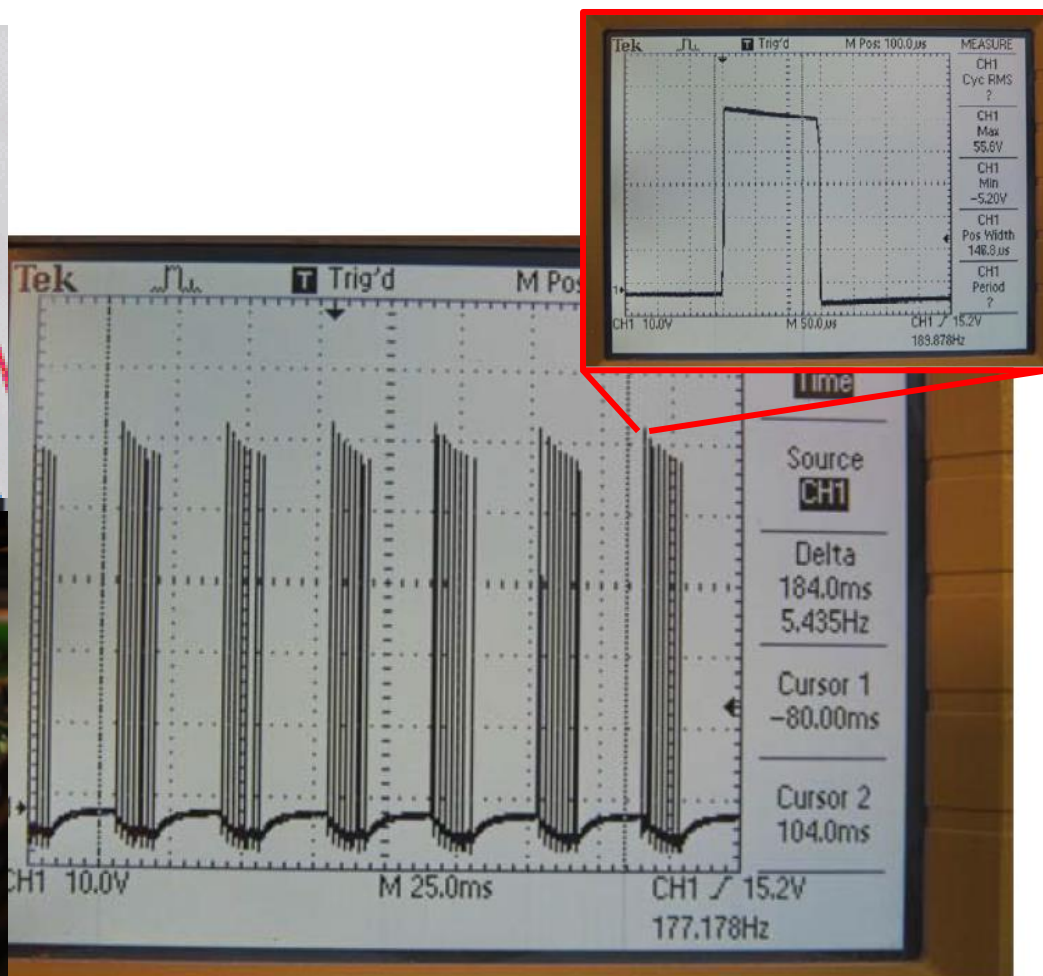
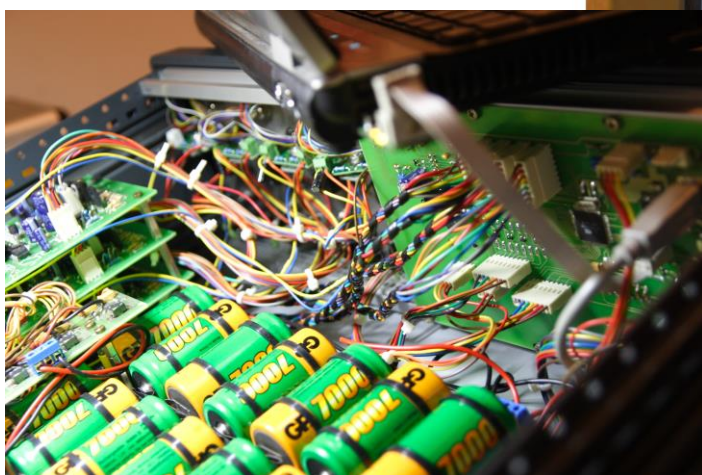


Osnove mikroprocesorske elektronike

Marko Jankovec

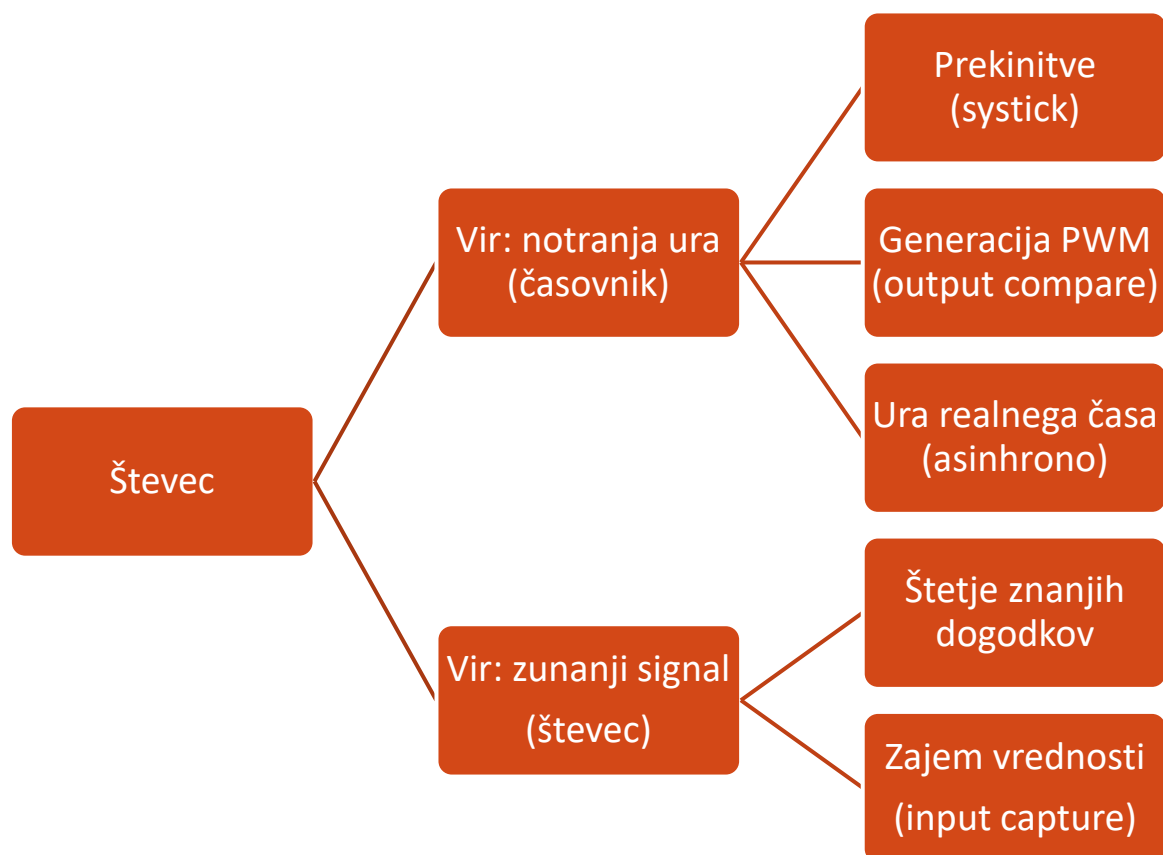
Števci in časovniki

Čemu služi števec?

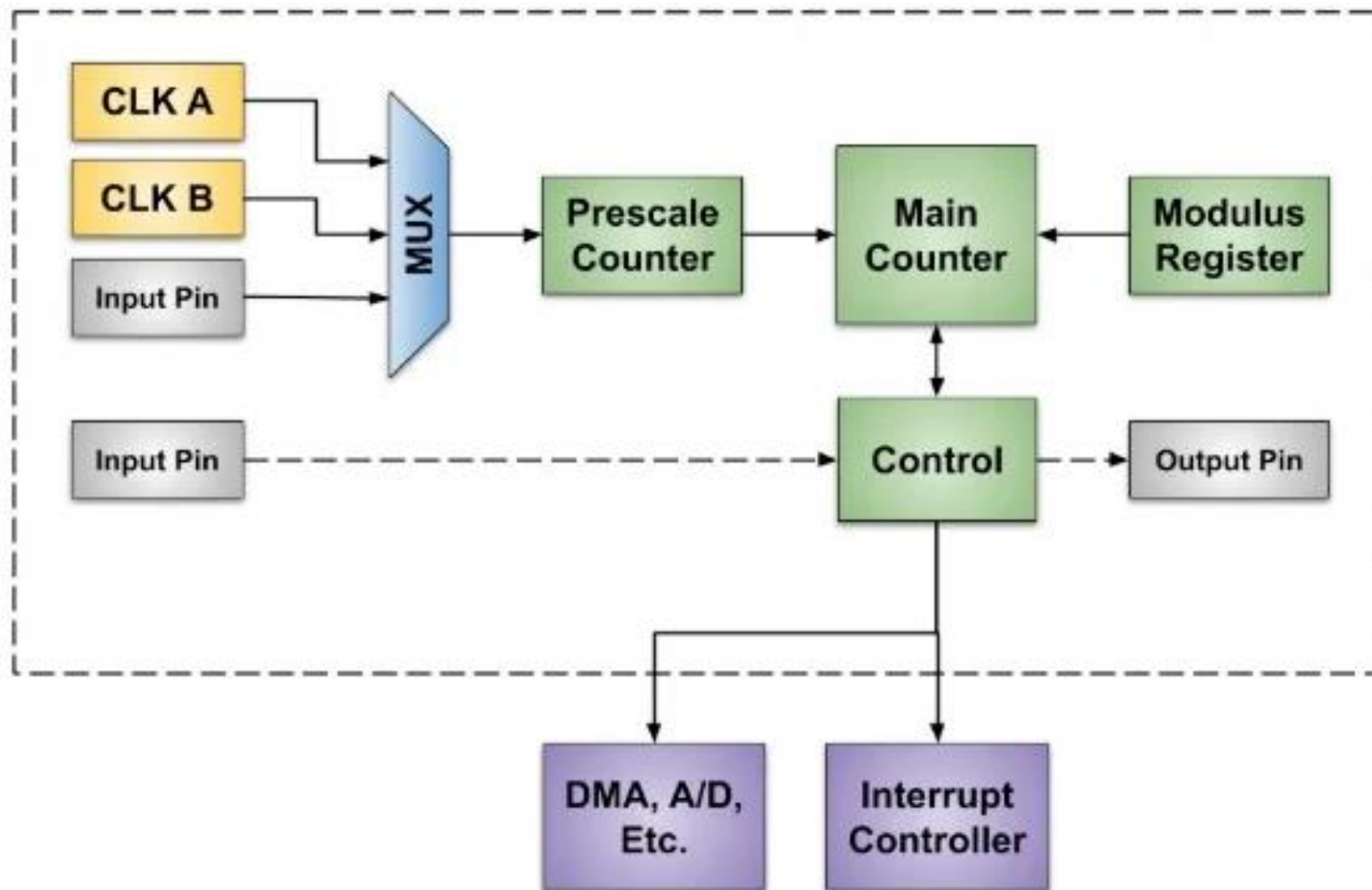


Kaj je števec?

- V osnovi je to register, ki zna samodejno šteti iz različnih virov



Osnove števecv v mikrokrmilnikih



Modul štetja (M)

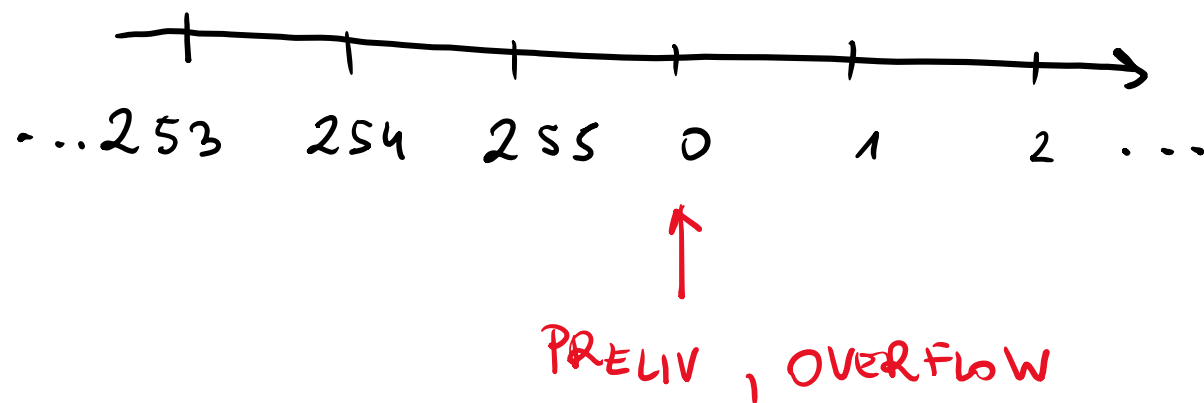
- Vrednost modula
 - M = fiksna glede na širino registra števca (255, 65535, ...)
 - $M = 2^n - 1$
 - M poljubna vrednost, nastavljena v registru.
- Štetje

