Bipolarna kodiranja

Doko, Dubravka

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:294614

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Stručni studij

BIPOLARNA KODIRANJA

Završni rad

Dubravka Doko

Osijek,2019.

Sadržaj

1. UVOD 1
2. LINIJSKI KODOVI 2
2.1. Unipolarni linijski kodovi 3
2.1.1. Unipolarni *Non Return to Zero* kod 4
2.1.2. Unipolarni *Return to Zero* kod 5
2.2. Polarni linijski kodovi 6
2.2.1. Polarni *Non Return to Zero* kod 6
2.2.2. Polarni *Return to Zero* kod 8
2.2.3. Manchester kod 9
2.2.4. Diferencijalni Manchester kod 9
3. BIPOLARNI LINIJSKI KODOVI 11
3.1. AMI kod 11
3.2. Pseudoterarni binarni kod 12
3.3. B8ZS kod 13
4. HDBn BIPOLARNI LINIJSKI KOD 15
4.1. HDB1 15
4.2. HDB2 16
4.3. HDB3 18
4.4. Upotreba HDBn kodova 20
5. ZAKLJUČAK 21
I. Literatura 22
II. Popis ilustracija 23
III. Sažetak 24
IV. Summary 25
V. Životopis 26

1. UVOD

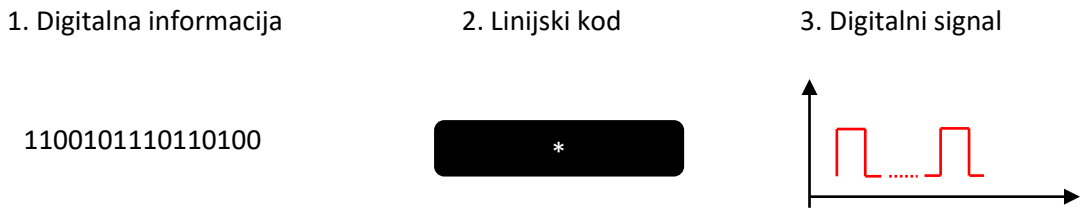
Linijskim kodiranjem vrši se oblikovanje signala kako bi oni bili što pogodniji za prijenos u skladu s karakteristikama medija kojim se prenosi i uređajima koji sudjeluju u tom prijenosu, s ciljem poboljšanja prijenosa informacija. Razvili su se početkom šezdesetih godina prošlog stoljeća za potrebe digitalnog prijenosa preko telefonskih linija ili za snimanje digitalnih signala na magnetske medije. Današnja istraživanja usmjerena na razvoj linijskih kodova za prijenos signala optičkim vlaknima.

Linijske kodove možemo podijeliti u tri osnovne grupe: unipolarne linijske kodove, polarne linijske kodove te bipolarne linijske kodove. Kod unipolarnih linijskih kodova sve razine signala nalaze se ispod ili iznad osi, kod polarnih linijskih kodova naponi se nalaze s obje strane osi dok kod bipolarnih linijskih kodova postoje tri naponske razine pozitivna, negativna i nula.

U radu su detaljnjije objašnjeni formati bipolarnih linijskih kodova te najčešće korišteni HDBn (*High Density Bipolar*) bipolarni linijski kod koji koristitelekomunikacijska industrija u Europi. U radu su također opisani unipolarni i polarni linijski kodovi.

2. LINIJSKI KODOVI

Linijsko kodiranje predstavlja poseban kodni sustav koji se koristi za prijenos digitalnog signala preko dalekovoda. Na slici 2.1. možemo vidjeti kako linijsko kodiranje pretvara niz bitova (digitalnu informaciju)u digitalni signal.



Slika 2.1. Slikoviti prikaz dobivanja digitalnogsignalaizdigitalne informacije

Podaci, tekstovi, brojevi, grafičke slike, audio i videozapisi koji se pohranjuju u računalnu memoriju u obliku su binarnih podataka ili niza bita. Linijsko kodiranje pretvara ove sekvence u digitalni signal.[1]

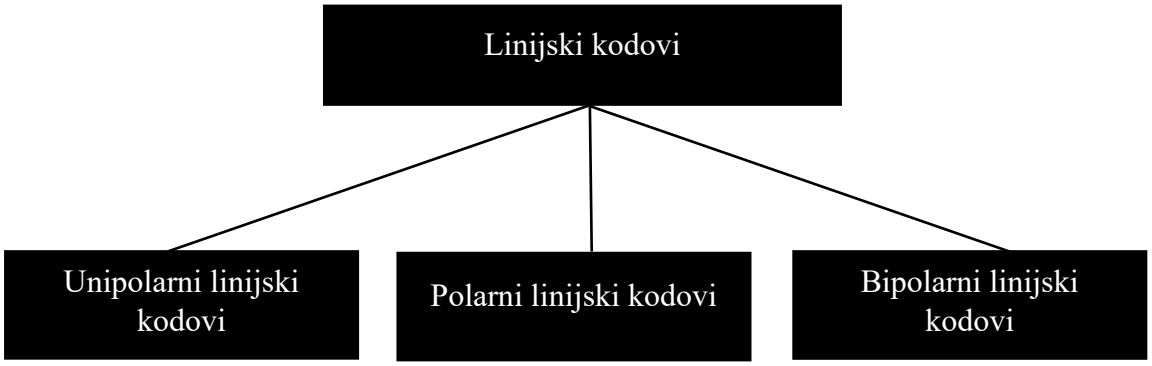
Fizički medij preko kojega se šalju poruke je kanal (telefonska linija,satelitska veza,bežični kanal za mobilnu telefoniju…). Kanali preko kojih se šalju poruke su nesavršeni i često nastaju šumovi odnosno smetnje pri prijenosu podataka izazvani bukom, ljudskom greškom, svjetlošću, kvarom opreme koja se koristi itd. Kodiranjem nastojimo ublažiti štetene efekte šumova.

Postoji veliki broj različitih linijskih kodova s različitim svojstvima. Način odabira ovisi o konkretnoj primjeni i traženim zahtijevima. Odabir linijskog koda ovisi o:

- spektralnim obilježjima signala
- načinu sinkronizacije digitalnih znakova
- brzini prijenosa
- širini frekvencijskog pojasa
- traženoj vjerojatnosti pogreške bita
- sposobnosti otkrivanja nastalih pogrešaka
- o traženoj kompleksnosti elektroničkog sklopovlja i uređaja[2]

Linijske kodove dijelimo u tri osnovne grupe: (slika 2.2.)

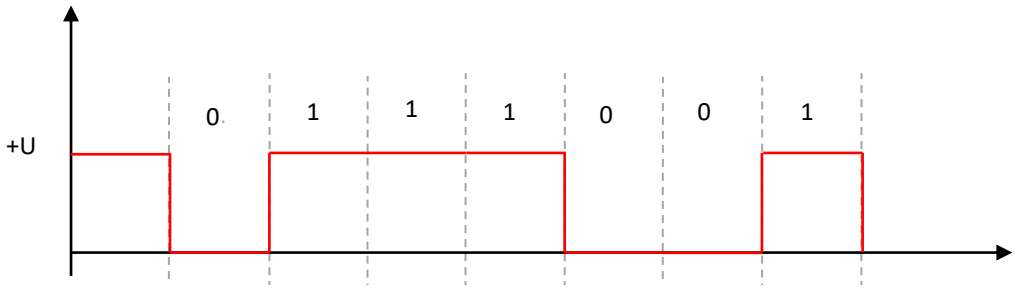
- Unipolarni linijski kodovi
- Polarni linijski kodovi
- Bipolarni linijski kodovi



Slika 2.2. Tri osnovne grupe linijskog kodiranja

2.1. Unipolarni linijski kodovi

Unipolarni linijsko kodovi su jednostavni i, kao što sama riječ kaže, imaju jedan polaritet. Slika 2.3 prikazuje primjer unipolarnog koda iz čega je vidljivo postojanje dva bita, „0“ i „1“, pri čemu će jedan od bitovabiti predstavljen polaritetom (+U ili - U), dok drugi koristisamo istosmjernu komponentu(0).[1]



