



# DIGITALNA LOGIKA

**Priprema  
za ispit**

Zdravko Kunić  
zdravko.kunic@algebra.hr

# Digitalna logika

Svrha ovog dokumenta je pružanje transparentnog pregleda zadataka za provjeru znanja i razumijevanja koncepata DL na temelju definiranih ishoda učenja.

Ovaj dokument ni u kojem slučaju ne predstavlja predložak za buduće ispite.



# Brojevnii sustavi Binarna aritmetika Kôdovi

Ishod 1 Prikazati podatke u digitalnom obliku koristeći brojevne sustave i kôdove.  
1 Pretvoriti zapis podataka iz jednog brojevnog sustava ili kôda u drugi.

# Ishod učenja 1 – primjeri pitanja

- Pretvorite zadani heksadekadski broj u (binarni/oktalni/dekadski)
- Pretvorite zadani oktalni broj u (dekadski/binarni/heksadekadski)
- Pretvorite zadani decimalni broj u (heksadekadski/oktalni/binarni)
- Napišite zadane dekadске znamenke u Aikenovom (2421) kôdu
- Napišite zadane dekadске znamenke u Stibitzovom (XS-3) kôdu
- Napišite zadane dekadске znamenke u BCD (8421) kôdu
- Napišite zadani negativan broj metodom predznaka i 2-komplementa u 8 bitova
- Napišite zadani negativan broj metodom predznaka i 1-komplementa u 8 bitova
- Napišite zadani negativan broj metodom predznaka i vrijednosti u 8 bitova
- Odredite znamenke koje nedostaju u izrazu:  $\_\_xx(8) = xx\_\_(16)$

# Primjeri zadataka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 1 – 5 bodova - 15 min

- [I1\_M, 1 bod]** Binarni broj 1101011010 pretvoriti u :
  - heksadekadski (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
  - oktalni (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
- [I1\_M, 1 bod]** Kodirati 358 u:
  - Aikenov kôd (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
  - Stibitzov kôd (0,5 bodova za rješenje s postupkom)
- [I1\_M, 1 bod]** Metodom drugog komplementa prikazati dekadski broj -53 kroz 1 bajt.
- [I1\_Ž, 2 boda]** Odrediti znamenke koje nedostaju da jednakost bude točna:
$$\_ \_ 64_{(8)} = C3_{(16)}$$

\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.





# Kodovi za otkrivanje i ispravljanje pogrešaka

Ishod 2 Prevenirati pogreške u digitalnom prijenosu podataka.  
Otkriti i ispraviti pogreške u digitalnom prijenosu podataka.

# Ishod učenja 2 – primjeri pitanja

- Izračunajte nedostajuće bitove Hammingovog kôda (7,4) : 0\_1\_100, \_10\_010, \_\_\_\_\_...
- Napišite tablicu kombinacija zadanih znamenaka zapisanih u (XS-3/Aiken/Stibitz/BCD/...) kôdu i zaštitite ih uzdužnim/poprečnim paritetnim bitovima
- Napišite tablicu zabranjenih kombinacija (XS-3/Aiken/Stibitz/BCD/...) kôda zaštićenih (parnim/neparnim) paritetnim bitovima
- Zadan je Hammingov kôd \_\_\_\_\_. Provjerite je li kod ispravan. Ako nije ispravite ga. Napišite (korigiranu) informaciju (bez paritetnih bitova).