Top vrednost

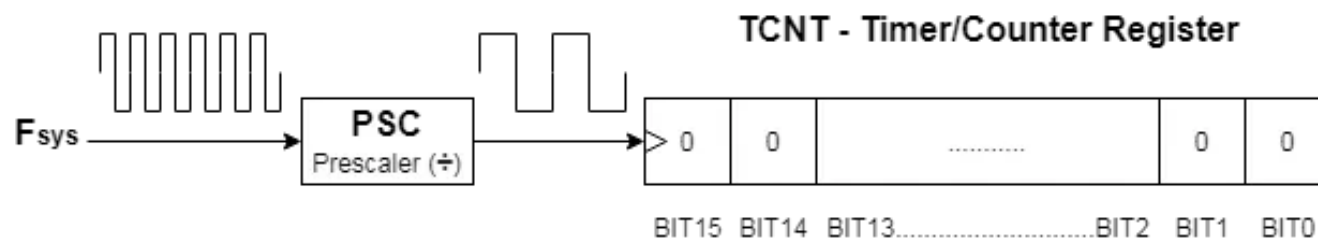
$$M = 2^8 - 1 = 255$$

Število intervalov

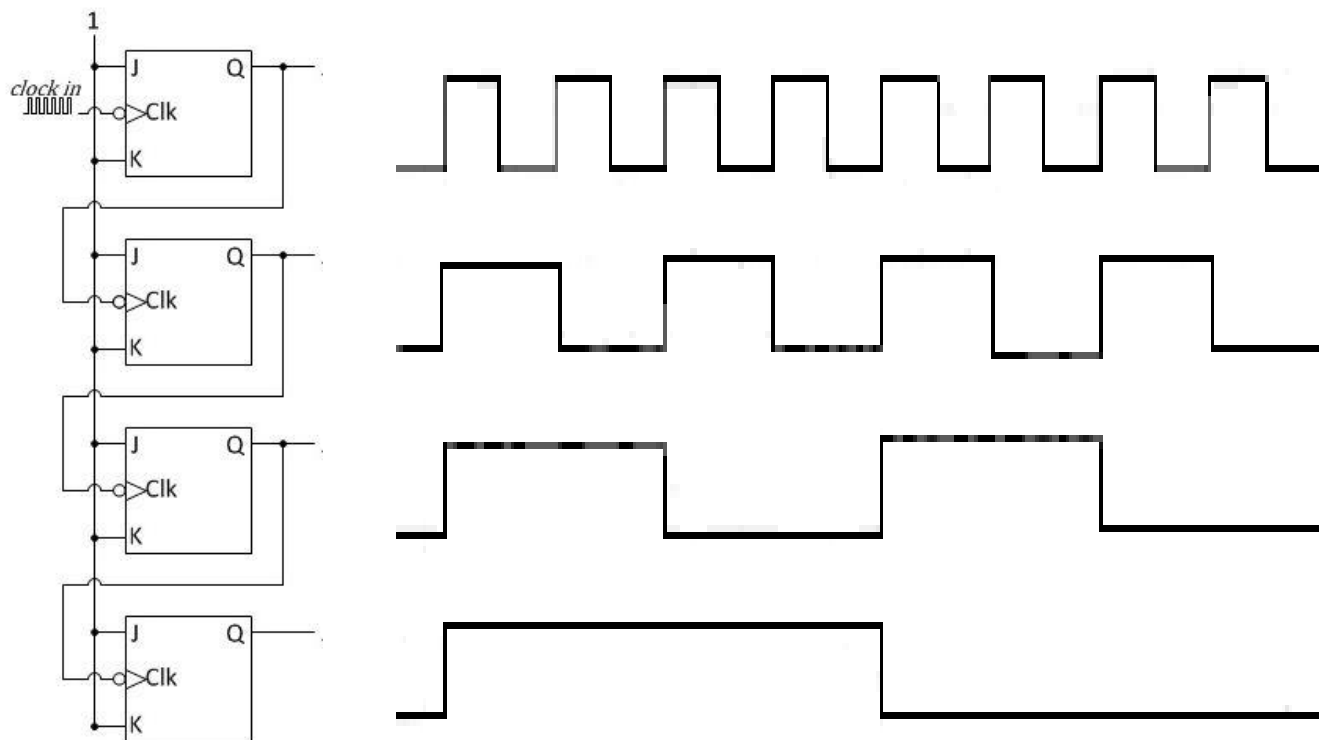
$$N = M + 1 = \underline{256}$$



Delilnik (Prescaler)

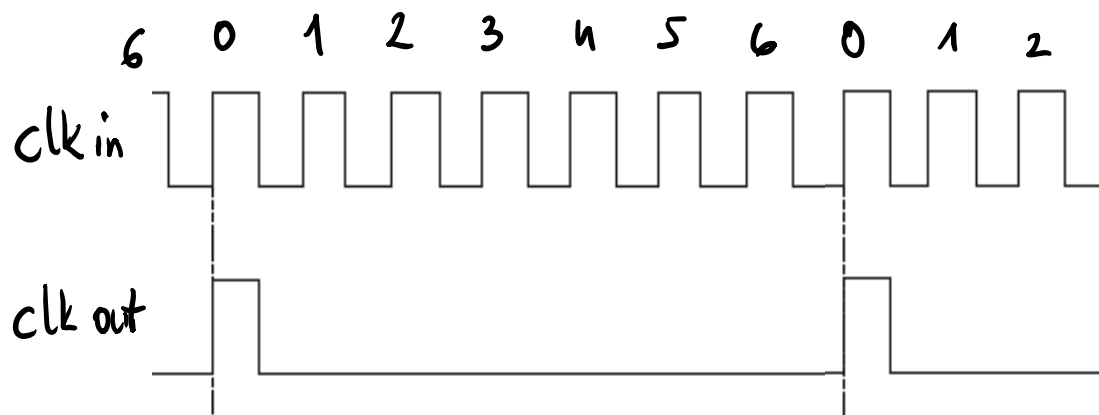
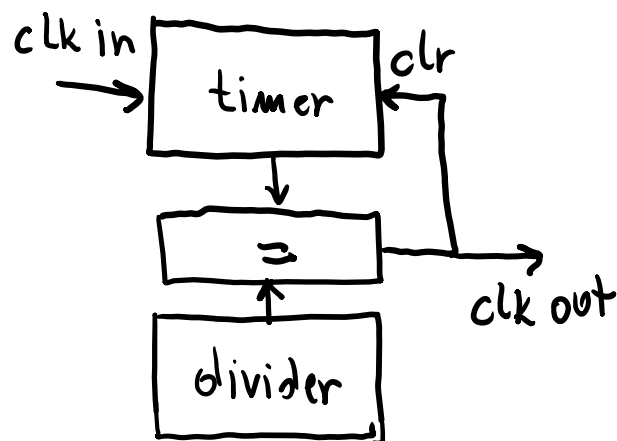


- Delilni faktor 2^n ($n = 0, 1, 2, \dots$)

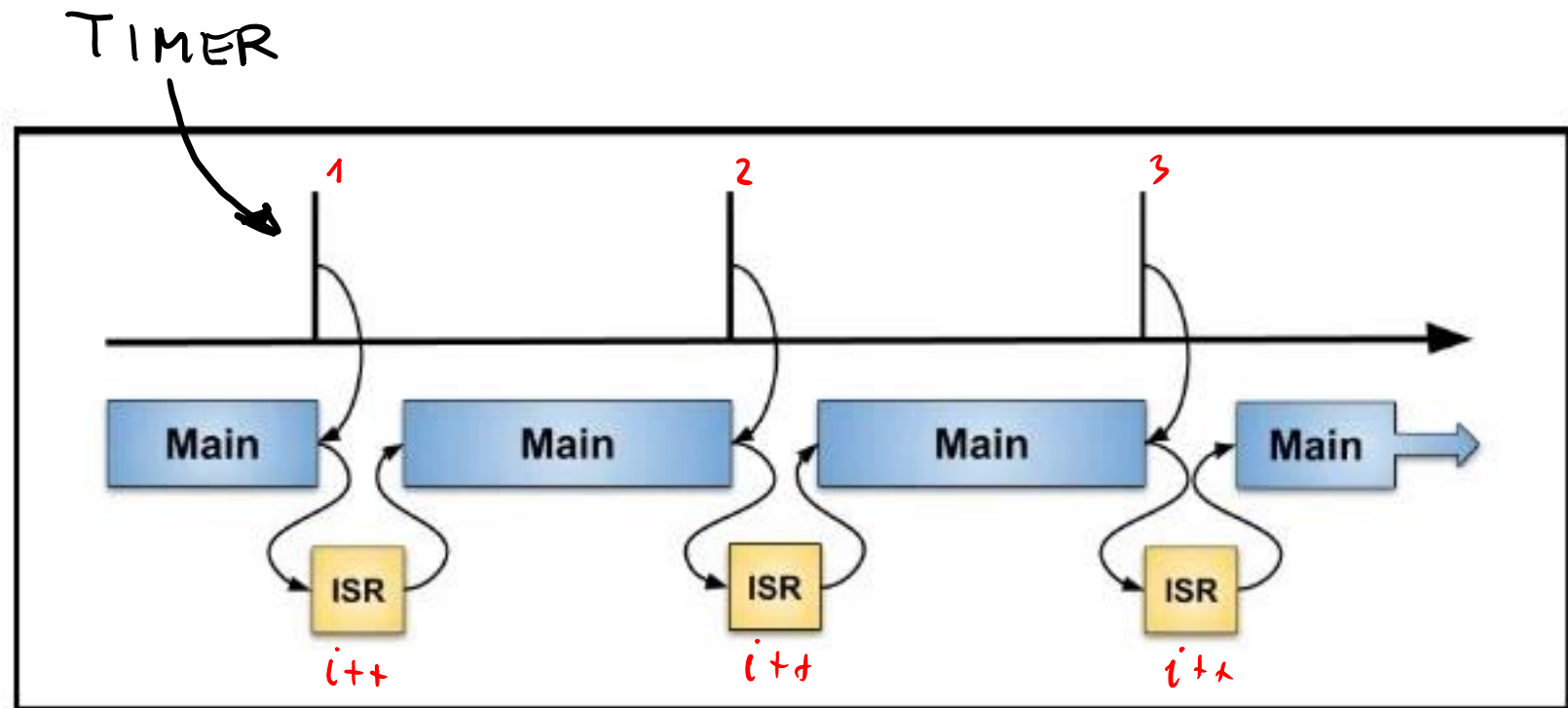


Delilnik (Prescaler)

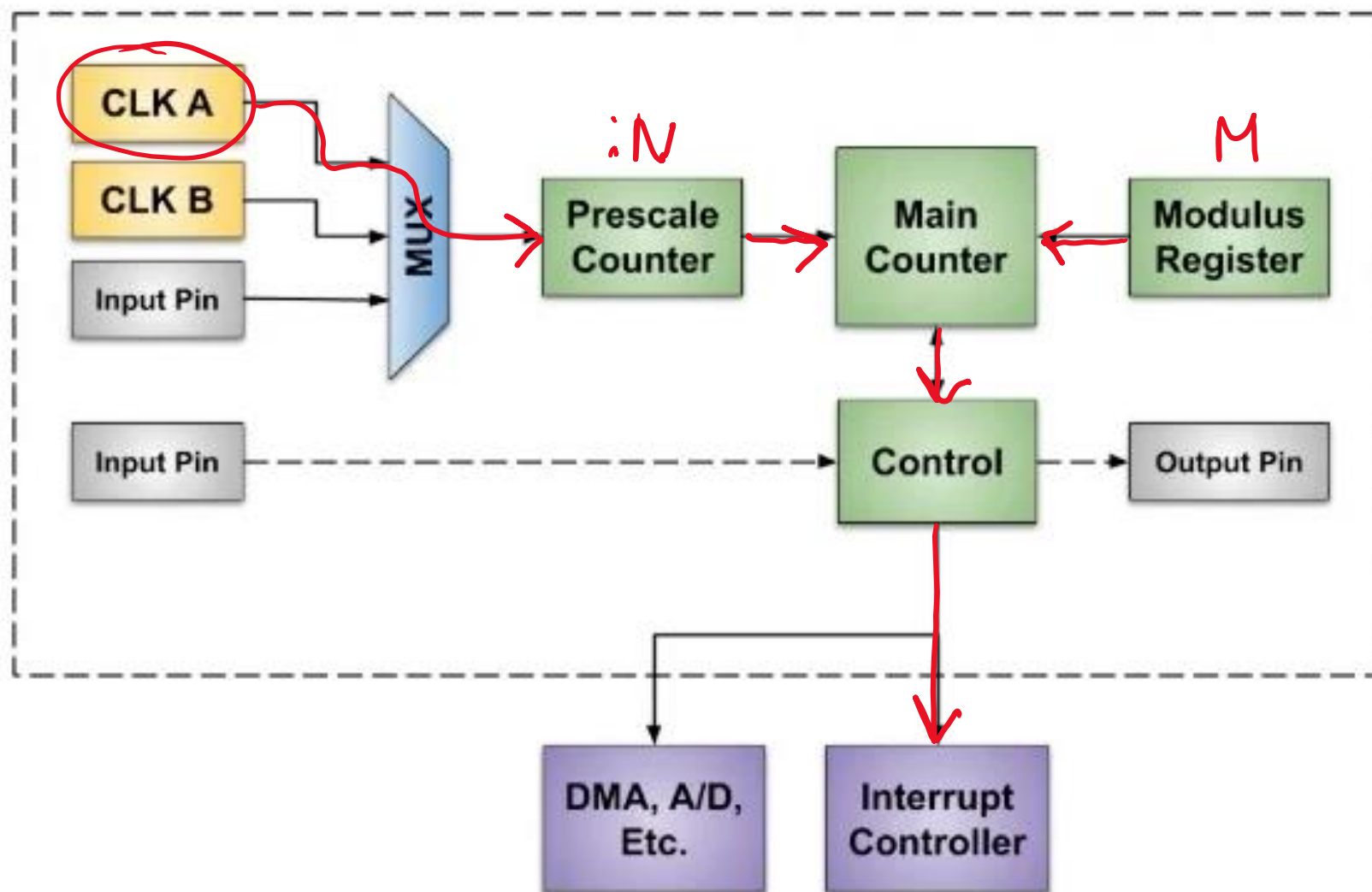
- Delilni faktor kot poljubna vrednost, nastavljena v registru delilnika