Slika 2.3. Primjer unipolarnog linijskog koda

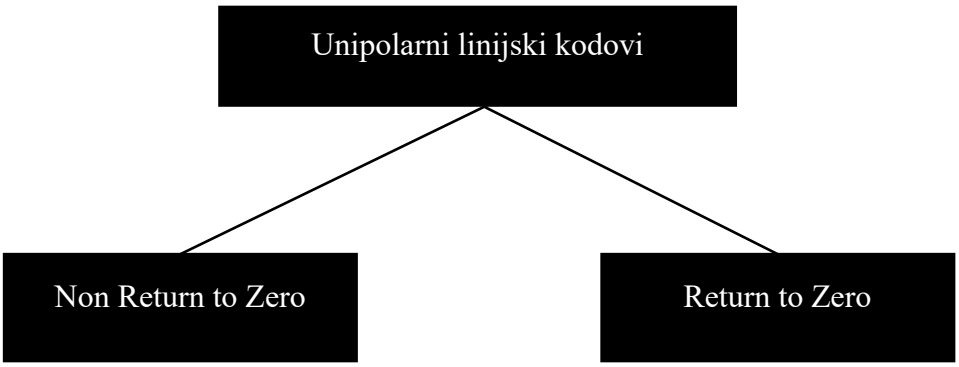
Iako su unipolarni linijski kodovi vrlo jednostavni, sadrže mnogo loših karakteristika:

- Sadrže istosmjernu komponentu
- Javljaju se problemi kod sinkronizacije kada se javlja duži slijed znakova iste vrste.

- Dalje…

Postoje dva formata unipolarnih linijskih kodova: (slika 2.4.)

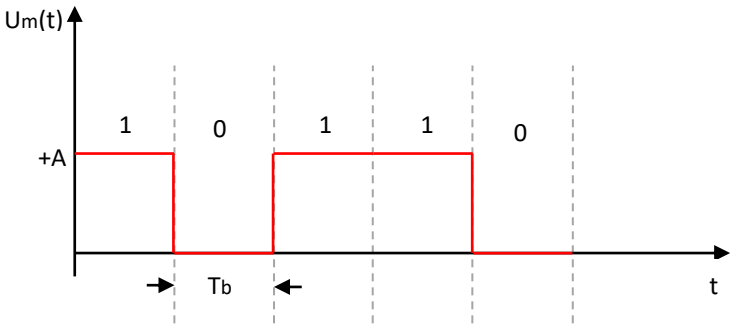
- Unipolarni NRZ (*Non Return to Zero*)
- Unipolarni RZ (*Return to Zero*)



Slika 2.4. Formati unipolarnih linijskih kodova

2.1.1. Unipolarni *NonReturnto Zero* kod

Unipolarni *Non Return to Zero* je binarni linijski kod u kojem pozitivni napon definira bit „1“, a nulti napon definira bit „0“. Zove se *Non Return to Zero* jer se signal ne vraća na nulu na sredini bita kao što je to slučaj kao što se to događa u drugim shemama za linijsko kodiranje, poput Manchester koda. [3]

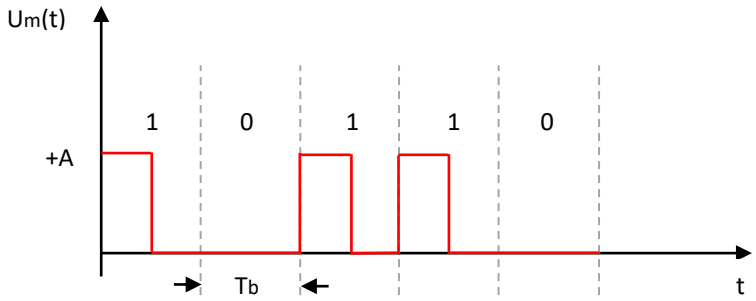


Slika 2.5. Primjer unipolarnog NON RETURN TO ZERO koda

Najjednostavniji format, najmanja osjetljivost na šum. Nedostatak je što sadrži istosmjernu komponentu. Mogu se javiti problemi kod sinkronizacije i nemogućnost utvrđivanja granice između bitova kad se javlja duži niz bitova iste vrste .

2.1.2. Unipolarni*Returnto Zero* kod

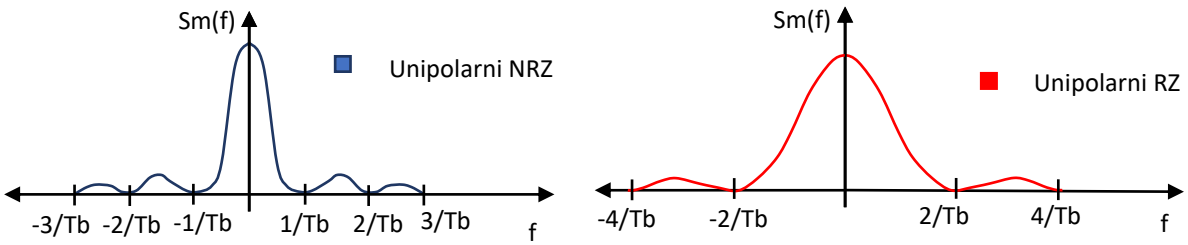
Kod unipolarnog Return to Zero koda (RZ) logička jedinica„1“ u prvom dijelu svog trajanja predstavljenaje visokom razinom signala, dok se u drugoj polovici tog intervala vraća na nisku razinu signala (vraća se na nulu). Logička nula „0“ predstavljenaje niskom razinom (razinom nula) u cijelom intervalu trajanja bita kao što se može vidjeti na slici 2.6..



Slika 2.6. Primjer unipolarnog RETURN TO ZERO koda

Nedostaci se ogledaju u nemogućnosti ispravljanja pogrešaka, zauzima dvostruku širinu pojasa unipolarnog NRZ i uzrokovan je signal *droop* na mjestima gdje signal nije nula na 0 Hz.[4]

Glavni nedostatak unipolarnog RZ u usporedbi s unipolarnim NRZ je da svaki pravokutni impuls u RZ samo polovina duljine impulsa NRZ. To znači da unipolarni RZ zahtijeva dvostruku širinu pojasa NRZ koda. To možemo vidjeti na slici 2.7. koja prikazuje unipolarne linijske kodove u frekvencijskoj domeni.



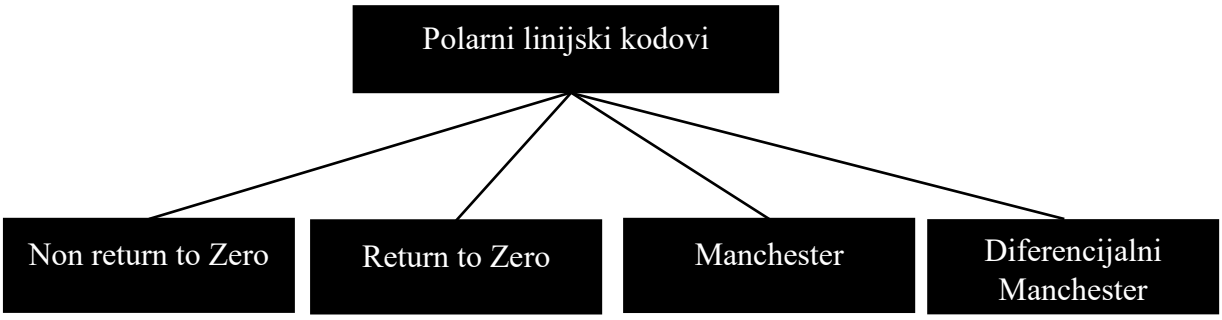
Slika 2.7. Unipolarni NRZ i unipolarni RZ u frekvencijskoj domeni

2.2. Polarni linijski kodovi

Kod polarnih linijskih kodovia naponi se nalaze s obje strane osi te koriste dva polariteta. Ovime je eliminiran problem istosmjerne DC komponente, zbog prosječnog naponskog nivoa koji je smanjen. Snaga prijenosa ovog signala je jednaka polovici snage za prijenos unipolarnih signala.

Formati polarnih linijskih kodova su :(slika 2.8.)

