

The background is a dark green field filled with a complex network of lighter green lines that resemble a printed circuit board (PCB) layout. These lines are interconnected by small circles, some of which are highlighted in a bright yellow color. The overall effect is a sense of digital connectivity and electronic architecture.

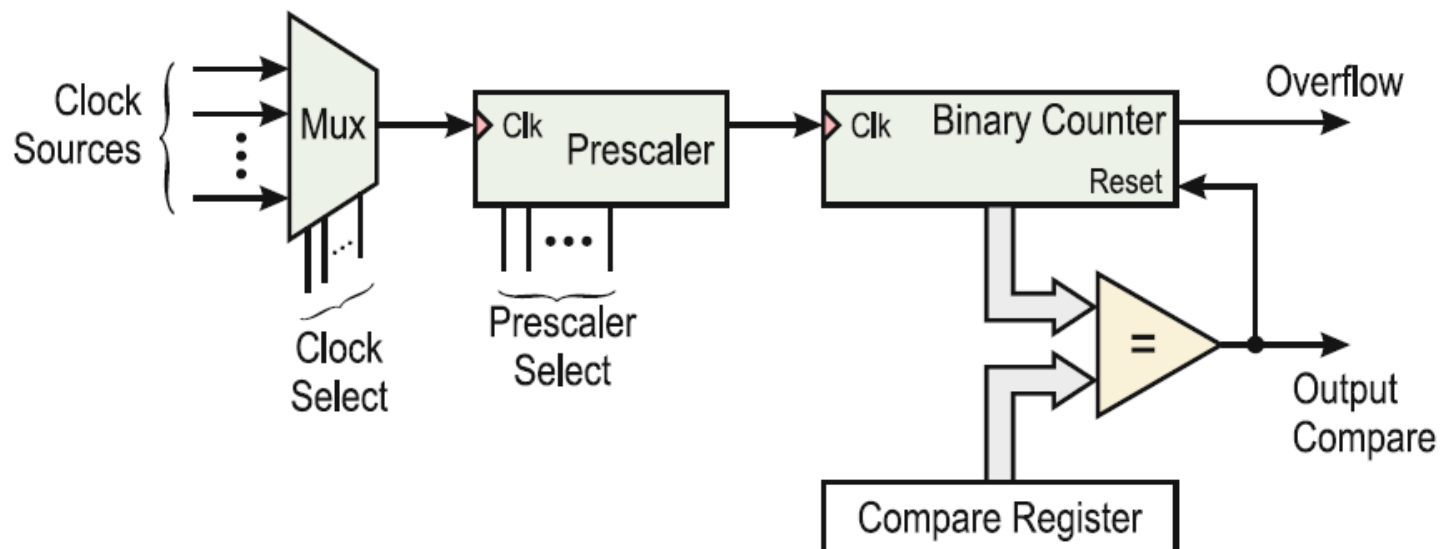
Tajmeri i brojači

Tajmeri - osnovne karakteristike

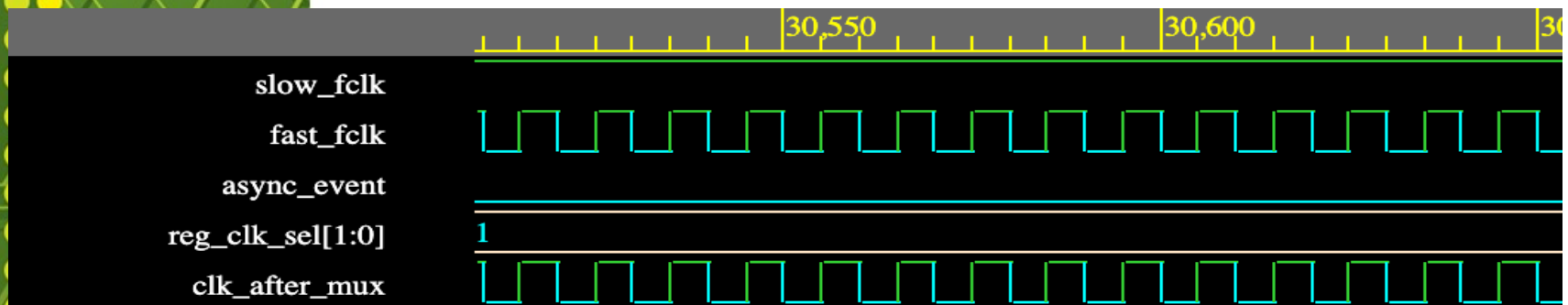
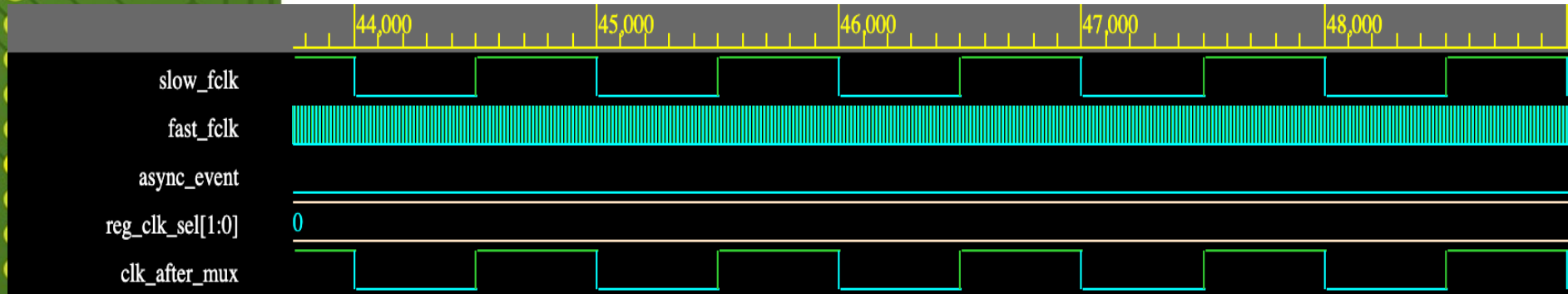
- Mikrokontroleri obično imaju jedan ili **više tajmerskih modula** kao periferni jedinice koje su integrisane na istom čipu sa procesorom. Tajmeri su obično visoko konfigurabilni, kako bi ih korisnik lako mogao prilagoditi svojoj konkretnoj potrebi.
- Tipično se koriste u jednoj od dve osnovne konfiguracije:
 - **Merenje proteklog vremena** (tajmer, eng. *timer*)
 - **Brojanje impulsa koji se dovode na određeni pin mikrokontrolera** (brojač, engl. *counter*)
- Tajmeri po pravilu u određenim uslovima mogu da generišu **zahteve za prekidom** (engl. *interrupt request*).
- Neki od tajmera imaju mogućnost čuvanja podatka o tačnom vremenskom trenutku pojave odgovarajućeg događaja u sistemu i koriste se za rad u sistemima sa realnim vremenom.
- Koristeći tajmere i pravilno ih konfigurirajući, projektant embeded sistema može u značajnoj meri rasteriti centralni procesor dugačke liste zadataka koji uključuju merenje i manipulaciju vremenom.
- Neke od najčešćih primena tajmera i brojača su:
 - **Interval tajmeri**
 - **Brojači događaja**
 - **Satovi realnog vremena** (eng. *Real Time Clock - RTC*)
 - **Generatori za impulsno-širinsku modulaciju** (eng. *Pulse Width Modulation*)
 - **Baud rate generatori**
 - **Watchdog tajmeri**