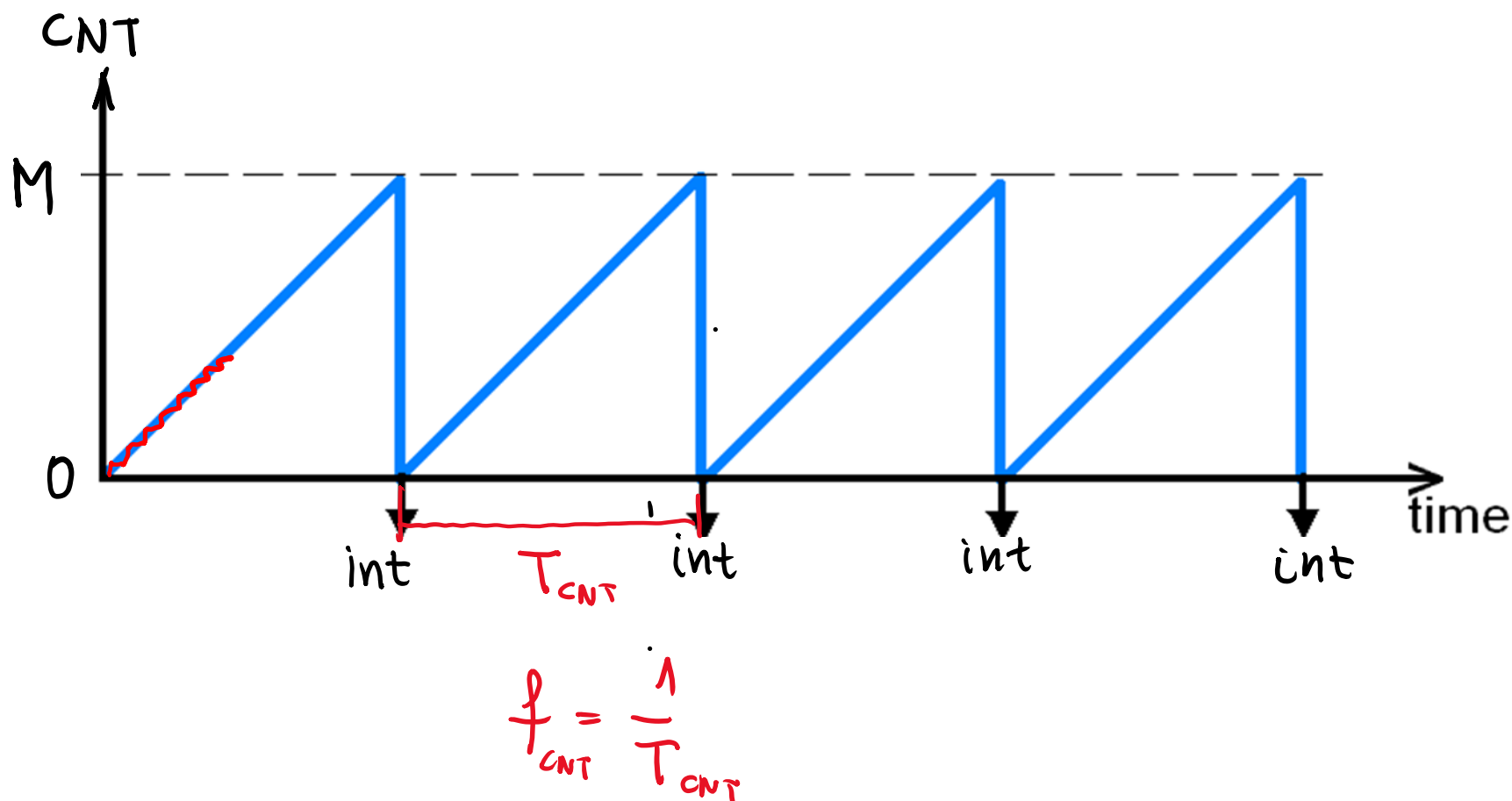
Generacija enakomernih časovnih prekinitev



Generacija enakomernih časovnih prekinitev



Generacija enakomernih časovnih prekinitev



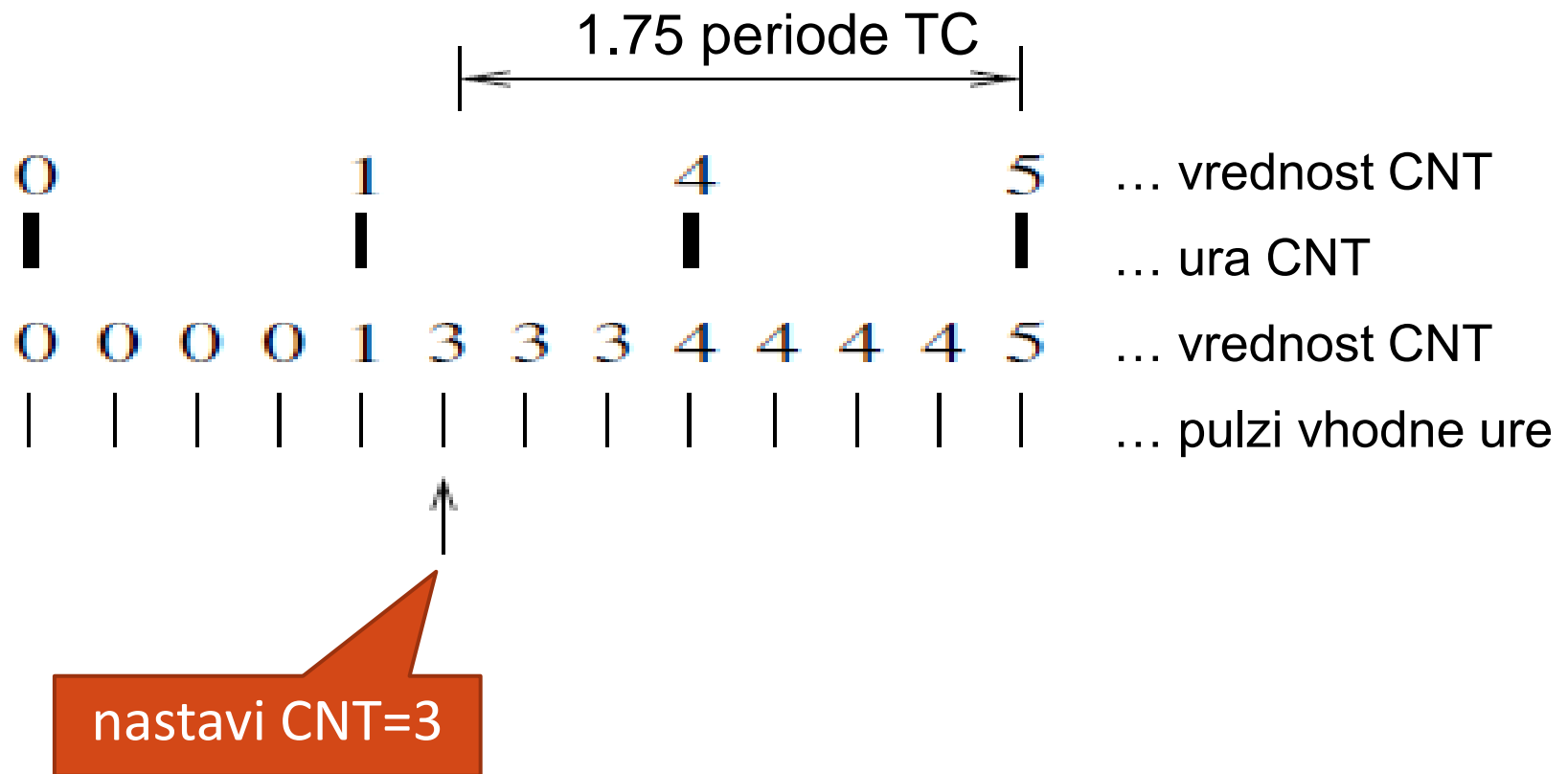
S kakšno periodo lahko izvajam prekinitve?

- Vhodni podatki
 - Vhodna frekvenca ure f_{clk}
 - Izbira delilnika (prescaler)
 - Prekinitve ob prelivu (overflow interrupt)
- Možnosti
 - Fiksni modul štetja ($M = 255, 65535, \dots$)
 - Posodabljanje vrednosti števca v prekinitveni rutini
 - Nastavitev poljubnega modula štetja

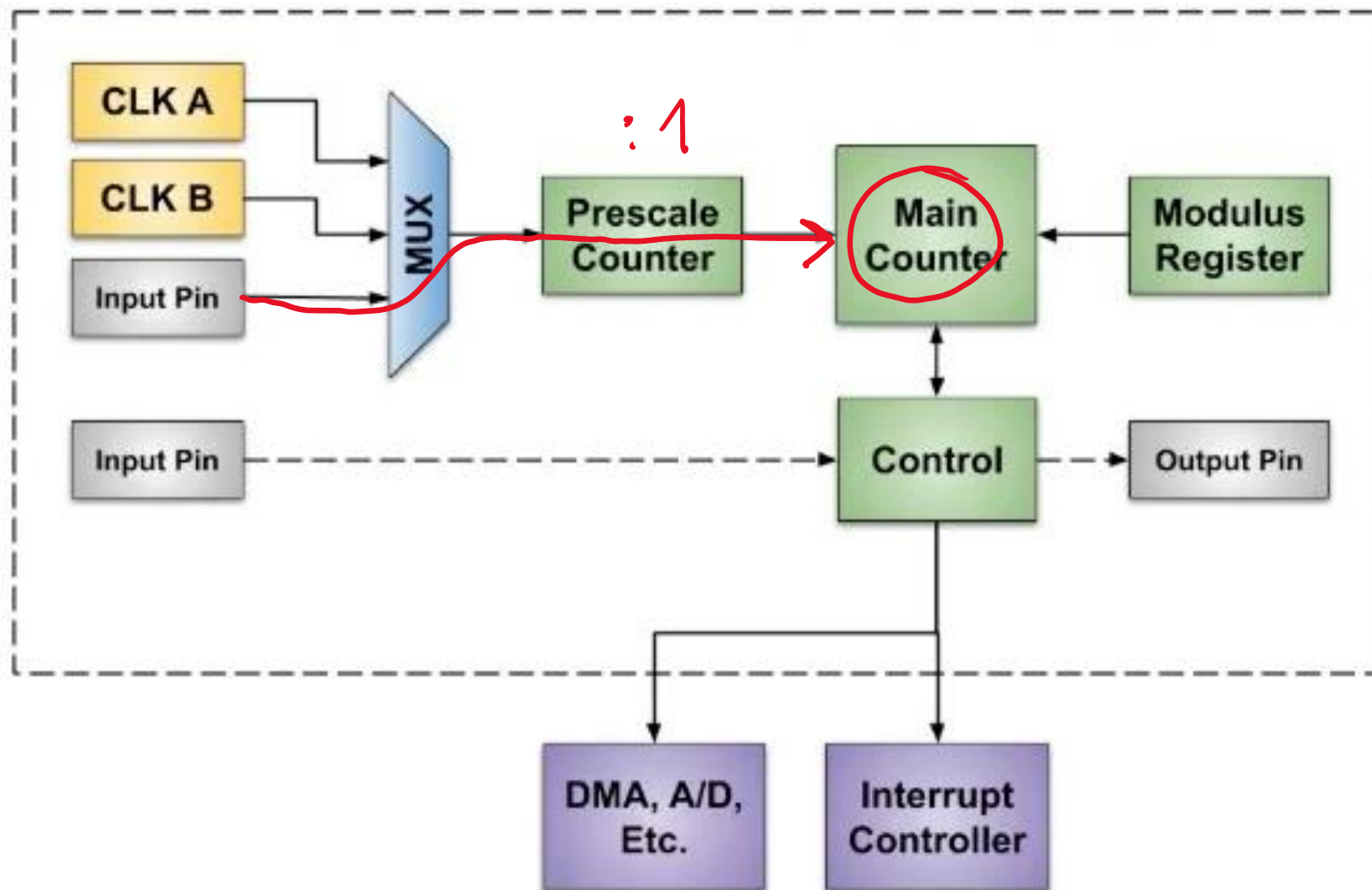
0 ... 255
↓
int
↓
CNT = 55

$$\underline{f_{int}} = \frac{f_{clk}}{N_{presc} \cdot \underbrace{(M + 1)}_{\text{sl. int.}}}$$

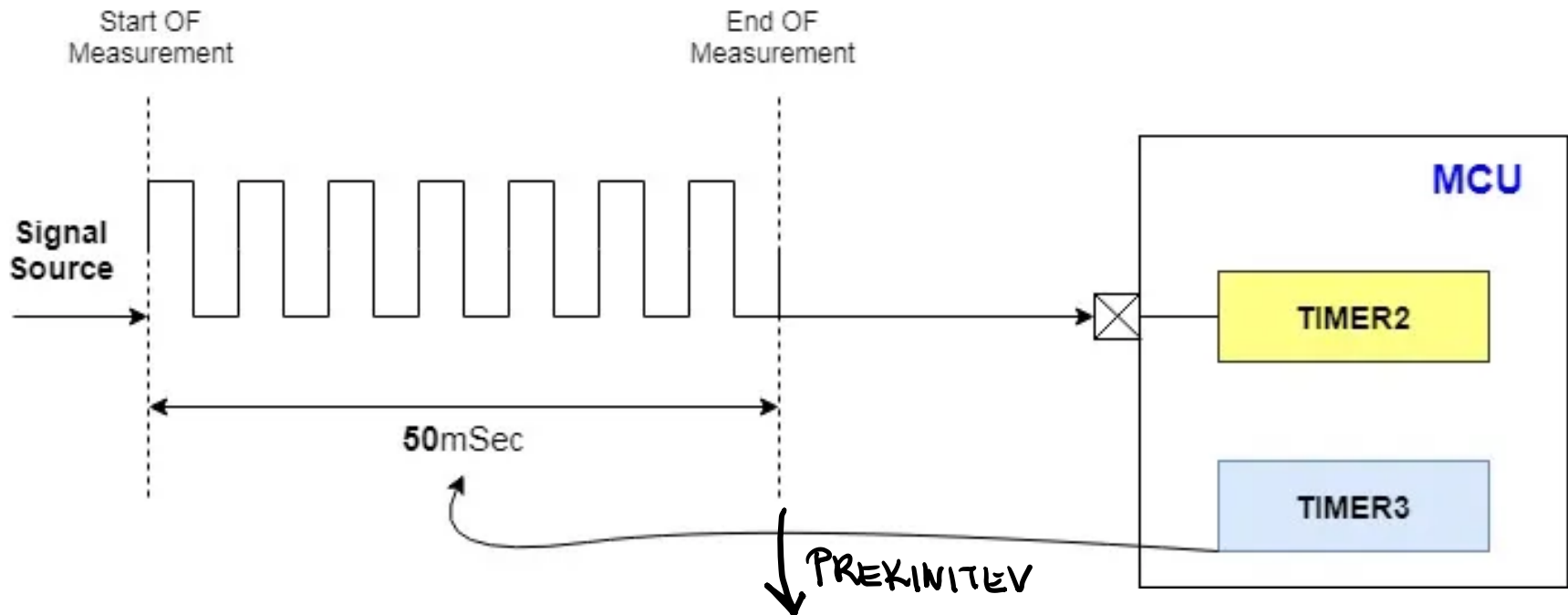
Sprememba vrednosti števca med delovanjem