- *NonReturn to Zero* (NRZ)
- *Return toZero* (RZ)
- Manchester
- Diferencijalni Manchester



Slika 2.8. Formati polarnih linijskih kodova

2.2.1. Polarni*NonReturnto Zero* kod

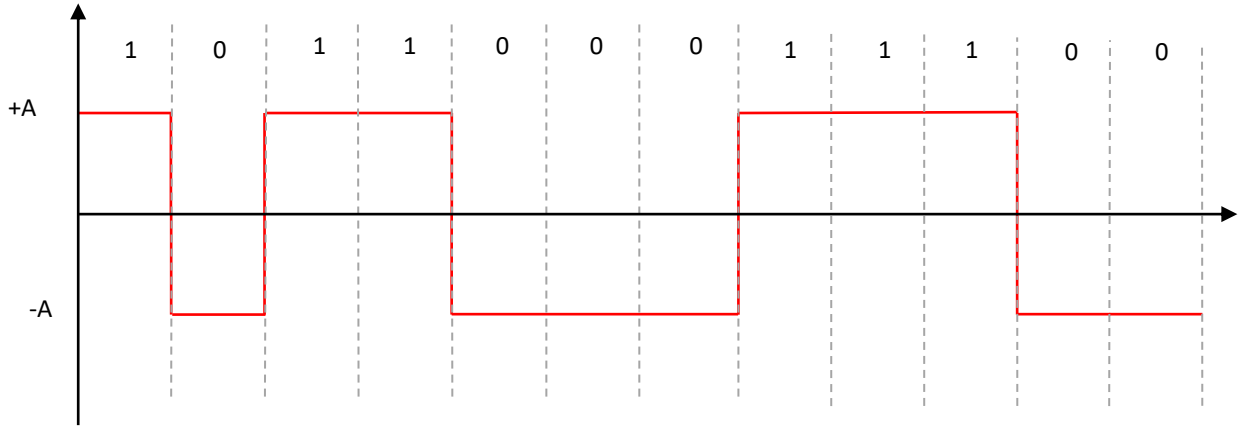
Polarni Non Return to Zero kod je binarni kod koji koristi dvije razine (+A,-A) za amplitudu impulsa.

Postoje tri vrste formata polarnog Non Return to Zero koda:

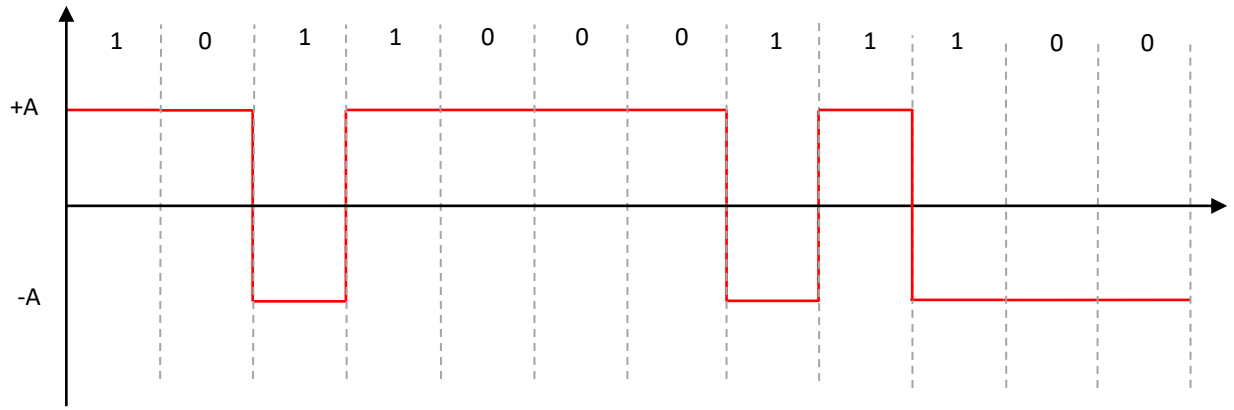
- *NonReturntoZeroLevel (*NRZ-L)
- *NonReturntoZeroMark* (NRZ-M)
- *NonReturntoZeroSpace*(NRZ-S).

Iz NRZ-L formata možemo izvesti NRZ-M i NRZ-S formate. U NRZ-M formatu logičkajedinica „1“ se koristi kao oznaka (eng.*Mark*) u binarnoj sekvenci i ona mijenja razinu amplitude A na – A ili A na +A, dok logička nula„0“ ne uzrokuje promjenu razine. Kod NRZ-S formata princip je isti samo promjenu razine uzrokuje logičkanula „0“. NRZ-M i NRZ-S formati su diferencijalno kodirani valni oblici.Diferencijalni linijski kodovi u kojima je binarni znak pridružen promjeni razine električnog signala nazivaju se diferencijalno kodirani linijski kodovi.[5]

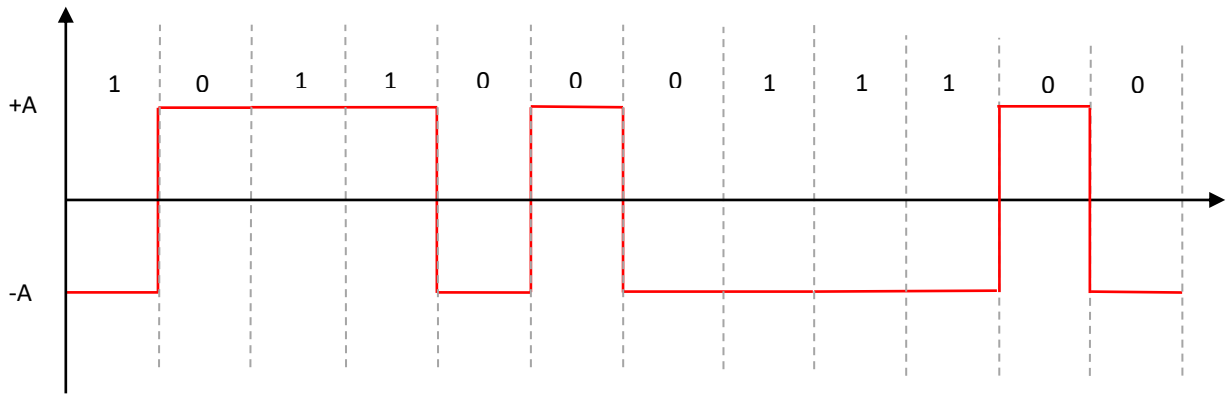
Primjer polarnog Non Return to Zero koda prikazan je na slikama 2.9., 2.10. i 2.11..



Slika 2.9. Oblik NRZ-L



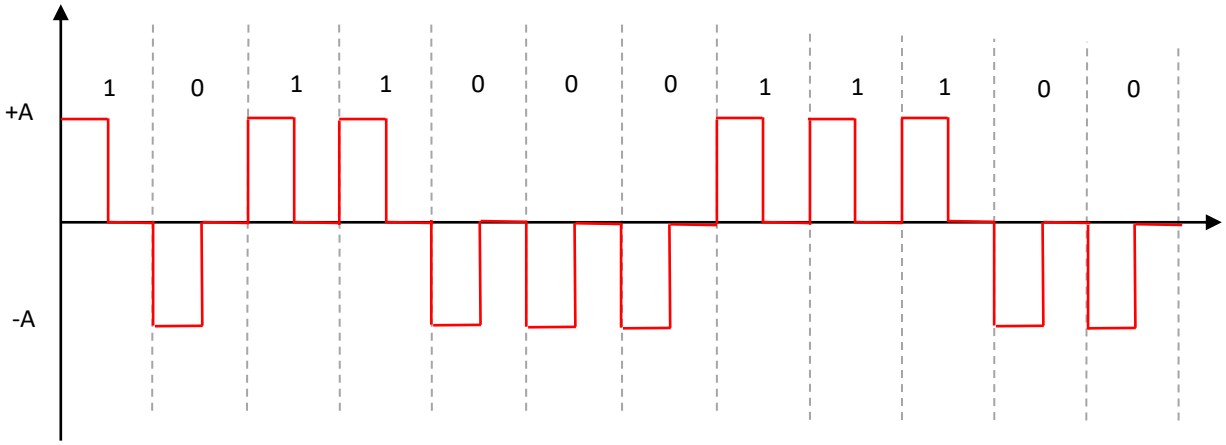
Slika 2.10. Oblik NRZ-M



Slika 2.11. Oblik NRZ-S

2.2.2. Polarni*Returnto Zero* kod

U shemi polarnog *Return to Zero* koda je vidljivo da unutar trajanja jednog bita postoji promjena razine signala. Kod polarnog *Return to Zero* koda, bit „1“ predstavljen je visokom razinom signala u prvom dijelu trajanja bita, dok se u drugom dijelu vraća na nulu (0). Bit„0“ predstavljen je niskom razinom signala u prvom dijelu svoga tajanja te se u drugom dijelu vraća na nulu (0).[5]

