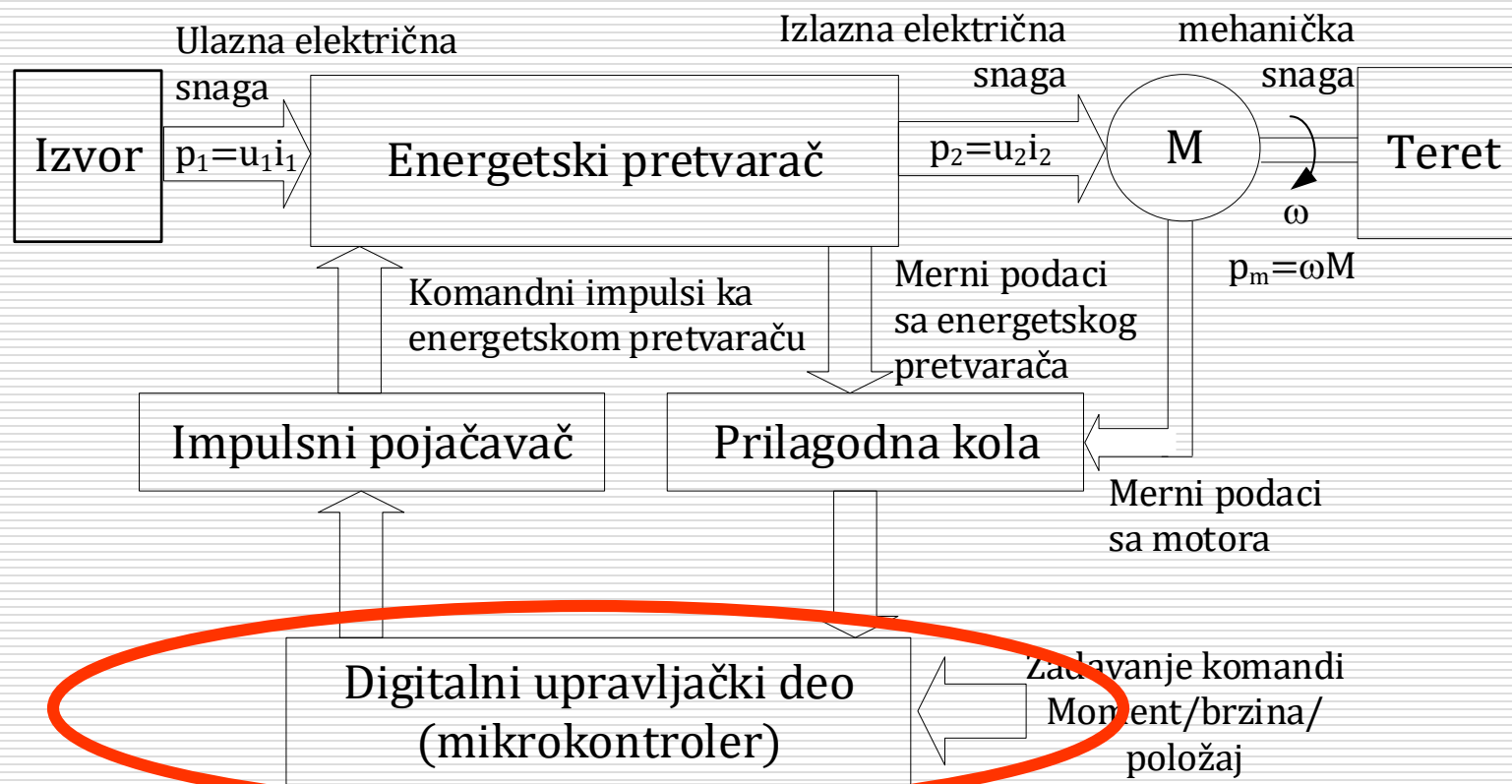


Primena mikroprocesora u REMP (digitalno upravljanje REMP)

(Maj 2022)

Osnovni elementi modernog REMP



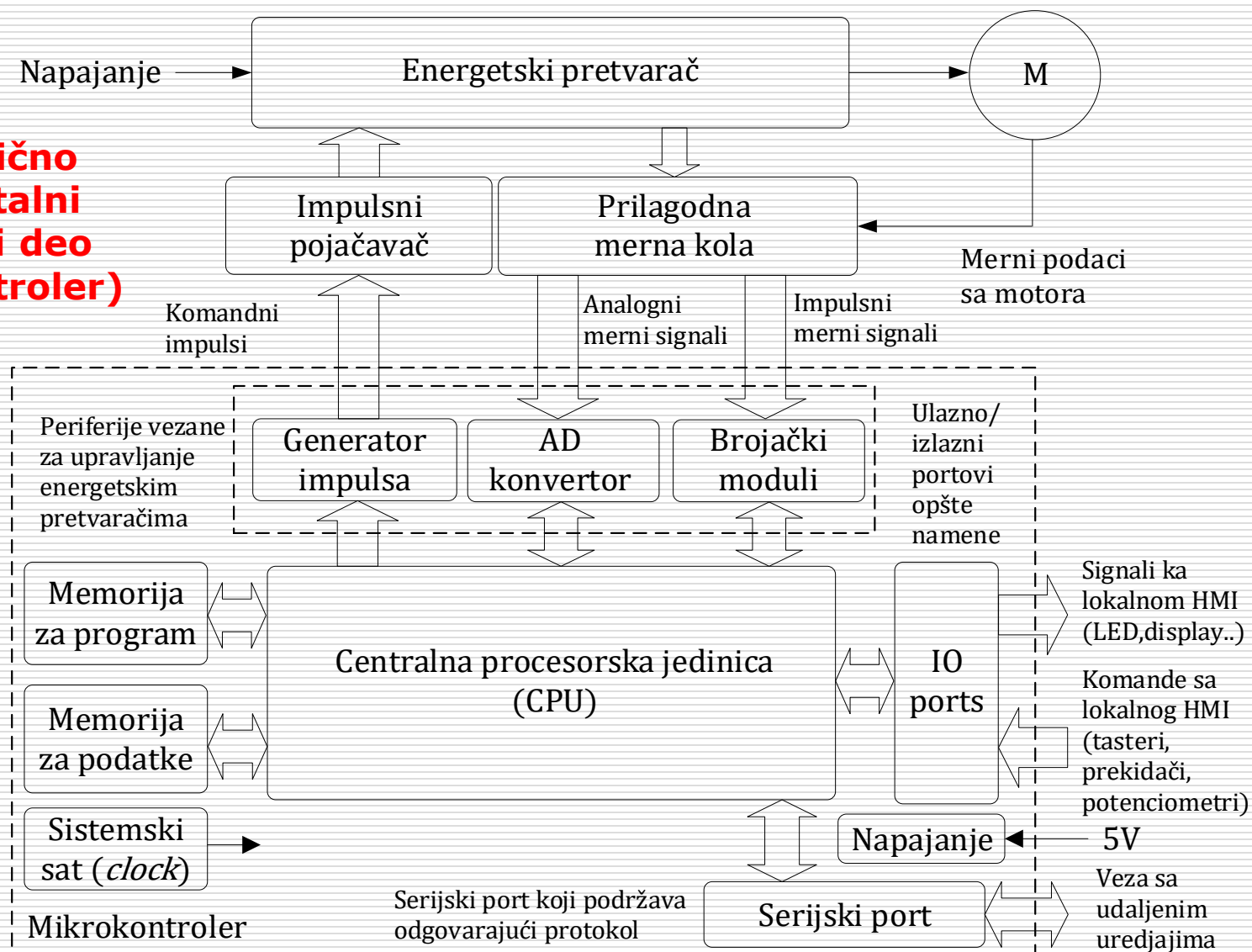
- 1 **Izvor** daje energiju, **motor** kao objekat vrši rad
- 2 **Pretvarač** prilagođava napon motoru
- 3 **Prilagodna kola** prilagođavaju merne signale ulazima mikrokontrolera
- 4 **Upravljački deo** je digitalan

Čita merenja i komande, Izvršava upravljački program, generiše upravljačke signale ka pretvaraču

