

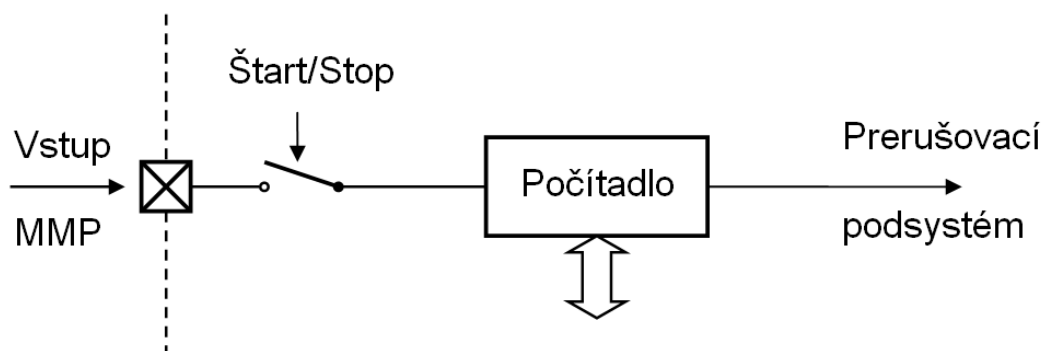
Počítadlá / časovače (T/C), časť 1.

Všeobecne

Počítadlá a časovače sú najčastejšie používaným obvodom – perifériou zabudovaným v MMP. Používajú sa na počítanie impulzov, generovanie časových intervalov, vytvorenie časového oneskorenia. T/C obvody MMP sú budované čo najuniverzálnejšie. V konkrétnych prevedeniach možno nájsť nasledovné typy, resp. funkcie obvodov.

Počítadlo vonkajších udalostí

Počítadlo sa používa na počítanie vonkajších udalostí (impulzy s logickou úrovňou „1“, resp. „0“). Procesorová jednotka môže cez vnútornú zbernicu prednastaviť počiatočný stav počítadla a priebežne ho tiež čítať. Pomocou prepínačov môžeme zastaviť - povoliť načítavanie impulzov počítadlom. Výstup z počítadla, jeho pretečenie, je obvykle použité na generovanie prerušenia. Používa sa na meranie frekvencie signálu privádzaného na pin MMP. Treba zaistiť stabilný čas, kedy je počítadlo zapnuté.