Hardverska struktura tajmera

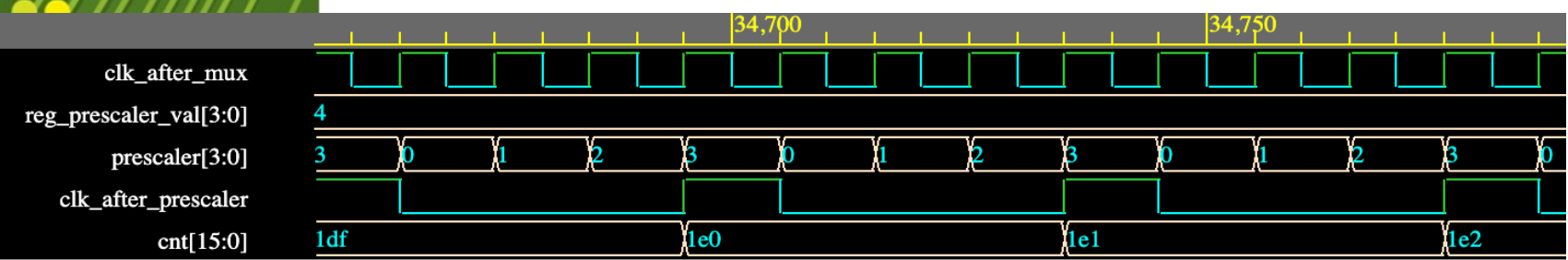
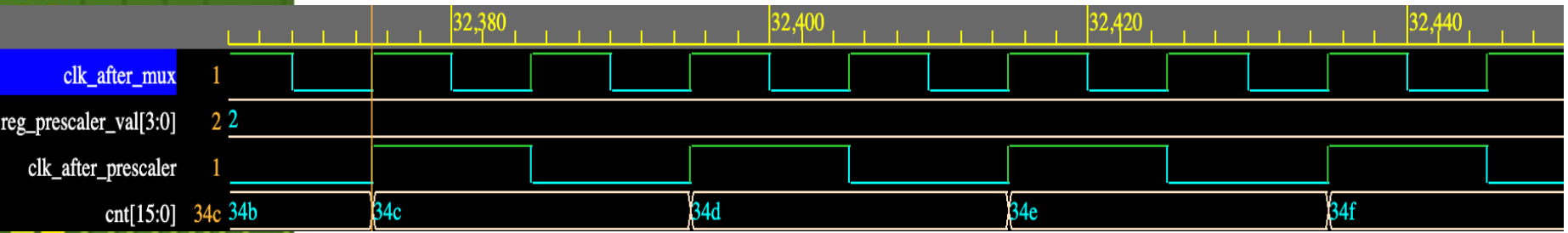
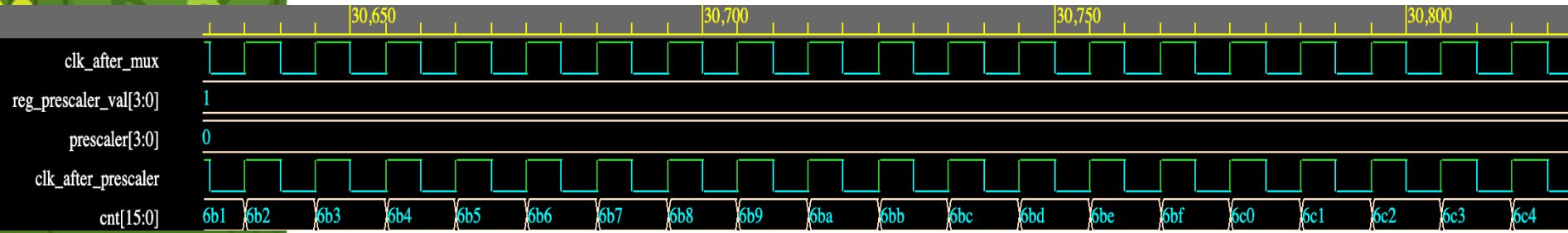
- Osnovne komponente u okviru strukture većine tajmera su:
 - **Selektor signala takta** (multiplekser) koji dozvoljava izbor jednog od više mogućih **signala takta**
 - **Preskaler** obezbeđuje mogućnost **deljenja učestanosti signala takta** (usporavanja signala takta) pre nego što on uđe u brojač
 - **N-bitni brojač** obezbeđuje osnovnu brojačku funkciju
