

# ATV - Radioamaterska televizija

Ureja: **Mijo Kovačevič, S51KQ**, Cesta talcev 2/A, 3212 Vojnik, Telefon: 03 781-2210, <http://lea.hamradio.si/~s51kq>

## Digitalna televizija - uvod (1. del)

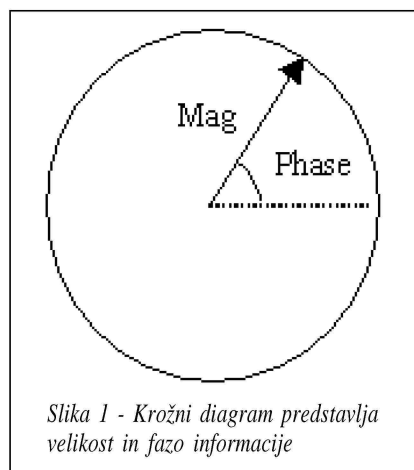
Mijo Kovačevič, S51KQ

ATV dejavnost je tako kot drugod po Evropi zelo popularna tudi v Sloveniji. Pri tem je masovno v uporabi 23cm pas. Prav tu sta nam na voljo dva relativno ozka segmenta, v katera komaj stlačimo dva analogna FM ATV kanala. In na njih imamo razporejenih trenutno deset ATV repetitorjev s kopico uporabnikov. Nema lokrat ste se verjetno že vprašali, kako bi v ta dva segmenta stlačili več kanalov. Z analogno tehnologijo je takšno razmišljanje verjetno utopično. Po drugi strani pa so vrata odprta na področjih digitalnih vrst oddaje. V tujini so se že zdavnaj spopadli z NICAM in PCM tonskimi (digitalnimi) podnosilci. Seveda gre razvoj tehnike naprej in pri nas bomo na žalost ali srečo ti dve stopnji razvoja ATV naprav morda kar preskočili. Glavni razlog za to je vsekakor vedno večja integracija sklopov in vezij v enovite čipe, ki so sestavni deli digitalnih enkoderjev - naprav za pripravo analognih AV signalov za digitalno oddajanje.

V nekaj nadaljevanjih bom poizkušal na čim bolj preprost in poenostavljen način opisati osnovne značilnosti DVB-S standarda (Digital Video Broadcasting for Satellite), ki se je v zadnjih dveh letih v Evropi uveljavil kot uspešen standard za uporabo na področju radiomaterske televizije. Opis se bo uglavnom nanašal na PEI1OK enkoder projekt. O samih hardverskih rešitvah DVB-S enkoderjev za radioamatersko uporabo je bilo nekaj govora že v preteklih dveh številkah biltena "ATVS novice", tokrat pa načenjamo teoretični del. Glede na to, da je marsikateri konstruktor nepoučen o načinu delovanja naprav, ki jih sestavlja, je pri DVB-S skoraj nujno, vsaj delno poznati osnove tega režima. Le tako bomo kasneje pri uporabi digitalne opreme lahko iskali vzroke za morebitne težave ali zaplete. Sestavki se bodo nanašali predvsem na DVB-S standard.

### Teorija digitalne video komunikacije

Do sedaj smo radioamaterji za ATV uporabljali dva načina moduliranja: AM (amplitudna modulacija), ki jo je kasneje zamenjala FM (frekvenčna modulacija) z zelo preprostimi oddajniki in boljšo kvaliteto slike. Pa pogledjmo najprej kakšna je razlika med AM in FM modulacijo. Pri AM je informacija, ki se oddaja predstavljena kot amplituda, vtisnjena v trajen VF nosilec. Pri FM načinu oddaje pa je informacija predstavljena kot variacija (odstopanje) širine nosilca od centra nosilne frekvence.



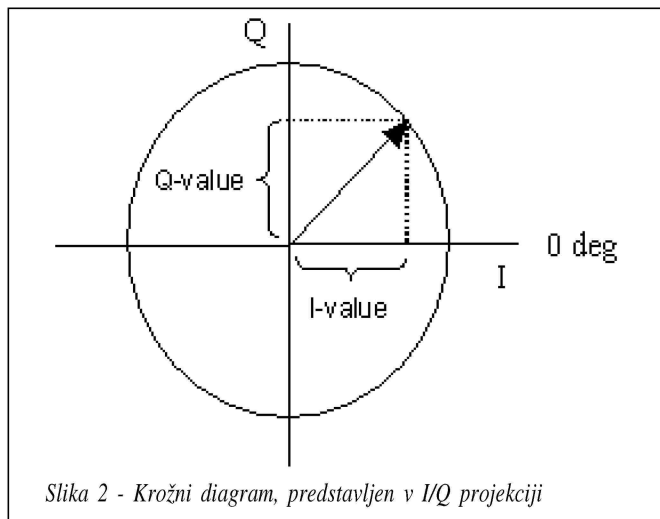
Slika 1 - Krožni diagram predstavlja velikost in fazo informacije