**Ne zaboravite: Hammingov kôd se sastoji od informacijskih i paritetnih bitova!**

# Primjeri zadataka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 2 – 9 bodova - 25 min

- [I2\_M, 1 bod]** Metodom neparnog pariteta osigurati pravilan prijenos podataka:  
a) `_0101111`, b) `_1101000`; (0,5 bodova za svaki točan odgovor)
- [I2\_M, 2 boda]** Niz dekadskih znamenki: 0,3,7,9 napisati u kodu XS-3 te zatim cijeli blok zaštititi uzdužnim i poprečnim parnim paritetom. (1 bod za točno napisane znamenke u zadanom kodu; 1 bod za točan paritet)
- [I2\_M, 3 boda]** U zadane informacije ubaciti bitove provjere - zaštititi Hammingovim kodom (7,4) (0,5 bodova za korektno izračunate zaštitne bitove; 0,5 bodova za svaku korektno napisanu zaštićenu kodnu riječ):  
a) 1110101      b) 1011010      c) 1010110
- [I2\_Ž, 3 boda]** Informacija **0011 1010 0011** zaštićena je Hammingovim kodom. Treba otkriti eventualnu pogrešku u prijenosu informacije i ispraviti je. (1,5 bodova za korektan postupak i otkrivenu pogrešku; 1 bod za korektno napisanu ispravljenu informaciju zaštićenu Hammingovim kodom; 0,5 bodova za korektno napisanu informaciju bez bitova provjere)

\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.





# Booleova algebra

- Ishod 3 Primijeniti aksiome i teoreme Booleove algebre.  
3 Minimirati složenu logičku funkciju primjenom pravila Booleove algebre.



# Ishod učenja 3 – primjeri pitanja

- Koristeći aksiome i teoreme Booleove algebre napišite drugu stranu sljedećih izraza:  $A(B + C) =$  ;  $A + AB =$  ; \_\_\_\_\_..., uz korištenje što manje literala i operatora.
- Koristeći Booleove algebarske transformacije, predstavite zadanu funkciju u (punom/skraćenom) (1./2.) kanonskom obliku.
- Minimizirajte zadanu funkciju korištenjem pravila Booleove algebre
- Za (zadanu tablicu kombinacija/zadani algebarski izraz) napišite logičku funkciju u kanonskom obliku koristeći (minterme/maksterme) i minimizirajte funkciju koristeći pravila Booleove algebra
- Pomoću pravila Booleove algebre pojednostavnite zadanu logičku funkciju, napišite tablicu kombinacija te kanonski oblik funkcije koristeći (sumu minterma/produkt maksterma/skraćeni oblik  $\Sigma / \Pi$ )

# Primjeri zadatka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 3 – 9 bodova - 25 min

1. [I3\_M, 3 boda] Napisati drugu stranu aksioma i teorema Booleove algebre (svaki točan odgovor 0,5 bodova).

$$A + 1 =$$

$$\bar{A} + AB =$$

$$\bar{A} * A =$$

$$\overline{AB} =$$

$$\overline{A(B + C)} =$$

$$\overline{A + \bar{B} + C} =$$

2. [I3\_M, 3 boda] Napisati tablicu stanja funkcije  $f = A\bar{B} + \bar{A}C + B\bar{C}$  (0,5 bodova), kanonski oblik funkcije pomoću minterma (1 bod), te je minimizirati pravilima Booleove algebre (1,5 boda).

3. [I3\_Ž, 3 boda] Pomoću pravila Booleove algebre pojednostavniti logičku funkciju  $f = (\bar{A} + BC) + \overline{\bar{A}C}$  (1 bod). Napisati tablicu stanja (1 bod), te kanonski oblik funkcije koristeći sumu minterma (1 bod).

\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.



# Implementacija logičkih funkcija

Ishod 4 Implementirati jednostavnu logičku funkciju koristeći osnovne logičke sklopove.  
Implementirati složenu logičku funkciju korištenjem K-tablice i univerzalnih logičkih sklopova.