 - **N-bitni komparatorski registar** omogućuje da se definiše maksimalna vrednost koju brojač može dostići
 - **N-bitni komparator** omogućava detekciju trenutka kada brojač dostiže vrednost koja je smeštena u komparatorskom registru. Po pravilu, dostizanjem ove vrednosti automatski se vrši **resetovanje brojača**, aktiviranje prekida ukoliko tajmer to podržava, što je najčešći slučaj i postavljanje odgovarajućeg indikatora.



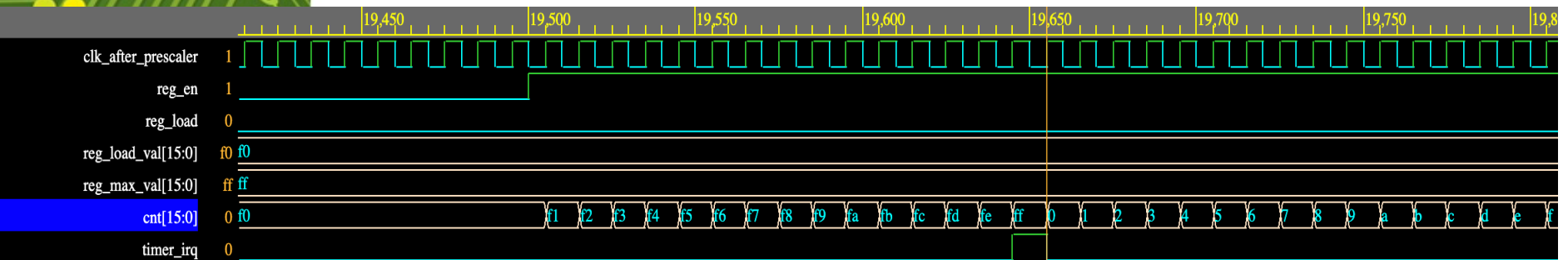
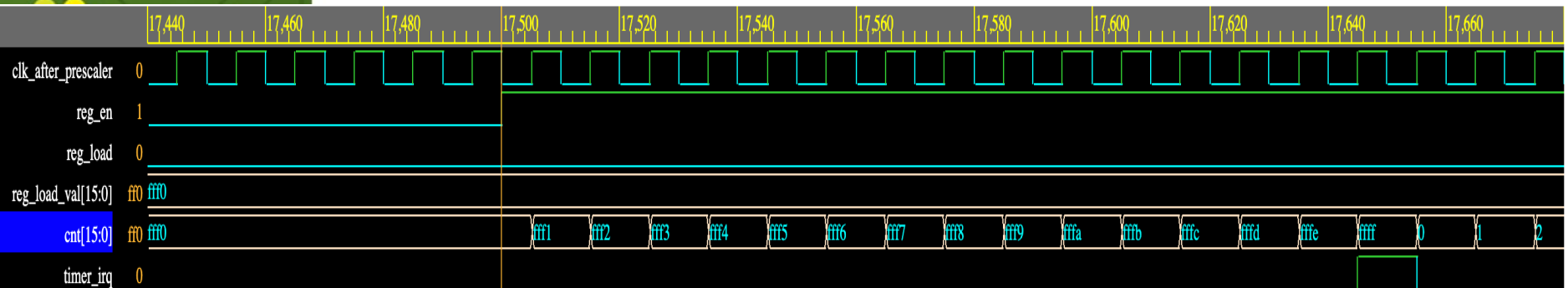
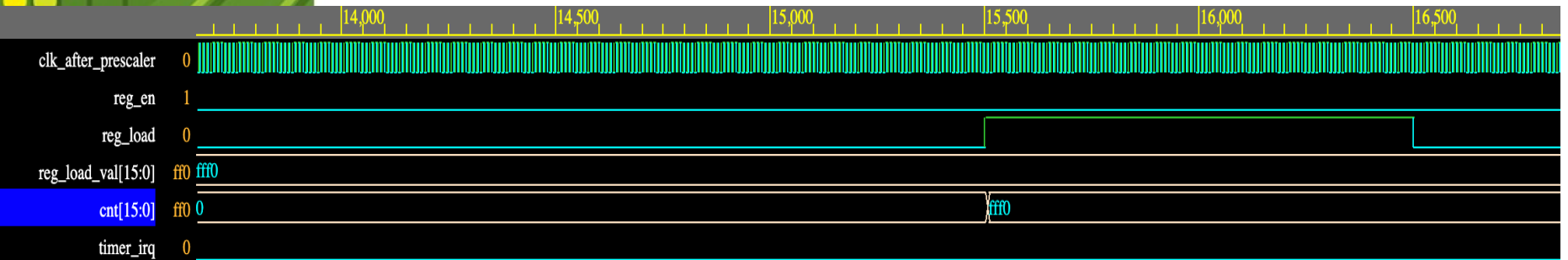
Primeri