- 5 Generisane upravljačke signale pojačavač prilagođava pretvaraču

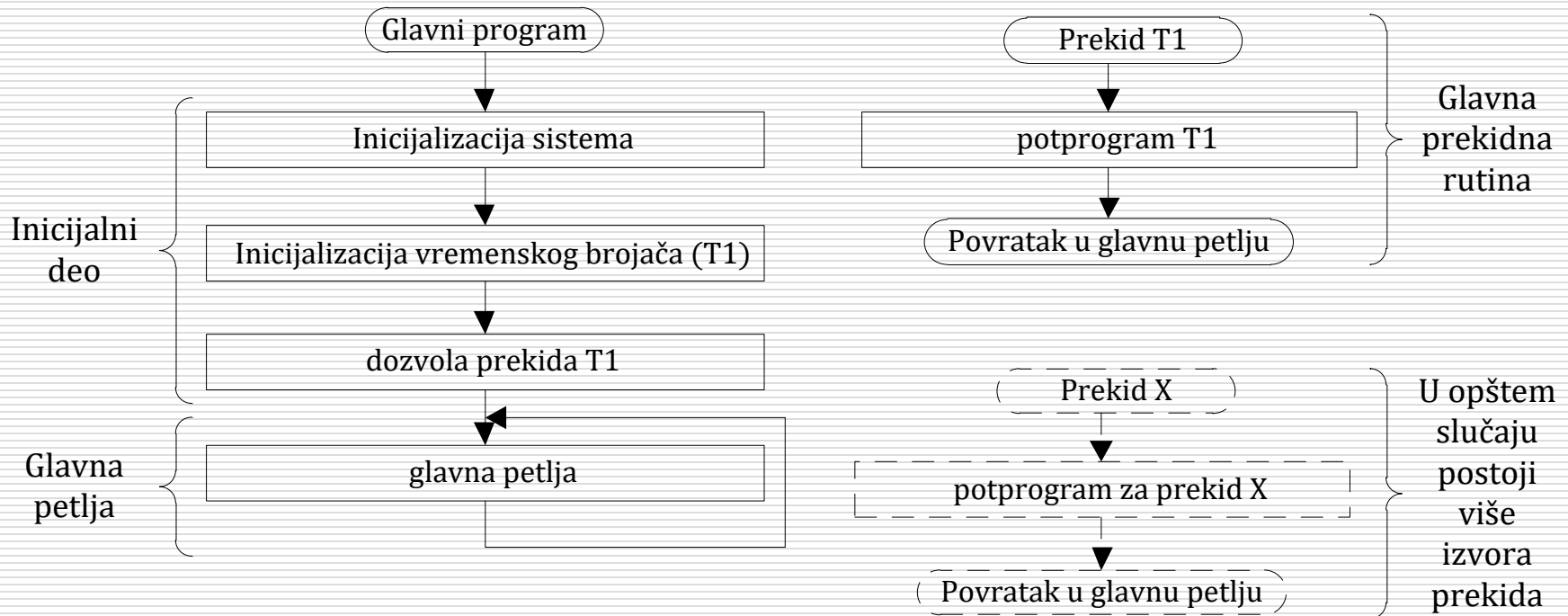
Osnovni elementi dig. upravljanog REMP

**Šta sve tipično
sadrži digitalni
upravljački deo
(mikrokontroler)**



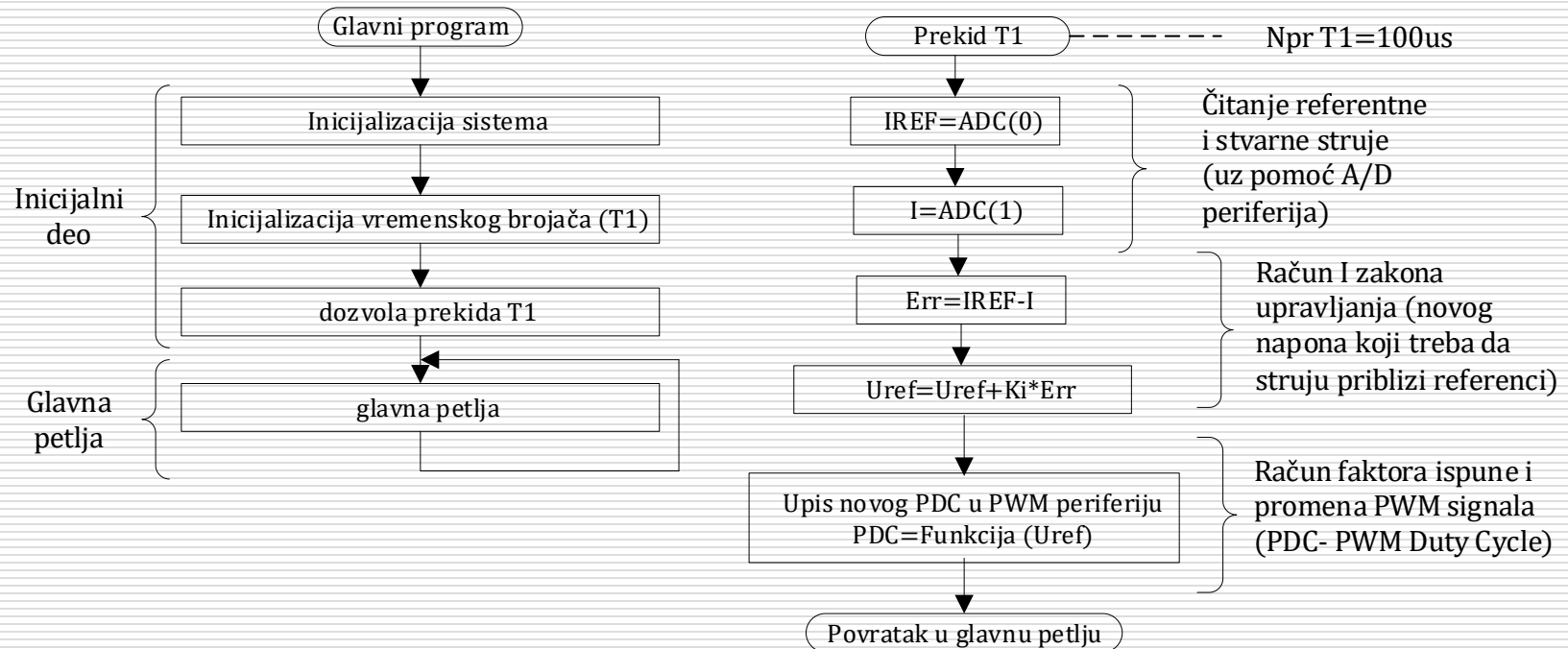
Tipična struktura mikroprocesorskog programa

- Tipična struktura mikroprocesorskog programa za upravljanje pretvaračima u realnom vremenu
 - **Inicijalizacija** -> podešavanje HW/SW
 - **Glavna petlja** -> asinhronne operacije (trenutak izvršenja nije zagarantovan)
 - **Prekid T1** -> sinhronne operacije (izvršenje zagarantovano u ekvidistantnim vremenskim trenucima sa periodom T1)



Tipična struktura mikrop procesorskog programa

- **Prekid T1** -> sinhronne operacije (izvršenje zagarantovano u ekvidistantnim vremenskim trenucima sa periodom T1)



Tipičan C program za upravlj. u realnom vremenu

```
// Glavni program:
int main(void)
{
    InitSystem();           // funkcija za inicijalizaciju sistema
    InitTimer1();           // funkcija za inicijalizaciju timera T1
    IEC0bits.T1IE = 1;      // dozvoli prekid T1, bit T1IE u registru
                           // IEC0 postavi na 1 (IE = interrupt enable)

    while (1)
    {
        // telo glavne petlje, asinhroni deo programa pisi ovde
    }
}

// Prekid T1:
void __attribute__((__interrupt__)) _T1Interrupt(void)
{
    // telo potprograma T1, sinhroni deo programa napisi ovde
}
```

Tipičan C program za upravlj. u realnom vremenu

Sve vazno se pise u prekidnoj rutini

```
// Prekid T1:
void __attribute__((__interrupt__)) _T1Interrupt(void)
{
    // telo potprograma T1, sinhroni deo programa napisi ovde

}
```

Primer kontrole struje upravljanjem naponom

```
#define PWM_PERIOD 1000
// prost prekidni deo program za kontrolu struje motora
void __attribute__((__interrupt__)) _T1Interrupt(void)
{
    // citanje merenih vrednosti
    IREF = ADCRES0;           // citanje ref struje sa A/D kanal 0
    I = ADCRES1;              // citanje struje motora sa A/D kanal 1
    UDC = ADCRES2;            // citanje DC napona sa A/D kanal 2
    // racun zakona upravljanja
    ERR = IREF - I;
    UREF = UREF + Ki * ERR;
    // upis novog faktora ispune
    PDC = PWM_PERIOD * UREF / UDC ; // racun novog faktora ispune i upis u PDC
    // registar PWM periferije
}
```

Specijalne periferije za REMP

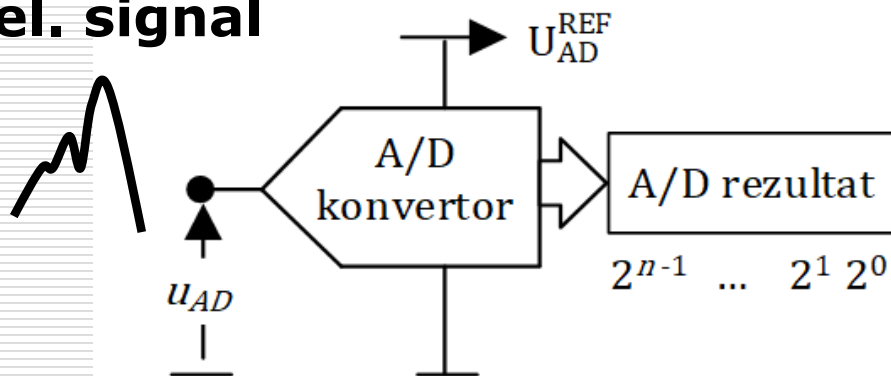
- ☐ **A/D konvertor**
- ☐ **Brojački moduli (Timer, Counter)**
- ☐ **PWM Moduli**

Analogno-digitalni konvertor (ADC)

Konvertuje kontinualni el. signal u digitalnu reč pogodnu za uC ili DSP.

Digitalna reč u registru mikrokontrolera

Kontinualni el. signal



Ulaz	A/D rezultat		
u_{AD}	n	$n=10$	$n=12$
0	0	0	0
u_{AD}	$\frac{u_{AD}}{U_{AD}^{REF}} 2^{n-1}$	$\frac{u_{AD}}{U_{AD}^{REF}} 1023$	$\frac{u_{AD}}{U_{AD}^{REF}} 4095$
U_{AD}^{REF}	2^{n-1}	1023	4095

Tipovi AD

- FLASH AD konvertor
- SAR AD Konvertor (sukcesivne aproksimacije)