Štetje zunanji dogodkov



Merjenje frekvence zunanjega signala

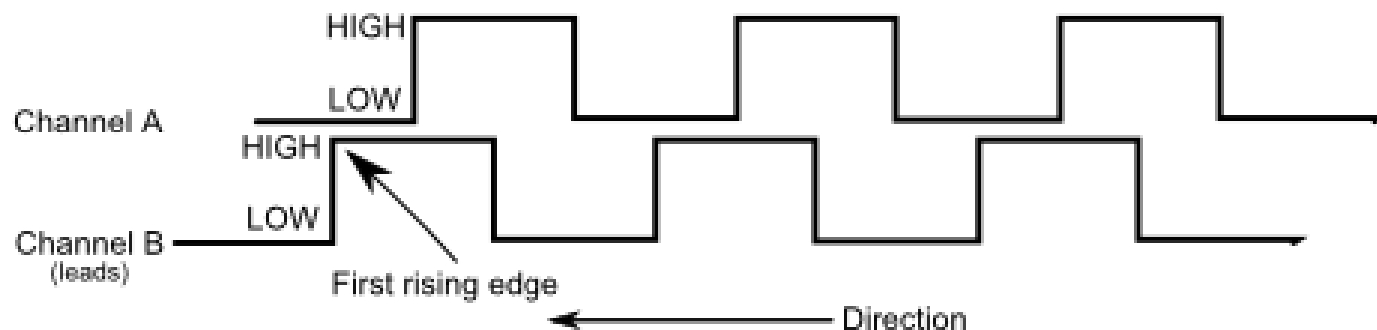
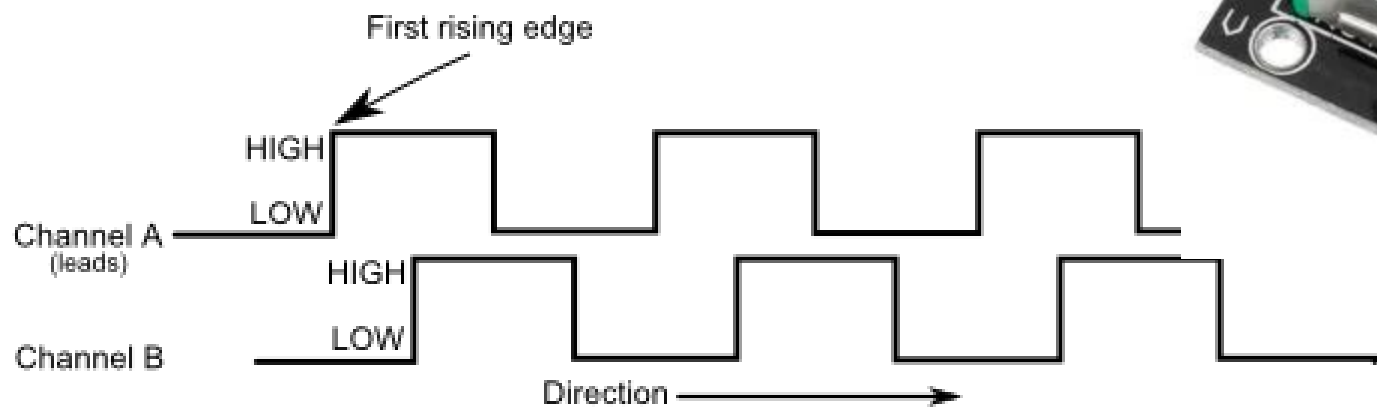


Shranimo vrednost števca $new = CNT$

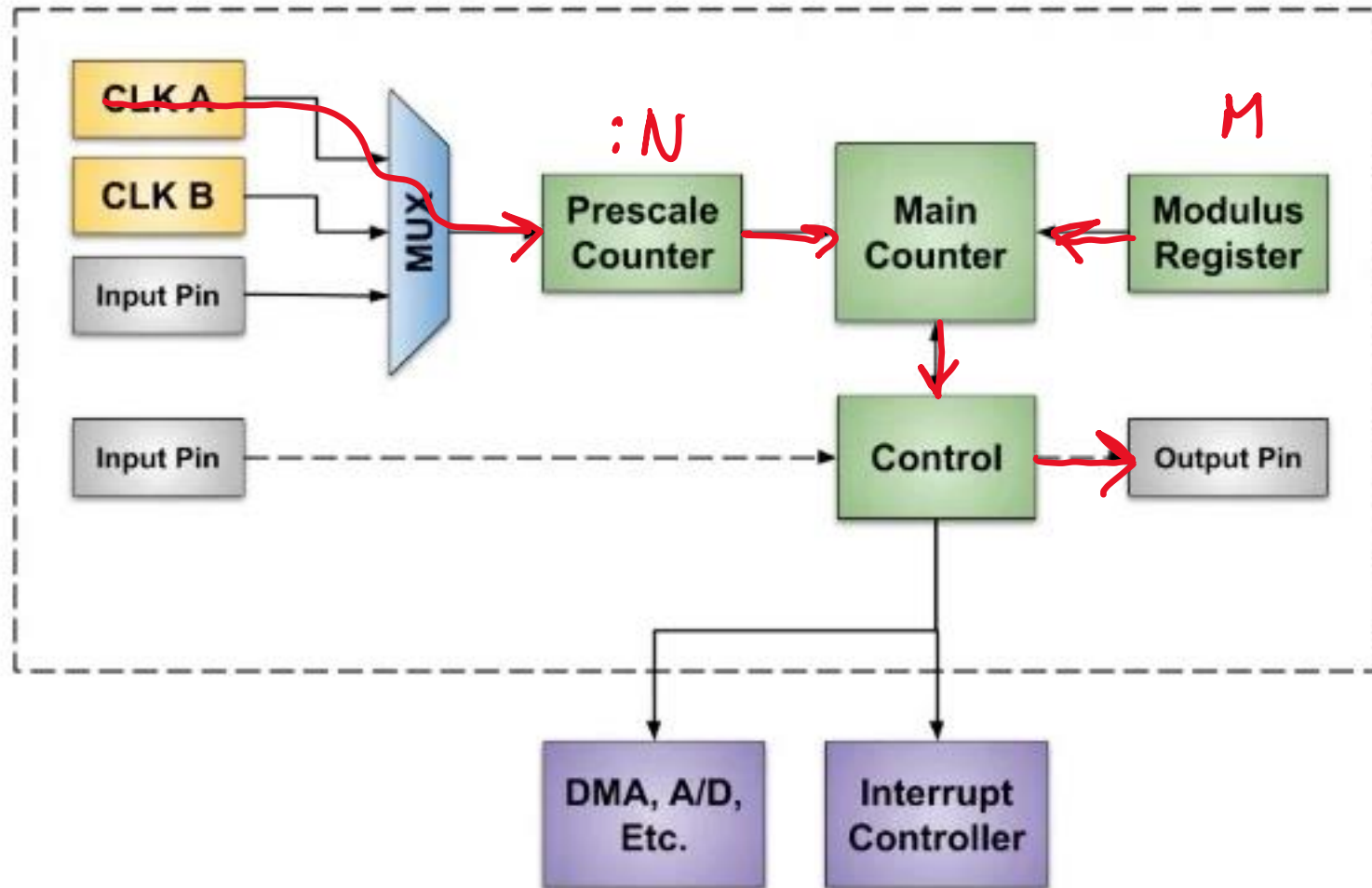
Izračunamo frekvenco $f = \frac{1}{new - old}$

Shranimo prejšnje stanje števca $old = new$

Kvadraturni enkoder



Generacija signalov

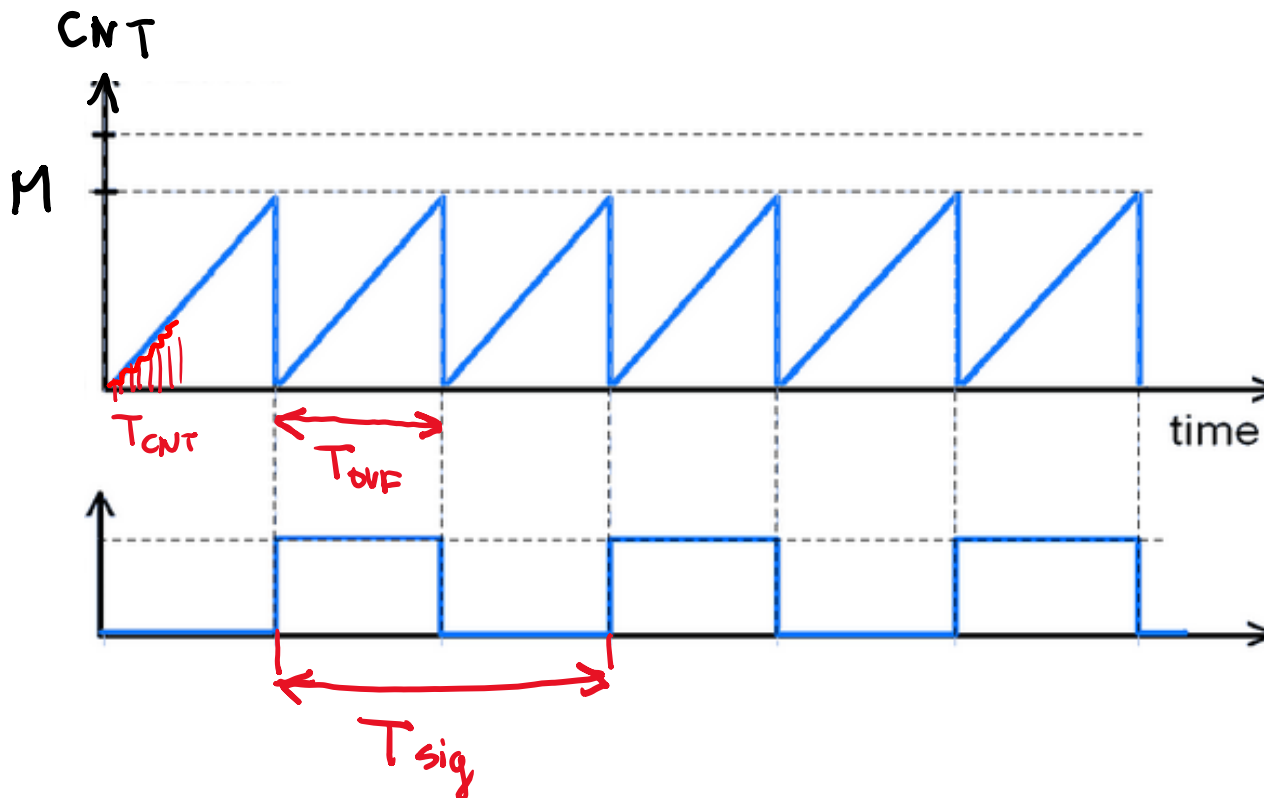


Generacija signalov

- Generacija simetričnega pravokotnega signala
- Pulzno širinska modulacija (PWM)
 - Hitra PWM (Fast PWM)
 - Fazno pravilna PWM (Phase Correct PWM)
- Amplitudna modulacija
- Krmiljenje močnostnih mostičev
 - Stikalni pretvorniki
 - Krmilniki brezkrtačnih motorjev
 - Razsmerniki (inverterji)

Generacija pravokotnega signala

- Invertiranje izhoda ob prelivu števca



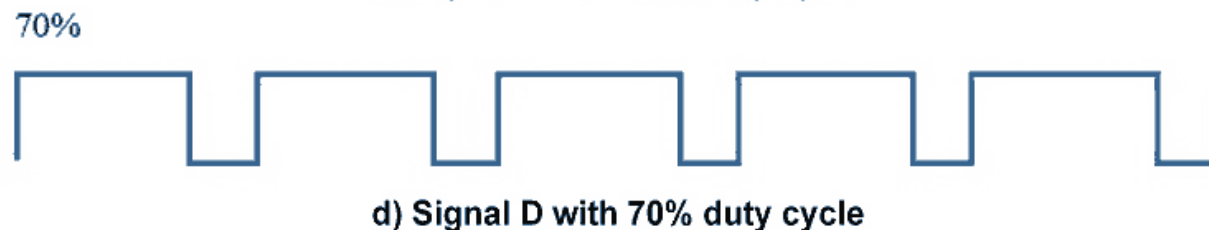
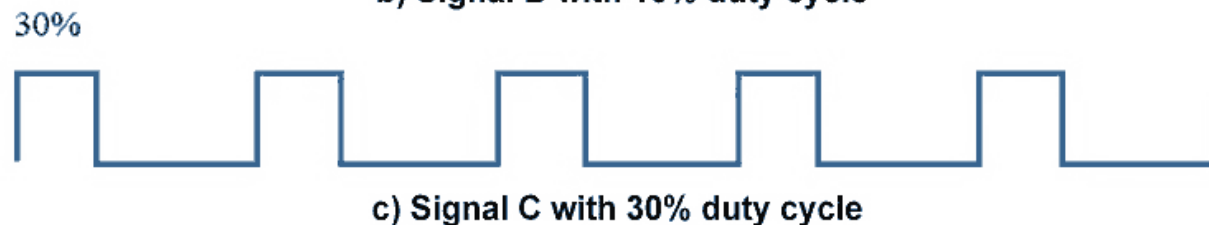
$$T_{sig} = 2 T_{OVF}$$