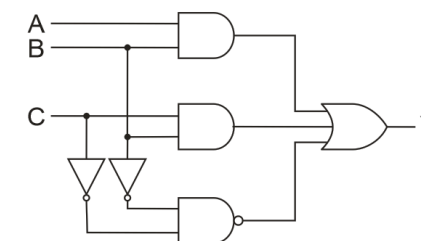
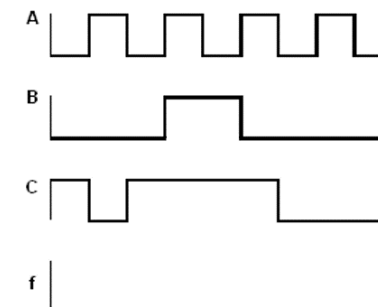
# Ishod učenja 4 – primjeri pitanja

- Minimizirajte zadanu logičku funkciju, napišite tablicu kombinacija, napišite funkciju u SoP/PoS obliku (suma produkata/produkt suma) obliku
- Nacrtajte logičku shemu zadane funkcije koristeći (osnovne/univerzalne) logičke sklopove
- Napišite zadanu funkciju u (1./2.) kanonskom obliku, minimizirajte funkciju pomoću K-tablice i napišite minimiziranu funkciju.
- Korištenjem De Morganovih transformacija pretvorite zadanu funkciju u oblik koji koristi samo (NI/NILI) sklopove i nacrtajte logičku shemu.

# Primjeri zadataka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 4 – 9 bodova - 25 min

1. **[I4\_M / 2 boda]** Nacrtajte karakteristične simbole (u oba standarda) logičkog sklopa **ILI** s tri ulaza (0,5 bodova) i napišite tablicu kombinacija (0,5 bodova). Za zadani vremenski dijagram promjena ulaznih varijabli nacrtajte izlaznu funkciju (1 bod)
2. **[I4\_M / 2 boda]** Za zadanu logičku shemu napišite logičku funkciju (1 bod) i tablicu kombinacija (1 bod)
3. **[I4\_Ž / 3 boda]** Nacrtajte logičku shemu funkcije  $f = (\overline{AC} + B)A\overline{B}$  ostvarene samo logičkim sklopovima I, ILI, NE (1 bod). Primjenom De Morganovih teorema transformirajte (1 bod) i nacrtajte (1 bod) izvedbu funkcije koja koristi samo **NI** logičke sklopove.
4. **[I4\_Ž / 2 boda]** Pomoću K-tablice minimizirajte funkciju  $f(A, B, C, D) = \sum(0, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 13, 15)$ . (1 bod za korektno ispunjenu tablicu, 1 bod za korektno napisanu potpuno minimiziranu funkciju)



\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.

The image shows two 7-segment displays mounted on a green printed circuit board (PCB). The displays are illuminated with a bright green light, showing the number '8888' on each. The PCB has various components, including several small square components and circular holes. The background is a light gray gradient.

# Kombinacijski sklopovi

Ishod  
5

Izraditi logičku shemu jednostavnog/složenog kombinacijskog digitalnog sklopa.

# Ishod učenja 5 – primjeri pitanja

- Nacrtajte \_\_\_\_\_ (3/8; 4/16...) dekodera s ulazom *enable* / dekodera s ulazom *enable* pomoću \_\_\_\_\_ dekodera s ulazom *enable* i osnovnim logičkim sklopovima, nacrtajte shemu i nacrtajte tablicu stanja za dekodirane izlaze 5, 6 i 7 sa svim ulazima, uključujući E
- Nacrtajte \_\_\_\_\_ multipleksor pomoću dva \_\_\_\_\_ multipleksora, nacrtajte shemu i tablicu stanja koja pokazuje izlazna stanja ovisna o stanjima na S ulazima.
- Implementirajte zadanu funkciju korištenjem zadanog multipleksora.
- Implementirajte zadanu Booleovu funkciju korištenjem zadanog dekodera



