišče prekinitveni vektor z najvišjo prioriteto

4. Skoči na začetek PSP (kamor kaže vektor)
   Izvaja ukaze do RTI

5. Restavrira registre (vrednosti so na skladu - PULL)
   (pozor: tudi I-bit v CCR)

6. Vrne se na ukaz, pred katerim je prišlo do prekinitve
   (prekinitve so spet omogočene)

# *Nadzor nad prekinitvami*

- **I-bit v CCR določa ali so *maskirne* prekinitve dovoljene**
  - I = 1 --> onemogočene, I = 0 --> prekinitve dovoljene
- **I bit je vedno postavljen v PSP**
  - Gnezdenje ni dovoljeno
- **Če želimo gnezdenje, ga lahko omogočimo**
  - SEI - set interrupt mask (onemogočimo)
    - Uporabno med inicializacijo, ko prekinitev ne želimo (še niso inicializirane)
  - CLI - clear interrupt mask (omogočimo)
    - Na koncu inicializacije, tudi za gnezdenje prekinitev

# Primer dela z IRQ

Napisati inicializacijo in glavni program

```
                org     $2000           ;pomnilnik za podatke
count           fdb     0               ;števec prekinitev

                org     $E000           ;glavni program
start           lds     #$3FFF          ;inicializacija sklada
                CLI                     ;omogočimo prekinitve
loop            bra     loop            ;neskončna zanka
```

Glavni program!

**Napisati PSP:**

Vsakič, ko se pojavi prekinitev IRQ, se števec poveča

```
*** prekinitveno servisni podprogram za IRQ prekinitev
irqhand:        ldx     count   ; IX <-- trenut.vred.števca
                inx             ; povečaj za 1
                stx     count   ; zapiši števec nazaj
                rti             ; konec – povratek

                org     $FFF2
                fdb     irqhand

                org     $FFFE
                fdb     start
```

IRQ vektor: $FFF2

Reset vektor: $FFFE

# Prekinitve ‘Realnega Časa’ (RTI)

- **Prekinitve ‘Realnega Časa’ so izvor periodičnih prekinitev**
  - Če so omogočene, povzročijo prekinitev v enakomernih časovnih intervalih
  - Dolžine časovnih intervalov so lahko različne
  - Dolžino intervala določa nastavitev delilnika, ki ga krmilimo z bitoma RTR1 in RTR0 v registru PACTL ($1026)
  - Nastavitev delilnika za prekinitve realnega časa lahko spremenimo kadar koli

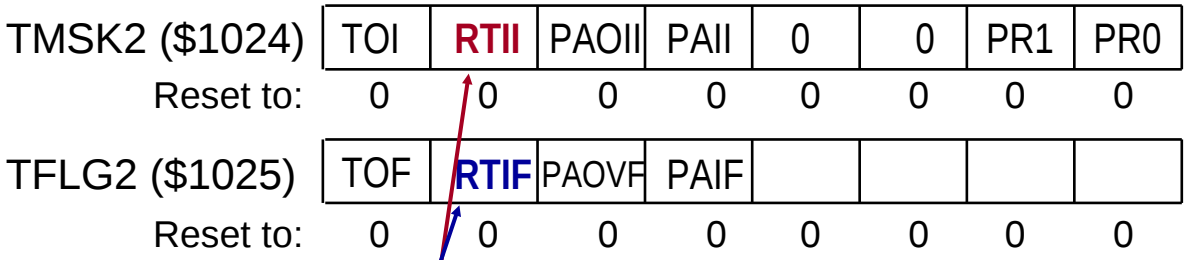
| RTR1 | RTR0 | Ura E Deljena z: | Perioda |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 8K | 6.2/3ms |
| 0 | 1 | 16K | 13.1/3ms |
| 1 | 0 | 32K | 26.2/3ms |
| 1 | 1 | 64K | 53.1/3ms |

PACTL ($1026)

| DDRA7 | PAEN | PAMOD | PEDGE | 0 | 0 | **RTR1** | **RTR0** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Po resetu: 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

# Prekinitve 'Realnega Časa' (RTI)

Ko določena perioda poteče, se postavi zastavica RTIF in (glede na RTII) generira prekinitev




Omogočimo prekinitve RTI:

```
LDX     #TMSK2
BSET    0,x #%01000000
```

Zakaj v TMSK 2 ne vpišemo #$40?

--> S tem bi 'povozili' vse ostale bite!