$$f_{sig} = \frac{1}{2} f_{OVF}$$

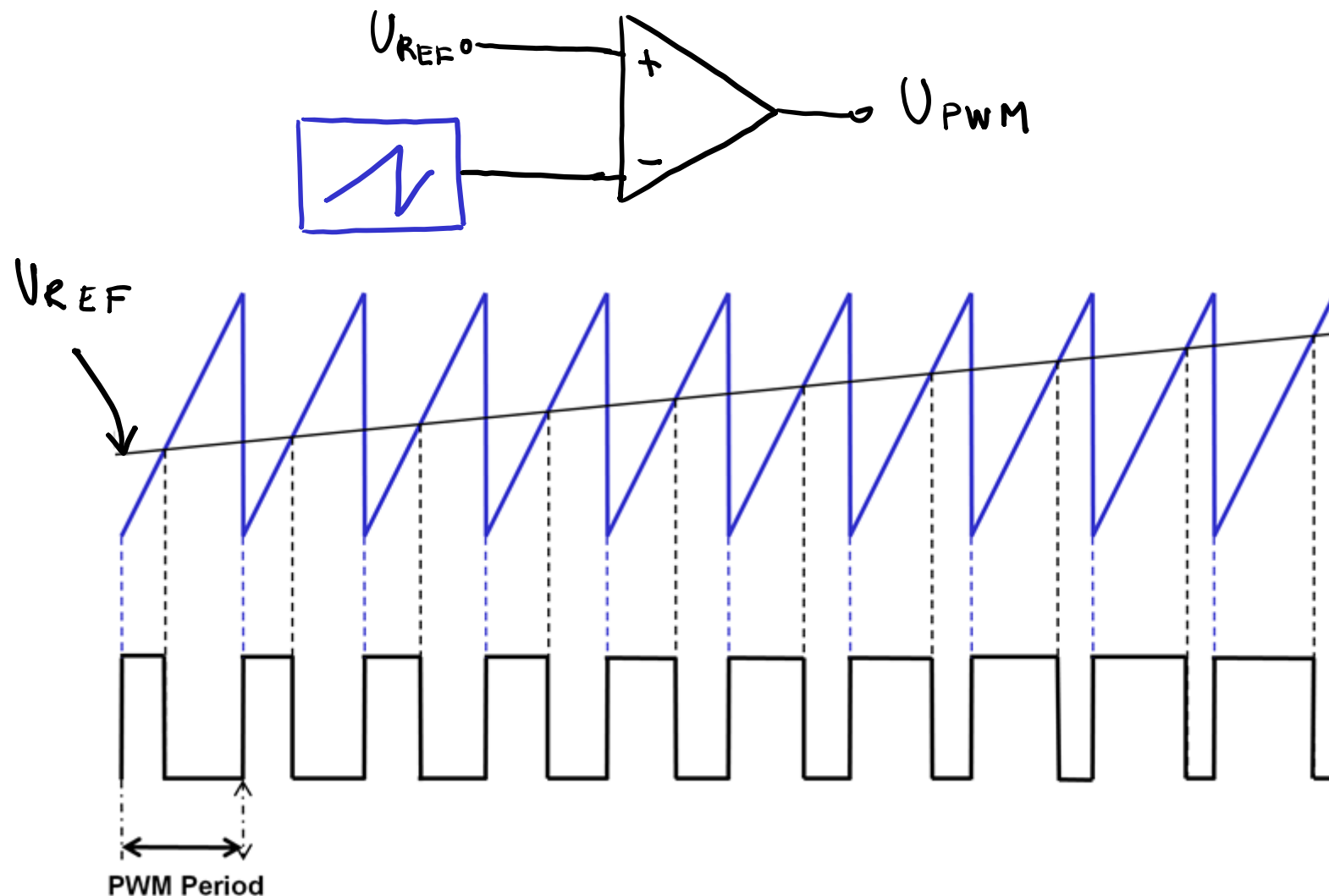
Generacija pravokotnega signala

- Vhodni podatki
 - Vhodna frekvenca ure f_{clk}
 - Izbira delilnika (prescaler)
- Določitev frekvence generiranega signala (f_{sig})
 - Izbira frekvence štetja f_{CNT}
 - Taka, ki v času polperiode signala ne preseže maksimalne vrednosti števca
- Modul štetja izračunamo
 - $$M = \frac{f_{clk}}{2 \cdot f_{sig} \cdot N_{presc}} - 1$$

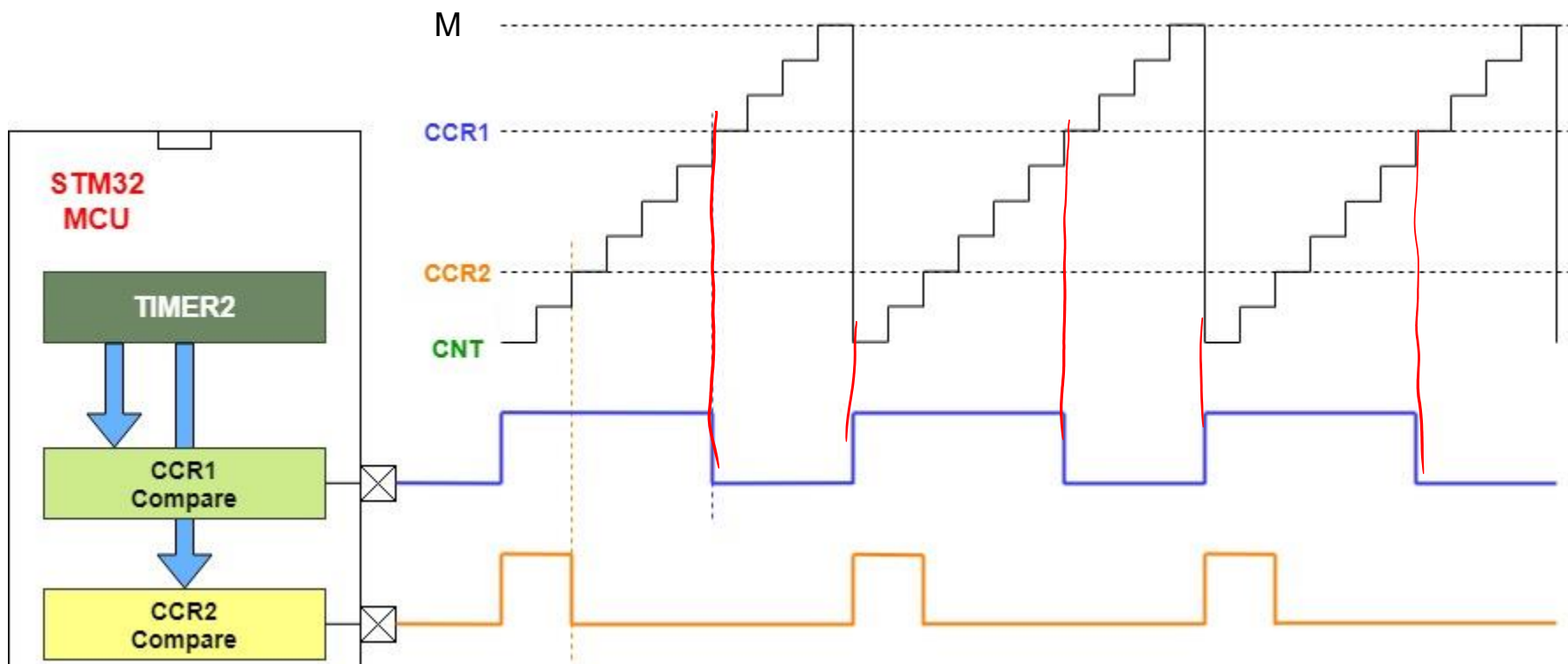
PWM signal



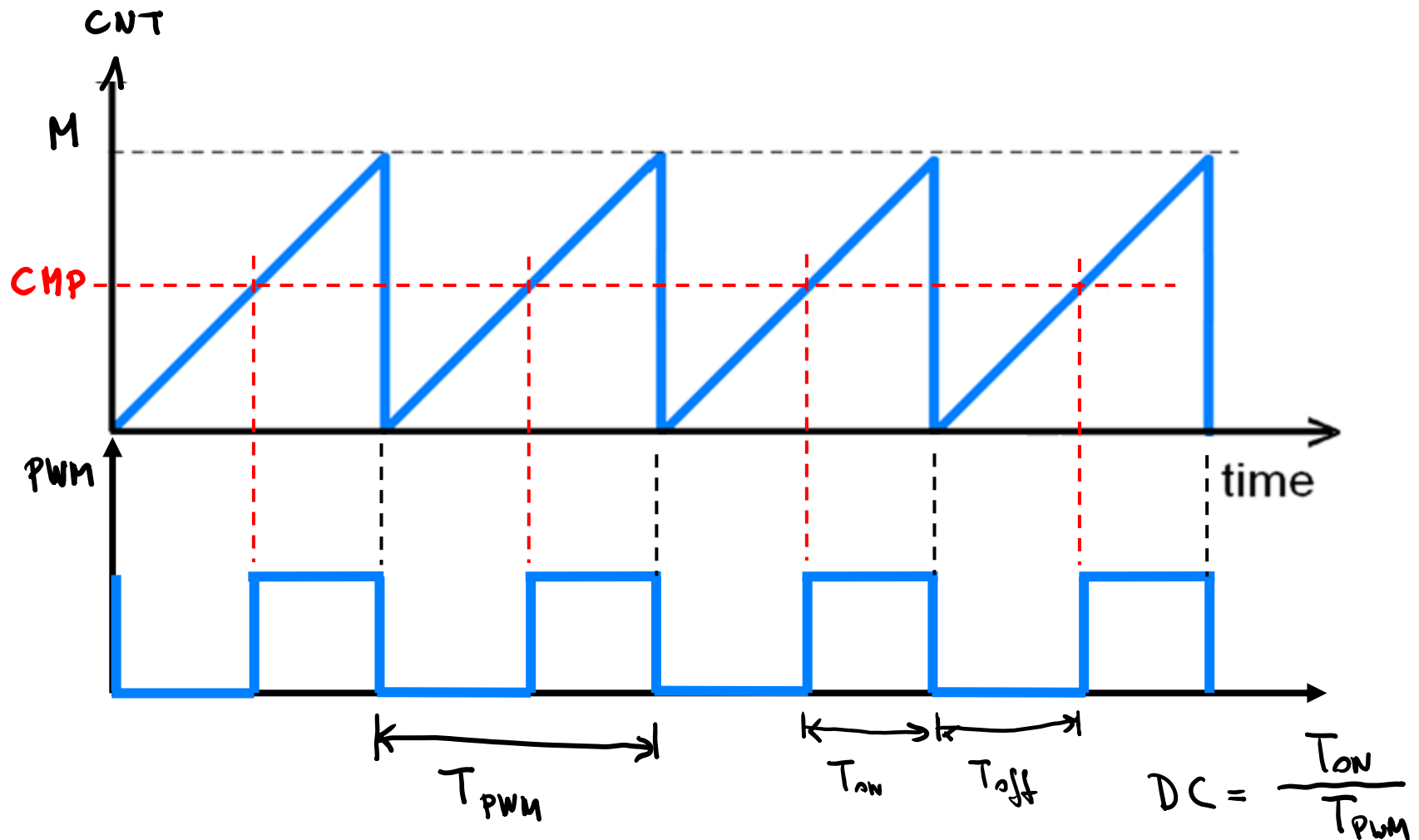
Princip analogne generacije PWM signala



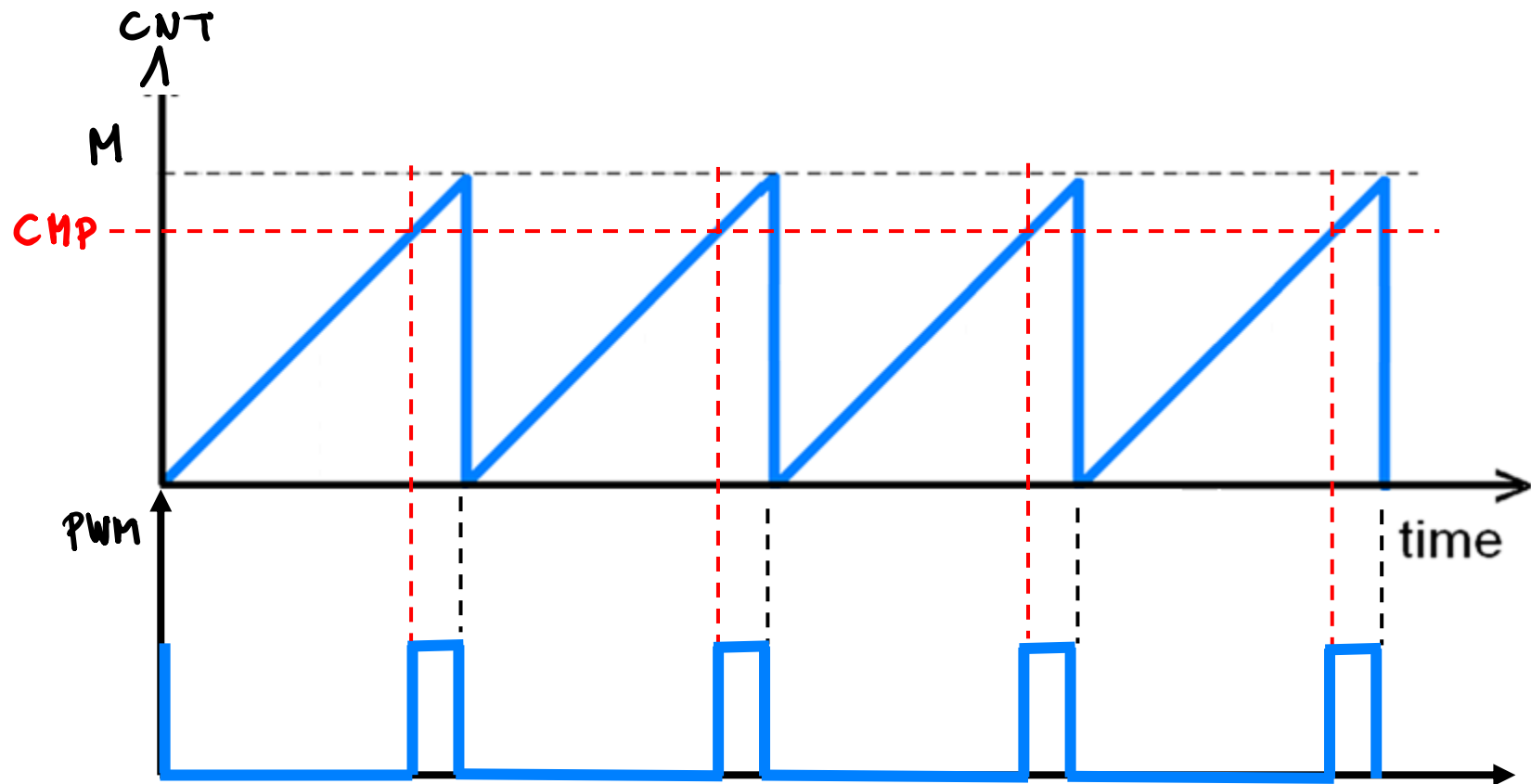
Princip digitalne generacije PWM signala