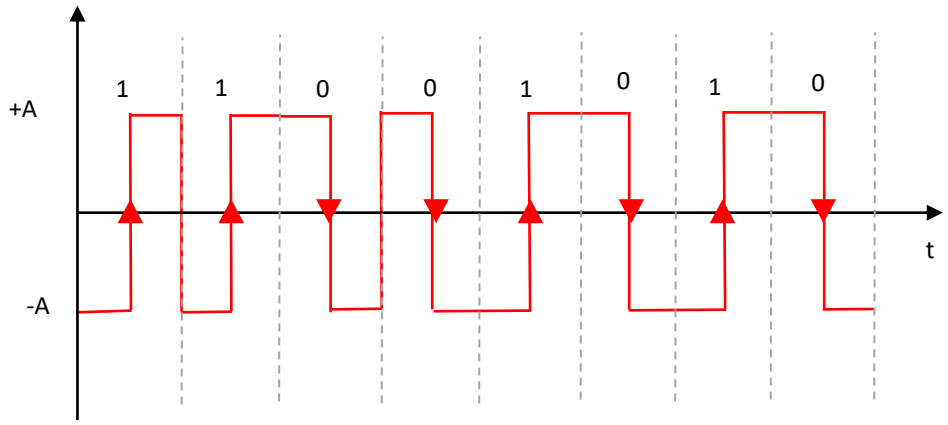


Slika 2.12. Primjer POLARNOG RETURN TO ZERO koda

Pednosti RZ formata da nema istosmjernu DC komponentu, mogućnost kvalitetnije sinkronizacije te kako bi postigli što veću brzinu prijenosa informacije potrebna je veća širina prijenosnog pojasa.

2.2.3. Manchester kod

Manchester kod (poznat i kao fazno kodiranje) je linijski kodkoji uvijek ima prijelaz na sredini svakog bitnog razdoblja. Porast razine signala u sredini bita predstavlja logičko stanje „1“, a pad razine signala logičko stanje „0“. Izmjena razine signala omogućuje sinkronizaciju čak i za slučajeve dugih nizova bita budući da se razina signala mijenja za svaki bit. Time je riješen problem sinkronizacije, ali se dvostruko povećava potrebni frekvencijski pojas. Signal Manchester linijskog koda nema istosmjernu DC komponentu.[2]

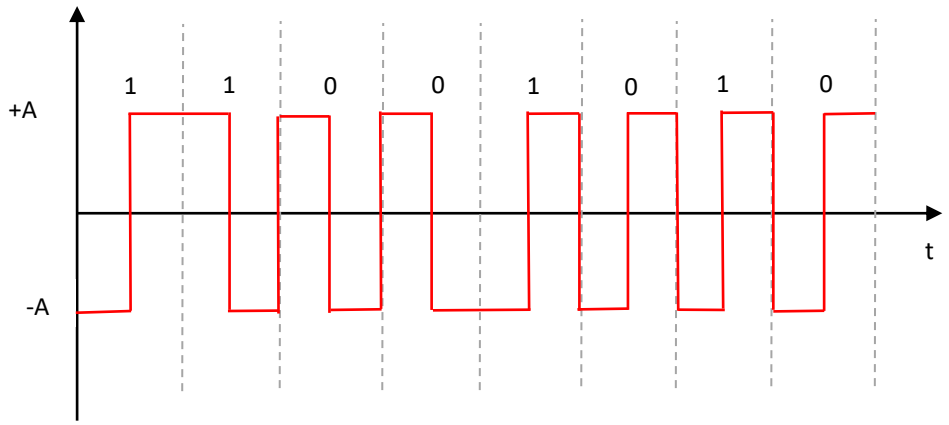


Slika 2.13. Primjer MANCHESTER koda

Manchester kod korišten je u ranim standardima fizičkog sloja *Ethernetate* se još uvijek se koristi u potrošačkim IR protokolima i RFID-u.

2.2.4. Diferencijalni Manchester kod

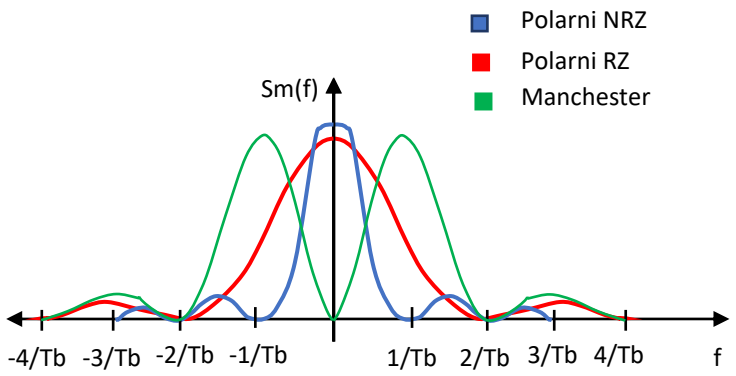
Diferencijalni Manchester kod kao što iz samog naziva možemo zaključiti sličan je Manchester kodu osim što se izmjenanaponske razine vrši samo pri pojavi bita „0“. [2]



Slika 2.14. Primjer DIFERENCIJALNOG MANCHESTER koda

Kao i kod Manchester koda ne postoji istosmjerna DC komponenta, odlična sinkronizacija, međutim javlja se potreba za većom širinom prijenosnog kanala.

Na slici 2.15. možemo vidjeti linijske kodove u frekvencijskoj domeni. Iz slike je vidljivo da je širina pojasa polarnog RZ i Manchester koda dvostruko veća od širine pojasa polarnog NRZ koda. Također možemo vidjeti da Manchester kod nema DC komponentu.



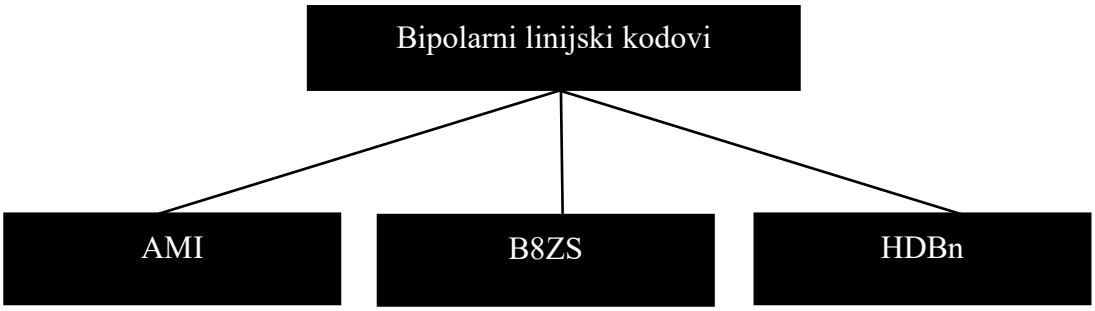
Slika 2.15. Polarni linijski kodovi u frekvencijskoj domeni

3. BIPOLARNI LINIJSKI KODOVI

Kod bipolarnih linijskih kodova postoje tri naponske razine: pozitivne, negativne i nula. Naponska razina za jedan podatkovni element je u nuli, dok se naponska razina za drugi element mijenja između pozitivnog i negativnog.[6]

Osnovni formati bipolarnih linijskih kodova su: (slika 3.1.)

