

# 1. UVOD U DIGITALNE SKLOPOVE

Analogni i digitalni signali  
Integrirani digitalni sklopovi  
Prijenos digitalnih signala  
Sustav za digitalno upravljanje  
**Pregled ključnih pojmova**  
**Pitanja i zadatci za ponavljanje i provjeru znanja**

Razvoj i primjene digitalnih sklopova povezuju se s razvojem poluvodičke tehnike i digitalnih računala. Mogućnosti današnjih računala nezamislive su bez tehnoloških dostignuća u razvoju poluvodičke tehnike i digitalnih sklopova. Uz računarsku tehniku digitalni sklopovi postupno imaju sve veću primjenu u ostalim područjima tehnike: mjernoj tehnici, audiotehnici i videotehnici, komunikacijama te upravljanju industrijskim i drugim procesima. Osobito se primjena digitalnih sklopova širi u posljednja dva desetljeća prošloga stoljeća. Danas je njihova primjena u svim područjima tehnike nezaobilazna. Zahvaljujući primjeni digitalnih sklopova, mogućnosti pojedinih uređaja razvijene su do mogućnosti i svojstava nezamislivih do unatrag nekoliko godina.



Slika 1.1. Mediji za snimanje fotografija

Još prije nekoliko godina digitalni fotoaparati i fotografija u usporedbi s fotografijom dobivenom klasičnim refleksnim fotoaparatom nisu bili vrijedni spomena. Danas je kvaliteta digitalne fotografije ravna fotografiji dobivenoj klasičnim fotoaparatom, a mogućnosti obrade digitalne fotografije računalom i kapaciteti digitalnih medija za snimanje su neusporedivi. Dok se na klasični film može snimiti 36 fotografija, na digitalni ih se medij može snimiti nekoliko stotina (slika 1.1.). Digitalne snimke mogu se pohraniti na druge medije i time osloboditi medij za snimanje novih fotografija. Može se reći da je praktično kapacitet digitalnih medija za snimanje fotografija neograničen. Da bi klasična fotografija ugledala svjetlo dana, potrebno je složenim kemijskim postupkom provesti razvijanje filma i zatim isto tako složenim postupkom izraditi fotografije što većina pojedinaca nije u mogućnosti samostalno obaviti. Rezultat snimanja na digitalni medij odmah je vidljiv na zaslonu digitalnoga fotoaparata, može se pogledati na zaslonu računala ili projekcijskom platnu, a kvalitetnu fotografiju moguće je izraditi samostalno kvalitetnim pisačima, cijenom dostupnima velikom broju ljudi.

Do sličnih zaključaka može se doći uspoređujući analogne i digitalne nosače zvuka, gramofonsku ploču poznatu po kratici LP i optički nosač zvuka popularno zvan CD (slika 1.2.), analogno i digitalno snimanje pokretnih slika (VHS i DVD) itd. Ukupni kapacitet gramofonske ploče u prosjeku iznosi oko 50 minuta glazbe snimljene na obje strane. Kapacitet optičkog nosača zvuka je 80 minuta glazbe snimljene samo na jednoj strani nosača. Gramofonska ploča izuzetno je osjetljiva na mehanička oštećenja i već nakon nekoliko slušanja uz najpažljiviji postupak gubi na kvaliteti (smanjuje se frekvencijski opseg i rastu popratni šumovi). Dimenzije optički snimljenoga digitalnoga nosača zvuka iznose oko petine gramofonske ploče. Kvalitetni uređaji za reprodukciju gramofonske ploče skupi su i neki njihovi dijelovi (gramofonska igla) podložni brzom trošenju. Današnji kvalitetni uređaji za reprodukciju optički zapisanoga zvuka cijenom su kudikamo pristupačniji i neusporedivo dužega vijeka trajanja.



Slika 1.2. Nosači analogno i digitalno snimljenoga zvuka

### Analogni i digitalni signali

Analogni mjerni instrument (slika 1.3.) pokazuje vrijednost mjerne veličine otklonom kazaljke koji je razmjernan mjernoj veličini. Mjerna veličina na ulazu analognog instrumenta je analogni signal. Osnovna značajka analognoga signala je njegova neprekinutost (kontinuiranost).