Brisanje zastavice RTI (npr. v PSP):

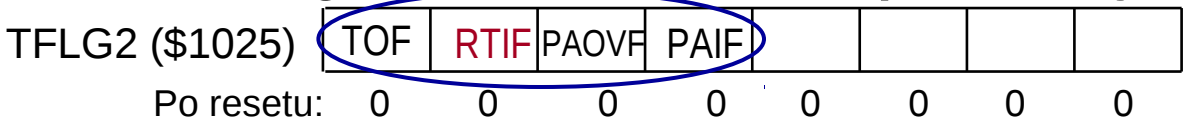
```
LDAA    #%01000000
        STAA    TFLG2
```

RTI - prekinitveni vektor: $FFF0-$FFF1

# Brisanje zastavic

- **Zastavice brišemo s pisanjem ‘1’ na njihovo mesto**
  - Za brisanje zastavice RTIF, vpišemo ‘1’ v bit 6 registra TFLG2
  - Ostalih bitov ne smemo spremeniti!
- **Rešitev:**
  - **`LDAA  #%01000000`**
    **`STAA  TFLG2  ;clear RTIF`**
- **Napaka!:**
  - **`LDX  #TFLG2`**
    **`BSET  0,X #%01000000`**
  - **Na ta način se pobrišejo vsi biti, ki so bili postavljeni na 1. Prebere register, OR z masko, zapiše nazaj.**

01010000 - vrednost reg.
01000000 - maska
01010000 - rezultat ‘or’
Pobriše RTIF in PAIF



# Daljše periode z RTI

Najdaljša perioda za RTI je 53.33 ms. Če želimo daljše periode, moramo šteti prekinitve => dobimo večkratnike periode.

```
TMASK2     EQU   $1024
TFLG2      EQU   $1025
PACTL      EQU   $1026

ONESEC     EQU   75      ;število RTI-jev na 13.33ms za skupno 1s

           org   $2000
RTICOUNT   RMB   1       ; števec koliko RTI-jev se je zgodilo

**** nastavitev prekinitvenega-vektorja za RTI
           org   $FFF0
           fdb   RTIHAND

           org   $E000
           lds   …                 ; inicializacija sklada (kazalca)
           ldaa  #ONESEC           ; inicializacija števca
           staa  RTICOUNT          ;  “
           ldx   #PACTL            ; nastavi PACTL za RTI na 13.33ms
           bclr  0,x    $02        ; tako da daš  RTR1,0 na ‘01’
           bset  0,x    $01        ;  “
           ldaa  #%01000000        ; pobriši RTI zastavico
           staa  TFLG2             ; tako da vpišeš ‘1’ v RTIF v TFLG2
           ldx   #TMASK2           ; omogoči RTI-je
           bset  0,x #%01000000    ; tako da postaviš RTII v TMASK2 na 1
           cli                     ; globalno omogoči prekinitve
loop       bra   loop              ; neskončna zanka
```

Nadaljevanje

# Daljše periode z RTI

```
RTIHAND:  ldaa  #%01000000    ; pobriši RTI zastavico
          staa  TFLG2         ;       "
```

```
          dec   RTICOUNT      ; zmanjšaj števec
```

```
          bne   RTIDONE       ; če ni nič, nadaljuj
```

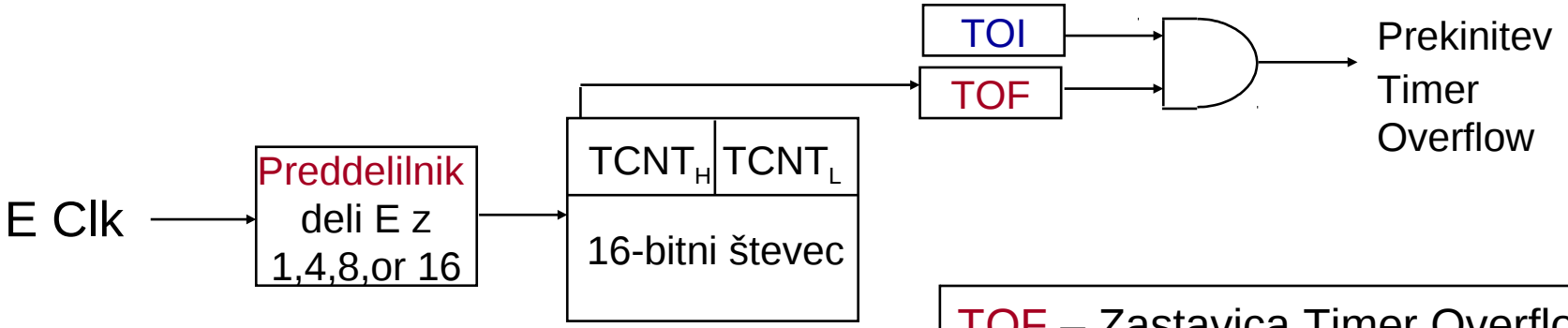
```
******* Naslednji del kode se izvrši enkrat na sekundo *****
          bsr   UPDATECLOCK   ; kliči uporabniški podprogram

          ldaa  #ONESEC       ; ponastavi (resetiraj) števec

          staa  RTICOUNT      ; shrani števec
RTIDONE   rti
```