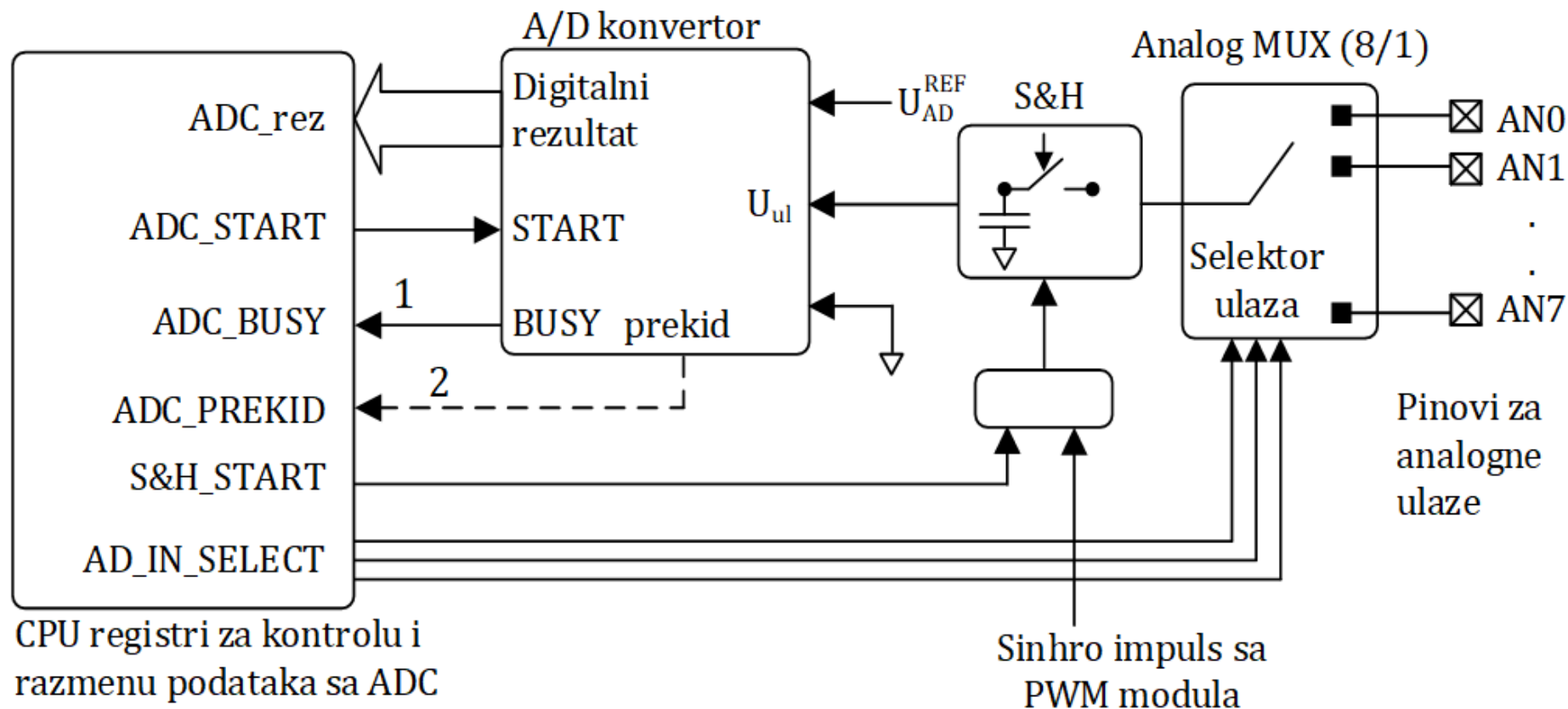
Broj bitova

- 8 – bitni
- 10 – bitni
- 12 – bitni
- 16 , x – bitni

Brzina konverzije

primena u industriji
primena u industriji
primena u industriji
specijalizovana precizna merenja
KONAČNO VREME KONVERZIJE!!!
Raspon od 50 ns – 1μs

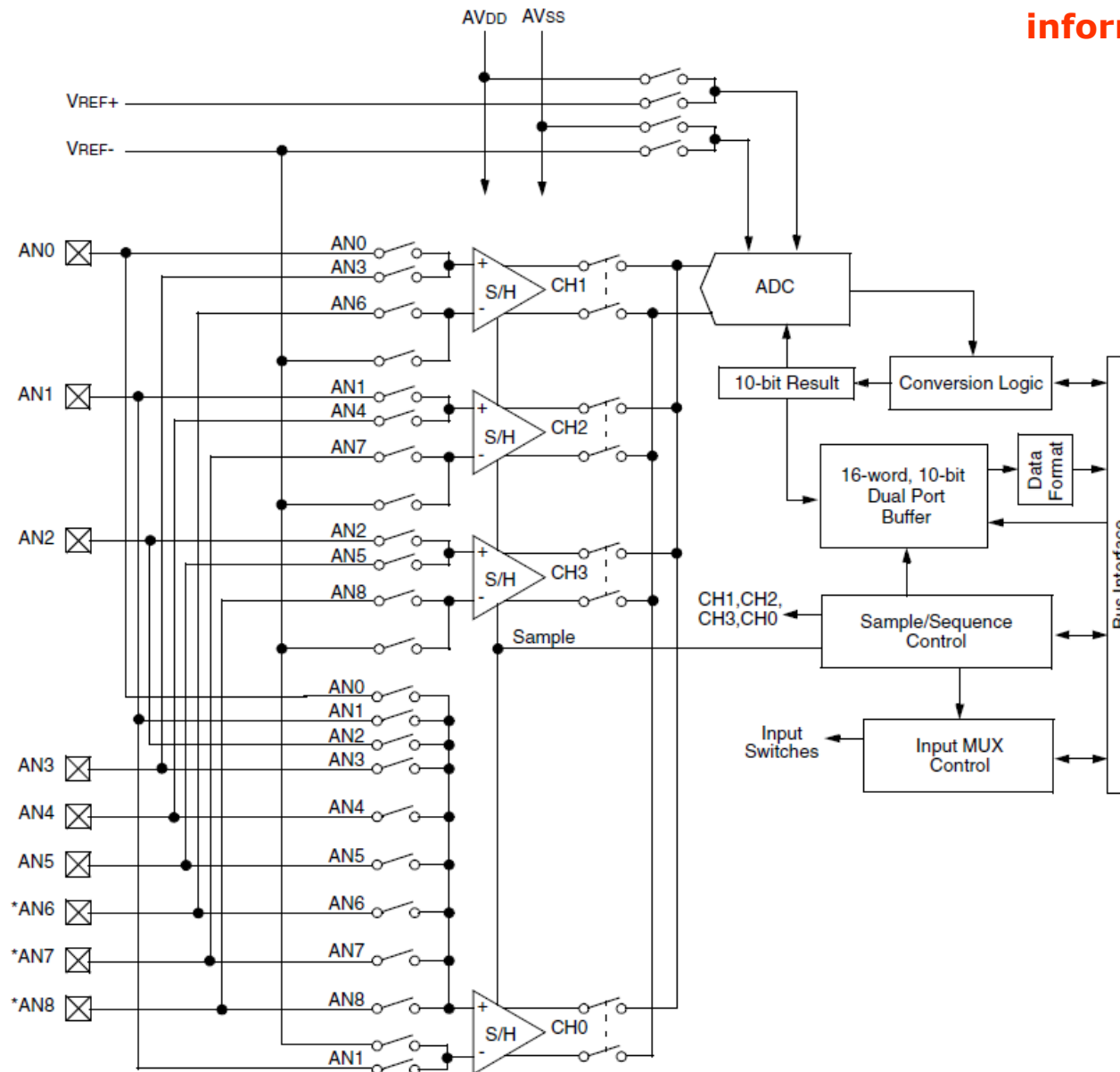
Blok dijagram SAR AD konvertora



Blok dijagram
ADC u sklopu
mikrokontrolera
Str. 39 / Sl. 2.30.

Primer: 10-bit ADC u dsPIC4011

informativno



Brojački sistemi

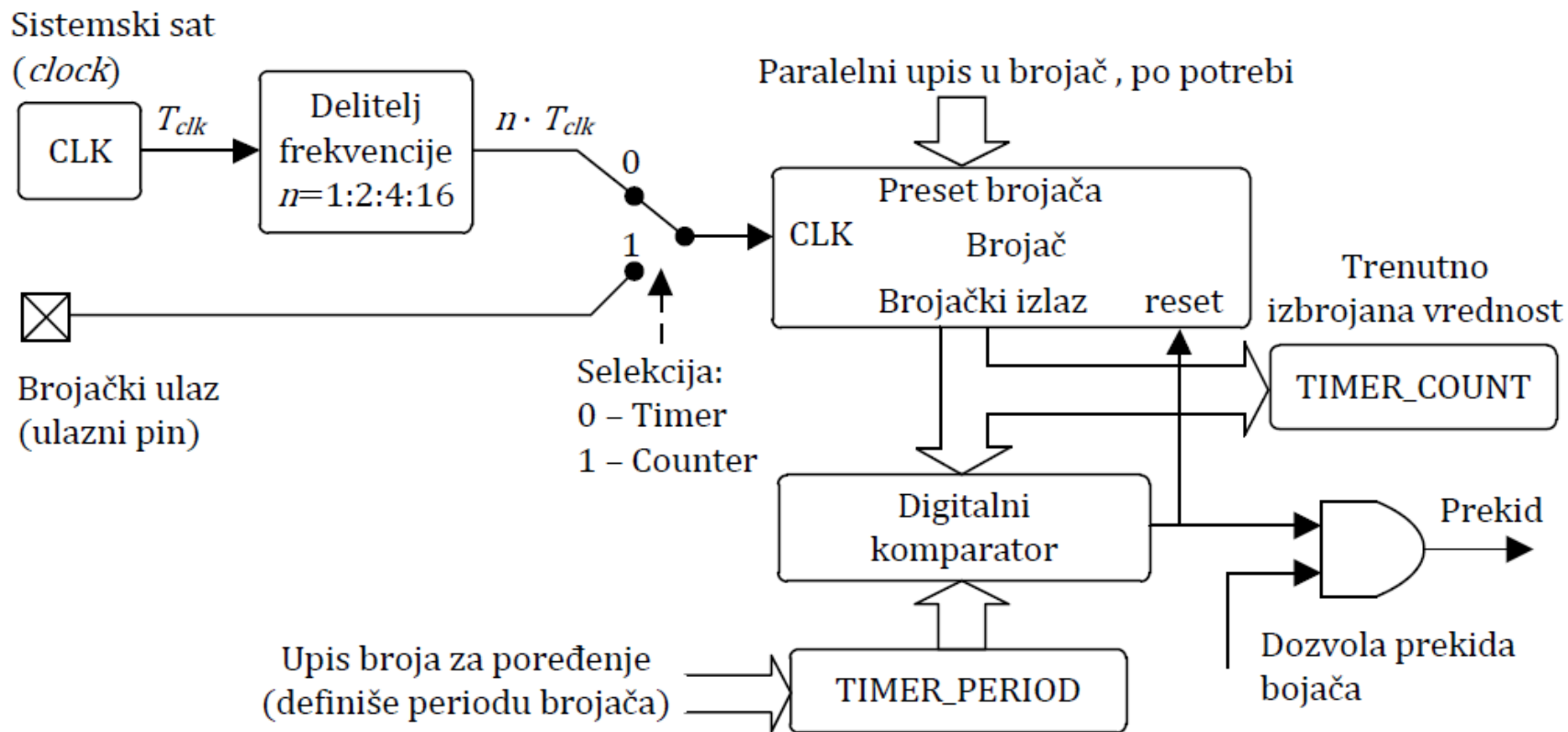
timer/counter

Brojački modul u modu Timer ili Counter

•**Timer mod;** Na ulaz brojačkog modula se dovode impulsi sa sistemskog sata (*clock*) čija je perioda poznata i time je izmeren broj pridošlih impulsa proporcionalan vremenu. Ovim brojač radi u režimu *Timer* tj. merač vremena. Svaki put kada brojač dostigne izračunatu vrednost znamo da je prošlo određeno vreme. Ukoliko radi bez zastanka, Timer daje signale prekida u tačno određenim vremenskim intervalima, što ima izuzetnu primenu u digitalnim sistemima upravljanja. Moderne brojačke periferije poseduju automatski reset stanja brojača, tako da brojač jednom konfigurisan radi i daje ekvidistantne signale prekida bez ikakve intervencije od strane CPU.