Slika 1.3. Analogni multimetar

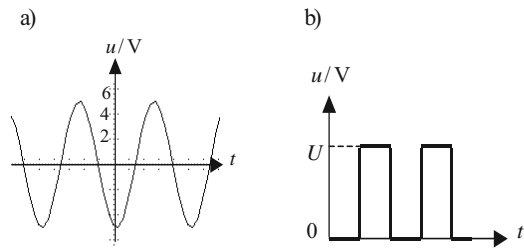
Digitalni mjerni instrument (slika 1.4.) pokazuje vrijednost mjerne veličine brojčano, tj. znamenkama. Otud i potječe naziv za digitalne signale, sklopove, instrumente i sustave (engl. digit znači znamenka).

Mjerna veličina na ulazu digitalnog instrumenta najprije se pretvara iz analognog signala u digitalni. Digitalni signal čine kombinacije diskretnih stanja promatrane veličine, tj. impulsi. Ako se radi o naponu, onda on može imati jednu od samo dvije moguće vrijednosti. Te vrijednosti su najčešće 0 volta i  $U$  volta.

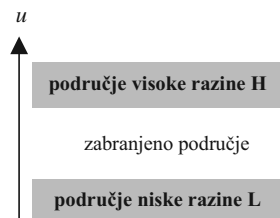


Slika 1.4. Digitalni multimetar

Na slici 1.5.a prikazan je sinusoidni napon amplitude 6V. Digitalni prikaz amplitude toga napona pokazan je na slici 1.5.b. Vidi se da u digitalnomu signalu napon može poprimiti jednu od svega dvije moguće vrijednosti. To su vrijednosti visoke razine H (od engl. high) i vrijednost niske razine L (od engl. low). Vrijednosti napona između razina H i L signal ne može imati. Naponi niske i visoke razine mogu odstupati od nominalnih vrijednosti pa se govori o područjima niske i visoke razine (slika 1.6.). Praktične vrijednosti napona niske razine iznose između 0 i 0,8V, a visoke razine između 2 i 5V.

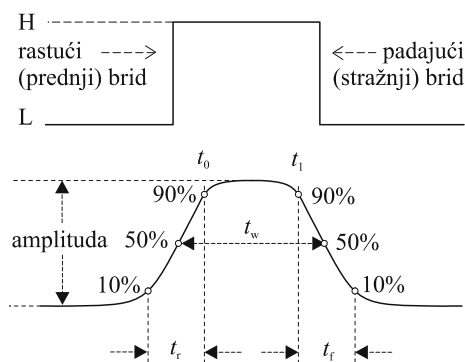


Slika 1.5. Analogni i digitalni signal



Slika 1.6. Područja napona u digitalnim sklopovima

Dio digitalnog signala u kojemu napon prelazi iz vrijednosti niske razine u vrijednost visoke razine naziva se **rastući** ili **prednji brid** impulsa (engl. leading edge). Dio digitalnog signala u kojemu napon prelazi iz vrijednosti visoke razine u vrijednost niske razine naziva se **padajući** ili **stražnji brid** impulsa (engl. trailing edge). U stvarnosti je potrebno određeno vrijeme da napon od vrijednosti niske razine poprimi vrijednost visoke razine i obrnuto. Ta vremena nazivaju se **vrijeme porasta**  $t_r$  (engl. rise time) i **vrijeme pada**  $t_f$  (engl. fall time).



Slika 1.7. Idealni i stvarni oblik impulsa

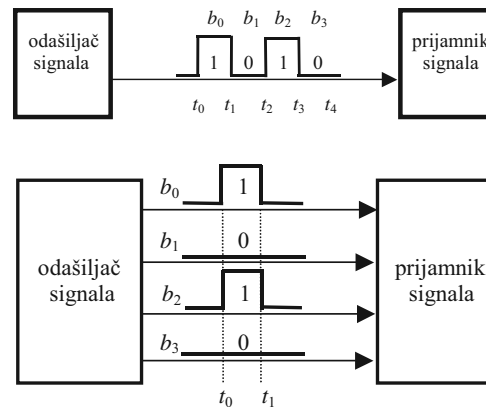
Vrijeme porasta je vrijeme koje je potrebno da napon od vrijednosti koja iznosi 10% od amplitude impulsa dostigne vrijednost od 90% amplitude impulsa. Vrijeme pada je vrijeme koje je potrebno da napon od vrijednosti koja iznosi 90% od amplitude impulsa dostigne vrijednost od 10% amplitude impulsa.