# Časovniki (timers)

- **Pogosto moramo delati stvari, povezane s časom**
  - Redne prekinitve
    - Večopravilnost – dodeljevanje časa
    - Osveževanje prikazovalnikov (LCD)
  - Časovne zakasnitve
    - Alarmi
    - Delo z določenimi napravami
  - Merjenje časa
    - Iščemo čas med dvema dogodkoma
    - Določamo frekvenco periodičnih signalov

# Čas in HC11

- **16 bitni števec, ki se neprestano povečuje**
  - Dobi vrednost $0000 ob resetu
  - Lahko ga preberemo na lokacijah $100E - $100F ($TCNT_H$ and $TCNT_L$
  - Ob prehodu iz 65535 na 0 se postavi bit TOF




Preddelilnik – Deli uro E (upočasni števec)

TOF – Zastavica Timer Overflow TFLG2-7

TOI - Timer Overflow Interrupt Enable TMSK2-7

# Časovnik

- **Vrednost časovnika lahko preberemo s 16-bitnim branjem registra TCNT ($100E)**
  - LDX $100E ; preberi časovnik v X
- **Časovnik se običajno poveča ob vsakem ciklu ure, vendar ga lahko upočasnimo, da se povečuje vsakih 4,8, ali 16 ciklov.**
  - To lahko storimo le prvih 64 ciklov po resetu
- **TOF se postavi, ko pride do prekoračitve**
  - Brišemo ga s pisanjem ‘1’ vanj!!!

Ostalih bitov ne smemo spremeniti.

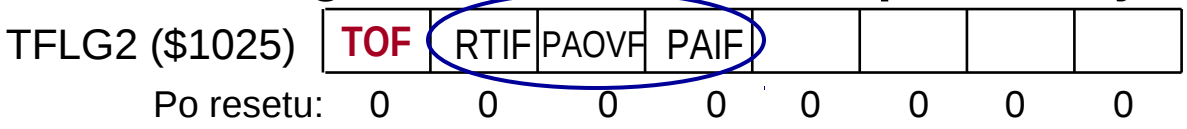
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TMSK2 ($1024) | **TOI** | RTII | PAOII | PAII | 0 | 0 | **PR1** | **PR0** |
| Po resetu: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TFLG2 ($1025) | **TOF** | RTIF | PAOVF | PAIF | | | | |
| Po resetu: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

PR1,PR0 (preddelilnik):
00: 1 (clock)
01: 4 (clock / 4)
10: 8 (clock / 8)
11: 16 (clock / 16)

# Brisanje zastavic

- **Zastavice brišemo s pisanjem ‘1’ na njihovo mesto**
  - Za brisanje zastavice TOF, vpišemo ‘1’ v bit 7 registra TFLG2
  - Ostalih bitov ne smemo spremeniti!
- **Rešitev:**
  - `LDAA  #%10000000`
    `STAA  TFLG2  ;clear TOF`
- **Napaka:**
  - `LDX  #TFLG2`
    `BSET  0,X #%10000000`
  - **Na ta način se pobrišejo vsi biti, ki so bili postavljeni na 1. Prebere register, OR z masko, zapiše nazaj.**

10010000 - vrednost reg.
10000000 - maska
10010000 - rezultat ‘or’
Pobriše TOF in PAIF



# Delo s časovnikom

```
TCNT    EQU     $100E

* Generate a 10ms delay by waiting 12288 cycles

        LDD     TCNT    ; D <-- vrednost časovnika
        ADDD    #12288  ; D <-- vrednost časovnika po 10ms
LOOP    CMPD    TCNT    ; je časovnik že enak ali večji D
        BHI     LOOP    ; če ne, 10ms še ni poteklo
        ...
```

1 E perioda = 1 / 1.2288MHz

- **Težave:**
  - Kaj, če pri prištevanju 12288 k D povzroči prenos?
    - To se zgodi, če je števec > 53247
  - Zakasnitve, večje od 65536 urinih period (53.3 ms), niso možne
  - Slabša natančnost

Zaradi navedenih težav in slabosti se ta način ne uporablja!
Zakasnitve izvedemo s pomočjo alarmov! (glej alarmi)

# Alarmi

- **Alarme realiziramo s funkcijo ‘Output compare’**
  - Čas, ob katerem naj se sproži alarm, zapišemo v register
  - Ko je vrednost števca enaka vrednosti v registru, se postavi zastavica
  - Če je omogočena, se sproži prekinitev. (možno je tudi vpisati vrednost na izhodni priključek)
- **Osnovna ideja**
  - Preberemo trenutno vrednost števca
  - K vrednosti prištejemo število ciklov, po katerem naj se alarm sproži
  - Rezultat vpišemo v register ‘Output compare’
  - Pobrišemo ustrezno zastavico in čakamo...
- **Daljše periode realiziramo s štetjem alarmov (podobno kot v primeru RTI)**