•**Counter mode;** Na ulaz brojačkog modula se dovode impulsi od spolja i time se on postavlja u *Counter* mod. Modul i dalje broji pridošle impulse ali njihov broj sada više nije proporcionalan proteklom vremenu već broju spoljnih impulsa. Counter mod se primenjuje za merenje brzine, položaja, itd. Pogledati poglavlja 4.6.1 i 6.5.2./3.

Tipičan blok dijagram brojačkog modula



Brojački modul broji impulse, u zavisnosti koje ima dva moda:

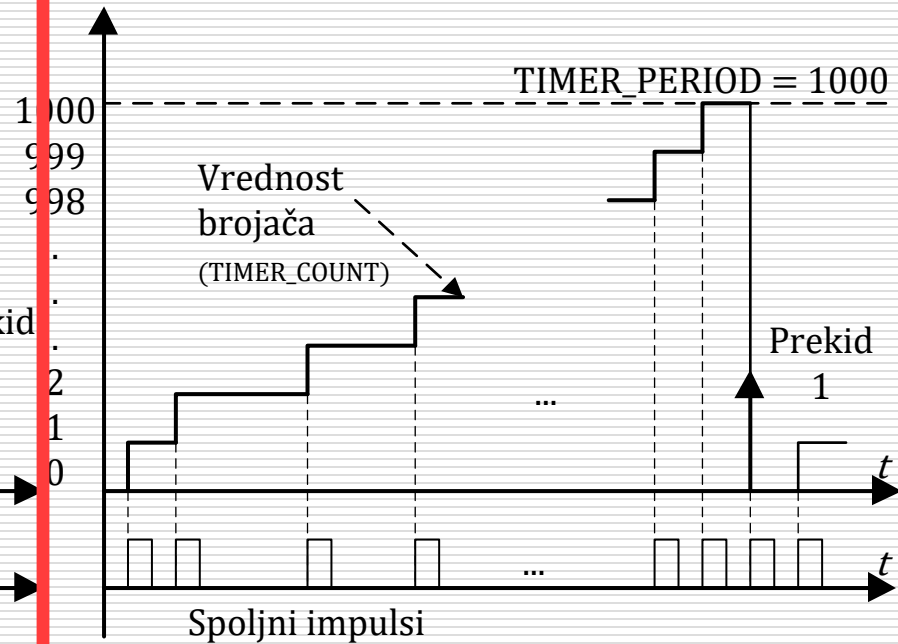
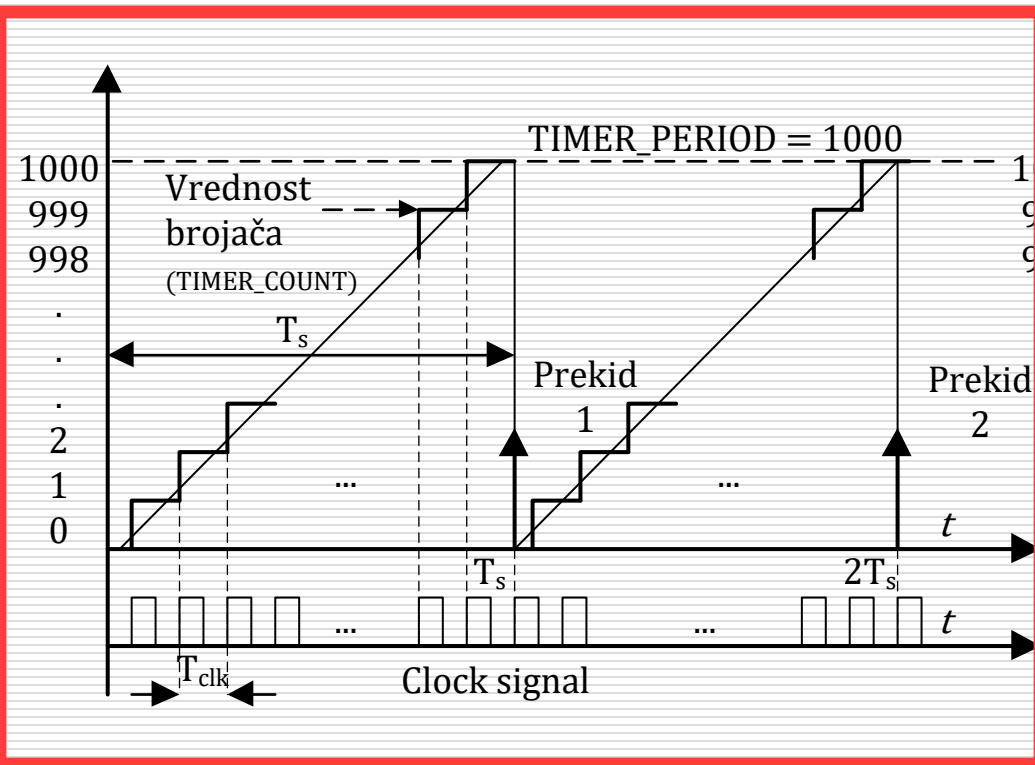
TIMER MODE

(broji clock poznate periode → **TIMER_COUNT** proporc. vremenu → timer)

COUNTER MODE

(broji nadošle impulse → **TIMER_COUNT** jednak broju impulsa → counter)

Timer - vremenski dijagram



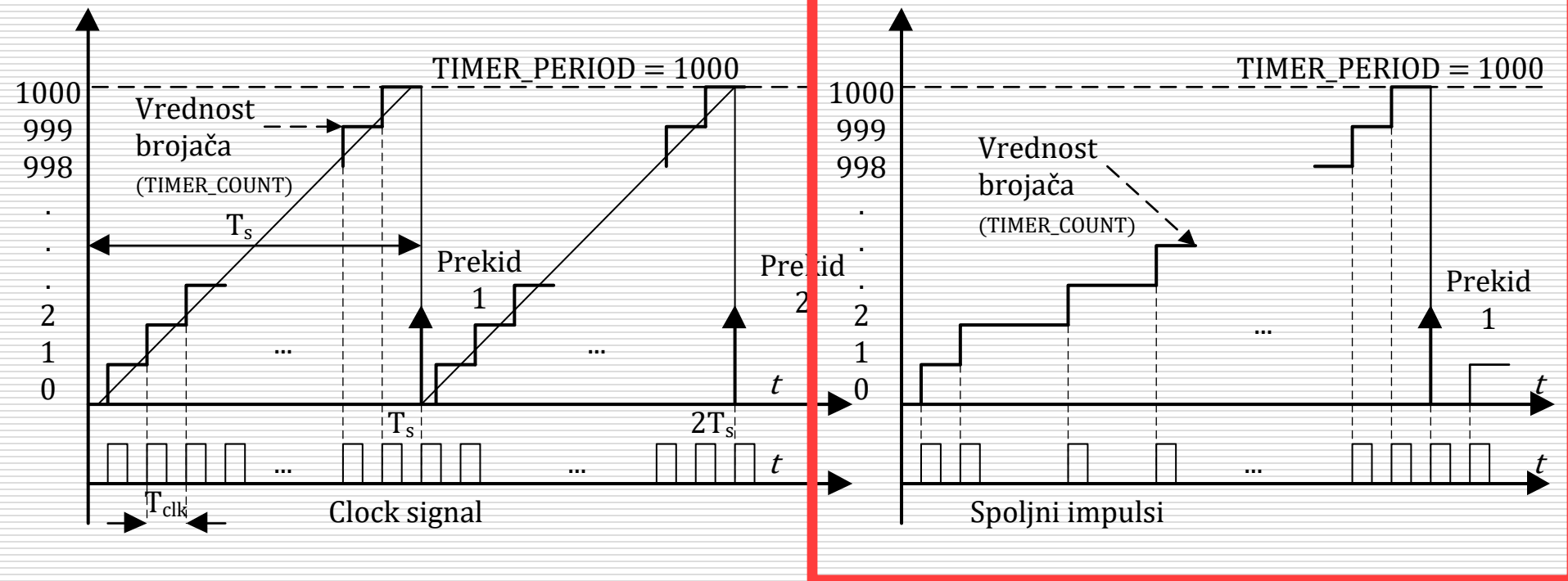
Ako je $TIMER_PERIOD = 1000$ i $f_{clk} = 1\text{MHz}$, kolika je perioda prekida ?

$$T_s = TIMER_PERIOD \cdot T_{clk} = 1\text{ms}$$

Znamo koje vreme hocemo, i znamo T_{clk} , šta upisati u $TIMER_PERIOD$?