Digitalno modulacijo je moč izpeljati iz teh dveh analognih modulacij, s tem da je potrebno informacijo, ki jo bomo oddajali, pretvoriti včasih v fazo ali v amplitudo VF nosilca. V analogiji z matematiko lahko fazo in amplitudo nosilca glede na frekvenco (fc) prikažemo kot matematični vektor v krožnem diagramu (slika 1).

### I/Q in modulacija

Predstavljamo si, da vektor predstavlja VF nosilec s frekvenco 'fc', ki ima neko določeno izhodno moč (moč ustreza amplitudi - dolžini vektorja) in neko fazo (kot vektorja). Na primer: VF nosilec s konstantno izhodno močjo in spreminjajočim se faznim kotom, ki varira med 0 in 360 stopinj.

V tem primeru lahko prikažemo krožni diagram kot vektor z konstantno dolžino (amplituda), ki sledi krožnici kroga (slika 1). Pri digitalnih



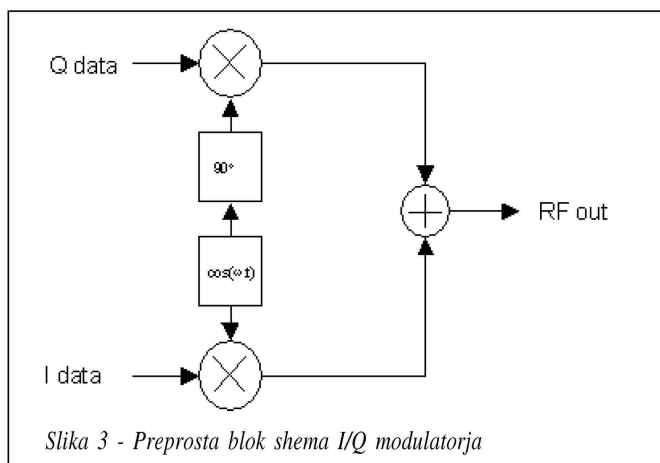
Slika 2 - Krožni diagram, predstavljen v I/Q projekciji

komunikacijah je ta polarni diagram predstavljen v kvadratni obliki, amplituda in faza VF nosilca pa z "I" in "Q" koordinatama, kot je prikazano na sliki 2.

Rezultat je prikazan kot pogoj med 'I' in 'Q', kjer projekcija vektorja po I osi leži na 0 stopinj (sofazna komponenta). Na drugi strani pa projekcija po Q osi leži zamaknjena za 90 stopinj (Quadraturna komponenta). Fazna in amplitudna informacija signala S(t) (naš vektor) z nosilno frekvenco fc je torej predstavljena kot I in Q pogoj po naslednji formuli:

$$S(t) = I(t) \cdot \cos(\omega_c \cdot t) + Q(t) \cdot \sin(\omega_c \cdot t) \quad (1)$$

Razmerje med  $\cos(\omega_c \cdot t)$  in  $\sin(\omega_c \cdot t)$  je 90 stopinj, kar nas pripelje do osnovne topologije modulatorja ali demodulatorja, kot je prikazan na sliki 3. V primeru moduliranja pripeljemo I in Q podatka na dva ločena mešalnika, ki sta priključena na lokalni oscilator ali VCO na osnovni frekvenci fc. Kot je vidno na sliki 3, je signal lokalnega oscilatorja pomaknjen za 90 stopinj, preden se zmeša v mešalniku na Q veji. Skoraj vsak digitalni modulator ali demodulator bazira na tem principu. Podatki, ki jih želimo oddajati, morajo biti pred moduliranjem kodirani v I/Q pare. V večini primerov je ta arhitektura zgrajena z digitalno logiko ali ASIC čipovjem, včasih pa tudi s pomočjo DSP procesorjev. To je lahko ena od pomembnejših prednosti digitalnih (de)modulatorjev.