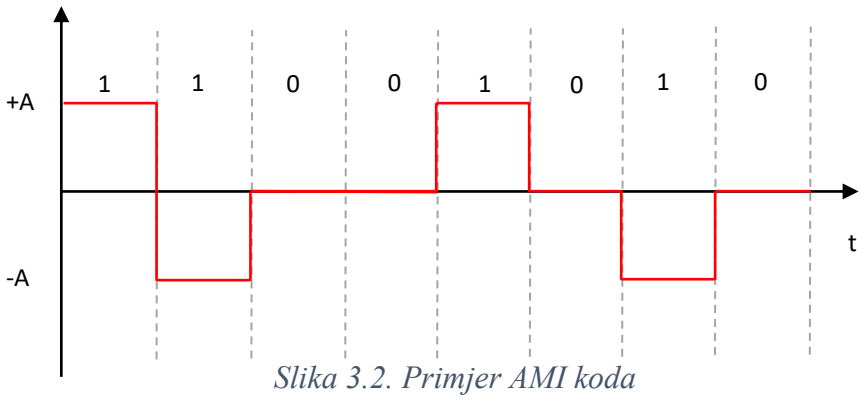
- AMI (*Amplitude Mark Inversion*)
- B8ZS (*Bipolar with 8 Ziro Substitution*)
- HDBn (*High Density Bipolar*)



Slika 3.1. Osnovni formati BIPOLARNIH linijskih kodova

3.1. AMI kod

AMI (*Amplitude Mark Inversion*) spada u linijsko kodiranje koje se koristi u telekomunikacijskim sustavima gdje naponska razina nula (0) predstavlja bit „0“, dok bit „1“ poprima pozitivne i negativne naponske vrijednosti (+A) i (-A). Svaki uzastopni bit „1“ koristi suprotnu naponsku razinu korištenu za prethodni bit „1“. Ovo naizmjenično kodiranje sprječava stvaranje DC komponente. Primjer jednog AMI koda prikazan je na slici 3.2..[7]



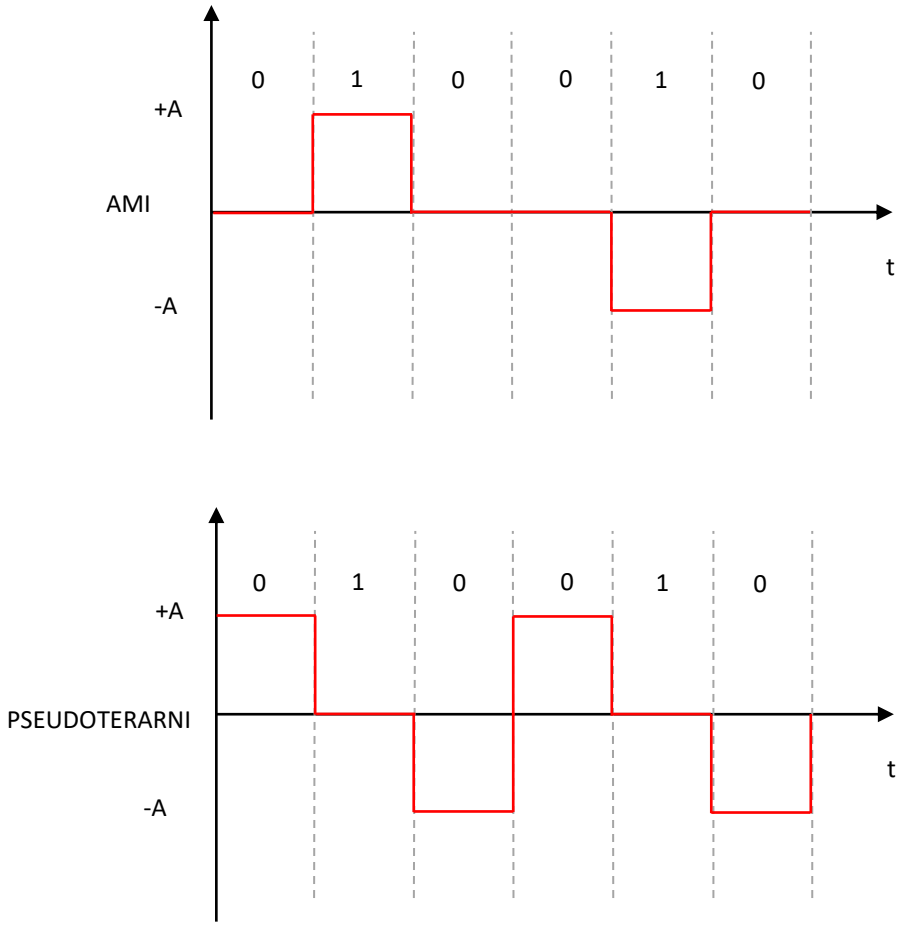
Slika 3.2. Primjer AMI koda

Kod AMI koda prilikom pojave dugačkih sekvenca „0“ gubi se sinkronizacija, to je sanirano kod drugih bipolarnih kodova koji su opisani u nastavku ovog završnog rada.

AMI kod s pseudoterarnom varijacijom naziva se Pseudoterarni binarni kod.

3.2. Pseudoterarni binarni kod

Pseudoterarni kod sličan je AMI kodu osim što naponska razina 0 predstavlja bit „1“, a naponska razine (+A) i (-A) predstavljaju bit „0“. [1]



Slika 3.3. Usporedba AMI i Pseudoterarnog koda

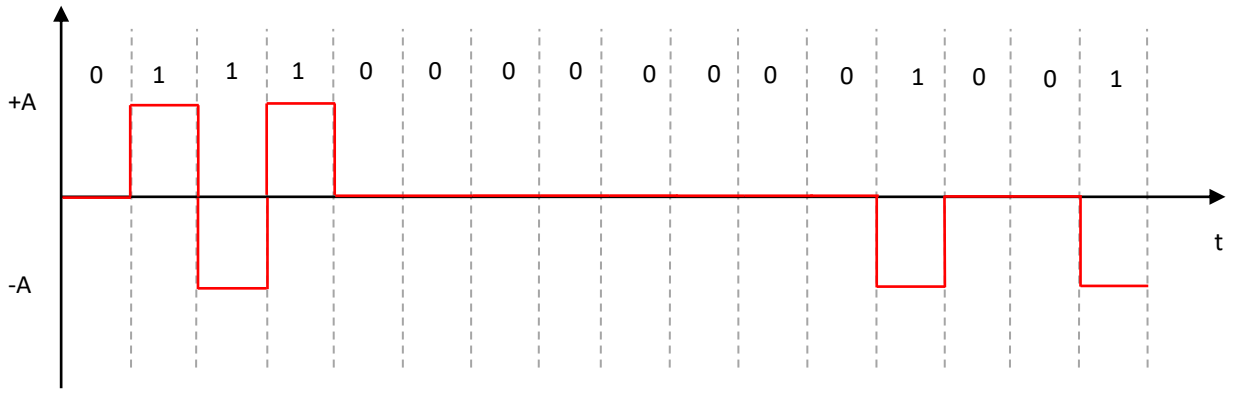
Koriste se u DS1 i E1signalima. Međutim ovom preinakom se nije riješio problem sinkronizacije.

3.3. B8ZS kod

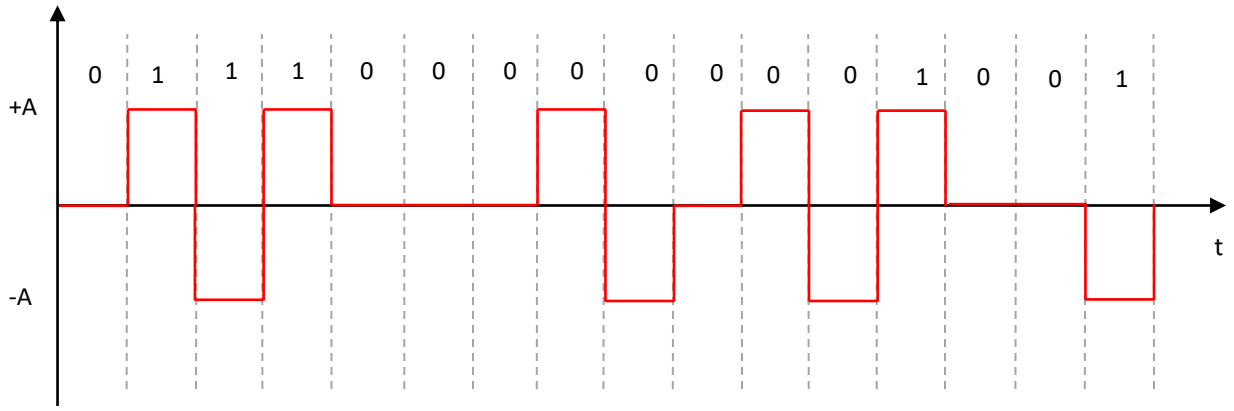
B8ZS (*Bipolar with 8 Zero Substitution*) radi na sličan način kao i AMI kod naizmjeničnim mijenjanjem polova za svaku binarnu jedinicu „1“. No, postoji problem s gubitkom sinkronizacije kada se šalje velik niz uzastopnih nula „0“. B8ZS pokušava riješiti taj problem umjetnim promjenama signala. Ti signali poznati su kao kršenja i nastaju kada se u bitnom toku dogodi osam uzastopnih nula (0). Kod B8ZS koda 8 uzastopnih „0“ zamijenjuje sekvencom 0 0 0 + - 0 + - ako je prethodni puls imao pozitivnu naponsku razinu ili 0 0 0 - + 0 + - ako je prethodni puls imao negativnu naponsku razinu.[6]