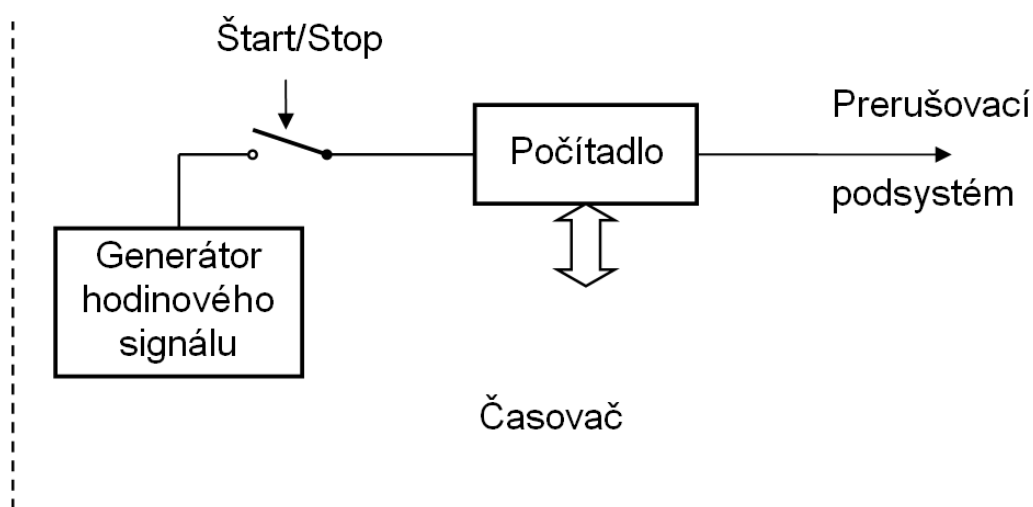


Počítadlo vonkajších udalostí

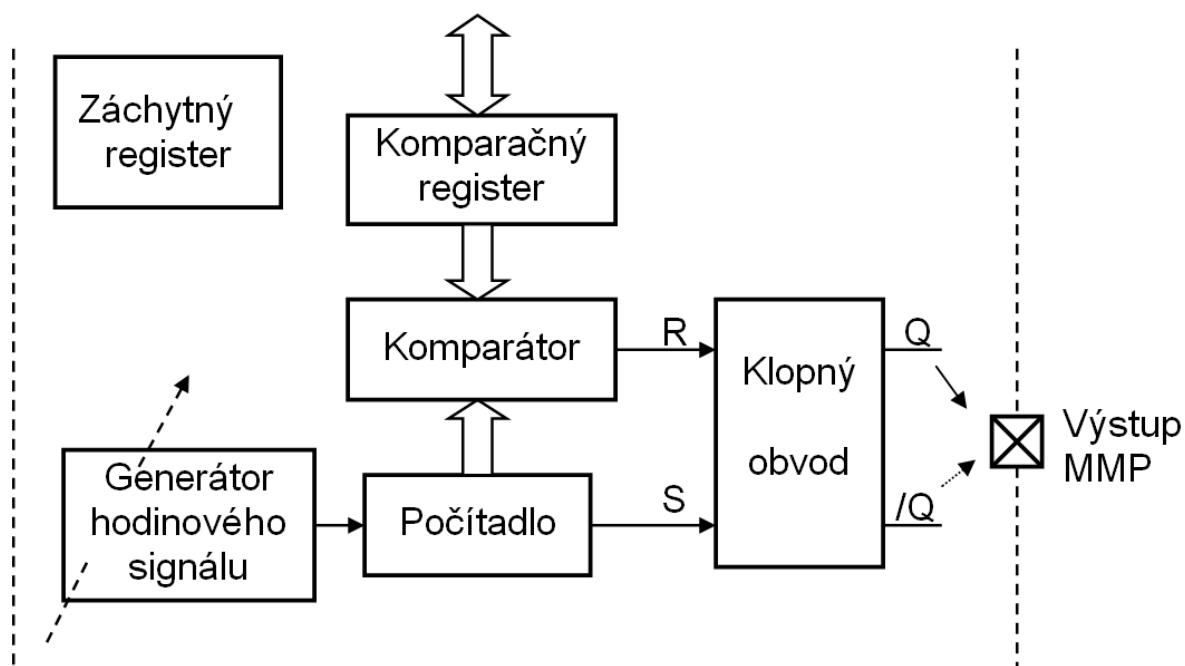
Časovač

Obvodová schéma je podobná predchádzajúcej. Preto sa obidva prípady často kumulujú do jedného pod názvom počítadlo/časovač. Na rozdiel od počítadla nie je na vstup pripojený zdroj externej synchronizácie, ale sa využíva stabilný – presný zdroj frekvencie. Prevažne kryštálom riadený. Procesorová jednotka môže opäť cez vnútornú zbernicu prednastaviť počiatkový stav počítadla a priebežne ho tiež čítať. Pretečenie počítadla signalizuje ukončenie časového intervalu a opäť vyvoláva prerušenie.

Príkladom použitia je generovanie presného časového úseku. Napr. pre vyššie spomenutý merač frekvencie. Časté použitie je: Generovanie tzv. periódy vzorkovania.