$$TIMER_PERIOD = \frac{T_s}{T_{clk}} = \frac{f_{clk}}{f_s}$$

Counter - vremenski dijagram



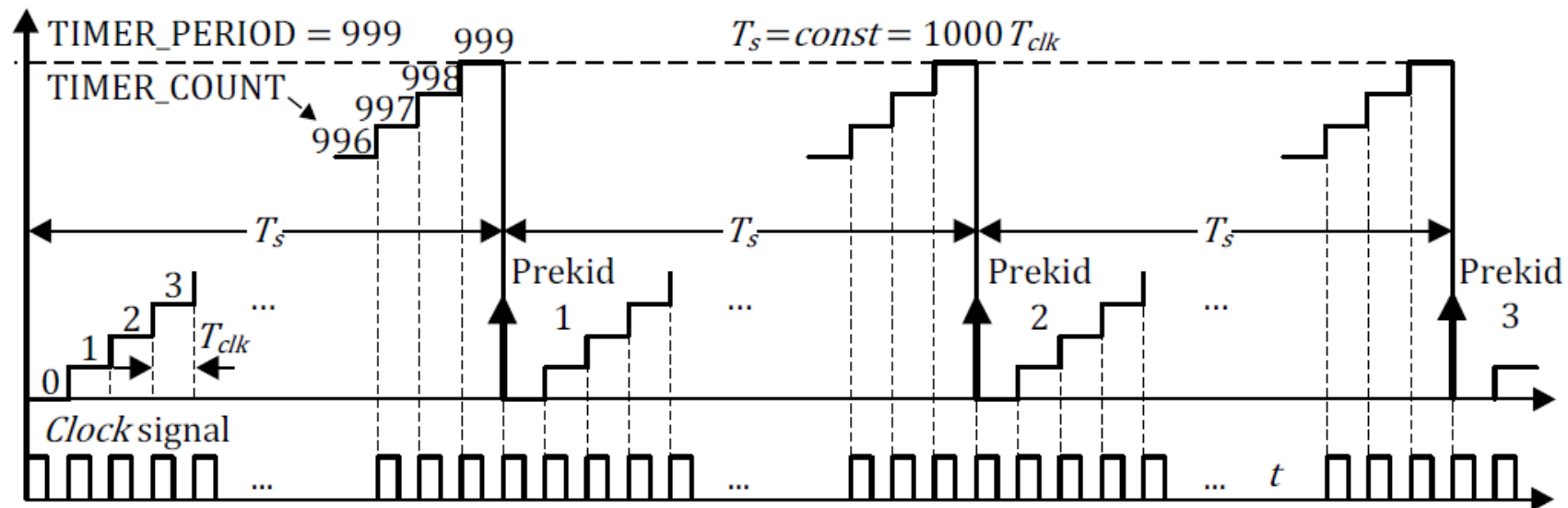
TIMER_COUNT sadrži broj pridošlih impulsa

I u ovom modu je moguć prekid nakon nekog predefinisano broja

Broj se može resetovati.

Mod pogodan za merenje POLOŽAJA i za PROCENU brzine rotora.

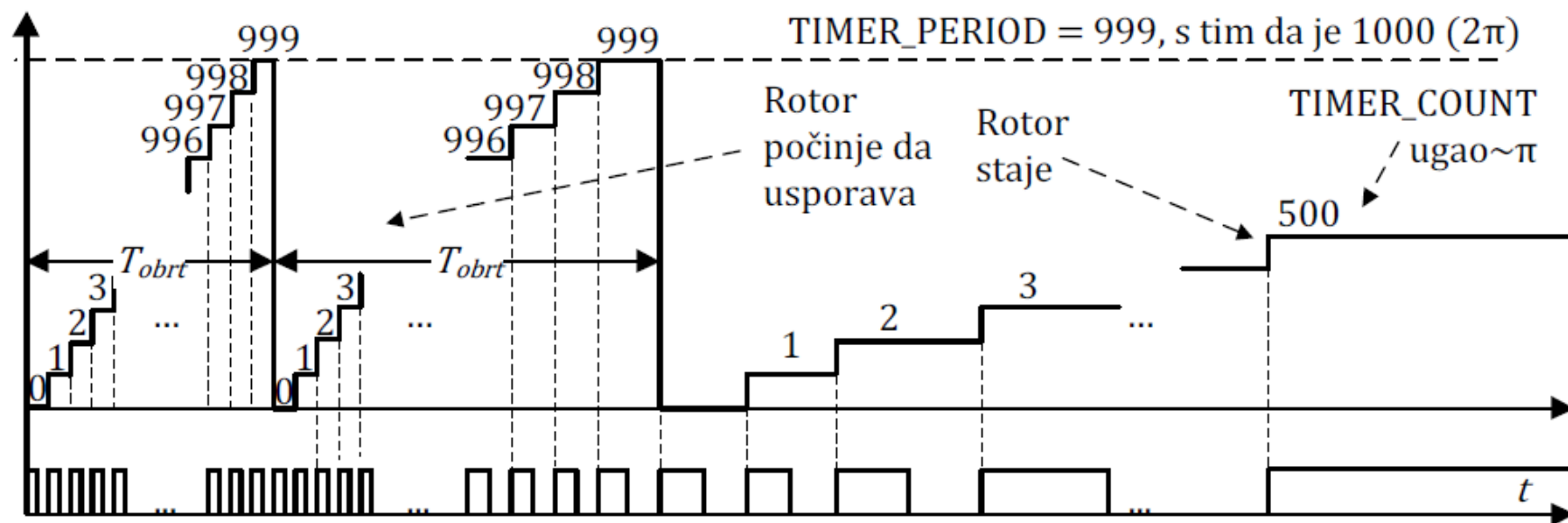
Timer - vremenski dijagram



Slika 2.28. Rad brojačkog modula u Timer modu

$$TIMER_PERIOD = \frac{T_s}{T_{clk}} = \frac{f_{clk}}{f_s}$$

Counter- vremenski dijagram

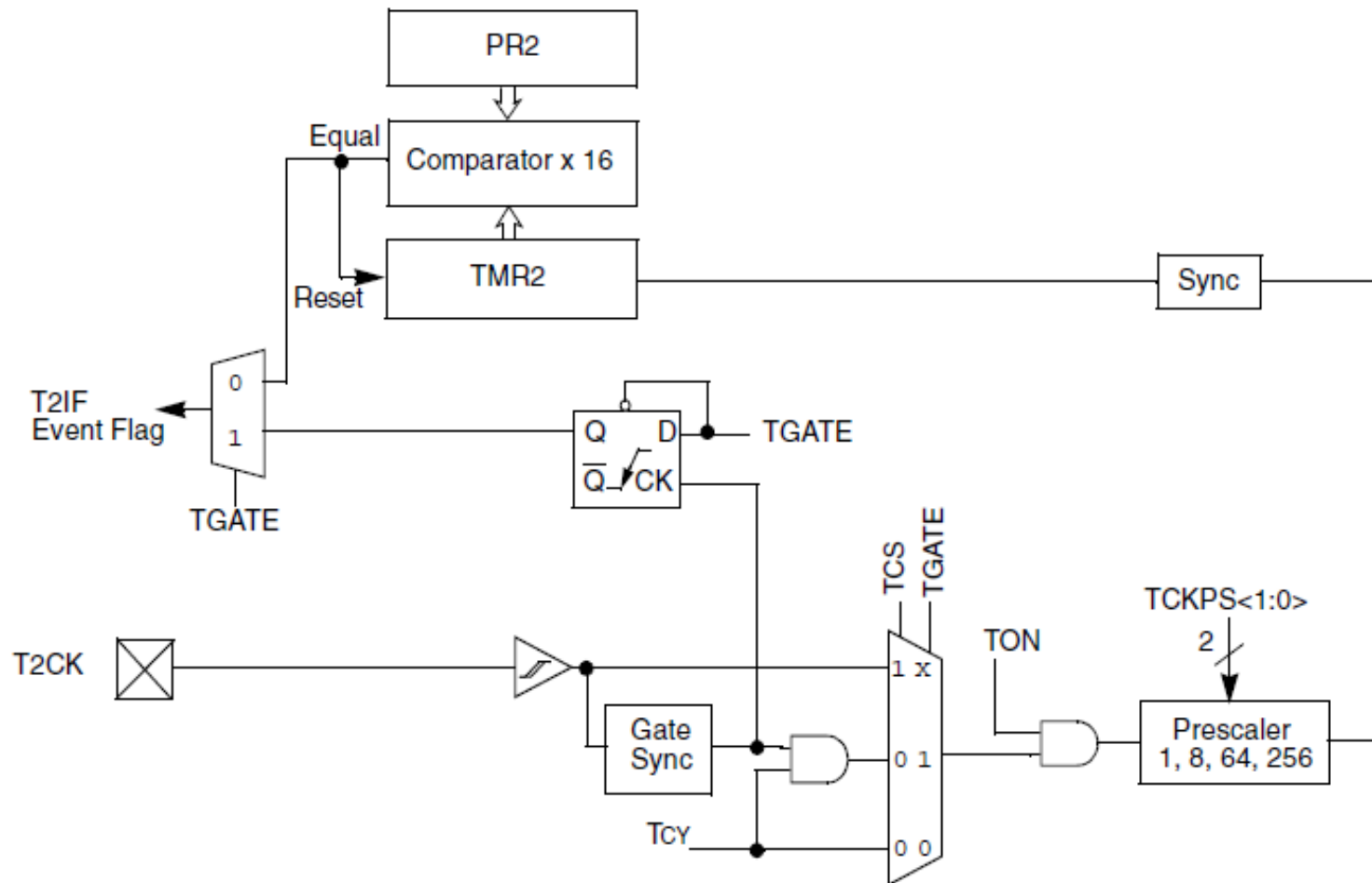


Slika 2.29. Rad brojačkog modula u Counter modu

Primer: Microchip brojački modul

informativno

Sličnost sa dosad ispričanim? Objasniti sliku.