Primeri



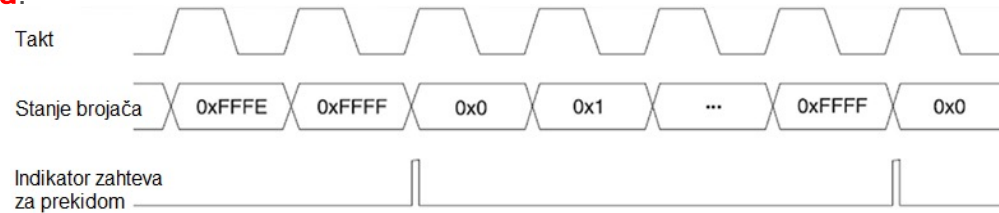
Primeri



Vremenski dijagrami tajmera - normalni i komparatorski mod

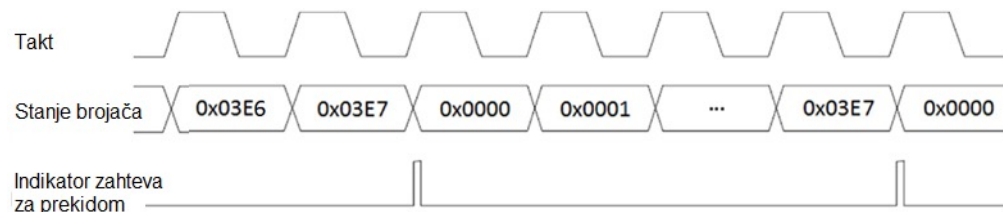
NORMALNI MOD

- Obzirom da je brojački registar realizovan kao **N-bitni registar**, brojač broji od vrednosti 0 do vrednosti 2^N-1 . Kada dostigne vrednost 2^N-1 , brojač generiše signal prekoračenja opsega (engl. **overflow**) i započinje brojanje ponovo od vrednosti 0. **Overflow** signal se obično može konfigurisati da izazove pojavu zahteva za prekidom.
- Na slici je prikazan rad jednog 16-bitnog tajmera, gde je takođe prikazano ponašanje signala zahteva za prekidom koji se aktivira kada se u brojaču desi prekoračenje opsega (prelazak sa vrednosti 65535 na vrednost 0). Ovaj događaj se naziva još i **preticanjem tajmera**.



KOMPARATORSKI MOD (Tajmer sa skraćenim modulom brojanja)

- U većini aplikacija javlja se potreba za limitiranjem maksimalne vrednosti koju brojač može dostići. U takvim slučajevima potrebno je postojanje komparatorskog registra i komparatora kao sastavnih delova tajmera.
- Korišćenjem ova dva modula može se generisati signal koji će biti **aktivan kada brojač dostigne vrednost koja je specificirana u komparatorskom registru**. Ovaj signal može zatim generisati odgovarajući zahtev za prekidom i resetovati tajmer, kao što je prikazano na slici, u slučaju da je vrednost komparatorskog registra jednaka 999 (0x03E7).