Generátor signálu s komparátorom

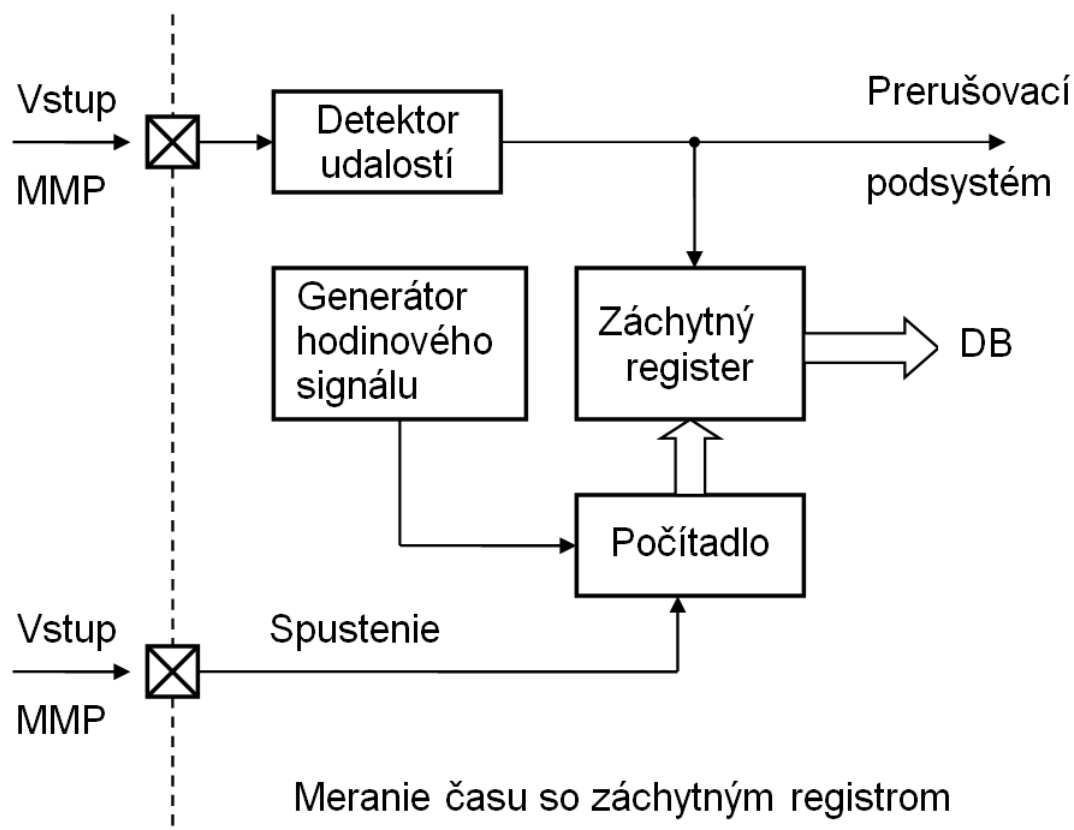


Generovanie signálu s komparátorom

Prax často používa zariadenia, kde zdroj signálu má pevnú alebo nastaviteľnú periódu opakovania a konštantné alebo premenlivé plnenie. Aby procesorová jednotka nebola zaťažovaná programovým generovaním takéhoto signálu, býva MMP vybavený periférnym obvodom generujúcim takýto signál. Uvedený obvod je vlastne svojou funkciou PWM obvod. T.j. obvod šírkového modulácie impulzov. Základom je voľne bežiaci počítadlo na vstupe ktorého je stabilná (preladiteľná) frekvencia. Stav počítadla je porovnávaný v číslicovom komparátore s hodnotou uloženou v komparačnom registre. Pri dosiahnutí zhody vyšle komparátor RESET pre klopný obvod. SET klopného obvodu sa vykoná pri pretečení počítadla. Konkrétna realizácia môže mať vyvedený na pin MMP signál Q, /Q, resp. oba.

Záchytný register počítača

Mnohé technické aplikácie predpokladajú meranie času. Meranie kratších časových úsekov by sme programovo nemuseli s dostatočnou presnosťou zvládnuť. Z tohto dôvodu býva počítač doplnený o tzv. záchytný register, v ktorom sa zaznamená stav počítača pri výskyte externej udalosti na sledovanom vstupe MMP. Spustenie počítača môže byť spojené aj s jeho prednastavením, a môže byť nezávislé na behu programu. Ak detektor udalostí zaznamená zmenu na odpovedajúcom vstupe, odpamätá sa obsah počítača a vygeneruje sa požiadavka o prerušenie.