# Primjeri zadataka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 5 – 9 bodova - 25 min

1. **[I5\_M, 3 boda]** Nacrtajte simbol (0,5 bodova) i logičku shemu multipleksora s 5 ulaza (1,5 bodova) te napišite tablicu stanja (0,5 bodova) i logičku funkciju izlaza (0,5 bodova)
2. **[I5\_M, 2 boda]** Pomoću jednog simbola dekodera 3/8 i logičkih sklopova realizirajte logičke funkcije  $f(A, B, C) = \bar{A}BC + A\bar{C} + A\bar{B}C$  i  $y(A, B, C) = \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + AB$ . Nacrtajte shemu (1 bod) i napišite tablicu stanja za  $f$  i  $y$  (1 bod)
3. **[I5 M, 1 bod]** Definirajte razlike u funkciji i realizaciji multipleksora i demultipleksora.
4. **[I5 Ž, 3 boda]** Pomoću simbola multipleksora 4/1 i logičkog sklopa realizirajte logičku funkciju  $f(A, B, C) = \bar{A}BC + A\bar{C} + A\bar{B}\bar{C}$ . Nacrtajte shemu (1,5 bodova) i napišite tablicu stanja (1,5 bodova)

\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.



# Aritmetički sklopovi

Ishod  
6

Analizirati digitalni sklop za izvođenje elementarnih aritmetičko/logičkih funkcija.  
Izraditi logičku shemu složenog digitalnog sklopa za izvođenje aritmetičko/logičkih funkcija

# Ishod učenja 6 – primjeri pitanja

- Nacrtajte \_\_\_\_\_ (polu/potpuno)-zbrajalo/oduzimalo korištenjem logičkih sklopova
- Nacrtajte potpuno zbrajalo/oduzimalo korištenjem polu-zbrajala/oduzimala  
Kreirajte sklop za \_\_\_\_\_ (serijsko/paralelno zbrajanje/oduzimanje) koristeći \_\_\_\_\_ (polu/zbrajalo/oduzimalo / posmačne registre/univerzalne logičke sklopove/osnovne logičke sklopove...) i ostale potrebne komponente
  - nacrtajte shemu
  - na shemi naznačite logička stanja pored svakog ulaza i izlaza dok izračunavate \_\_\_\_ (zbroj/razliku) između zadanih dekadskih brojeva

# Primjeri zadataka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 6 – 9 bodova - 25 min

1. **[I6\_M, 2 boda]** Nacrtajte simbol (0,5 bodova), tablicu stanja (0,5 bodova) i logičku shemu nepotpunog zbrajala (1bod))
2. **[I6\_M, 3 boda]** Objasnite razliku u načinu realizacije sklopa za zbrajanje i sklopa za oduzimanje (2 boda). Čemu služi XOR u sklopu za zbrajanje/oduzimanje (1 bod)
3. **[I6 Ž, 4 boda]** Pomoću simbola potpunih zbrajala realizirajte shemu sklopa za paralelno zbrajanje (2 boda). Na nacrtanoj shemi prikažite postupak zbrajanja brojeva  $20+19$ . (2 boda)

\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.



The background image shows a futuristic control room or space station interface. It features several digital displays: a large blue LED display at the top showing '0000000000000000', a white LED display on the left showing '00000', a green LED display at the bottom left showing '0000000000000000', and a large red LED matrix in the center. There are also smaller displays showing '000472' and '000159', and a 'SPACE' button on the right.

# Sekvencijski sklopovi

Ishod 7 Minimalni: Izraditi logičku shemu jednostavnog sekvencijskog digitalnog sklopa.  
Željeni: Izraditi logičku shemu složenog sekvencijskog digitalnog sklopa.

# Ishod učenja 7 – primjeri pitanja

- Nacrtajte sekvencijski sklop na temelju zadane tablice stanja
- Nacrtajte \_\_\_ (2/3/4/5)-bitno \_\_\_\_\_ (Johnsonovo/prstenasto/...) brojilo koristeći \_\_\_\_\_ (SR/JK/D/T) bistabile
- Nacrtajte shemu \_\_\_\_\_ (naprijed/natrag (a) sinkronog binarnog/oktalnog/dekadskog...) brojila
- Objasnite princip rada zadanog \_\_\_\_\_ (naprijed/natrag (a) sinkronog binarnog/oktalnog/dekadskog...) brojila
- Ispunite tablicu stanja za zadani sekvencijski sklop. Nacrtajte shemu sklopa koristeći \_\_\_\_\_ (osnovne/univerzalne/...) sklopove.