Osnovne primene tajmera: Brojač događaja

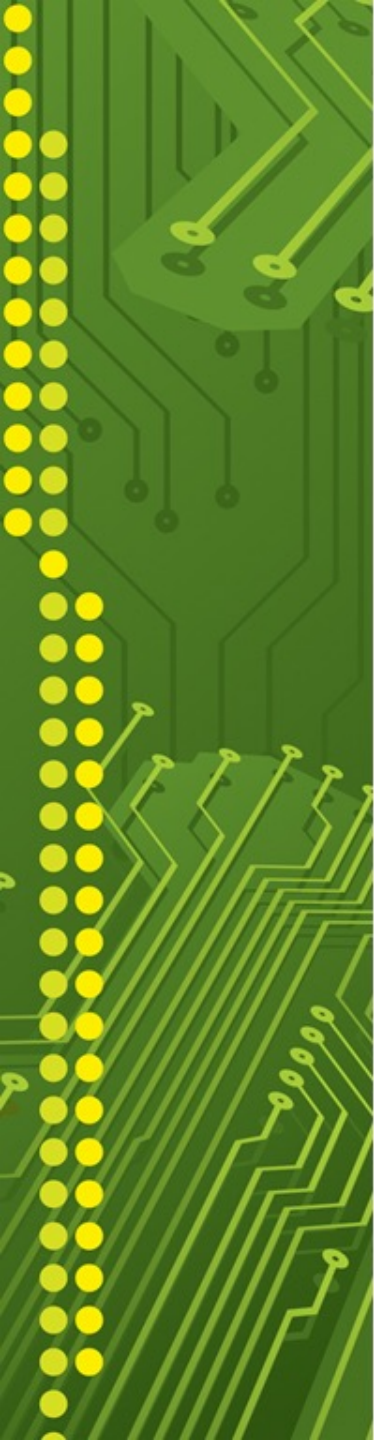
- U ovom režimu tajmer prosto broji **broj detektovanih događaja** na svom ulaznom klok signalu
- Obratite pažnju da u ovoj primeni ulazni klok signal na neki način mora da bude u vezi sa događajem čiji broj realizacija se broji
- Zbog ove specifične veze sa izvorom događaja, u opštem slučaju, klok signal neće i ne mora da ima osobinu periodičnosti, koja je inače karakteristična za klok signale



(a)



(b)



Osnovne primene tajmera: Brojač događaja

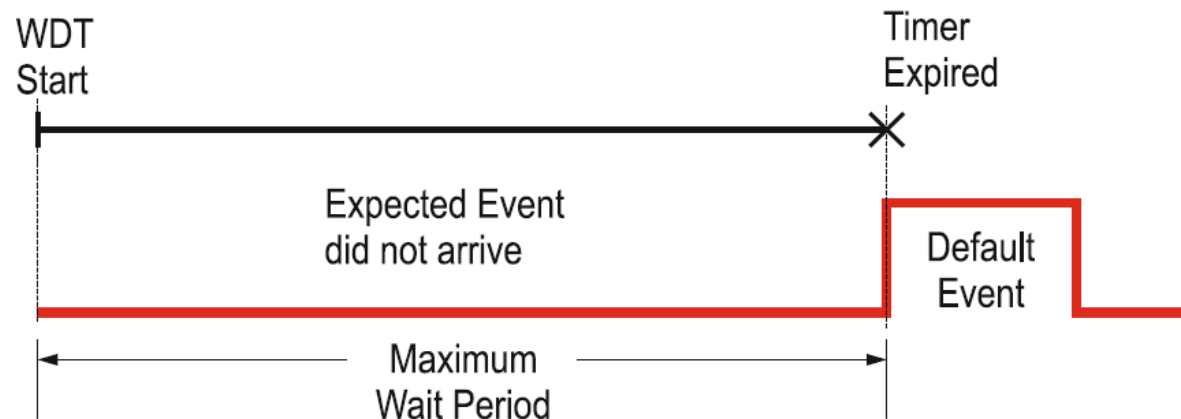
- Način rada brojača događaja biće ilustrovan na sledećem primeru
- Razmotrimo aplikaciju gde imamo potrebu za brojanjem broja ljudi koji su prošli kroz odgovarajuća vrata
- U ovom slučaju na vrata bi bio postavljen odgovarajući **senzor koji bi generisao impuls** svaki put kada neka osoba prođe pored njega
- Ovaj impulsni signal bi se zatim vodio na **klok ulaz tajmera**
- U ovoj konfiguraciji, prolazak svake osobe bi izazvao uvećavanje vrednosti **brojačkog registra unutar tajmera za jedan**