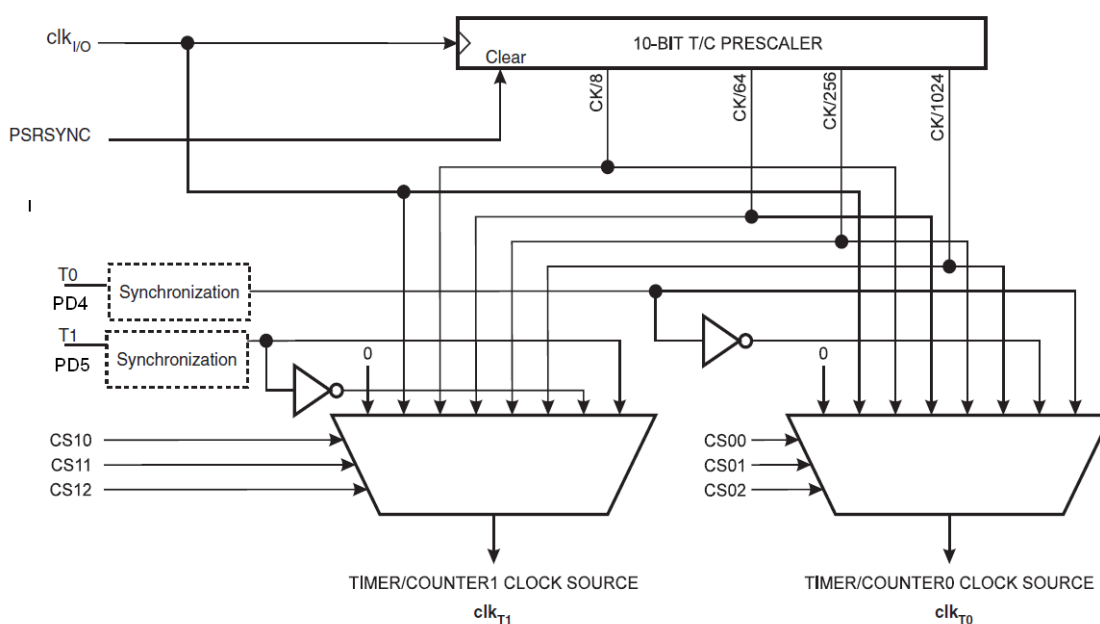
Počítadlá/časovače ATmega 328

Procesory AVR majú niekoľko T/C. Niektoré sú 8-bitové a niektoré sú 16-bitové. T/C0 a T/C2 sú 8 bitové a T/C1 je 16 bitové.

T/C2 môže byť taktované z externého kryštálu s frekvenciou 32kHz, čo mu umožňuje pracovať nezávisle na frekvencii taktovacieho oscilátora obvodu. V spojení s útlmovými režimami dokáže tento obvod pracovať vo funkcii RTC. Napr.: každú sekundu vykoná „inkrement“ cez všetky rády sek. min. hod. ... a „uspí“ sa.

8-bitový T/C0 a 16-bitový T/C1 majú veľa spoločného. Napríklad: preddelič.

Preddelič pre T/C0 a T/C1.



Preddelič je zariadenie na vytvorenie vstupného signálu do T/C0 a T/C1. Každé počítadlo ma 8 rôznych vstupov.

- 1.) Vstupný signál je vypnutý.
- 2.) Na vstup počítadla je privedený signál odvodený od pracovnej frekvencie procesora $f_{CLK_I/O}$ alebo jeden z vývodov preddeliča $f_{CLK_I/O}/8$, $f_{CLK_I/O}/64$, $f_{CLK_I/O}/256$, $f_{CLK_I/O}/1024$.
- 3.) Do T/C0 je privedený signál z pinu PD4 a do T/C1 je privedený signál z pinu PD5.

Počítadlo externých udalostí inkrementuje buď pri nábežnej, resp. dobežnej hrane na vstupoch T0, T1. Vstupy sú synchronizované pomocou $f_{CLK_I/O}$. Takýto signál prechádza cez detektor hrán. Detektor hrán generuje pulzy buď pri kladnej, resp. zápornej hrane pre jednotlivé počítadlá. Jedna polperióda externého signálu musí byť dlhšia ako jeden SC procesora.

Preddelič je voľne bežiaci. Jeho prednastavenie je *nezávislé* na pripojenom počítadle. Ak počítadlo pripojíme k preddeliču, môže načítať 1 až N+1 systémových hodinových signálov, kde N je deliaci pomer preddeliča (8, 64, 256, or 1024), než počítadlo prvý krát inkrementuje svoj obsah.

Pozor na programové zosynchronizovanie preddeliča s počítačdom – vynulovanie. Vynulovaný preddelič zapôsobí na obe počítačlá.

General Timer/Counter Control Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TSM	-	-	-	-	-	PSRASY	PSRSYNC	GTCCR
Read/Write	R/W	R	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Zápis 1 do **PSRSYNC** vynuluje preddelič pre **T/C1** aj **T/C0**. Tento byt sa vynuluje po vykonaní operácie.

Prednastavenie preddeliča pre **T/C0** sa vykoná nastavením bitov **CS02:0** v registri **TCCR0B** a pre **T/C1** sa vykoná nastavením bitov **CS12:0** v registri **TCCR1B**.

Timer/Counter Control Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	TCCR1B
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Timer/Counter Control Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	FOC0B	FOC0B	-	-	WGM02	CS02	CS01	CS00	TCCR0B
Read/Write	W	W	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

x = 0 pre **T/C0** a **x = 1** pre **T/C1**.

CSx2	CSx1	CSx0	
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	clk _{io} (No prescaling)
0	1	0	clk _{io} /8 (From prescaler)
0	1	1	clk _{io} /64 (From prescaler)
1	0	0	clk _{io} /256 (From prescaler)
1	0	1	clk _{io} /1024 (From prescaler)
1	1	0	External clock source on Tx pin. Clock on falling edge.
1	1	1	External clock source on Tx pin. Clock on rising edge.