Tablica 3.1. Pravila B8ZS supstitucije

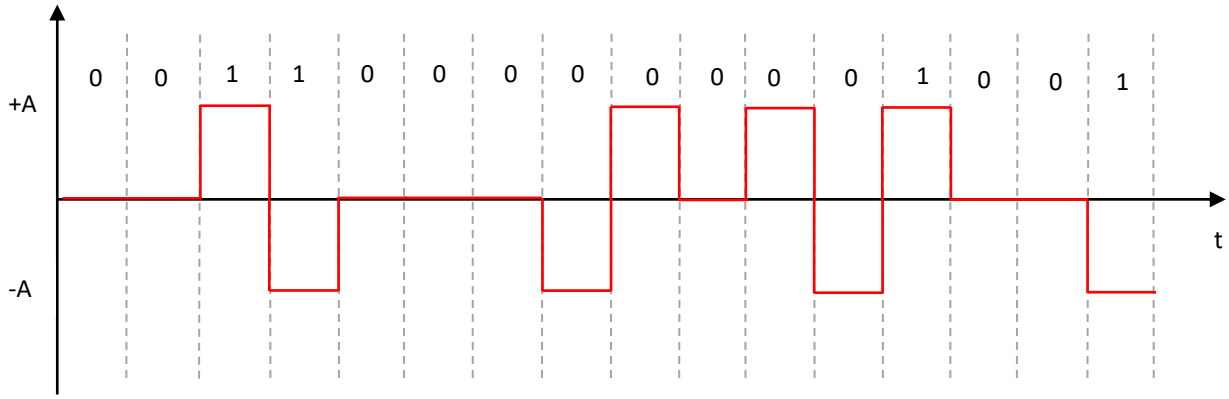
Prethodni impuls	Zamjenska sekvenca
-	000-+0+
+	000+-0+-



Slika 3.4. AMI kod



Slika 3.5. B8ZS (kada je prethodni impuls pozitivan)



Slika 3.6. B8ZS (kada je prethodni impuls negativan)

4. HDBn BIPOLARNI LINIJSKI KOD

HDBn (*High Density Bipolar*) kodove predložio je Croisier 1970. godine. HDBn kod je unaprijeđeni bipolarni kod koji osigurava prijenos bez obzira na broj uzastopnih nula . Posjeduje sve prednosti AMI koda, kao što su odsustvo istosmjerne komponente, uzak spektar, funkcija detekcije grešaka. Osnovna ideja HDBn koda je da kada se pojavi niz N+1 nula, ova grupa nula se zamjenjuje jednim od posebnih N+1 nizova. Jedan od glavnih linijskih kodova HDBn obitelji je HDB3 kod. U nastavku ovog završnog rada biti će opisani HDB1, HDB2 te najpoznatiji HDB3 kod.[4]

4.1. HDB1

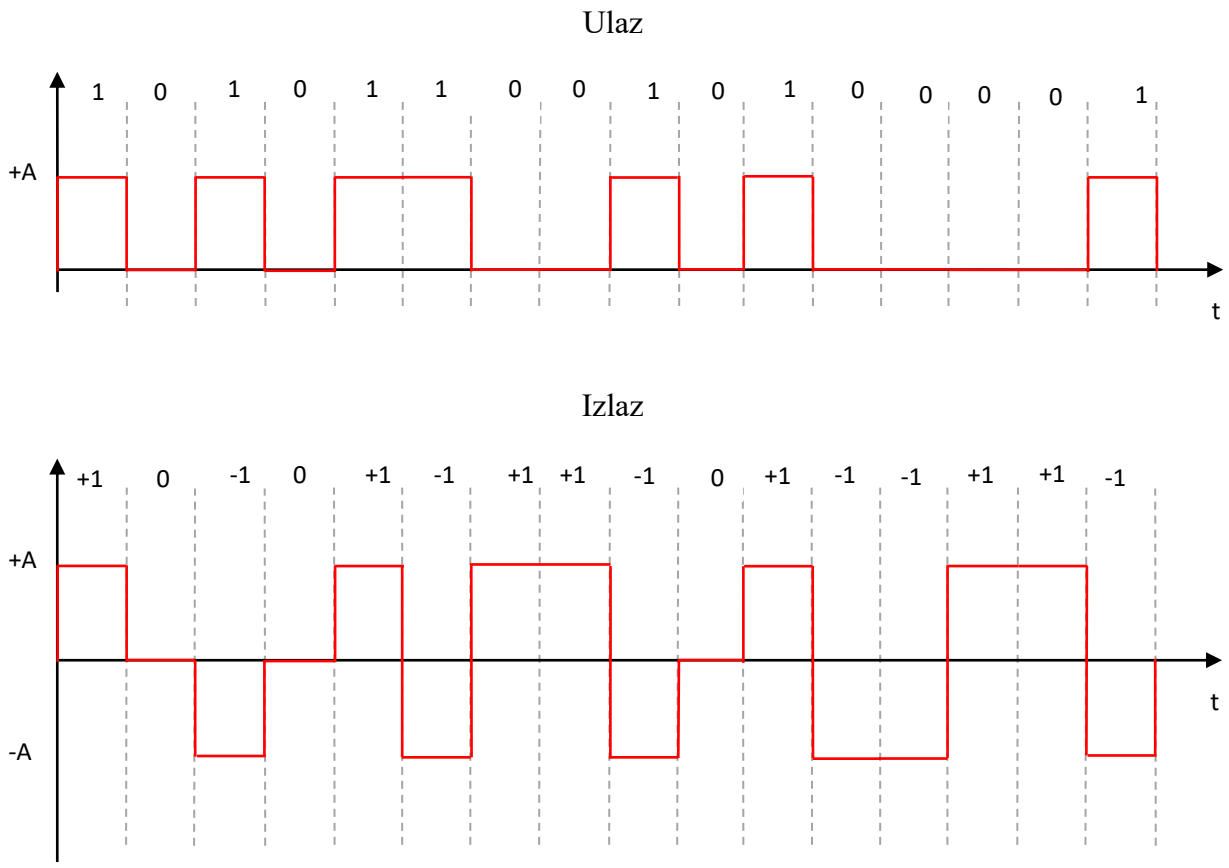
Ovo kodiranje pretvara binarnu sekvencu (0, 1) u terarnu sekvencu (0, +1, -1) na sljedeći način:

- Ulazna jedinica (1) se kodira kao +1 ilii -1
- Ulazi 00 se kodiraju kao + 1 + 1 ili -1-1
- Izolirani unosi nula (0), odnosno ulazi nula(0) koji ne slijede/nisu uz jedinice(1) te koji nisu upareni s drugim nulama (0) kodiramo kao 0
- Izlazi uvijek imaju alternativne signale. Ako je zadnji izlaz bio -1, a ulaz 00, sljedeći izlaz je kodiran kao + 1 + 1, ako je zadnji izlaz -1-1, a ulaz 1, sljedeći izlaz je +1.[8]

Primjer HDB1 kodiranja: (slika 4.1.)