# Nadzor nad alarmi (Output Compare)

| OC Register | Naslov |
|---|---|
| TOC1 | $1016-$1017 |
| TOC2 | $1018-$1019 |
| TOC3 | $101A-$101B |
| TOC4 | $101C-$101D |
| TOC5 | $101E-$101F |

Registri ‘Output Compare’:
5 registrov == 5 alarmov

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TFLG1 ($1023) | OC1F | OC2F | OC3F | OC4F | OC5F | IC1F | IC2F | IC3F |
| Po resetu: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Zastavice OC Flags se postavijo , ko se alarm sproži. Brišemo s pisanjem ‘1’.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TMSK1 ($1022) | OC1I | OC2I | OC3I | OC4I | OC5I | IC1I | IC2I | IC3I |
| Po resetu: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

OC Interrupt enable: ‘1’ pomeni, da OC generira prekinitev.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TCTL1 ($1020) | OM2 | OL2 | OM3 | OL3 | OM4 | OL4 | OM5 | OL5 |
| Po resetu: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| OMx | OLx | Vpliv na priključek |
|---|---|---|
| 0 | 0 | Ni vpliva |
| 0 | 1 | Invertira |
| 1 | 0 | Postavi na 0 |
| 1 | 1 | Postavi na 1 |

Vsak OC ima tudi priključek, povezan z njim:
Lahko ga postavimo na 0, 1 ali ga invertiramo,
ko se alarm sproži...

# *Funkcija 'Input Capture'*

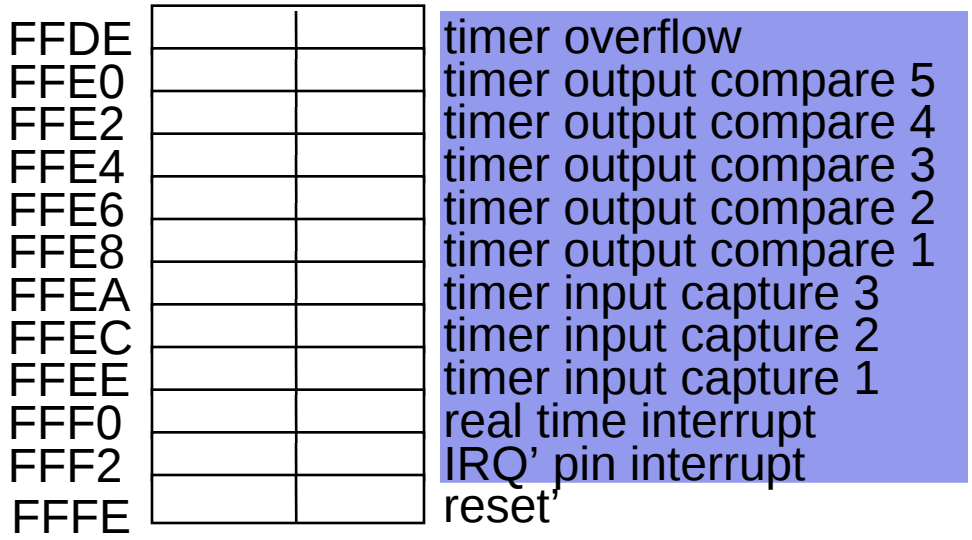
- **Funkcija 'Input Capture' deluje glede na stanje treh vhodnih priključkov (to so priključki 68hc11, ne vrata A čipa PIA)**
  - $PA_2$, $PA_1$, $PA_0$
- **Če na enem od teh priključkov pride do spremembe stanja (fronte), se zgodi naslednje:**
  - Vrednost števca se vpiše v ustrezen register (TIC1, TIC2, or TIC3)
  - Postavi se ustrezna zastavica (IC1F, IC2F, ali IC3F v registru TFLG1)
  - Generira se prekinitev (če želimo)

# *Uporaba 'Input Capture'*

- **Določanje periode signala**
  - Izmerimo čas med dvema pozitivnima (ali negativnima) frontama
- **Iskanje dolžine impulza**
  - Izmerimo čas med pozitivno in negativno fronto signala
- **Zelo natančno določimo čas zunanjega dogodka**
  - Mnogo natančneje, kot z uporabo prekinitev – do cikla natančno
- **Kot tri dodatne priključke za zunanje prekinitve**

# Prekinitveni vektorji in pomembni registri

Prekinitveni vektorji:




Registri za delo s časovniki:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **TCTL1** | **$1020** | **TFLG2** | **$1025** |
| **TMSK1** | **$1022** | **PACTL** | **$1026** |
| **TFLG1** | **$1023** | **TCNT** | **$100E** |
| **TMSK2** | **$1024** | | |