!!! Nesmieme zabudnúť, že toto celé je spriahnuté s f_{osc} !!!

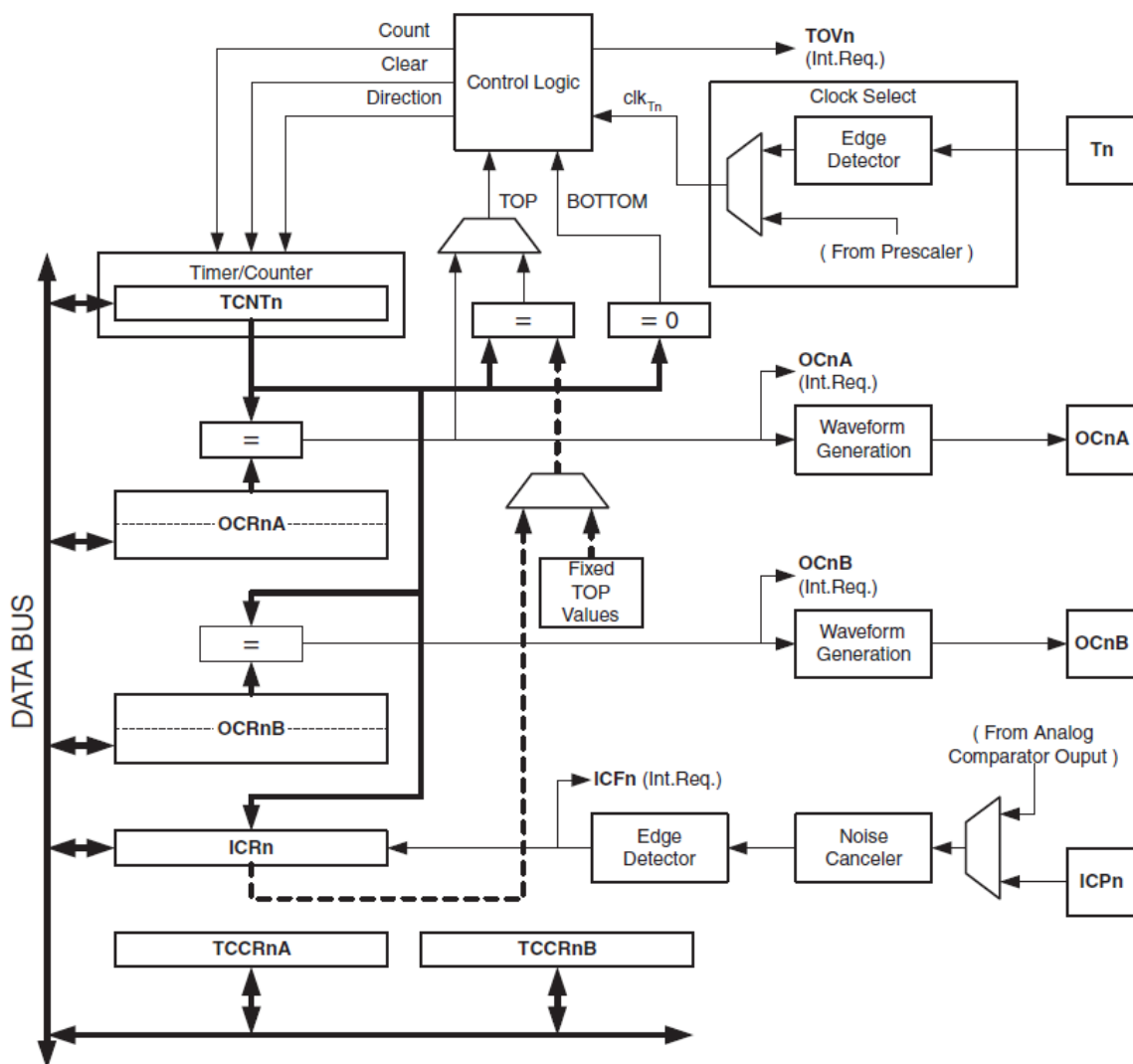
16-bit T/C1

Priradenie pinov:

T1	=	PD5
OC1A	=	PB1
OC1B	=	PB2
ICP1	=	PB0

Vlastnosti T/C1:

- 16 – bitové počítadlo,
- Dva nezávislé výstupné komparačné bloky,
- Jeden záchytný vstupný blok s jednoduchým filtrom
- Nulovanie počítadla pri zhode, automatické znovunastavenie
- PWM s nastaviteľnou periódou
- Štyri zdroje prerušenia TOV1, OCF1A, OCF1B a ICF1



Na obrázku je bloková schéma T/C1

16 bitové registre:

TCNT1 – počítadlo/časovač,

OCR1A, OCR1B – **output compare register**. Použije sa na generovanie PWM, resp. na tvarovanie signálu na pine **OC1A, OC1B**.