Ulaz: 1 0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1

Izlaz: +1 0 -1 0 +1 -1 +1 +1 -1 0 +1 -1 -1 +1 +1 -1



Slika 4.1. Primjer HDB1 kodiranja

4.2. HDB2

HDB2 kod zamjenjuje niz od tri uzastopne nule sa nizom 00V ili B0V. Nadomjesni niz za tri nule može poprimiti dva oblika, sa svojstvom da između dva V impulsa bude uvijek neparan broj B impulsa:

- ako je broj B impulsa poslije zadanog V impulsa neparan, zamjenski niz za tri nule je 00V
- ako je broj B impulsa poslije V impulsa paran, zamjenski niz za tri nule je B0V[9]

Pravila HDB2 supstitucije nalaze se u tablici:

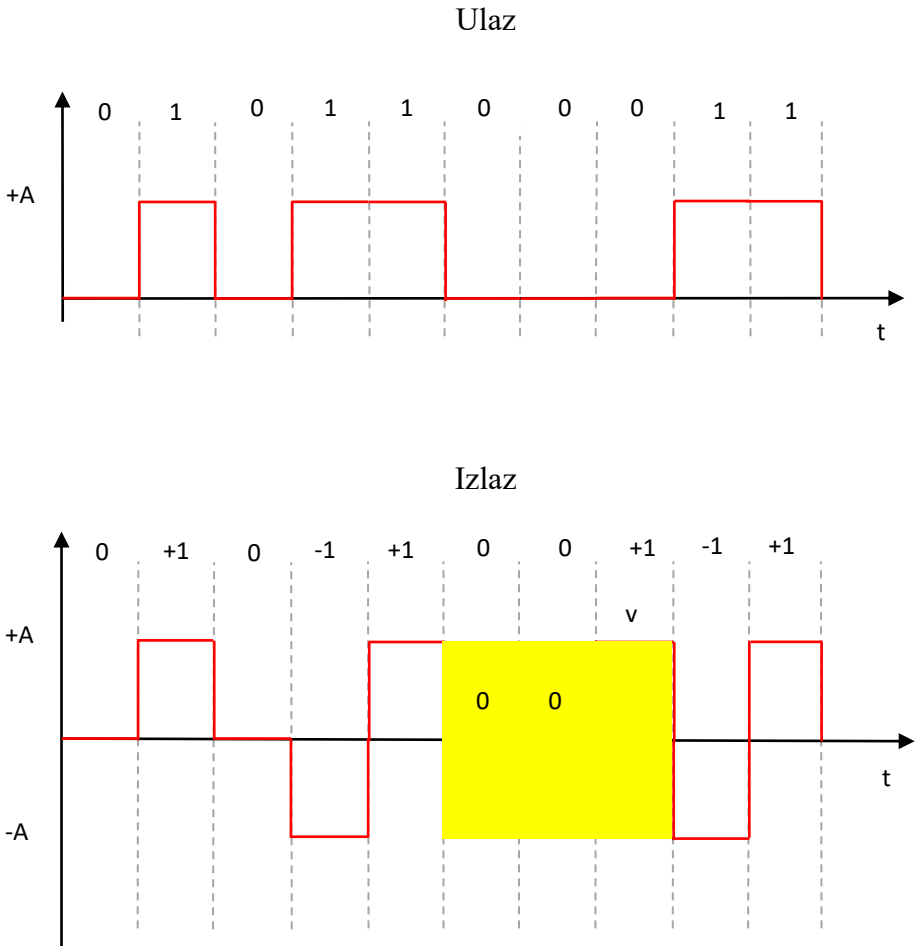
Tablica 4.2. Pravila supstitucije HDB2 koda

Polaritet prethodnog impulsa	Broj polarnih impulsa ('1') od zadnje substitucije	
	Neparna	**Parna**
-	00-	+0+
+	00+	-0-

Primjer HDB2 kodiranja: (slika 4.2.)

Ulaz:0101100011

Izlaz:0+10-1+100+1-1+1



Slika 4.2. Primjer HDB2 kodiranja

4.3. HDB3

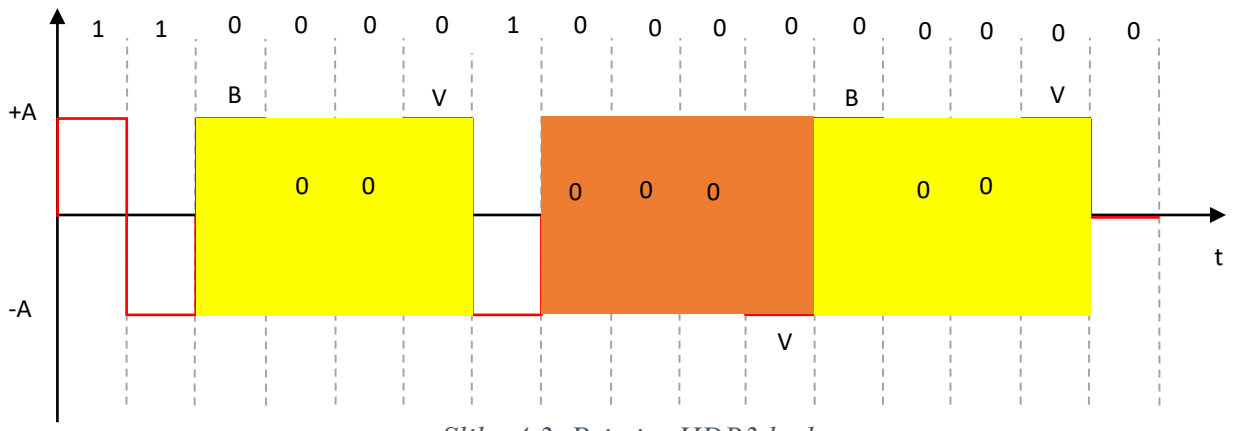
HDB3 je binarni linijski kod koji kada se pojavi više od tri uzastopnenule „0“zamjenjuje te uzastopnenule „0“ sa određenom sekvencom (nizom). Točnije, u HNB3 kodu svaki blok od četiri uzastopne nule „0“ zamjenjuje se nizom B00V ili 000V.Svaki put kada u kodu budu 4 uzastopne nule, zamijenit će ih bilo 000-, 000+, +00+ ili −00−. Da bismo odredili koju sekvencu želimo koristiti, moramo računati broj pluseva (+) i broj minus (-) od zadnjeg „V“ bita, a zatim oduzeti jedan od drugog. Ako je rezultat neparan broj, tada se koristi 000- ili 000+. Ako je rezultat paran broj, tada se koristi +00+ ili −00−. Da bismo odredili koji polaritet treba koristiti, moramo pogledati puls koji prethodi četiri nule. Ako se mora upotrijebiti oblik V, tada V jednostavno kopira polaritet zadnjeg impulsa, ako se mora upotrijebiti B00V oblik, tada će izabrani B i V imati suprotan polaritet posljednjeg impulsa.

Pravila HDB3 supstitucije nalaze se u tablici:[4]

Tablica 4.3. Pravila supstitucije HDB3 koda

Polaritet prethodnog impulsa	Broj polarnih impulsa ('1') od zadnje substitucije	
	Neparna	**Parna**
-	000-	+00+
+	000+	-00-

Primjer: HNB3 kodiranje binarnog niza (1100001000000000)

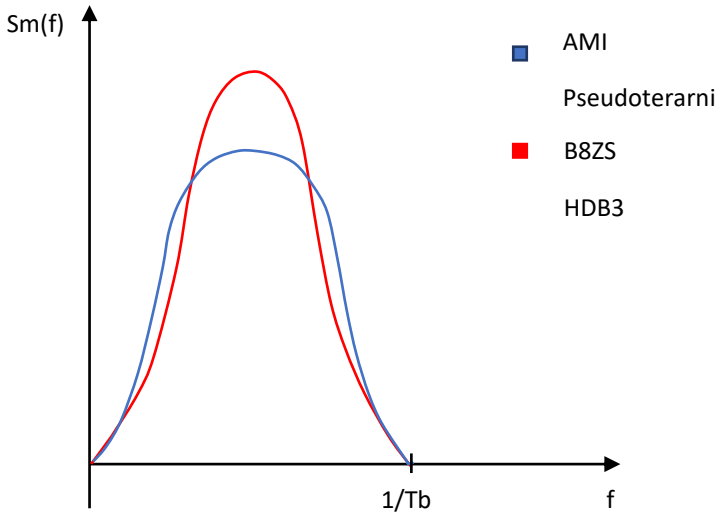


Slika 4.3. Primjer HDB3 koda

Ono što karakterizira HDB3 kod je da nema istosmjernu DC komponentu. Također, HDB3 kod uvijek ima dovoljno signala za vremensku regeneraciju jer nema više od tri uzastopne nule.