16 –bitni Timer 2 blok dijagram - dsPIC30F4011/4012 Data Sheet

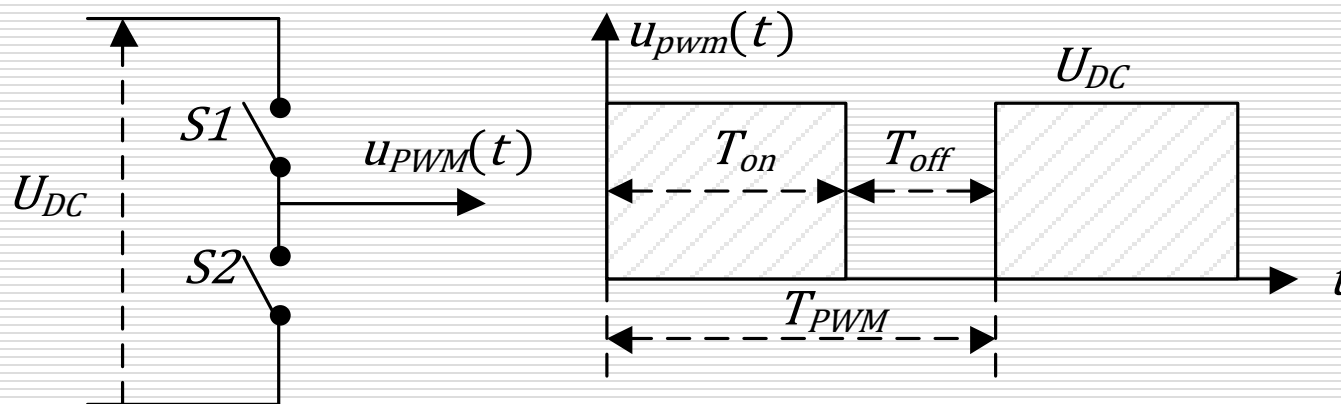
Signal generatori za motor control

**Razna imena: PWM generator, Motor control
PWM, Event manager, Output compare
modul**

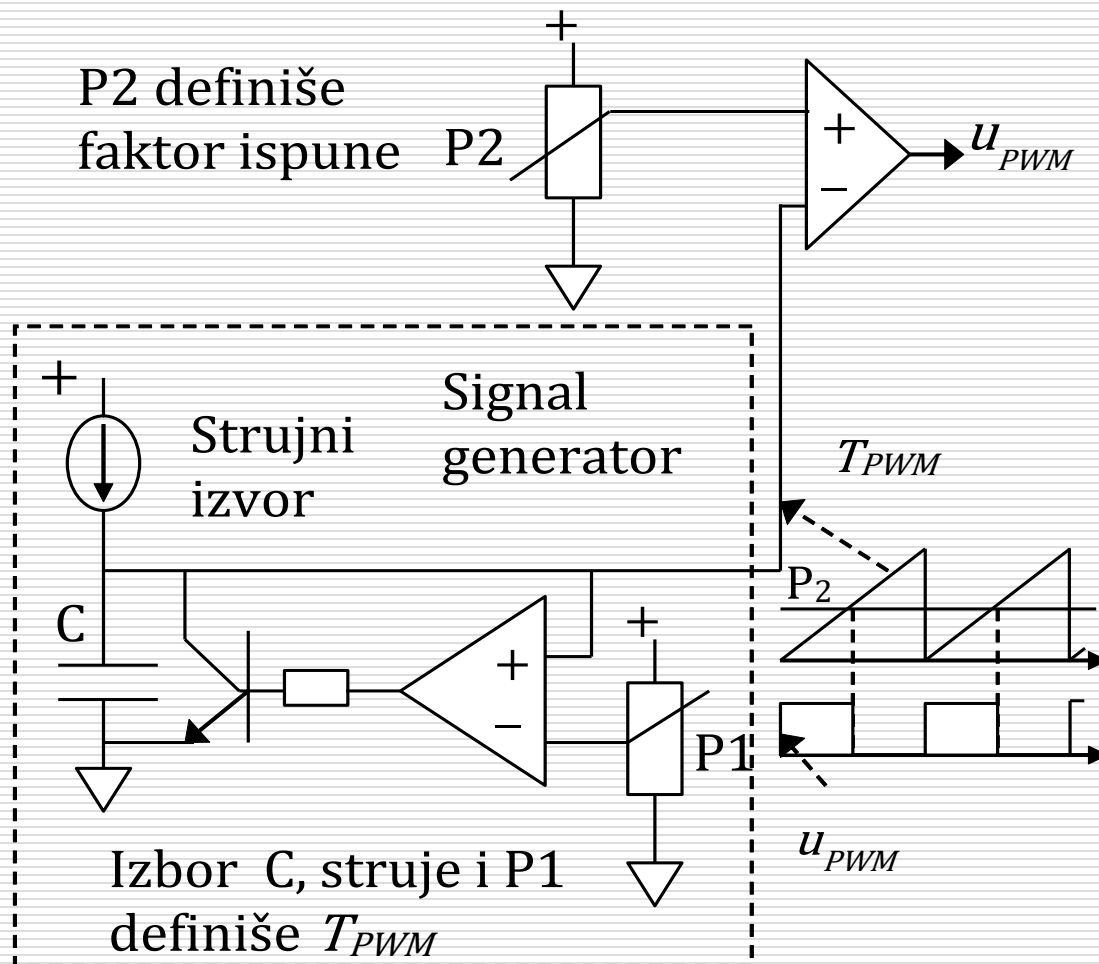
PWM generator modul sličan za AC ili DC pogon

Energetskim pretvaračima je moguće upravljati samo impulsno, u protivnom su gubici na prekidačkim elementima neprihvatljivo veliki. Za upravljanje pretvaračima se koristi impulsno širinski modulator ili PWM (*Pulse-Width Modulation*). PWM generator na svom izlazu daje PWM impulse čija je širina u toku jednog PWM perioda odabrana tako da srednja vrednost izlaznog napona u toku PWM periode bude jednaka željenoj referentnoj vrednosti

$$U_{sr} = \frac{1}{T_{PWM}} \int_0^{T_{PWM}} u_{PWM}(t) dt = \frac{t_{on}}{T_{PWM}} U_{DC} = U_{REF}$$



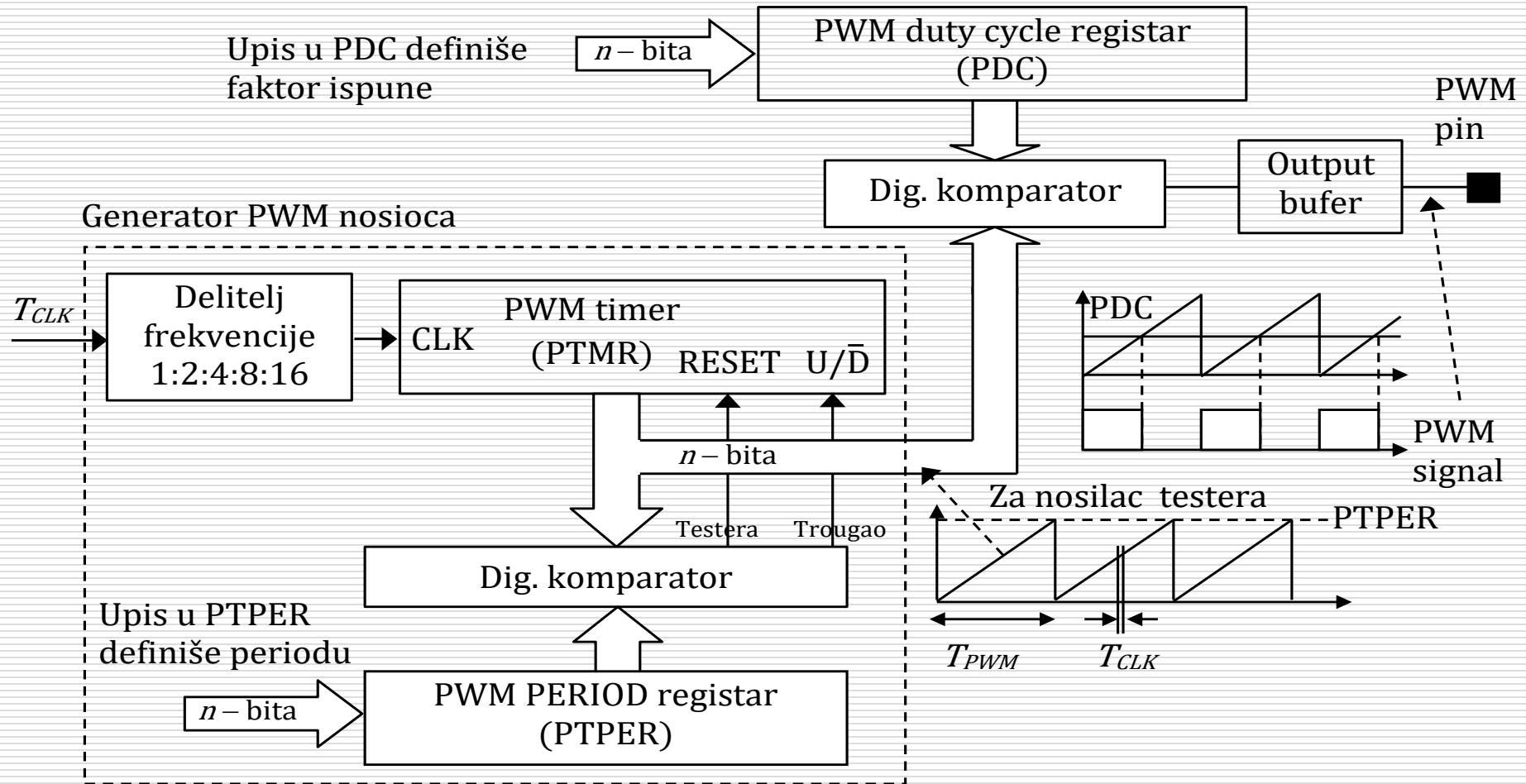
Analogni PWM generator - praistorija



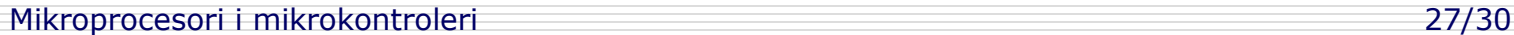
Blok dijagram je uprošćen i samo prikazuje princip rada.

Prikazan je testerasti nosioc, za trougaoni nosilac je neophodan složeniji signal generator.

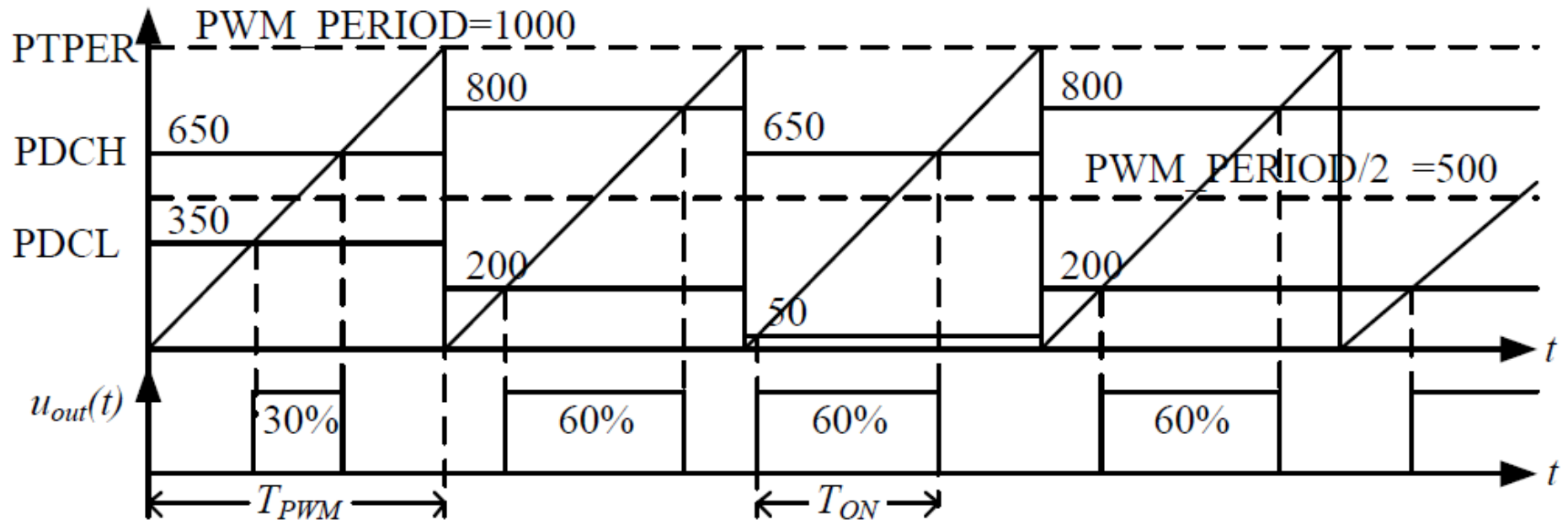
Uprošćen blok dijagram digitalnog PWM modula



Dva procesa. Jedan generiše PWM nosioc, drugi poredi nosioc sa zadatim faktorom ispune i generiše PWM signal.