ICR1 – **input capture register**.

Pri prístupe k týmto registrom treba pristupovať špeciálnym spôsobom.

„8-bitový stroj spracováva 16bitové operandy.“

8 bitové registre:

TCCR1A/B – počítadlo/časovač kontrol register,

TIFR – **timer interrupt flag register**

TIMR – **timer interrupt mask register (maska pre každé prerušenie zvlášť)**

Definície:

BOTTOM - počítadlo dosiahne *BOTTOM* keď nadobudne hodnotu 0x0000.

MAX - počítadlo dosiahne *MAXimum* keď nadobudne hodnotu 0xFFFF (dekadicky 65535).

TOP - počítadlo dosiahne *TOP* keď je jeho obsah rovný najväčšej možnej hodnote. TOP môže byť nastavená na jednu z nasledovných hodnôt:

0x00FF, 0x01FF, or 0x03FF, alebo na hodnotu uloženú v registri **OCR1A, ICR1**.

Priradenie (TOP = 0x...) je dané nastaveným-zvoleným módom.

Prístup k 16-bitovým registrom

Registre **TCNT1, OCR1A, OCR1B**, a **ICR1** sú 16-bitové. AVR CPU k nim pristupuje cez 8-bitovú *data bus*. T. J. musia byť čítané, resp. zapisované na dva krát. Každé 16-bitové počítadlo má jeden 8-bitový pomocný register – *temporary*, do ktorého sa ukladá horný byte (*High*) 16-bitového registra.

Tento pomocný register je zdieľaný pre všetky 16-bitové registre počítadla. Prístup k spodnému bytu „zapne“ 16-bitové čítanie, resp. zápis.

Keď CPU zapíše *Low* byte 16-bitového registra, *High* byte je uložený v *temporary registry*, a zápis *Low* byte z kopíruje oba do 16-bit register v tom istom strojovom cykle.

Keď CPU číta *Low* byte 16-bitového registra *High* byte sa skopíruje do *temporary registra* v tom istom SC. Ak chceme zapísať do 16-bitového registra *High* byte musí byť zapísaný pred *Low* byte. Pri 16-bitovom čítaní *Low* byte treba čítať skorej.

Read/Write operácie s 16 bitovými registrami **OCR1A** a **OCR1B** nevyžaduje použitie *temporary registra*.

Nasledovný príklad ukazuje ako pristupovať 16-bitovému registru. Pr. predpokladá, že *temporary register* sa v prerušení nemení. C-ko pristupuje k registru ako 16-bitovému.

Pr.: Asembler

...

; Vlož 0x01FF do TCNT1

ldi r17,0x01

ldi r16,0xFF

out TCNT1H,r17

out TCNT1L,r16

;Prečítaj TCNT1 do r17,r16

in TCNT1L,r16

in TCNT1H,r17

Pr.: C-ko

...

/ Vlož 0x01FF do TCNT1 */*

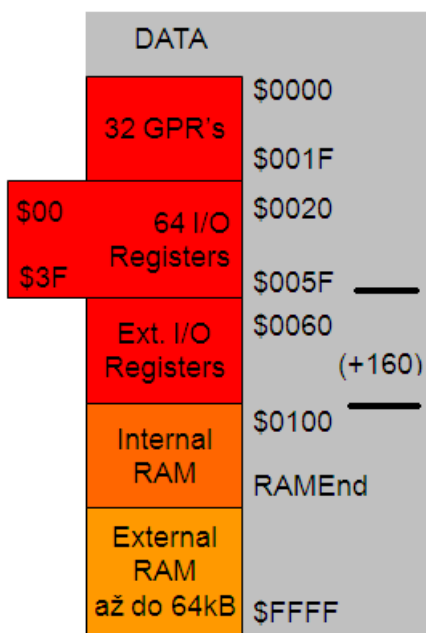
TCNT1=0x1FF;

/ Prečítaj obsah TCNT1 do i */*

i= TCNT1;

Data Memory

32 Registers	0x0000 - 0x001F
64 I/O Registers	0x0020 - 0x005F
160 Ext I/O Reg.	0x0060 - 0x00FF
	0x0100
Internal SRAM (512/1024/1024/2048 x 8)	0x02FF/0x04FF/0x4FF/0x08FF



Pri prístupe k I/O registrom umiestneným v rozšírenom I/O priestore treba inštrukcie (IN, OUT, SBIC, CBI a SBI) nahradiť inštrukciami, ktoré umožňujú prístup do rozšíreného I/O priestoru (napr. LDS, STS, SBCR, SBRC a CBR).