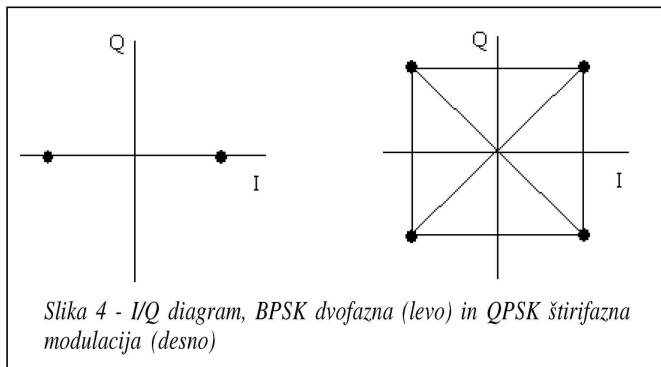


Slika 3 - Preprosta blok shema I/Q modulatorja

**Pregled digitalnih oblik modulacij**

I/Q modulator ima to prednost, da je sposoben delovati v kateremkoli načinu, na primer: MSK, GMSK, FSK, GFSK, BPSK, QPSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM in 256QAM. Pa si najprej pogledjmo preprosti digitalni modulaciji kot sta BPSK in QPSK. Pri BPSK (Bi Phase Shift Keying) sta definirani samo dve fazni stanji. Logična '0' predstavlja eno fazno stanje, logična '1' pa drugo. V digitalnih komunikacijah imenujemo to: fazno stanje simbola ali 'constellation point' simbola (Symbol). BPSK predstavlja en bit na simbol. QPSK je modulacija, pri kateri so definirana štiri različna fazna stanja. Ta štiri fazna stanja so lahko '0' ali '1'. To je doseženo tako, da je vsako fazno stanje (simbol) kombinacija dveh bitov. Torej pri QPSK vsak simbol vsebuje dva bita in je zaradi tega ta vrsta modulacije spektralno bolj učinkovita kot BPSK.

Slika 4 prikazuje BPSK in QPSK diagrama. Linije v diagramih prikazujejo različne poti, ki jim nosilec lahko sledi pri spremembi iz enega simbola v drugega.



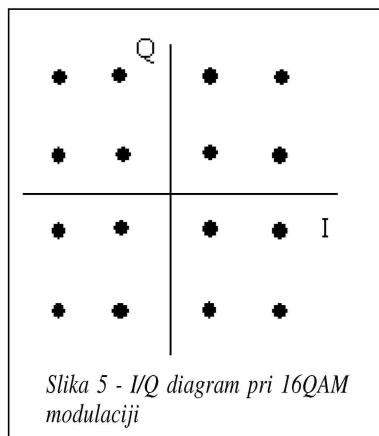
Slika 4 - I/Q diagram, BPSK dvofazna (levo) in QPSK štirifazna modulacija (desno)

QPSK se, recimo, uporablja za NICAM avdio modulacijo, kot tudi za DVB-S. QPSK je še posebej zanimiva modulacija za radioamaterske projekte. Še boljši frekvenčni izkoristek je moč doseči z uporabo digitalnih načinov moduliranja višjega reda: 16, 32, 64 ali celo 256 QAM (8 bitov na simbol). Te modulacije za razliko od QPSK in BPSK vsebujejo poleg fazne tudi amplitudno informacijo. Vendar pa modulacije z boljšo spektralno učinkovitostjo (več Bps/Hz) potrebujejo boljše razmerje signal/šum, torej tudi višjo oddajno moč!

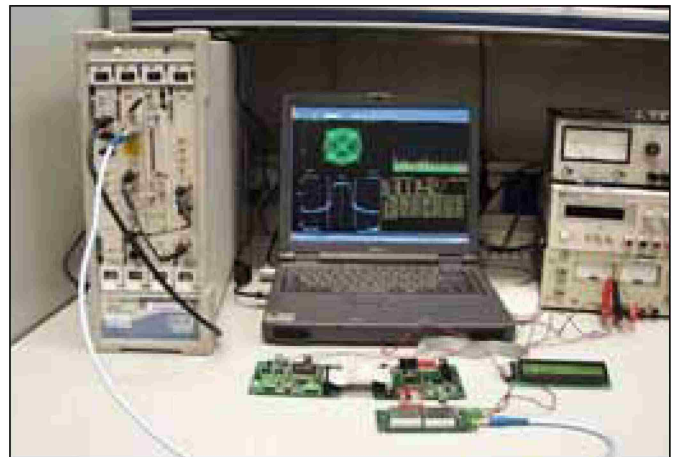
Šestnajst faznih stanj pri 16QAM je predstavljeno s štirimi biti. Šest bitov je potrebnih za 64QAM, medtem ko 256QAM potrebuje kar osem bitov na simbol. Oddajna hitrost pri digitalnih sistemih je določena z številom simbolov na časovno enoto in se prikazuje kot simbolna hitrost (Symbol rate ali SR). Simbolna hitrost pomnožena s številom bitov na simbol pa se imenuje bitna hitrost (bit rate).