Osnovne primene tajmera: Brojač događaja

- Obratite pažnju da je u prethodnom primeru pretpostavljeno da je **preskaler konfigurisan na takav način da deli ulazni klok** (u našem slučaju to je signal sa senzora na vratima) signal sa faktorom 1
- Ovo je važan detalj, jer u slučaju da je preskaler bio konfigurisan da deli ulazni klok sa faktorom p , brojački registar bi uvećao svoju vrednost za jedan nakon što je senzor detektovao prolazak p ljudi
- Ovaj komentar ukazuje na jednu interesantnu aplikaciju preskalera kada tajmer radi u brojačkom režimu
- U nekim aplikacijama može se pojaviti situacija da je **maksimalni broj događaja** koji je potrebno detektovati **veći od opsega brojanja brojačkog registra** tajmera koji nam stoji na raspolaganju

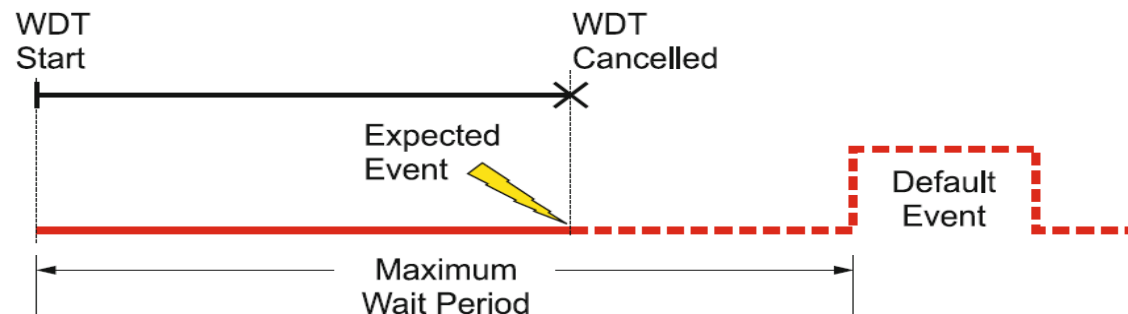
Naprednije primene tajmera: Watchdog tajmer

- Watchdog tajmer je posebna vrsta tajmera koji meri **proteklo vreme** između **dva događaja**
- Watchdog tajmer se koristi da generiše odgovarajuću defoltnu akciju unutar sistema, na primer da **generiše zahtev za prekidom** ili da **resetuje čitav sistem** ili neki njegov **deo**, u slučaju da istekne unapred definisani period vremena a ne pojavi se događaj koji treba da **reinicijalizuje watchdog tajmer**

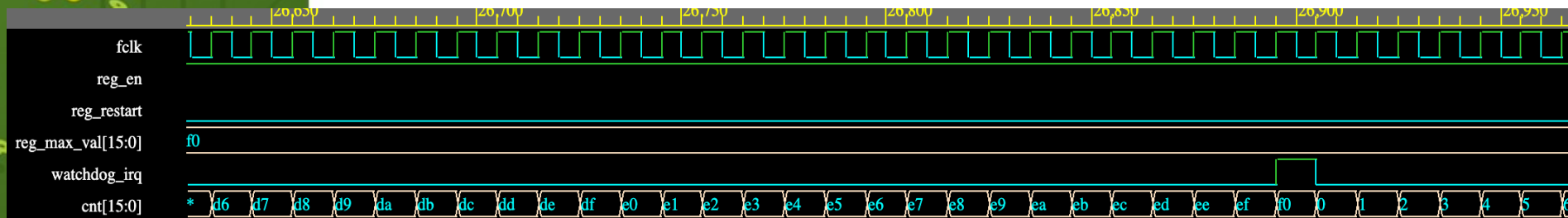
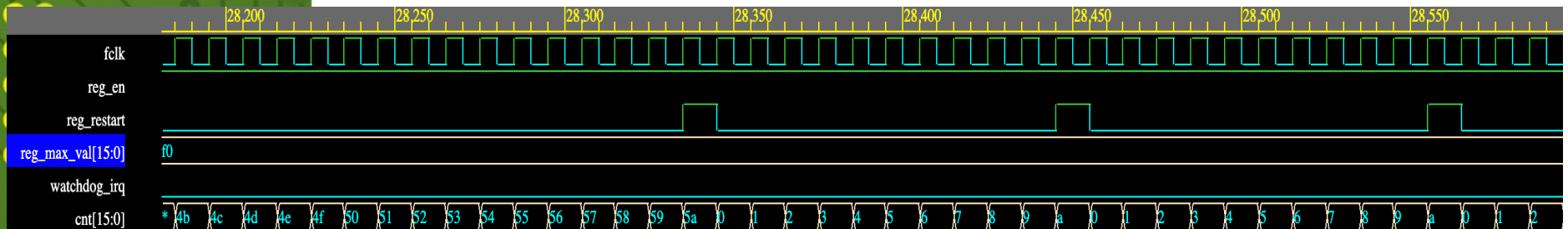