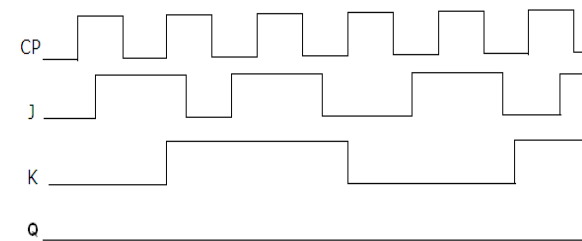
# Zadatci i teme za vježbu

- Nacrtajte sheme paralelnog i posmačnog registra
- Nacrtajte binarno sinkrono i asinkrono brojilo i objasniti princip rada
- Nacrtajte prstenasto brojilo i objasnite princip rada
- Nacrtajte i objasnite paralelno-serijsku i serijsko-paralelnu konverziju podataka
- Nacrtajte shemu i tablicu brojenja, binarnog asinkronog i Johnsonovog brojila
- Izračunajte maksimalnu frekvenciju brojenja binarnog brojila

# Primjeri zadatka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 7 – 8 bodova - 25 min

- [I7\_M, 3 boda]** Za JK bistabil okidan negativnim bridom odredite izgled signala na izlazu prema zadanim ulazima te početnim stanjem bistabila  $Q_n=1$  (2 boda).  
Nacrtajte simbol bistabila (0,5 bodova) i sažetu tablicu stanja (0,5 bodova).
- [I7\_M, 2 boda]** Nacrtajte shemu prstenastog brojila izvedenog sa D bistabilima (1 bod), te analizirajte rad prikazom tablice stanja - početno stanje brojila je 001 (tablica stanja -1 bod)
- [I7\_Ž, 3 boda]** Nacrtajte shemu 3-bitnog asinkronog binarnog brojila koje broji unazad (1,5 bodova). Zadano je početno stanje brojila: 100. Napišite tablicu stanja za jedan ciklus brojenja (1 bod) i nacrtajte valne oblike na izlazima bistabila za prva 4 taktne impulsa (slika – 0,5 bodova)



\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.





# Spremnici podataka

Ishod  
učenja 8

Analizirati statičke i dinamičke memorijske ćelije.  
Izraditi logičku shemu statičkog i dinamičkog memorijskog sklopa.



# Ishod učenja 8 – primjeri pitanja

- Nacrtajte \_\_\_\_\_ (statičku/dinamičku) memorijsku ćeliju
- Objasnite razliku između \_\_\_\_\_ i \_\_\_\_\_.
  - ROM/RAM/EPROM/PROM/EEPROM/CHS/LBA
  - postojanih/nepostojanih ćelija, paralelnog/serijskog pristupa, RAM/ROM
  - interne/priručne/glavne/vanjske/arhivske memorije
  - 2D/3D adresiranja
  - usnopljenog/distribuiranog osvježavanja DRAM
- Kreirajte trajnu memoriju čiji sadržaj odgovara rješenju zadanih funkcija, nacrtajte tablicu stanja i logičku shemu, odredite sadržaj memorijske ćelije na zadanoj adresi.

# Primjeri zadataka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 8 – 8 bodova - 20 min

1. **[I8\_M, 2 boda]** Usporedite memorijske ćelije s obzirom na svojstvo postojanosti.
2. **[I8\_M, 2 boda]** Nacrtajte memorijsku ćeliju statičke memorije (SRAM) i navedite karakteristike po kojima se razlikuje od ćelije dinamičke memorije
3. **[I8\_Ž, 4 boda]** Nacrtajte matrični prikaz permanentne memorije čiji sadržaj odgovara rješenju zadanih funkcija:  $f_1=A+BC$ ;  $f_2=AC+B$ ;  $f_3=(A+B+C)*C$   
(tablica stanja – 1,5 bodova; shema - 2 boda).  
Odredite sadržaj memorije čija je adresa 100 (0,5 bodova).

\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.