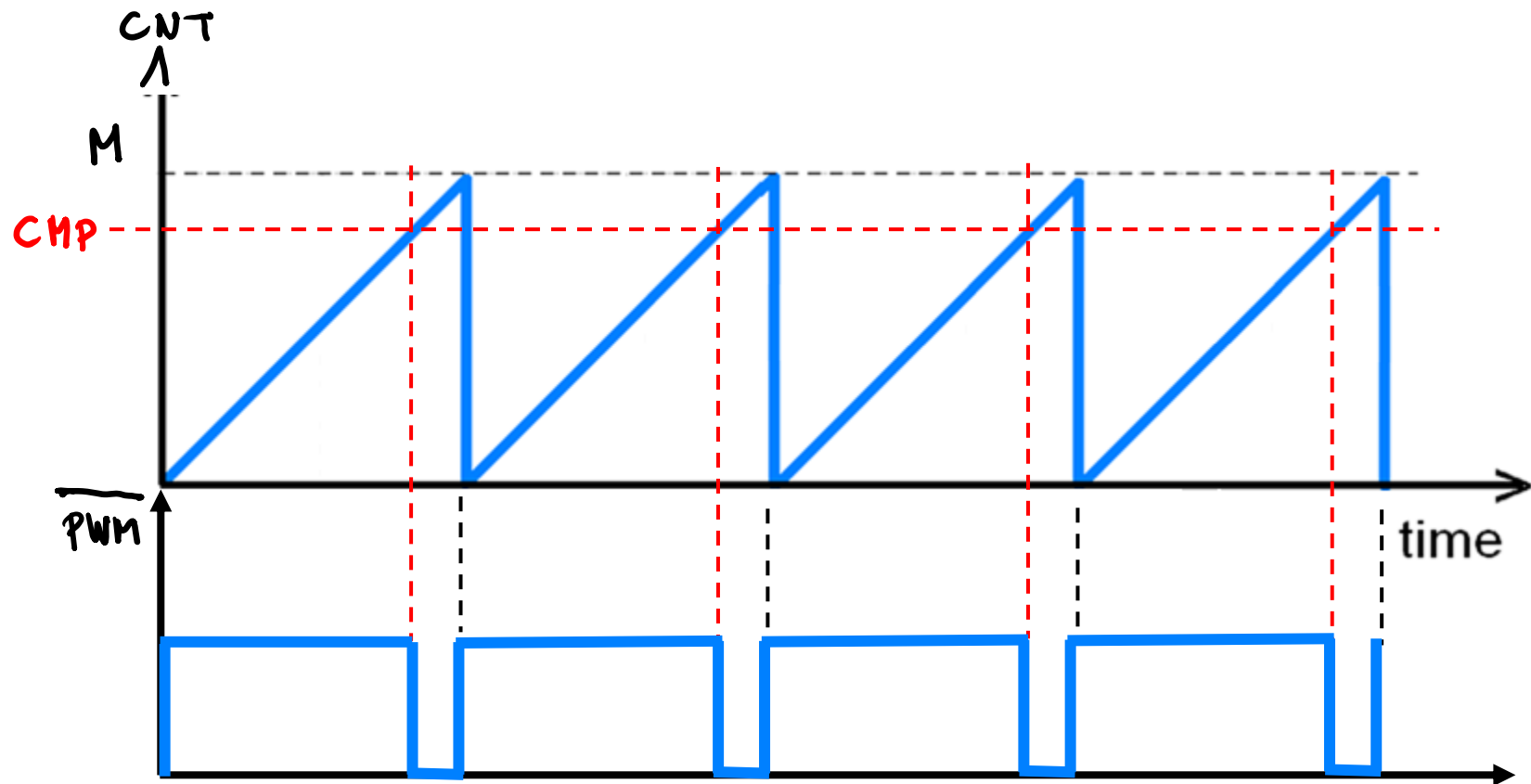
Generacija PWM signala



Generacija PWM signala



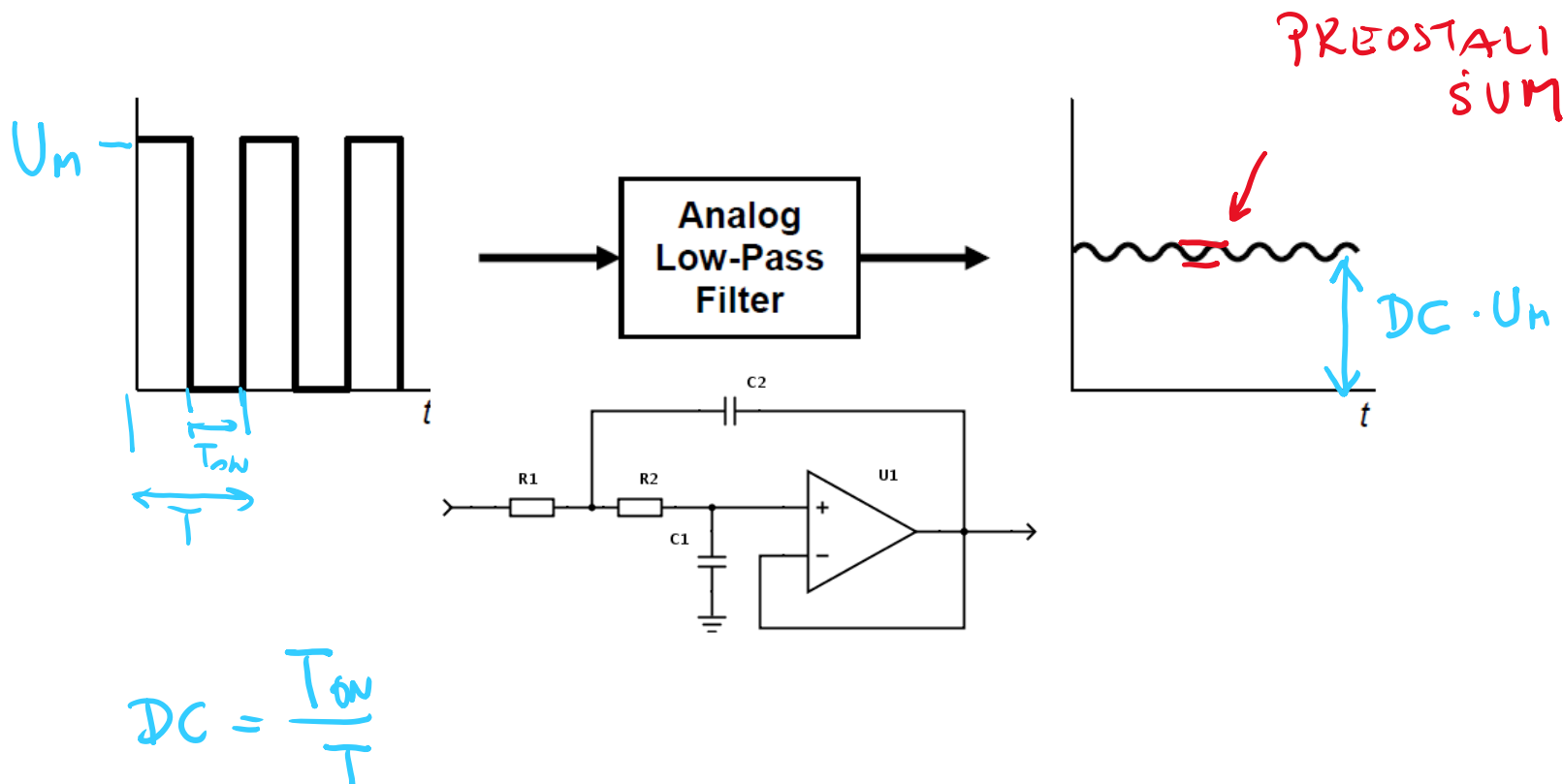
Generacija PWM signala



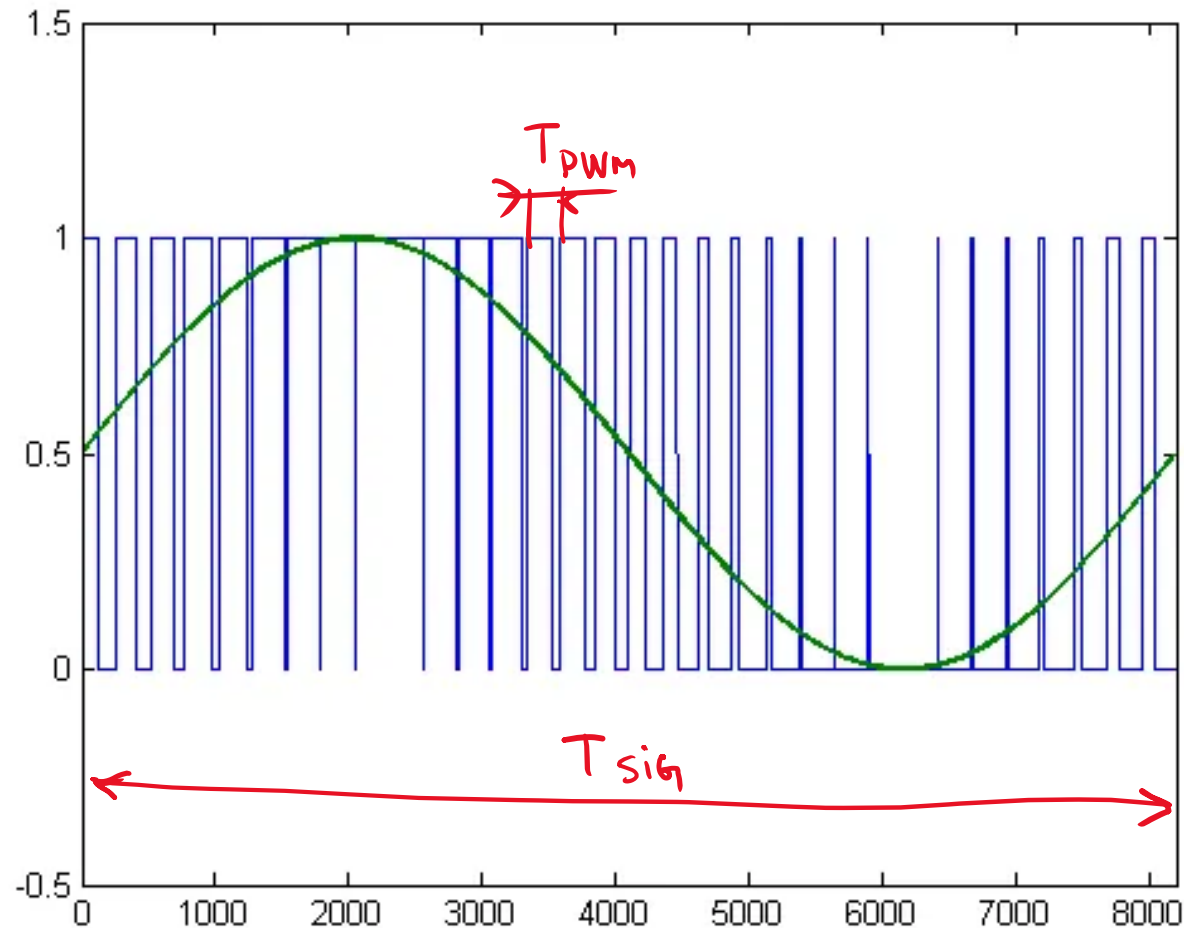
Primer generacije PWM

- Vhodni podatki
 - Želena frekvenca signala PWM: f_{pwm}
 - Ločljivost PWM signala v bitih R :
 - npr. 8 bitna = 256 korakov
- Glede na želena ločljivost R določimo modul števca M
 - $M = 2^R - 1$
- Glede na M in f_{pwm} določimo frekvenco števca f_{cnt} :
 - $f_{cnt} = (M + 1) \cdot f_{pwm} = 2^8 \cdot 1\text{kHz} = 256\text{kHz}$
 $1\text{MHz} = \underline{256\text{MHz}}$
 - $T_{cnt} = \frac{1}{f_{cnt}}$
- Širino impulza določa vrednost primerjalnika CMP
 - $T_{ON} = CMP \cdot T_{cnt}$