U kodiranju HDB3, kako je gore pokaznao, koriste se posebne sekvence od 000V i B00V, gdje B=1 odgovara binarnom pravilu , a V01 krši pravilo. Izbor niza 000V ili B00V je napravljen na takav način da uzastopni V impulsi izmjenjuju znakove kako bi izbjegli DC lutanje i održali DCnull u PSD-u. To zahtijeva da se koristi sekvenca B00V kada postoji paran broj i nakon posljednjeg posebnog slijeda i slijed 000V se koristiu kada postoji neparni broj 1 nakon posljednjeg slijeda. U B00V sekvenci su B i V kodirani istim impulsom. Dekoder mora provjeriti dvije stvari, bipolarne povrede i broj 0 prije svakog kršenja da bi se utvrdilo je li prethodna također zamijenjena.[3]

Na slici 4.4. prikazani su AMI, Pseudoterarni, B8ZS i HDB3 kod u frekvencijskoj domeni.



Slika 4.4. Bipolarni linijski kodovi u frekvencijskoj domeni

4.4. Upotreba HDBn kodova

HDB3 kod se koristina svim razinama europskog *E-Carrier*. *E-Carrier* je digitalni sustav za prijenos podataka koji se koristi u Europi, sličan sustavu *T-Carrier* kojeg koriste telekomunikacijski prijevoznici u Sjevernoj Americi i Japanu. Sustav *E-Carrier* kao osnovnu jedinicu oslanja se na digitalni signal 0 (DS0). E1 linija omogućuje pristup više DS0 kanala ukupnog kapaciteta 2.048 Mbits u sekundi. HDB3 kod se koristi preko G.703 E1 mreža pri brzinama 2.048 Mbit/s, 8.448 Mbit/s i 34. 368 Mbit/s u europskoj PHD digitalnoj tehnologiji.[5]

5. ZAKLJUČAK

U završnom radu su obrađeni binarni linijski kodovi. Linijskim kodiranjem prilagođavamo digitalni signal mediju preko kojega se treba prenijeti informacija. Kodiranjem nastojimo omogućiti učinkovit i pouzdan prijenos informacije. Teorija kodiranja općenito kontrolira pouzdanost prijenosa (kodiranje kanala) i utječe na efikasnost i kompresiju podataka prenesenog signala.Veliko zalaganje i trud uložen u proučavanjenačina prijenosa informacija i vrtoglavi razvoje tehnike u području telekomunikacija nameće potrebu stalnog istraživanja i pronalaženja sve učinkovitijih načina kodiranja. Izbor određenog para impulsa koji će predstavljati simbole „0“ i „1“ naziva se linijskim kodiranjem, a izbor se općenito vrši na temelju jednog ili više čimbenika koji su navedeni u ovom završnom radu. Prema tome, linijski kod se mora prilagoditi prijenosnom kanalu kako bi bio u skladu s karakteristikama medija kojim se prenosi.

Istarživanajepodručja linijskih kodova nije završeno. Pretpostavka jeda će to rezutirati novim saznanjima koji će omogućiti veće brzine prijenosa informacija ovisno o prijenosnom mediju koji se koristi. Nastavlja se tragati za načinima kodiranja koji će udovoljiti traženim zahtijevima u konkretnoj primjeni.

I. Literatura

[1] F. Jelač, Linijski kodovi u ADSL sustavima, Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologijan Završni rad, 2017..

[2] G.A.Amoakoh, Telecommunications Engineering: Principles And Practice, World Scientific Publishing Company Pte Limited, 2019..

[3] R.K.Jain, Principles of Synchronous Digital Hierarchy, 2013..

[4] D.A.Guimaraes, Digital Transmission: A Simulation-Aided Introduction with VisSim/Comm, Springer Verlag, 2010..

[5] D.R.Smith, Digital Transmission Systems, Springer-Verlag New York, 2004..

[6] P.C.Gupta, DATA COMMUNICATIONS AND COMPUTER NETWORKS, PHI Learning Pvt. Ltd, 2006..

[7] M.P.Clark, Data Networks, IP and the Internet, John Wiley & Sons, Ltd, 2003..

[8] R.Santarosa, »AMI and HDB1 Line Codes - VHDL Implementation,« 2006..

[9] A.Herriman, »“HDBN” HDB3/HDB2/B3ZS Ecoder/Decoder IP core Specification,« 2003..

II. Popis ilustracija

Slike

Slika 2.1. Slikoviti prikaz dobivanja digitalnog signala iz digitalne informacije 2
Slika 2.2. Tri osnovne grupe linijskog kodiranja 3
Slika 2.3. Primjer unipolarnog linijskog koda 3
Slika 2.4. Formati unipolarnih linijskih kodova 4
Slika 2.5. Primjer unipolarnog NON RETURN TO ZERO koda 4
Slika 2.6. Primjer unipolarnog RETURN TO ZERO koda 5
Slika 2.7. Unipolarni NRZ i unipolarni RZ u frekvencijskoj domeni 6
Slika 2.8. Formati polarnih linijskih kodova 6
Slika 2.9. Oblik NRZ-L 7
Slika 2.10. Oblik NRZ-M 7
Slika 2.11. Oblik NRZ-S 8
Slika 2.12. Primjer POLARNOG RETURN TO ZERO koda 8
Slika 2.13. Primjer MANCHESTER koda 9
Slika 2.14. Primjer DIFERENCIJALNOG MANCHESTER koda 10
Slika 2.15. Polarni linijski kodovi u frekvencijskoj domeni 10
Slika 3.1. Osnovni formati BIPOLARNIH linijskih kodova 11
Slika 3.2. Primjer AMI koda 11
Slika 3.3. Usporedba AMI i Pseudoterarnog koda 12
Slika 3.4. AMI kod 13
Slika 3.5. B8ZS (kada je prethodni impuls pozitivan) 13
Slika 3.6. B8ZS (kada je prethodni impuls negativan) 14
Slika 4.1. Primjer HDB1 kodiranja 16
Slika 4.2. Primjer HDB2 kodiranja 17
Slika 4.3. Primjer HDB3 koda 18
Slika 4.4. Bipolarni linijski kodovi u frekvencijskoj domeni 19

Tablice

Tablica 3.1. Pravila B8ZS supstitucije 13
Tablica 4.2. Pravila supstitucije HDB2 koda 17
Tablica 4.3. Pravila supstitucije HDB3 koda 18

III. Sažetak

Linijsko kodiranje se koristi za prijenos podatka digitalnog signala putem dalekovoda. Ovaj postupak kodiranja je odabran kako bi se izbjeglo preklapanje i izobličenje signala. Linijskim kodiranjem možemo omogućiti bolju detekciju i korekciju pogrešno primljenih bita, smanjiti razinu istosmjerne komponente signala te poboljšati sinkronizaciju bita između predajnika i prijamnika.

Linijske kodove možemo podijeliti u tri osnovne grupe: unipolarne linijske kodove, polarne linijske kodove te bipolarne linijske kodove. Razlike između kodova se očituje u razini signala kojom su definirana logička stanja „0“ i „1“.

Završnim radom opisani su linijski kodovi, bipolarni linijski kodovi sa njihovim karakteristikama, prednostima i nedostacima , te bipolarno kodiranje visoke gustoće i gdje se koriste.

Ključne riječi: linijsko kodiranje, unipolarni kod, polarni kod, bipolarni kod, signal, polaritet.

IV. Summary

Line coding is used for data transmission of a digital signal over a transmission line. This way of coding is chosen to avoid signal overlap and distortion. Line coding helps us with better detection and correction of incorrectly received bits, with reducing the level of the DC component of the signal and with improving bit synchronization among transmitter and receiver.

Line codes can be divided into 3 basic groups: unipolar line codes, polar line codes and bipolar line codes. Differences between codes are evident in the signal level by which logical states “0” and “1” are defined.

This final thesis describes line codes, bipolar line codes (their characteristics, advantages and disadvantages), high density bipolar coding and where all of them are used.

Key words: line coding, unipolar code, polar code, bipolar code, signal, polarity.

V. Životopis

Dubravka Doko rođena u Osijeku 03. siječnja 1998. godine. U razdoblju od 2004.-2012. godine pohađa OŠ „Vladimira Nazora“ Đakovo gdje je stekla osnovnoškolsko obrazovanje. Srednjoškolsko obrazovanje stekla u Gimnaziji Antuna Gustava Matoša Đakovo, prirodoslovno matematički smjer u razdoblju od 2012.-2016. godine. Od 2016. godine pohađa Fakultet elektrotehnike računarstva i informacijskih tehnologija, smjer Informatika.