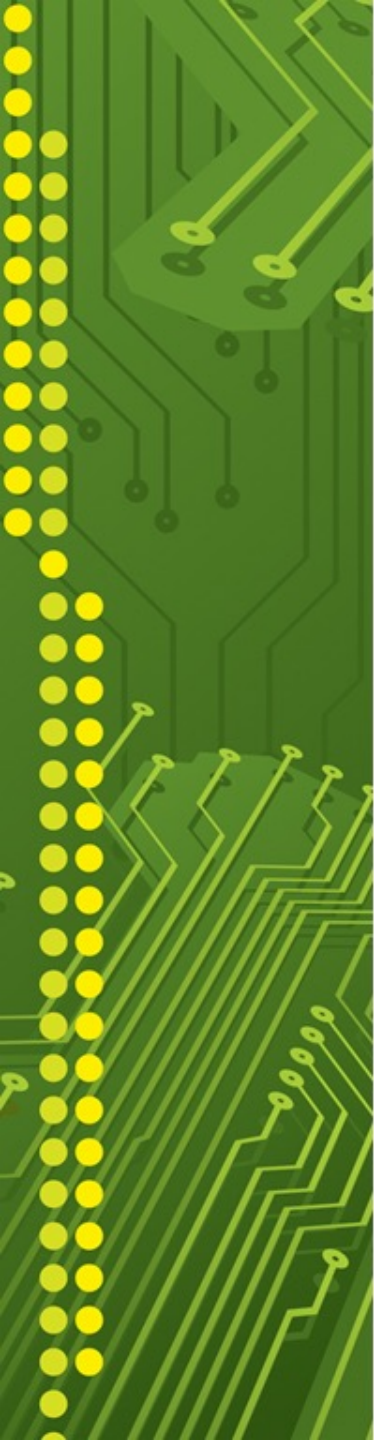
Naprednije primene tajmera: Watchdog tajmer

- Maksimalno dozvoljeno vreme za pojavu događaja koji će reinicijalizovati watchdog tajmer se podešava softverski
- **Podrazumevana akcija** će se izvršiti u slučaju da istekne unapred definisani period vremena a ne dođe do pojave događaja koji **reinicijalizuje watchdog tajmer**
- Da bi smo sprečili watchdog tajmer da aktivira podrazumevanu akciju, nakon detekcije pojave odgovarajućeg događaja potrebno je **reinicijalizovati watchdog tajmer**
- Ovo se najčešće radi **unutar prekidnog potprograma** koji je asociiran događaju koji treba da aktivira reinicijalizaciju watchdog tajmera



Naprednije primene tajmera: Watchdog tajmer





Naprednije primene tajmera: Merač realnog vremena

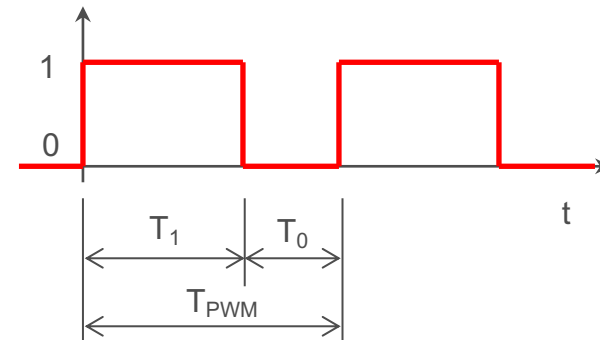
- Jedna od načešćih aplikacija tajmera unutar embeded sistema jeste **merenje protoka realnog vremena**
- Merač protoka realnog vremena (**Real-Time Clock, RTC**) je tajmer koji je konfigurisan da meri prolazak sekundi, minuta, sati, itd.
- Vrlo često, potrebna rezolucija RTC modula mora se spustiti na delove sekunde, i takvi RTC moduli se često nazivaju hronometrima (**chronometer**)
- Sa druge strane, nekada je potrebno meriti vremena koja se mere danima, nedeljama, mesecima, pa čak i godinama, kada se RTC moduli nazivaju RTC kalendarima (**Real-Time Clock Calendar, RTCC**)
- Iako se funkcionalnost RTCC u potpunosti može realizovati softverski, postojanje posebnog tajmera namenjenog za ove **svrhe može uštedeti** veliki broj CPU ciklusa koji se zatim mogu iskoristiti na nekom drugom mestu

Tajmeri i impulsno - širinska modulacija (PWM)