Kot smo ugotovili, je pri večjem številu bitov na simbol večja spektralna učinkovitost, vendar so modulacije višjega reda zahtevnejše in so tudi manj odporne na napake pri prenosu. Te so običajno posledica šumov in popačenj. Ta predvidljiv problem v praksi poizkušajo rešiti z uporabo metode korekcije napak v naprej (Forward Error Correction) ali FEC. Standard določa, da se QAM modulacija uporablja za DVB-C (Digital Video Broadcasting on Cable). Tudi ta vrsta modulacije je lahko zanimiva za samograditelje, saj omogoča preprosto uporabo komponent, uporabljenih v modemih in sprejemnikih za digitalno kabelsko TV. Ti pa so v Evropi že do dobra razširjeni.

Slika 5 prikazuje konstelacijski diagram 16QAM modulacije. Razlika med vektorskim in konstelacijskim diagramom je v tem, da je pri slednjem prikazana samo fazna in amplitu-



Slika 5 - I/Q diagram pri 16QAM modulaciji



Slika 6 - PE1JOK DVB encoder med meritvami

dna informacija v ločenih simbolnih časih. Ti pa so tudi edini podatkovno pomembni trenutki, saj le takrat vsebujejo koristno informacijo.

Uvod v digitalne modulacije bomo zaključili s kratkim opisom FSK, GFSK, MSK in GMSK modulacij. Glede na dejstvo, da te modulacije ne vsebujejo amplitudnih sprememb nosilca, lahko rečemo, da izhajajo iz predhodnih tipov modulacij. To je pomembno dejstvo, saj pri potovanju skozi različne VF stopnje zaradi nelinearnosti ne prihaja do neželenih stranskih učinkov.

Te modulacije so bolj učinkovite in jih lahko uporabljamo z manj linearnimi VF ojačevalniki (B razred). Pri FSK (Frequency Shift Keying) se VF nosilec zamika po frekvenci glede na podatke (0 ali 1). FSK relativno slabo izkorišča frekvenčni spekter. To je moč izboljšati, če podatke pred modulacijo pošljemo preko Gaussian filtra.

GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) se uporablja v DECT standardu (Digital European Cordless Telephone). Gre za standard, vgrajen v hišne digitalne brezžične telefone, ki delujejo v pasu okoli 1880 MHz. Posebna vrsta FSK modulacije je MSK (Minimum Shift Keying), pri tem je devijacija izbrana tako, da pozitiven ali negativen frekvenčni zamik rezultira v faznem zamiku + ali - 90 stopinj.

Filtrirana verzija MSK modulacije se imenuje GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) in se uporablja v EU GSM telefoniji. Torej imata MSK in GMSK modulaciji zelo dobro spektralno učinkovitost in ta je zelo blizu tisti pri QPSK. Njuna prednost pa je v tem, da ju je moč uporabljati na nelinearnih ojačevalnikih, kar poenostavi gradnjo oddajnega sistema. Pri MSK je tudi ta razlika, da je to modulacijo moč izvesti samo z uporabo VCO-ja, vendar pa mora biti pri tem deviacija zelo natančna, da se dosežejo resnični zasuki za 90 stopinj.

Opisani načini moduliranja razen GFSK in GMSK v tem teoretičnem prikazu ne uporabljajo predhodnega filtriranja, kar v praksi privede do neželene - zelo široke zasedbe frekvenčnega spektra. To pa nikakor ni zaželeno. Zato je filtriranje I in Q signalov pred moduliranjem nujen postopek. O tem in o drugih postopkih pri digitalnem moduliranju pa bo govora v naslednjem nadaljevanju sestavkov o digitalnih modulacijah in televiziji.

Spektralna učinkovitost digitalnih modulacij	
MSK	1 bps / Hz
BPSK	1 bps / Hz
QPSK	2 bps / Hz
8PSK	3 bps / Hz
16QAM	4 bps / Hz
32QAM	5 bps / Hz
64QAM	6 bps / Hz
256QAM	8 bps / Hz

**Reference**

- (1) "Digitalni mostovi" tehnični seminar 2000  
Dr. Matjaž Vidmar, S53MV
- (2) "The future of Amateur television" 2002/03  
Henk Medenblik, PE1JOK  
Werner, PE1OBW
- (3) "Digital Amateur TV" 2001  
Thomas Sailer, HB9JNX/AE4WA  
Stefan Reimann, DG8FAC