**Vrijeme trajanja**  $t_w$  impulsa, odnosno **širina impulsa** (engl. pulse width) jest vrijeme od trenutka kad napon dostigne iznos 50% od amplitude impulsa pa do trenutka kad napon padne na iznos 50% od amplitude impulsa (slika 1.7.).

Ako se naponu niske razine dodijeli znamenka 0, a naponu visoke razine znamenka 1, digitalni signali mogu se prikazati pomoću znamenki **binarnoga brojevnoga sustava** pa se takvi signali nazivaju binarnima. Znamenke binarnoga sustava nazivaju se **bitovi**. Iz primjera sa slike 1.6. vidi se da se digitalni signal prikazuje s pomoću skupine bitova. Osnovna skupina bitova naziva se riječ. Veličine riječi u digitalnim sustavima mogu biti 8, 16, 32 i više bitova. U praksi je uobičajen naziv **bajt** (engl. byte) za skupinu od 8 bitova.

### Prijenos binarnih signala

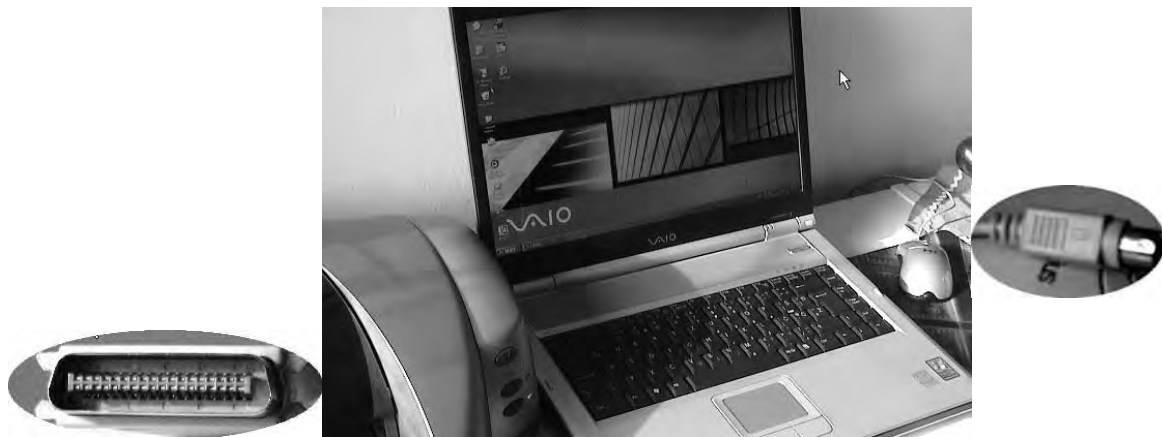
Binarni signali mogu se prenositi **serijski** ili **paralelno** (slika 1.8.). Pri serijskom prijenosu bitovi digitalnoga signala prenose se jedan za drugim. U intervalu od  $t_0$  do  $t_1$  prenosi se prvi bit, u intervalu od  $t_1$  do  $t_2$  drugi bit itd. Pri paralelnom prijenosu prenose se svi bitovi digitalnoga signala istodobno. Svaki bit signala ima svoju prijenosnu liniju. Prednost serijskoga prijenosa je potreba jedne prijenosne linije, a nedostatak sporiji prijenos. Za paralelni prijenos potrebno je više linija ali je prijenos brži. Primjer serijskoga prijenosa digitalnih signala je između računala i miša, a paralelnoga između računala i pisača (slika 1.9.).