- Impulsno - širinska modulacija (engl. **PWM = Pulse Width Modulation**) je često korišćena tehnika digitalnog upravljanja uređajima kao što su prekidački naponski regulatori, LED diode, DC motori, pojačavači klase D i sl.
- Osnovna ideja: generisati periodični signal gde se u toku jedne periode stanje menja sa 1 na 0 u tačno određenim vremenskim razmacima. Prosečna (usrednjena) vrednost napona zavisi odnosa trajanja logičke jedinice i logičke nule:
- Za PWM signal definiše se **faktor ispune D** (engl. Duty) na sledeći način:

$$D = \frac{T_1}{T_{PWM}} = \frac{T_1}{T_1 + T_0}$$

$$D \in [0,1], \text{ odnosno } [0\%, 100\%]$$



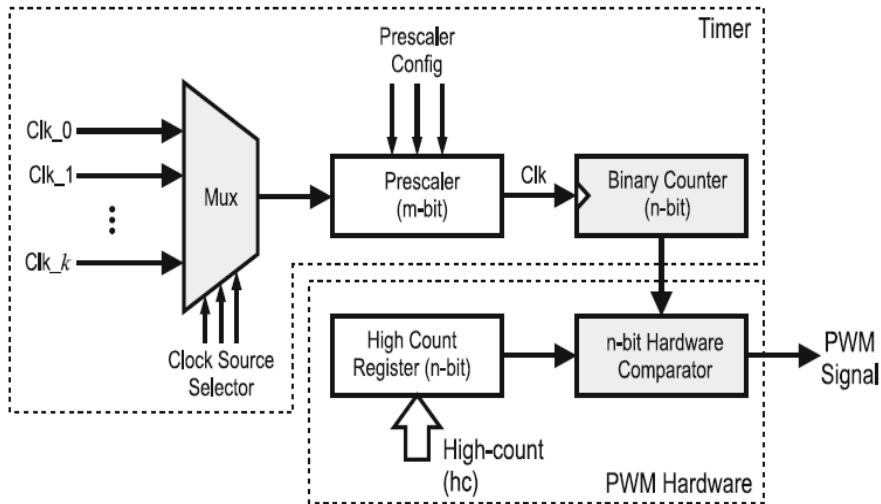
- PWM signal je moguće generisati **hardverski** korišćenjem **tajmerskog modula**. Tajmer se pušta da broji od nule do maksimalne vrednosti ($2^n - 1$ za n-bitni tajmer). U **komparatorski registar** se upisuje **vrednost m** između 0 i $2^n - 1$ koja određuje faktor ispune: dok je vrednost brojača manja od m, stanje izlaznog pina je 1, nakon čega se stanje menja na logičku 0. U ovom slučaju faktor ispune iznosi:

$$D = \frac{m}{2^n}$$

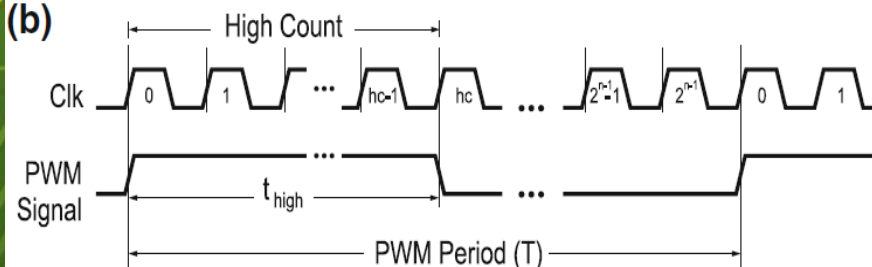
PWM generator

- Struktura tipičnog PWM modula prikazana je na slici (a)
- PWM modul sastoji se iz **N -bitnog tajmera** (sa selektorom klok signala i prescalerom) čiji se izlaz upoređuje sa sadržajem **HC registra** (*High Count*)

(a)



(b)



- Dok je vrednost tajmera manja od HC vrednosti, vrednost PWM signala jednaka je jedinici, u protivnom jednaka je nuli
- Vremenski dijagram PWM signala prikazan je na slici (b)
- **Broj bitova (N) unutar brojačkog registra tajmera određuje rezoluciju PWM signala**, dok vrednost HC registra određuje širinu impulsa (faktor ispune, $D = t_{high}/T$) PWM signala u datoj periodi
- Učestanost PWM signala može se kontrolisati pomoću preskalera i selektora klok signala

Proširenje opsega brojanja tajmera

- U pojedinim aplikacijama može se pojaviti situacija da je **maksimalni broj događaja** koji je potrebno detektovati veći od opsega brojanja brojačkog registra tajmera koji je na raspolaganju. Navedeni problem može se rešiti na tri načina:
 - Proširenjem brojačkog opsega tajmera korišćenjem **softverske varijable** - vrednost varijable se uvećava za jedan svaki put kada tajmer dostigne svoj maksimum.
 - Proširenjem brojačkog opsega tajmera **kaskadnim vezivanjem** više tajmerskih modula.
 - Korišćenjem preskalera: Kada je prescaler konfigurisan da deli ulazni takt sa faktorom P, tajmer efektivno broji pojavu svakog P-tog događaja.