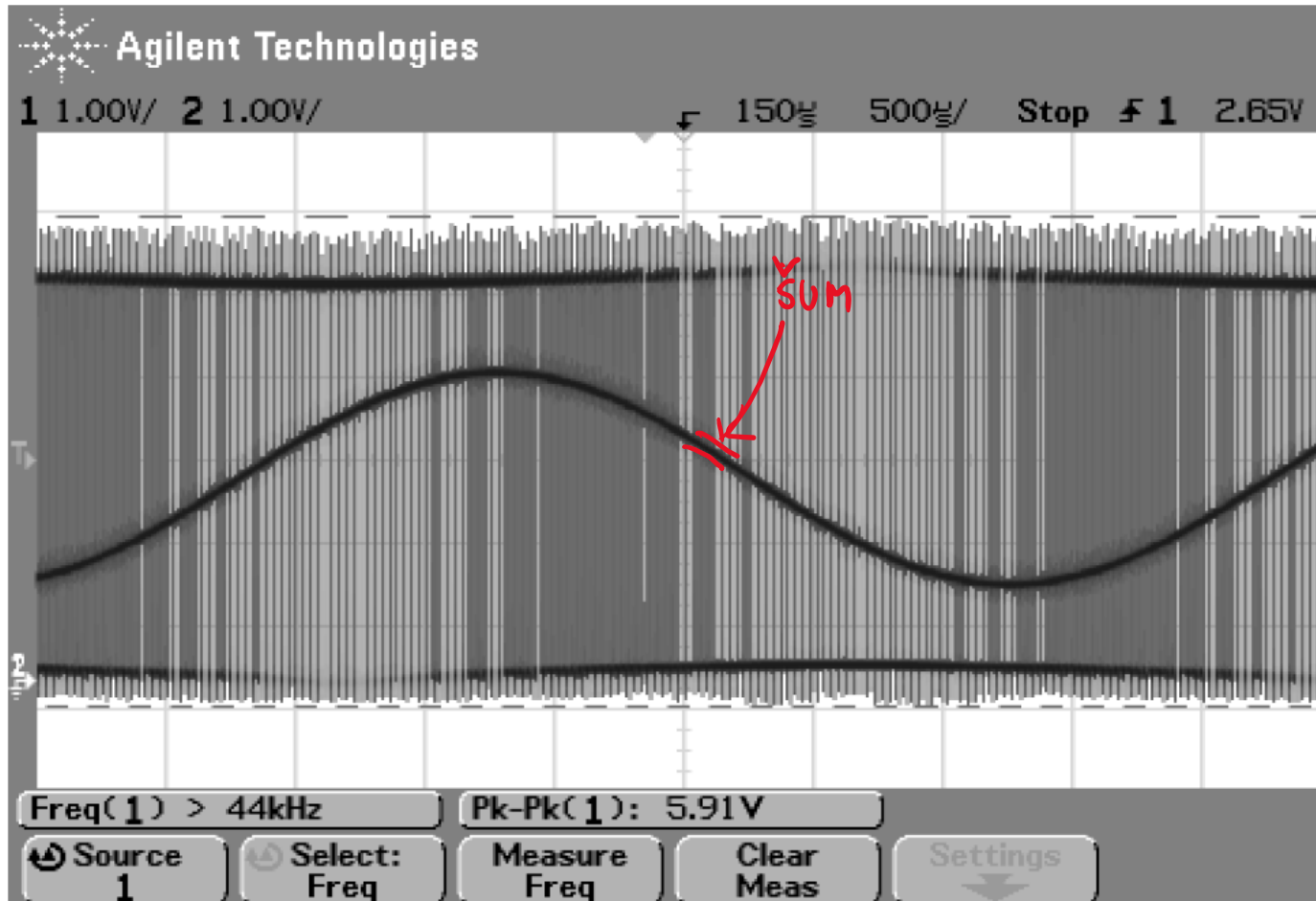
Primer – PWM D/A pretvornik



Primer – PWM D/A pretvornik

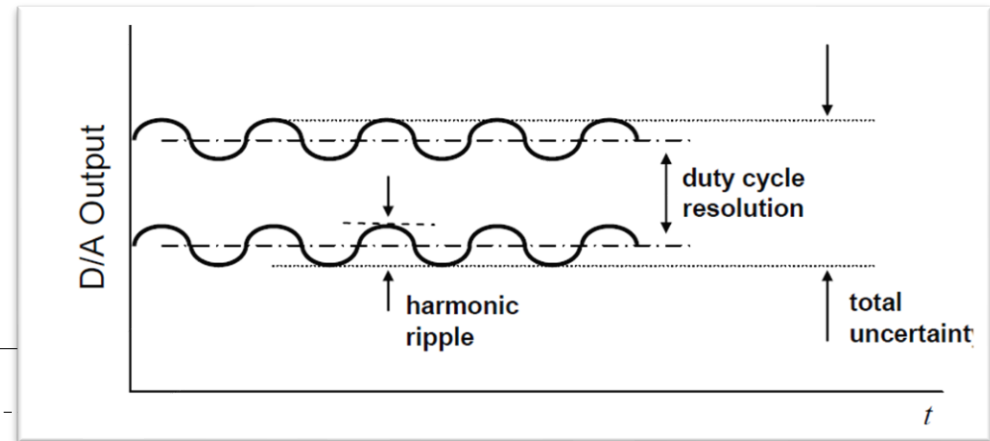
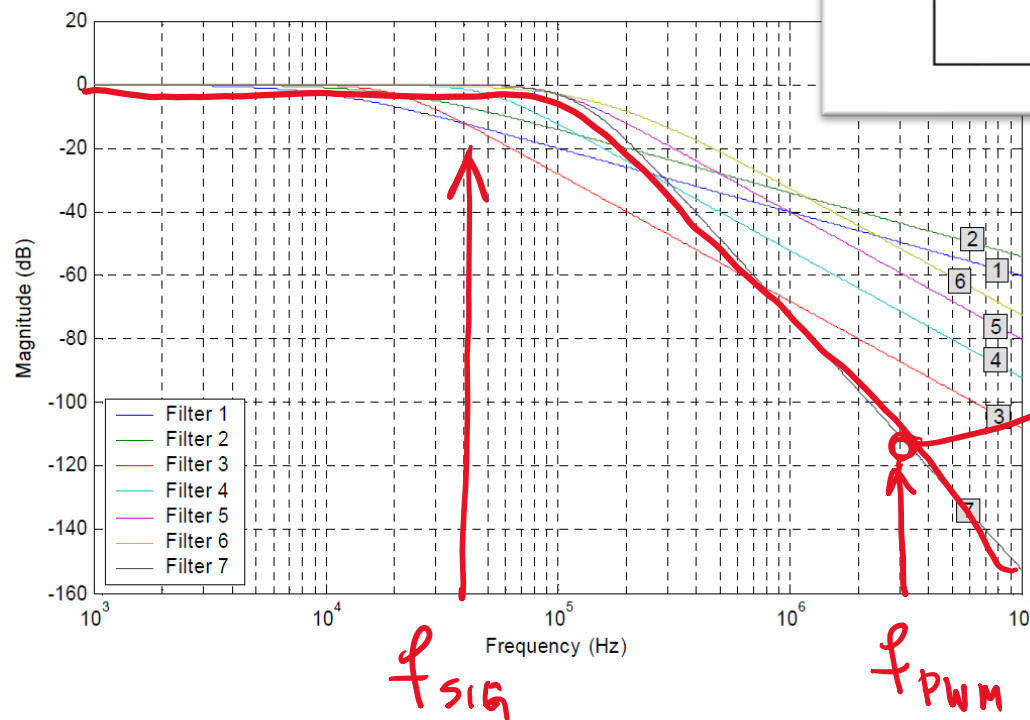


Primer – PWM D/A pretvornik



Primer – PWM D/A pretvornik

- Resolucija PWM
- Vpliv dušenja filtra



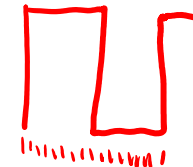
Primer – PWM D/A pretvornik

- Izbira

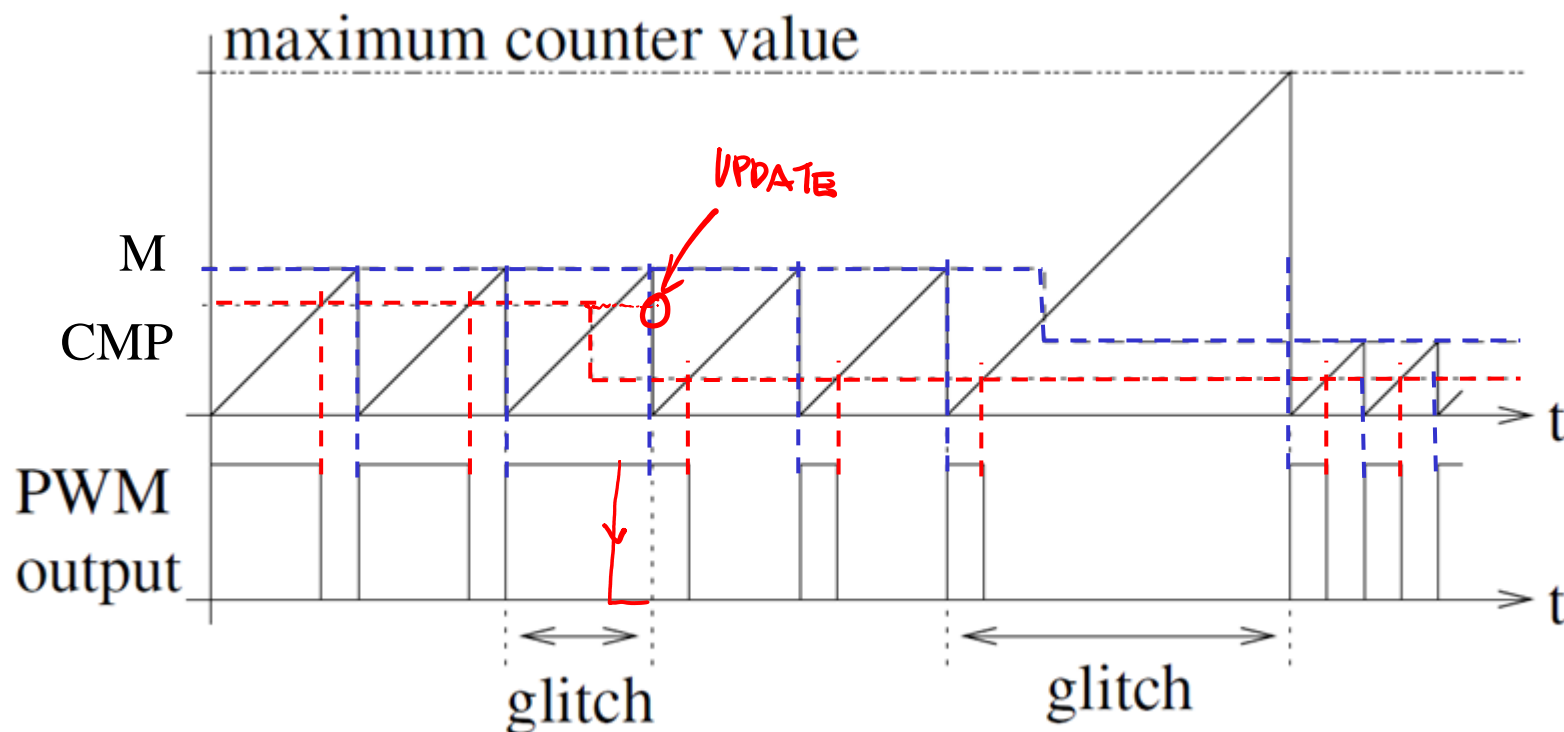
- Resolucija $R = 10$ bitov = 1024
- Maksimalna frekvenca generiranega signala $f_{sig} = 1$ kHz
- Aktivno nizkoprepustno sito 2 reda
 - dušenje 40 dB na dekada

- Rešitev

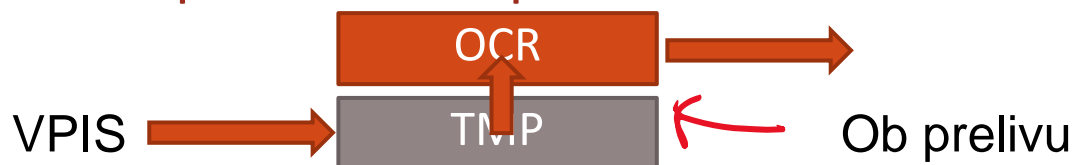
- $M = 2^{10} - 1 = 1023 \rightarrow 1024$ *16-bitov*
- Dušenje osnovne frekvence več kot za 1024 = 60 dB
 - Osnovna frekvenca PWM signal vsaj 33x nad frekvenco signala
 $f_{pwm} = 33 \cdot f_{sig} = \underline{33 \text{ kHz}}$
 - Osnovna frekvenca števca
 - $f_{cnt} = \underline{f_{sig}} \cdot \underline{2^R} = \underline{33 \text{ kHz}} \cdot \underline{1024} = \underline{34 \text{ MHz}}$



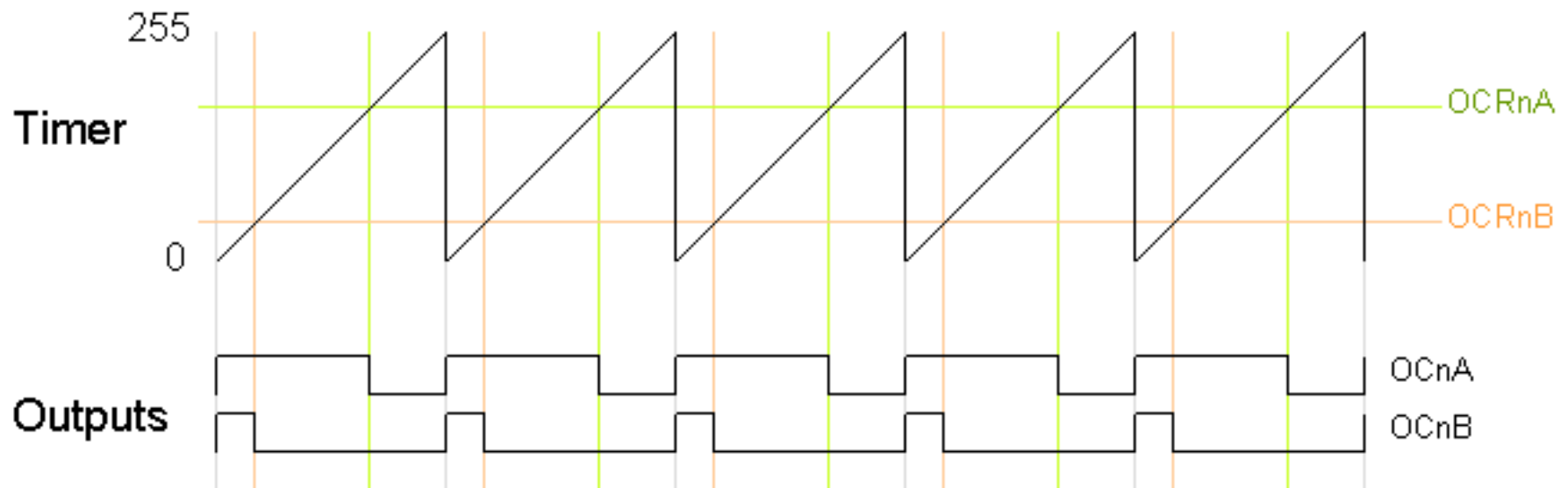
Neželeni impulzi pri PWM (glitch)



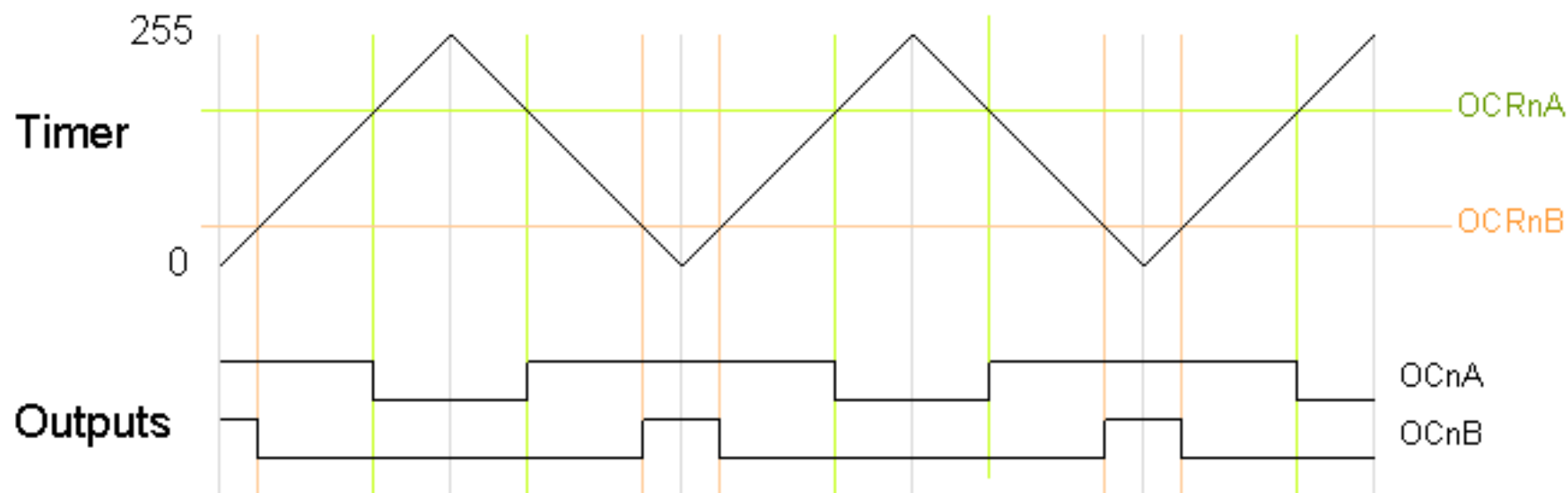
- Rešitev – double buffering
 - Vrednost OCR registra se vpiše šele ob prelivu