Nasledovný príklad kódu ukazuje ako realizovať čítanie registra **TCNT 1**. Pri čítaní j zakázané prerušenie.

Pr.: C-ko

unsigned int TIM16_ReadTCNT1(**void**)

```
{  
    unsigned char sreg;  
    unsigned int i;  
    /* Odlož global interrupt flag */  
    sreg = SREG;  
    /* Vypni „interrupts“ */  
    _CLI();  
    /* Prečítaj TCNT1 do i */  
    i = TCNT1;  
    /* Obnov global interrupt flag */  
    SREG =sreg;  
    return i;  
}
```

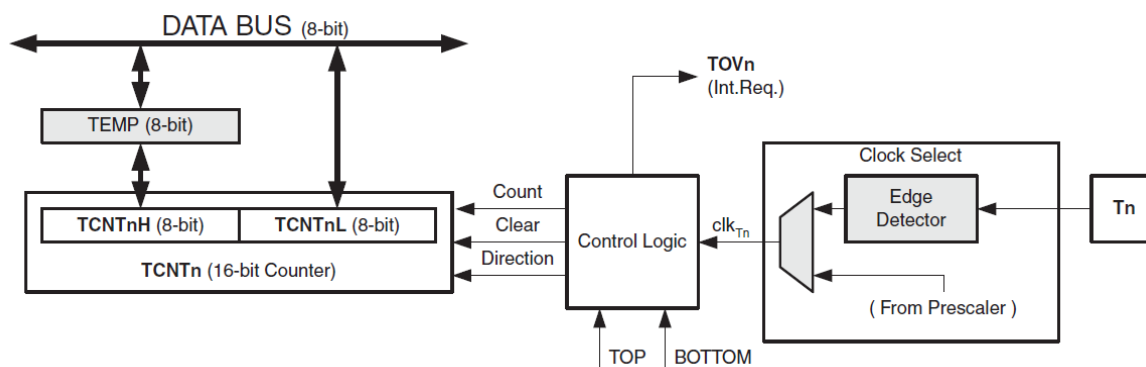
Nasledovný príklad kódu ukazuje ako realizovať, zapisovať do registra **TCNT1**. Pri zápise je zakázané prerušenie.

Pr.: C-ko

void TIM16_WriteTCNT1(**unsigned int** i)

```
{  
    unsigned char sreg;  
    unsigned int i;  
    /* Odlož global interrupt flag */  
    sreg = SREG;  
    /* Vypni „interrupts“ */  
    _CLI();  
    /* Vlož i do TCNT1 */  
    TCNT1 = i;  
    /* Obnov global interrupt flag */  
    SREG =sreg;  
}
```

Podstatnou časťou 16 bitového **T/C1** je programovateľné obojsmerné 16 – bitové počítadlo.



Popis signálov: (n = 1)

Count TCNT1 +=1, resp. TCNT1 -=1 („modulo aritmetika“)

Direction Prepínanie medzi inkrement a dekrement.

Clear Vynulovanie TCNT1 (TCNT1 = 0x0000).

clk_{T1} hodinový signál pre T/C1

TOP Signalizácia, že TCNT1 dosiahlo maximum.

BOTTOM Signalizácia, že TCNT1 dosiahlo minimum (0x0000) .

Treba si uvedomiť, že 16-bitový register je sprístupnený na dva kroky, a že je mapovaný ako dva 8-bitové registre. Napr.: takto:

$$\text{TCNT1} = 256 * \text{TCNT1H} + \text{TCNT1L}$$

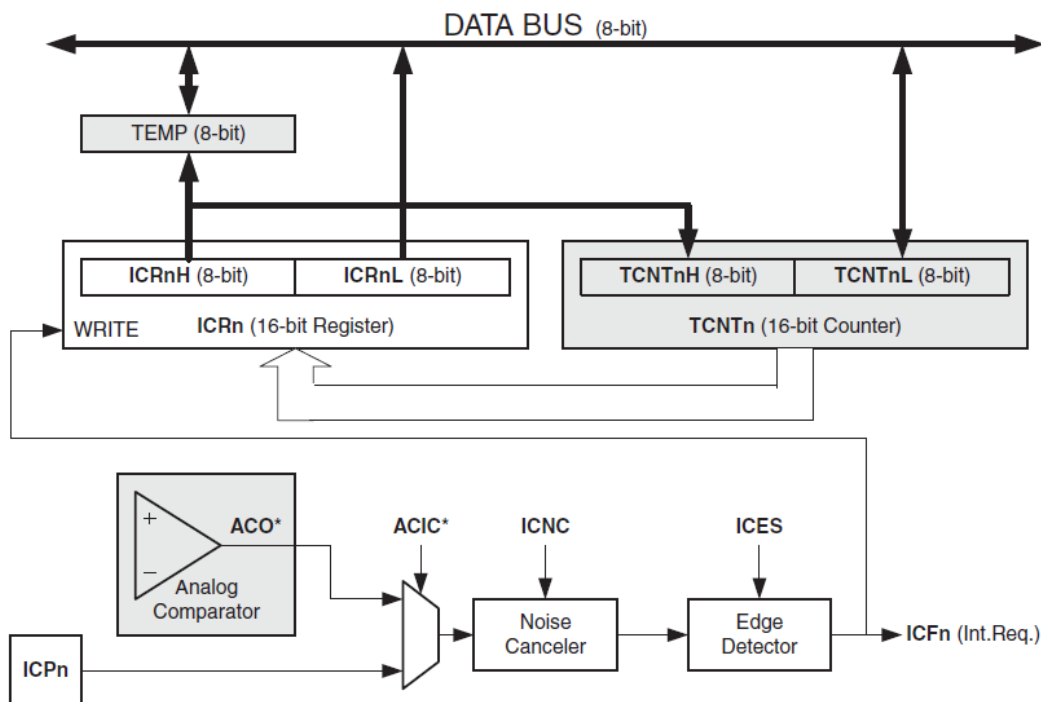
T.j. ak čítam **TCNT1H** čítam vlastne **TEMP** register. A ak zapisujem do **TCNT1H** zapisujem do **TEMP** registra. Obsah **TCNT1H** sa prekopíruje do **TEMP** pri čítaní **TCNT1L**. Obsah **TEMP** sa prekopíruje do **TCNT1H** po zápise do **TCNT1L**.

Ak sa objaví interrupt medzi dvomi inštrukciami pri prístupe k 16-bitovému registru, a obsluha prerušenia pristupuje k tomu istému temporary registru, výsledok mimo prerušenia bude zlý. Z tohto dôvodu treba počas prístupu k 16-bitovému registru zakázať prerušenie.

Záchytná jednotka - Input Capture Unit

T/C má zabudovaný vstupnú záchytnú jednotku externých udalostí.

Pomocou časových vzoriek možno počítať frekvenciu, plnenie a ďalšie parametre impulzu.



Ak sa na pine *Input Capture pin* (**ICP1**) objaví „udalosť“ zhodná s nastavenou v detektore hrán, nastaví – zapne sa odchytenie. V tomto okamžiku sa odchyť 16-bitová hodnota počítadla **TCNT1** je zapísaná do *Input Capture Register* (**ICR1**). *Input Capture Flag* (**ICF1**) sa nastaví v tom istom **SC**. Ak je povolené prerušenie (**TICIE1 = 1**) nastavený bit (**ICF1**) generuje prerušenie *Input Capture Interrupt*. Pri vstupe do prerušenia sa bit (**ICF1**) automaticky vynuluje. Opäť poznamenajme, že bit možno vynulovať aj softwarovo. „16-bitové čítanie“.

Do registra **ICR1** možno zapisovať len vtedy keď je použitý na tvarovanie výstupného priebehu. **ICR1** register definuje v tomto režime hodnotu **TOP** počítadla. *Waveform Generation mode* (**WGM13:0**) treba nastaviť skôr ako budeme nastavovať hodnotu **TOP** do registra **ICR1**. Obsah **ICR1** treba zapisovať ako 16-bitové číslo. Dôvod prečo konštruktéry zabudovali tento blok do počítadla je ten, že chceli odbremeniť procesor v kritickom čase. V prerušení treba rýchle prečítať obsah **ICR1** registra. Toto prerušenie *Input Capture Interrupt* má relatívne vysokú prioritu.

Meranie plnenia externého signálu vyžaduje prepnutie záchytnej hrany po každom odchytení. Zmenu treba vykonať prakticky okamžite po prečítaní **ICR1** registra. Po zmene záchytnej hrany treba vynulovať **ICF1** bit – softwarovo.

LITERATÚRA: ATmega 328P