Slika 1.8. Prijenos binarnih signala

### Integrirani digitalni sklopovi

Digitalni sklopovi danas se proizvode isključivo u integriranoj izvedbi. Sve komponente sklopa izvedene su na jednoj pločici silicija zatvorenoj u odgovarajuće kućište. Kućišta mogu biti različitog oblika s različitim brojem priključaka (izvoda), plastična ili keramička. Sama kućišta znatno su većih dimenzija od integriranog sklopa. Ograničenje u izvedbi integriranih sklopova jest broj priključaka. Ovisno o broju ulaza i izlaza koje ima logički sklop, u jedno



Slika 1.9. Spoj računala s pislačem i mišem

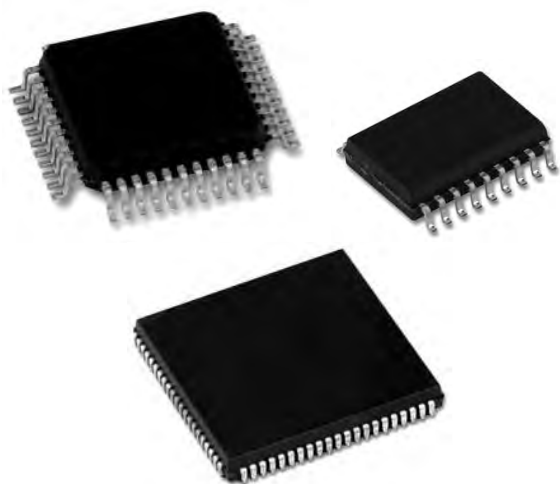
kućište moguće je smjestiti jedan osnovni logički sklop ili više njih. Za složenije sklopove potrebno je više priključaka. Stoga su kućišta takvih sklopova većih dimenzija.

Česti oblik kućišta integriranih sklopova je **dvolinij-sko kućište** (engl. dual-in-line package, skraćeno DIP, slika 1.10a). Sve više se proizvode digitalni sklopovi u kućištima za **tehnologiju površinske montaže** (engl. surface-mount technology, skraćeno SMT). Nekoliko tipova takvih kućišta pokazano je na slici 1.10b.

a)



b)



Slika 1.10. Primjeri izvedbi kućišta integriranih digitalnih sklopova

Danas se proizvodi mnogo različitih sklopova u jednom kućištu, od osnovnih logičkih do čitavih uređaja. Osnovni integrirani logički sklopovi sadrže manji broj integriranih elemenata (do 100) i nazivaju se sklopovi niskog stupnja integracije (engl. SSI, skraćeno od Small Scale Integration).

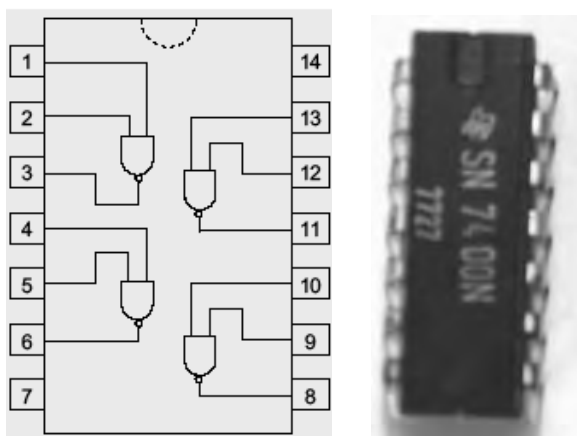
Složeniji integrirani sklopovi (brojila, registri, dekoderi) sadrže veći broj integriranih elemenata (od 100 do 1000) i nazivaju se sklopovi srednjeg stupnja integracije (engl. MSI, skraćeno od Medium Scale Integration). Još veći broj elemenata (od 1000 do 100000) sadrže sklopovi visokog stupnja integracije (engl. LSI, skraćeno od Large Scale Integration). među njih spadaju memorije i mikroprocesori.

Sklopovi s više od 100 000 integriranih elemenata nazivaju se sklopovima vrlo visokog stupnja integracije (engl. VLSI, skraćeno od Very Large Scale Integration). Tu spadaju memorije i mikroprocesori. U posljednje vrijeme proizvode se sklopovi s još većim brojem elemenata koji se svrstavaju pod naziv sklopovi ultravisokog stupnja integracije (engl. ultra large-scale integration, skraćeno ULSI).