Hitri PWM (Fast PWM)

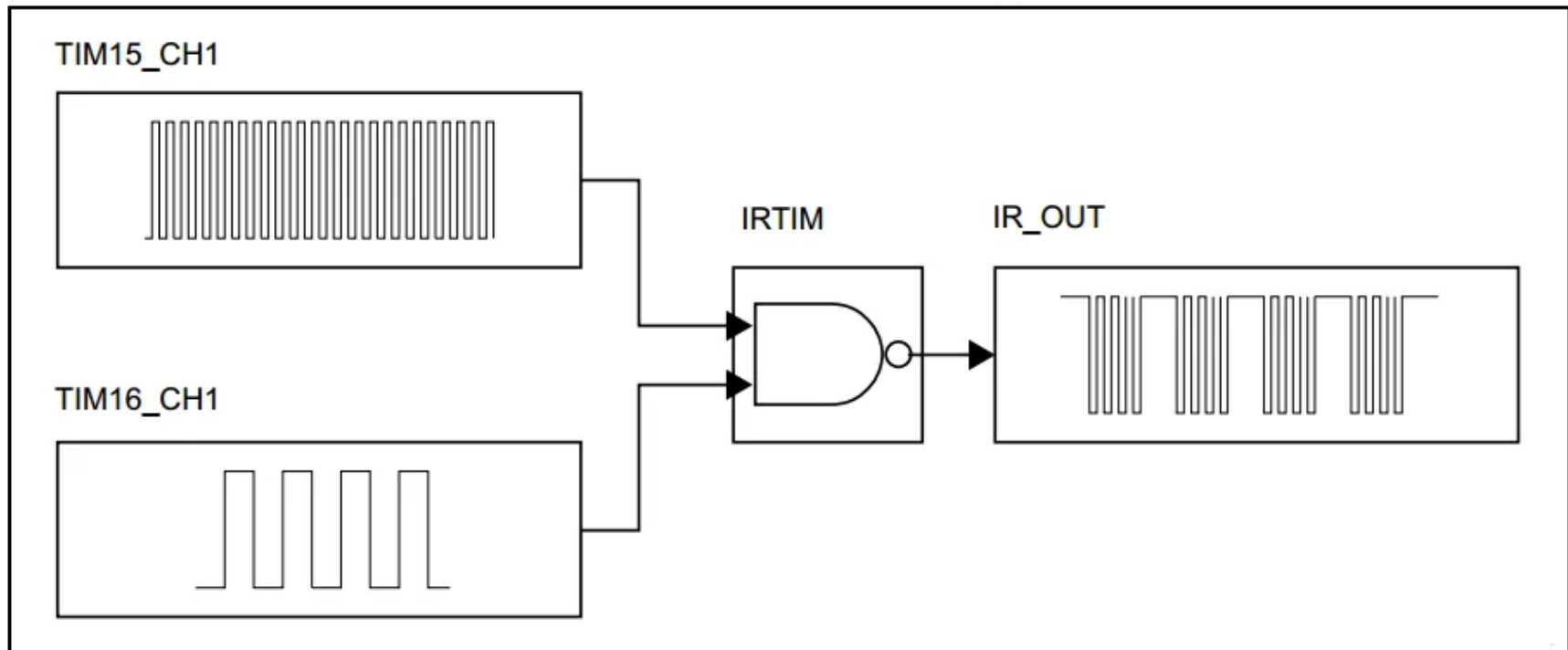


Fazno pravilni PWM (Phase correct PWM)

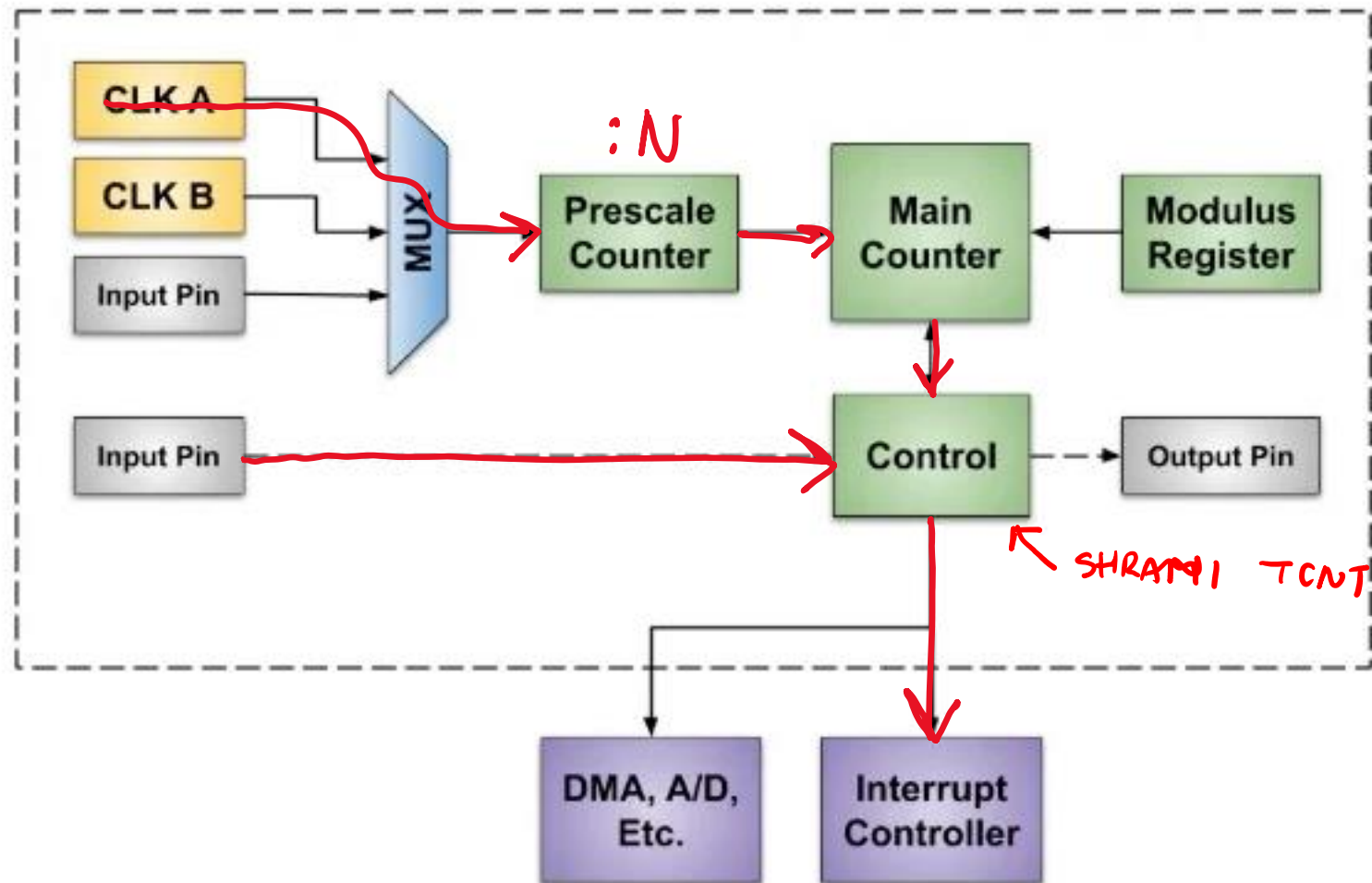


Amplitudna modulacija

IRTIM internal hardware connections with TIM15 and TIM16

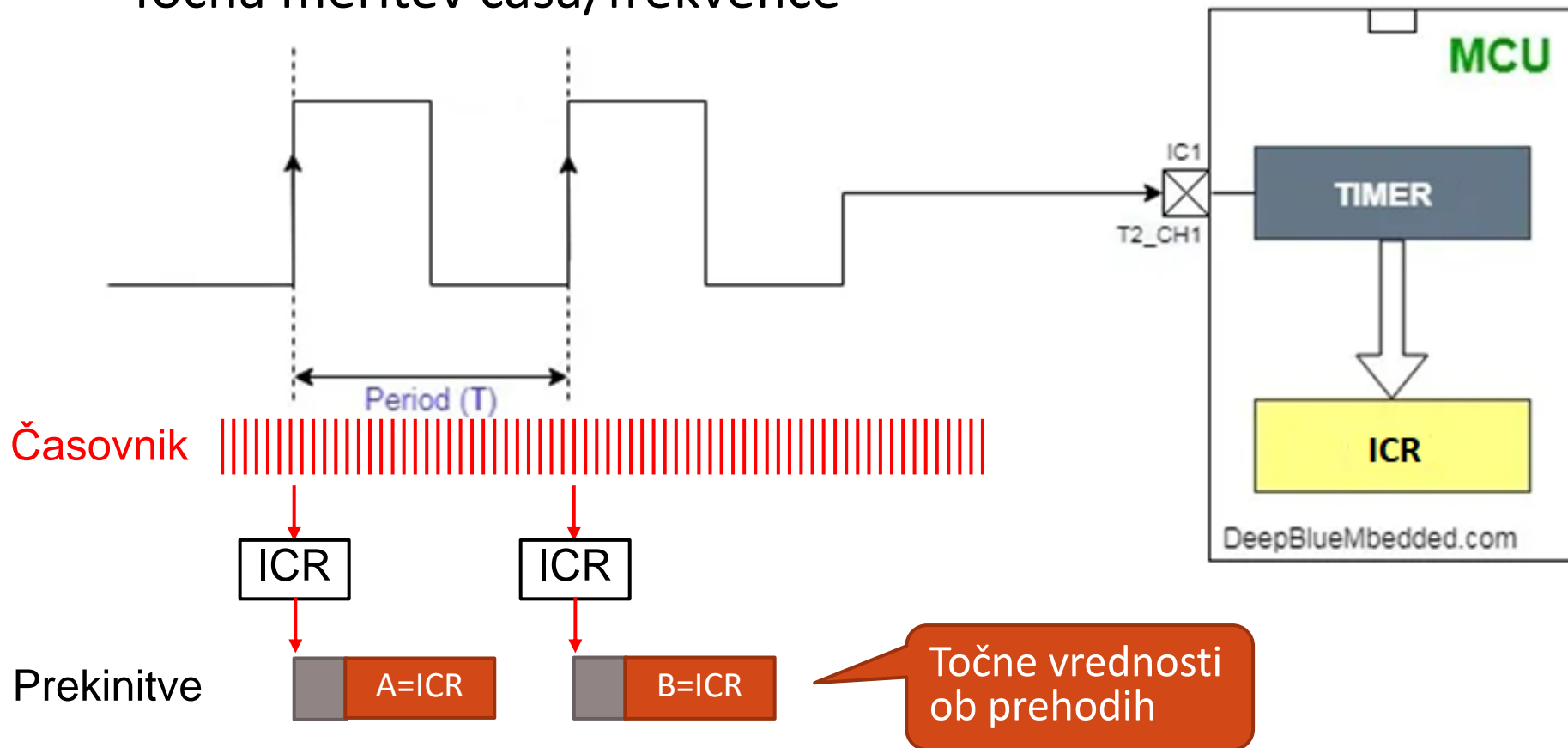


Zajem vrednosti (Input capture)



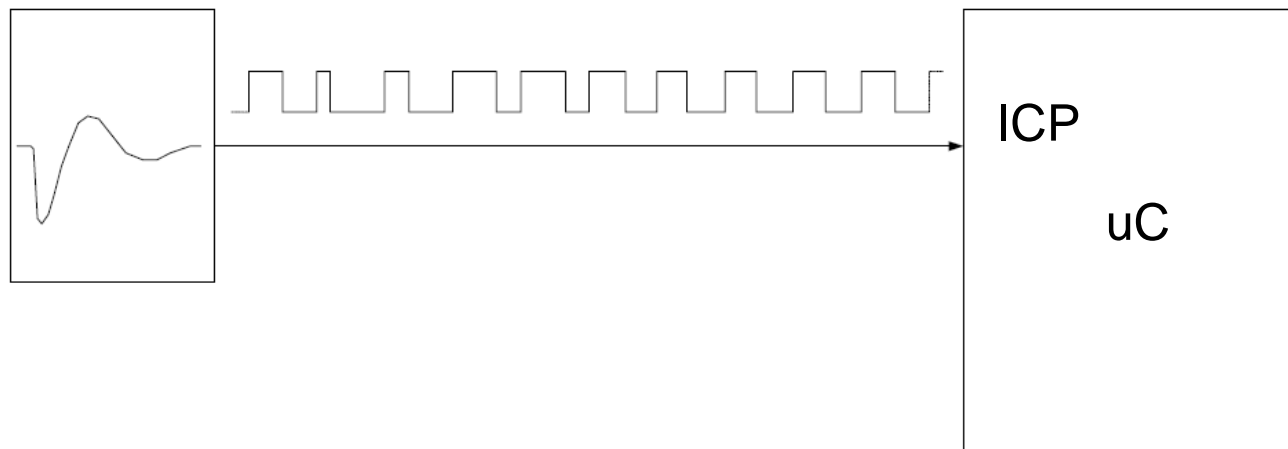
Zajem vrednosti (Input capture)

- Točna meritev časa/frekvence



Primer – meritev širine pulza signala

- PWM digitalni izhod
 - Senzorji
 - Izhod RC servo kontrole *p pm*



Primer – meritev širine pulza signala

- Uporaba ICP vhod
 - Zajem sproži prekinitev

$$DC = \frac{B - A}{C - A}$$