# **Digitalno-analogna pretvorba**

# **Analogno-digitalna pretvorba**

Ishod  
učenja 9

Analizirati rad sklopova za analogno-digitalnu i digitalno-analognu pretvorbu.  
Izraditi shemu digitalno-analognog i analogno-digitalnog pretvarača.

# Ishod učenja 9 – primjeri pitanja

- Nacrtajte shemu (zadanog) AD pretvornika.
- Nacrtajte shemu (zadanog) DA pretvornika.
- Objasnite princip rada \_\_\_\_ (AD/DA) pretvornika.
- \_\_\_\_-bitni DAC pretvara binarni broj \_\_\_\_\_ u izlazni napon \_\_\_\_ V.
  - Izračunajte naponsku rezoluciju DA pretvornika.
  - Koliki bi bio izlazni napon da promijenimo ulazni binarni broj u \_\_\_\_\_?
- \_\_\_\_-bitni DAC sastoji se od (težinske/ljestvičaste) otporničke mreže i operacijskog pojačala. Referentni napon je \_\_\_\_ V. Vrijednost otpornika u povratnoj vezi je \_\_\_\_ k $\Omega$ , vrijednost najmanjeg otpornika u otporničkoj mreži je \_\_\_\_ k $\Omega$ .
  - Izračunajte vrijednosti ostalih otpornika.
  - Izračunajte naponsku rezoluciju DA pretvornika.
  - Izračunajte napon na izlazu operacijskog pojačala za ulazni binarni broj \_\_\_\_\_ .

# Primjeri zadataka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 9 – 7 bodova - 20 min

1. **[I9\_M, 2 boda]** Izračunajte iznos izlaznog napona DA pretvornika za dovedenu ulaznu kombinaciju 00001011, ako se za podatak 11110000 dobije na izlazu vrijednost napona od 24mV, a za podatak 00000000 se dobije 0V. (napon rezolucije - 1 bod; iznos izlaznog napona - 1 bod).
2. **[I9\_M, 2 boda]** Nacrtajte shemu AD pretvornika po izboru(1,5 bodova ) i navesti karakteristike tog ADC-a (0,5 bodova)
3. **[I9\_Ž, 3 boda]** Nacrtajte shemu DA pretvornika za pretvorbu 3-bitnog binarnog broja u analogni oblik (1 bod). Označite vrijednosti svih otpornika (1 bod), ako otpornik koji odgovara najznačajnijem bitu ima vrijednost od 1k $\Omega$ . Odredite vrijednost izlaznog napona, ako je na ulaz dovedena binarna kombinacija 111, uz napon rezolucije od 0,2V. (1 bod)

\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.





**Ispit**



# Ispiti

- **Na svakom kolegiju vrijedi pravilo 3 + 1**
  - To znači da student mora položiti ispit iz najviše 4 izlaska:
    - 3 redovna izlaska – Uključena u cijenu školarine
    - 1 izvanredni izlazak – Odlukom o naknadi troškova 4. prijava ispita se naplaćuje
  - Vremenski rok za polaganje kolegija je **12 mjeseci** od dana upisa kolegija.
  - Ako student u 12 mjeseci ne položi kolegij, **mora ponovno upisati kolegij te ponovno polagati sve skupove ishoda učenja definirane kolegijem.**
- **Student samostalno vodi računa o rokovima prijave i odjave ispita na IE.**
  - Nastavnik ne može upisati ocjenu ako student nije prijavio polaganje predmeta u IE.
  - Ako ispit nije prijavljen na vrijeme, student ne može pristupiti ispitu.
  - Ako je student prijavio više ispitnih rokova iz istog kolegija, pri dobivanju ocjene kojom je zadovoljan, dužan je odjaviti svaki sljedeći rok koji je iz tog kolegija prijavio. U suprotnom, studentu se u Infoeduku unosi nedovoljan (1).

# LITERATURA:

- Uroš Peruško: Digitalni sustavi
- Slideovi s predavanja i vježbi