Svi integrirani digitalni sklopovi mogu se svrstati u nekoliko skupina. Za sklopove unutar neke skupine karakteristično je da su prilagođeni za međusobno spajanje, što omogućuje relativno jednostavnu gradnju složenih digitalnih uređaja.

Skupine integriranih sklopova s bipolarnim tranzistorima poznate su pod nazivima TTL i ECL, a skupine s unipolarnim tranzistorima su CMOS i NMOS. O značajkama digitalnih sklopova pojedinih skupina govori se u trećem poglavlju kad se obrađuju skupine integriranih sklopova.

Pri radu s integriranim sklopovima neophodno je poznavati raspored priključaka ili dijagram spajanja (engl. pin connection diagram, pin assignment, pin description, pin configuration). Iz njega se vide funkcije izvoda integriranoga sklopa. Postupak brojenja izvoda za DIP kućišta vidi se iz prikaza na slici 1.11.



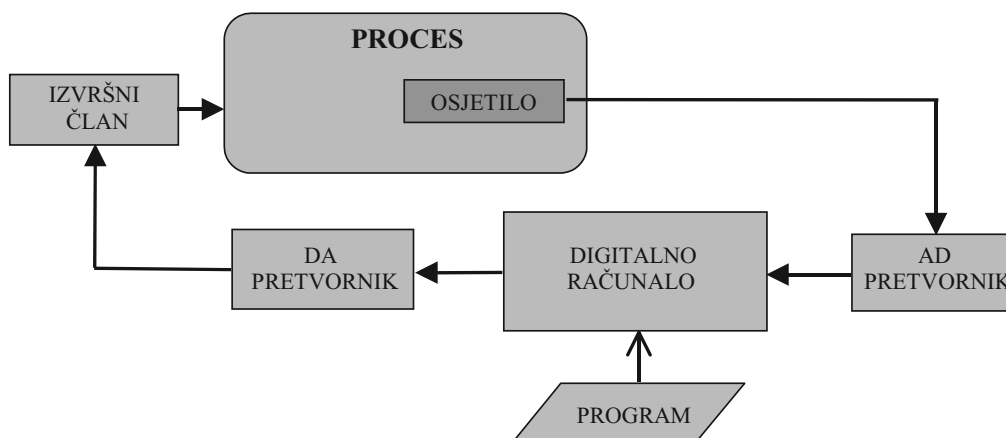
7 – GND, 14 – V<sub>CC</sub>

Slika 1.11. Raspored izvoda integriranoga digitalnoga sklopa (pogled odozgo)

Priključci označeni s  $U_{CC}$ , odnosno  $V_{CC}$  (engl. voltage) i  $GND$  (engl. ground) služe za spajanje zajedničkoga napona napajanja za sve sklopove unutar jednoga kućišta. Na priključak  $V_{CC}$  spaja se pozitivni pol izvora napajanja, a na priključak  $GND$  negativni pol.

### Sustav za digitalno upravljanje

Poopćeni i pojednostavnjeni prikaz digitalnog uređaja, odnosno sustava za digitalno upravljanje pokazan je na slici 1.12. Odvijanjem nekoga procesa mijenjaju se njegove karakteristične veličine. To mogu biti pomak, brzina, temperatura, tlak, protok itd. Osjetilo (senzor) mjeri te promjene i šalje ih analogno-digitalnom pretvorniku. AD-pretvornik daje signalu digitalni oblik nakon čega signal dolazi u računalo na obradu. Da bi računalo moglo obaviti potrebnu obradu, mora mu se staviti na raspolaganje potrebna programska potpora (softver) kojim se određuje što i kako se u promatranom procesu mora mijenjati. Digitalni signal se iz računala dovodi u digitalno-analogni pretvornik koji ga vraća u analogni oblik. Signal se dovodi na izvršni član, koji će u željenom opsegu djelovati na promjene u procesu.