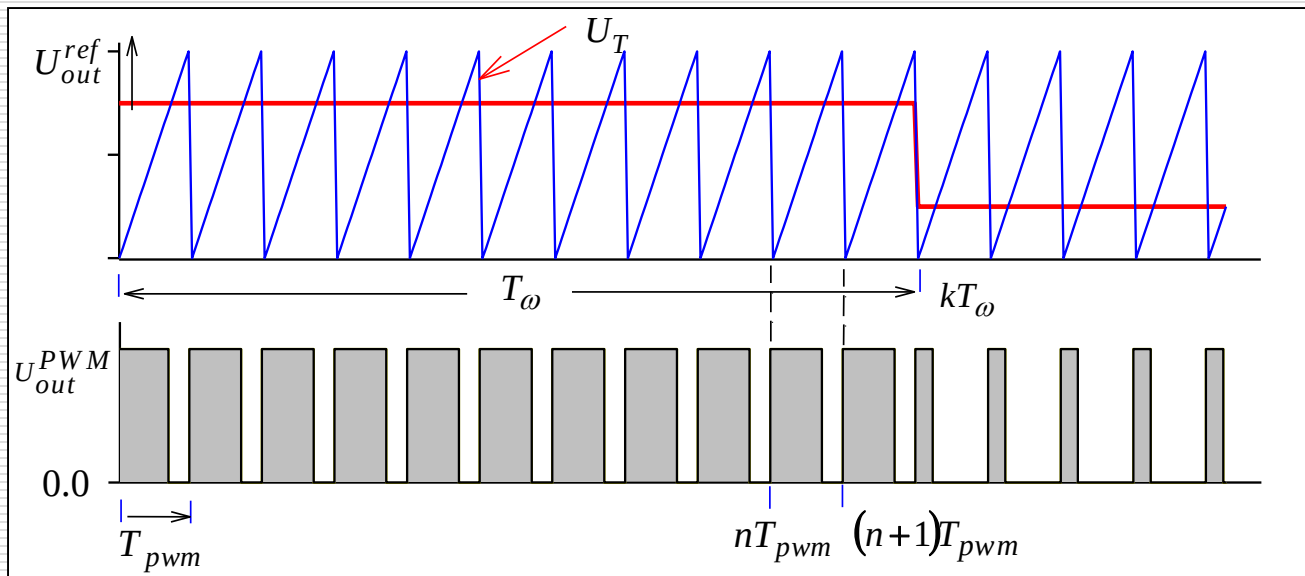


PWM flex !!! Testerasti nosioc ali

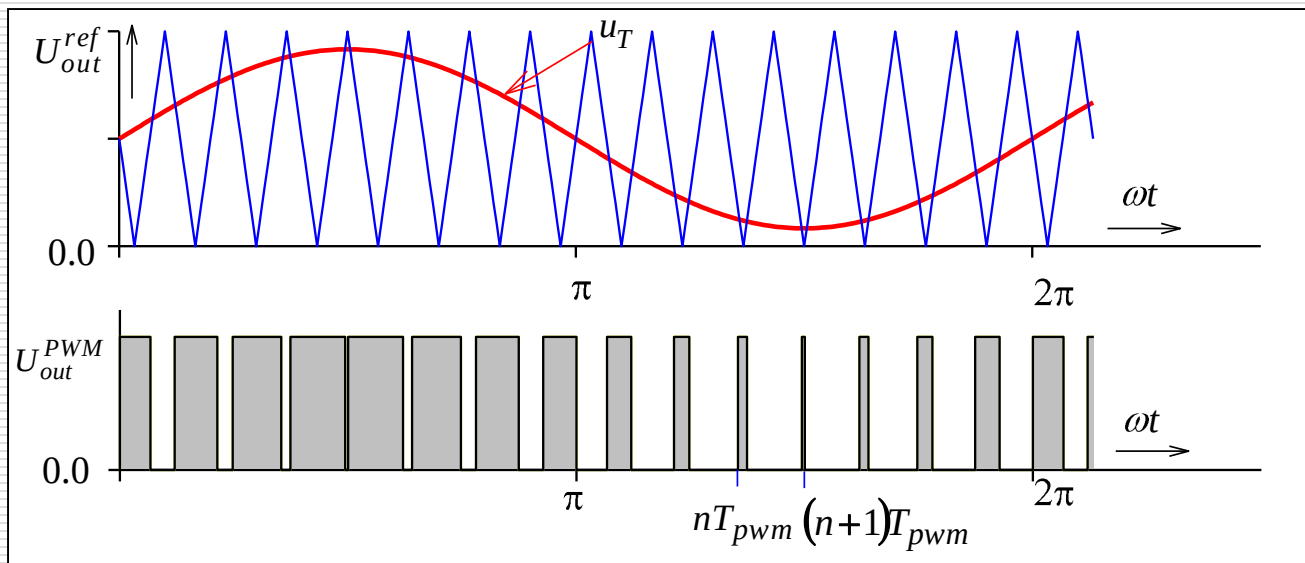


$$a = (PDCH - PDCL) / PTPER$$

PWM izlaz za DC i AC modulišući signal



Noseći testera/trougao PWM signal se samostalno generiše u PWM modulu. Naš prg. treba da moduliše taj PWM sa promenom faktora ispunenosti.

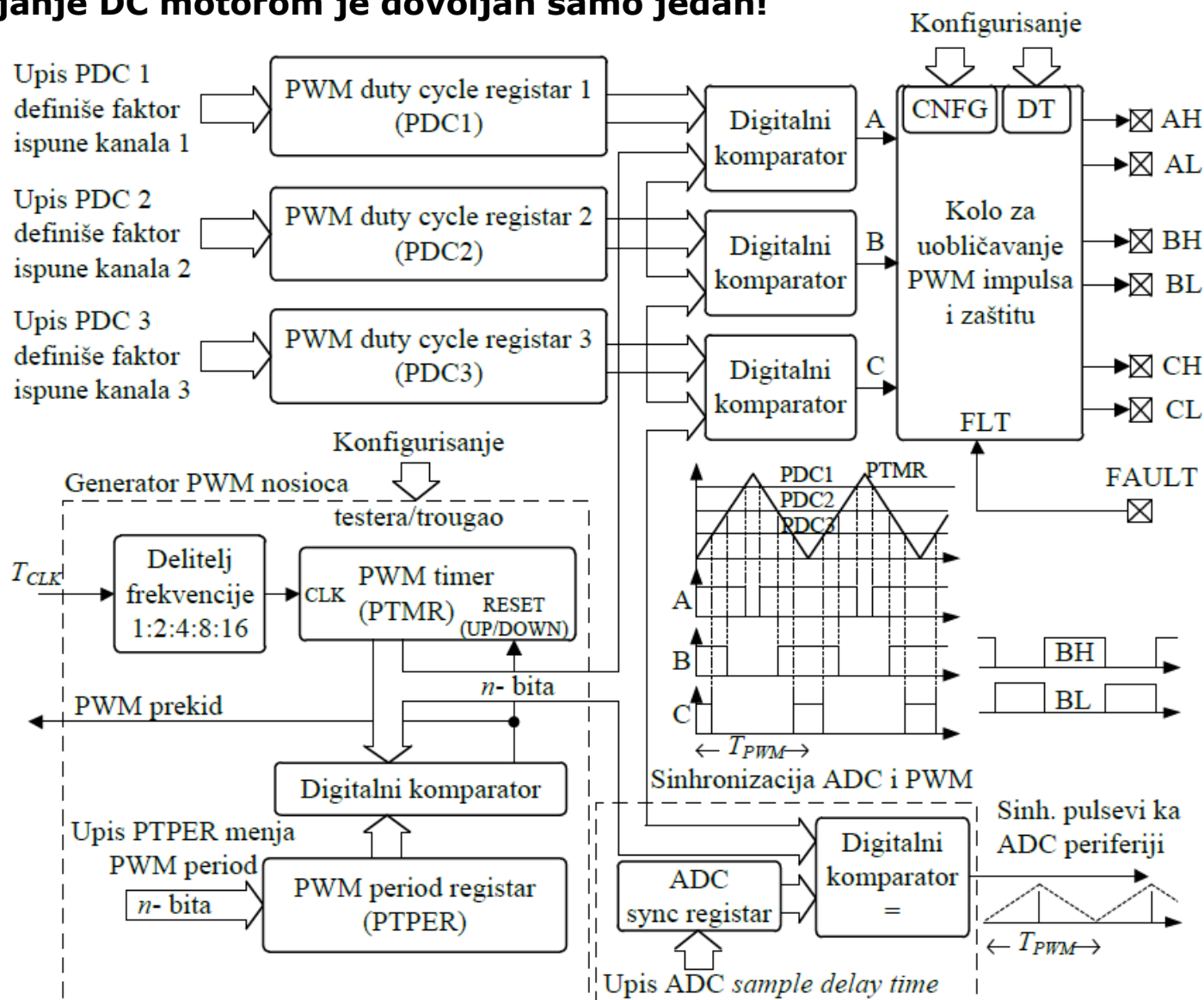


Zašto je generisanje DC napona prostije?