Slika 1.12. Opći prikaz sustava za digitalno upravljanje

## PREGLED KLJUČNIH POJMOVA

**bajt** - skupina od osam bitova koja čini dio digitalnoga signala

**bit** - binarna znamenka, znamenka binarnoga brojevnoga sustava

**dvolinijsko kućište (DIP)** - tip kućišta integriranih (digitalnih) sklopova

**padajući ili stražnji (zadnji) brid** - dio digitalnog signala u kojemu napon prelazi iz vrijednosti visoke razine u vrijednost niske razine

**paralelni prijenos** - prijenos digitalnoga signala pri kojemu se svi bitovi digitalnoga signala prenose istodobno, svaki bit signala ima svoju prijenosnu liniju

**prednji ili rastući brid** - dio digitalnog signala u kojemu napon prelazi iz vrijednosti niske razine u vrijednost visoke razine.

**serijski prijenos** - prijenos digitalnoga signala pri kojemu se bitovi digitalnoga signala prenose jedan za drugim u određenim vremenskim intervalima

**tehnologija površinske montaže (SMT)** - tehnika montaže integriranih komponenata na tiskanu pločicu kojom se izvodi integriranoga sklopa leme izravno na površinu tiskane pločice na istoj strani na kojoj se nalazi sklop bez izrade provrta na tiskanoj pločici

**vrijeme pada** - vrijeme koje je potrebno da napon od vrijednosti koja iznosi 90% od amplitude impulsa dostigne vrijednost od 10% amplitude impulsa

**vrijeme porasta** - vrijeme koje je potrebno da napon od vrijednosti koja iznosi 10% od amplitude impulsa dostigne vrijednost od 90% amplitude impulsa

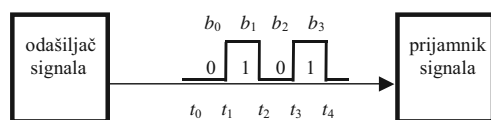
**vrijeme trajanja ili širina impulsa** - vrijeme od trenutka kad napon dostigne iznos 50% od amplitude impulsa pa do trenutka kad napon padne na iznos 50% od amplitude impulsa

## DODATNA LITERATURA ZA UČENIKE

U. Peruško, *Digitalna elektronika* (1. Uvodni pojmovi), Školska knjiga, Zagreb, 1991.

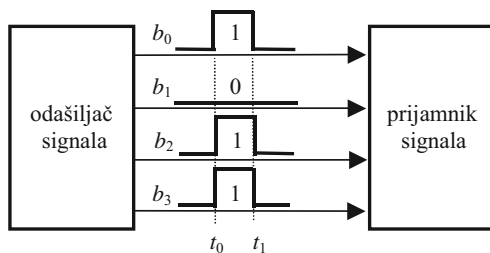
## PITANJA I ZADATCI ZA PONAVLJANJE I PROVJERU ZNANJA

1. Za digitalni signal prikazan u serijskom prijenosu (slika 1. 13.) nacrtajte prikaz za paralelni prijenos.



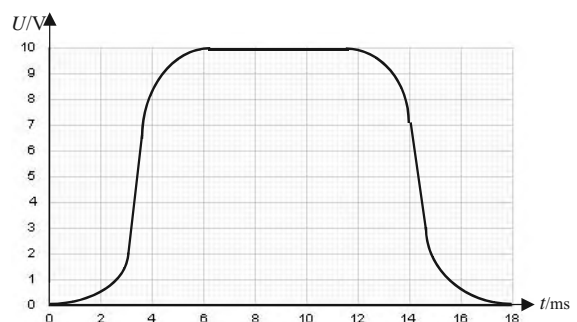
Slika 1.13. Serijski prijenos digitalnoga signala

2. Za digitalni signal prikazan u paralelnom prijenosu (slika 1. 14.) nacrtajte prikaz za serijski prijenos.



Slika 1.14. Paralelni prijenos digitalnoga signala

3. Za impuls sa slike 1.15. odredite vrijeme porasta, vrijeme pada i vrijeme trajanja.



Slika 1.15. Stvarni impuls

4. Po čemu se razlikuju dvolinijsko kućište i kućište sklopova za površinsku montažu?