Trofazna PWM periferija

PWM periferija obično ima 6 PWM izlaza, ali za upravljanje DC motorom je dovoljan samo jedan!

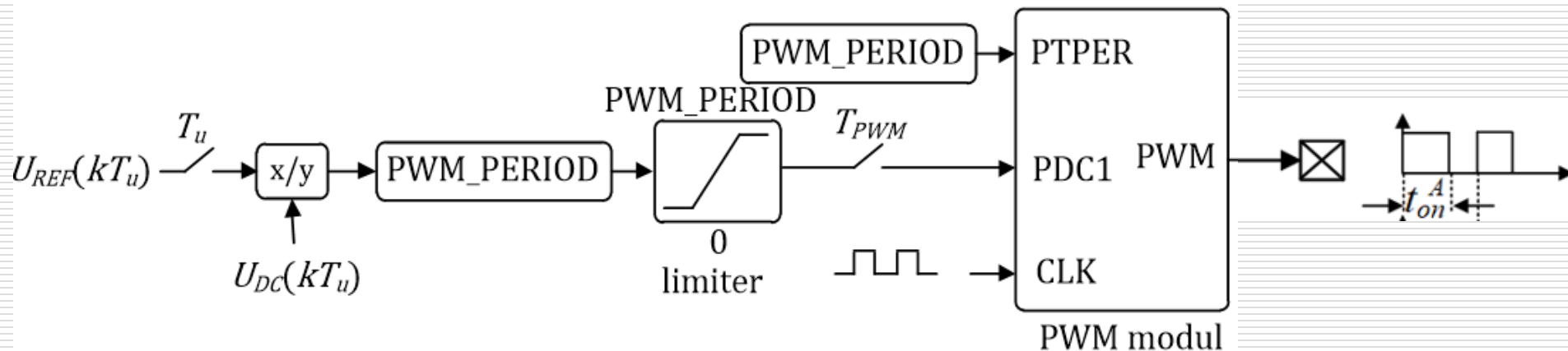
informativno



Primena jednog kanala PWM periferije

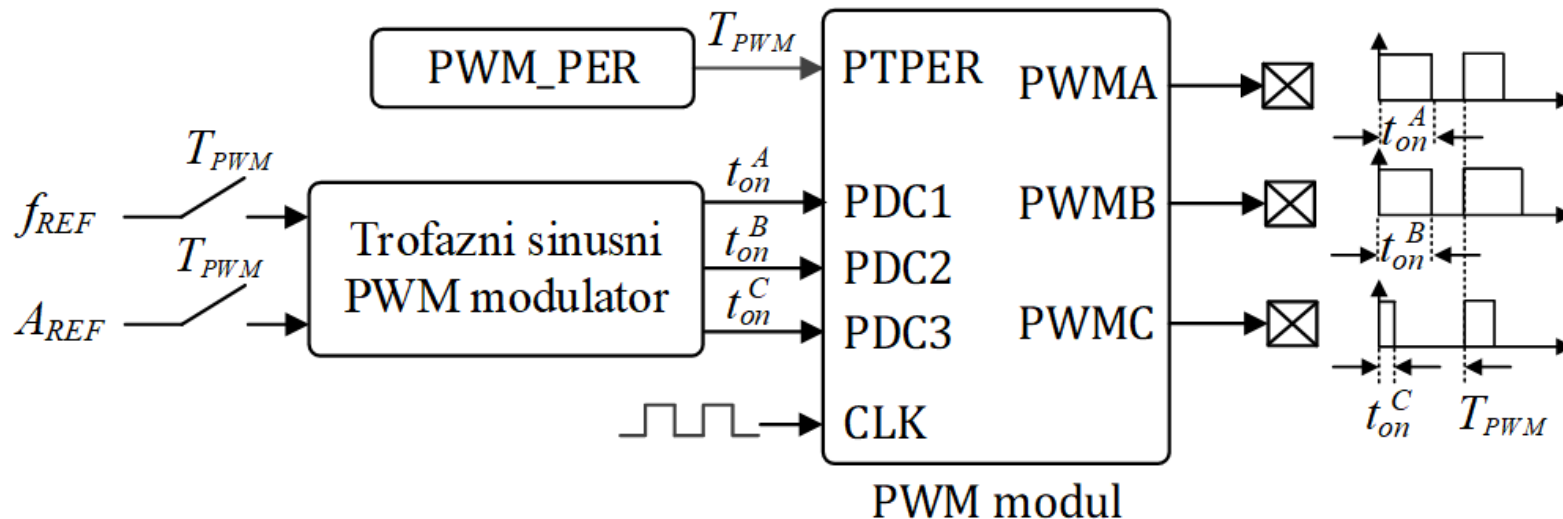
- Program periodično menja sadržaj jednog PDC registara i time menja jedan PWM signal, na odabranom PWM izlazu informativno
- Primer za jednokvadrantni čoper

$$PDC(kT_u) = PWM_PERIOD \cdot U_{REF}(kT_u) / U_{DC}(kT_u)$$



Primena trofazne PWM periferije

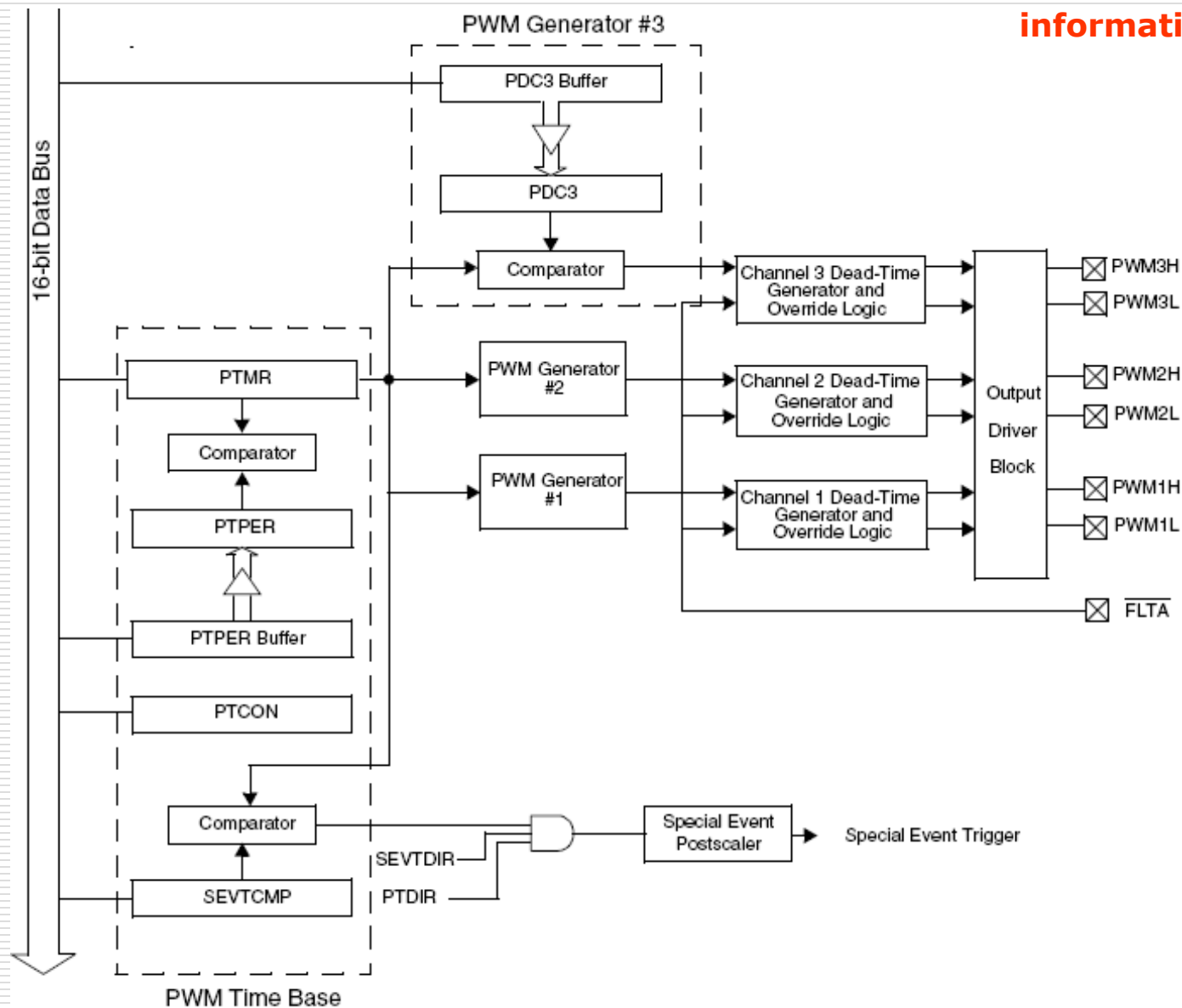
- Program periodično menja sadržaje PDC registara u tri faze, time se menja vreme uključenja u tri grane invertora **informativno**
- Uz konstantno PTPER (periodu PWM signala) program menja srednje vrednosti impulsnog trofaznog napona
- U datom primeru, pomoću trofanog sinusnog PWM modulatora se generišu sadržaji za PDC1, PDC2 i PDC3 potrebni da izlazni napon bude frekvencije f_{REF} i relativnog napona A_{REF} više o tome u delu koji se bavi upravljanje asinhronim motorom



Karakteristike PWM modula

- Broj izlaznih linija, tri minimum za trofazne AC motore
- Broj bitova, uglavnom 10-bitni, preciznost $\pm 1/2$ ($V_{dc}/2^{10}$)
- Clock signal, delitelj frekvencije.
minimum 10bit $T_{pwm} = T_{clk} * PWM_PERIOD$
maximum $T_{pwm} = T_{clk} * MAX_DIVIDER * PWM_PERIOD(MAX)$
- Tip nosioca testera/trougao
- Modovi rada Single /double update mod
- Način trenutnog ukidanja signala (fault mod)
- Sinhronizacija linije ka ADC i ostalim modulima
- Vrste prekida PWM modula

Primer: Motor control modul dsPIC4011



Osnovni elementi dig. upravljanog pretvarača

Upravljanje pretvaračima se vrši putem programa ali uz veliku pomoć spec. periferija

