

RTV KLUB MURSKA SOBOTA

DIGITALNI MOSTOVI

"HITRI PACKET RADIO"

Murska Sobota, september 2000

Izboljšani manchester modem

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Pomen DCD vezja pri packet radiu

Radioamaterski standard za digitalne packet-radio komunikacije, imenovan tudi protokol AX.25 (amaterska izpeljanka profesionalnega protokola X.25), je načrtovan tako, da mora vsak udeleženec v radijskem prometu stalno poslušati, če je radijski kanal zaseden ali ne in to iz več razlogov: da ne motimo drugih udeležencev v prometu in tudi, da ne motimo sami sebe: če nam sogovornik oddaja zaporedje okvirjev in naš računalnik ne posluša, kdaj je frekvenca zasedena, bo takoj potrdil prvi okvir. Ostanek paketa bo zato nujno uničen, pa tudi naš sogovornik ne bo sprejel naše potrditve, saj nam je v tistem trenutku še oddajal.

Nepravilno delujoče vezje za ugotavljanje zasedenosti kanala zato privede do nepotrebnega ponavljanja tudi pri kvalitetni radijski zvezi in v odsotnosti motenj drugih uporabnikov. Protokol AX.25 ima sicer dve inačici, verzija 1 in verzija 2, in v prvotni inačici 1 opisani slučaj privede celo do podiranja zveze! V novejši, izboljšani inačici 2 se zveza sicer ne podre, zaradi številnih ponavljanj pa se promet upočasnjuje faktor med 5-krat do 20-krat!

Prisotnost radijskega signala lahko ugotavljamo na več načinov. Skoraj vse radijske postaje, ki jih uporabljamo za packet-radio, imajo vgrajeno tudi vezje za skvelč. Slaba stran skvelča večine FM radijskih postaj je v tem, da je občutljiv na kakršenkoli radijski signal, tudi na motnje, in ne samo na packet-radio signale. Pomankljivost večine skvelč vezij je tudi ta, da so za packet-radio prepočasna.

Prisotnost packet-radio signala lahko detektiramo tudi v modemu. Takšno vezje imenujemo DCD (Digital Carrier Detect). Tudi tu imamo na izbiro več možnosti, predvsem glede na vrsto uporabljene modulacije. Nekateri modemi detektirajo enostavno prisotnost kakršnegakoli signala na vhodu, se pravi, da njihov DCD po delovanju ustreza skvelču postaje. Pri večini vrst modulacij lahko nadalje detektiramo razne pomožne tone (FSK) ali nosilce (PSK), ki so vedno prisotni le v packet-radio oddaji in

zato je delovanje takšnega DCD vezja bolj zanesljivo.

Nadalje se da detektirati prisotnost packet-radio signala tudi iz oblike prihajajočih impulzov. Pri packet-radio oddaji prihajajo bitki v pravilnem, enakomernem zaporedju, in na to zaporedje se mora sprejemno vezje sinhronizirati in izluščiti bitni takt. Če do sinhronizacije ne pride, je na vhodu prav gotovo prisoten le šum, in to se da izkoristiti za zanesljiv DCD. Takšen DCD je lahko vgrajen v sam modem, da se pa to narediti tudi kasneje, če modem ne vsebuje bitne sinhronizacije.

Če digitalni packet-radio prenos kodiramo zaradi vnaprejšnjega popravljanja napak pri prenosu, je DCD signal na razpolago tudi v vezju za korekcijo napak, saj ima zeleni signal prav gotovo manj napak kot pa šum ali motnje. Takšnega kodiranja z enkrat pri amaterskem packet-radiu sicer še ne uporabljamo, ga bomo pa prav gotovo uporabljali pri višjih hitrostih prenosa in digitalnih satelitskih zvezah, za povečanje dometa zvez in izločanje vpliva refleksij in drugih popačenj.

Končno se da prisotnost packet-radio oddaje ugotavljati tudi na nivoju okvirjev, saj okvirji vsebujejo na koncu tudi kontrolno vsoto (Cyclic Redundancy Check ali CRC), ki se izkaže za pravilno le pri željenih signalih, ne pa pri šumu. Zaradi velike dolžine okvirjev je tak način ugotavljanja prisotnosti signalov zelo počasen. Kontrolno vsoto se da izračunati šele takrat, ko je okvir v celoti sprejet, zato se ta način običajno ne uporablja.

Načrtovalci tovarniških TNCjev za packet-radio so se vedno izogibali načrtovanju dobrega DCD vezja. Verjetno je bila temu vzrok kopica drugih problemov, ki jih je bilo treba hkrati rešiti, da je izdelek lahko prišel pravočasno na tržišče in pa prepričanje "digitalnih" inženirjev, da se da vse probleme na tem svetu rešiti z enim ali dvema čudežnima chipoma. Vsi tovarniški TNCji, originalni ameriški in zanikrne evropske kopije, imajo običajno zelo slabo načrtovan celoten analogni del: modem, DCD in bitno sinhronizacijo.

Tovarniški TNCji uporabljajo kot modem v najboljšem slučaju te-

lefonski modem chip, AM7910 ali TCM3105. Oba sta sicer dobra modema, dosti boljše od verzij XR2206/XR2211, razpolagata pa le z DCDjem, ki je občutljiv na kakršenkoli signal, tudi na šum. Za telefonski modem je to povsem v redu, pri uporabi z radijsko postajo pa takšen modem enostavno prenese nalogo DCDja na skvelč postaje, ki ga je zato treba pravilno nastaviti. Nastavljanje skvelča je nerodna reč, hkrati pa skvelč s svojimi zakasnitvami reže tudi začetke koristnih signalov in tako upočasnjuje zvezo.

Načrt popravljenega in izboljšanega TNC2 sem že objavil v našem glasilu, v številki 5/90. Glavna izboljšava se nanaša prav na vezje DCDja in bitno sinhronizacijo. Izboljšani TNC2 vsebuje DPLL vezje za bitno sinhronizacijo, isto vezje pa izlušči tudi DCD signal. Takšna rešitev je preprosta in učinkovita zato, ker je neodvisna od vrste uporabljenega modema. V izboljšanem TNC2 se zato odlično obnese kar AM7910, ki je sicer odličen FSK modem za 300 bps in 1200bps, le njegov vgrajeni DCD za nas radioamaterje ni primeren.

V naslednji številki glasila, 1/91, je bil objavljen tudi manchester modem za opisani TNC2, primeren za delo z 2400bps z običajnimi ozkopasovnimi amaterskimi FM postajami ter z višjimi hitrostmi, 19200bps ali 38400 bps, z enostavnimi, doma izdelanimi širokopasovnimi FM postajami. Opisani manchester modem je bil sestavljen iz več TTL integriranih vezij. Ker že sam osnovni digitalni del izboljšanega TNC2 vsebuje učinkovito DCD vezje, sem se v prvotnem manchester modemu odločil privarčevati par integriranih vezij za svoj lastni DCD v modemu.

DCD vezje v modemu je tehnično vsekakor boljše rešitev od DCDja v bitni sinhronizaciji. Pri manchester modulaciji sta obe rešitvi podobni, saj vsebuje tudi manchester modem svoj DPLL. DPLL vezja se prožijo na spremembah nivoja vhodnega signala, pri manchester modulaciji pa je takšnih preskokov nivoja v povprečju trikrat več v moduliranem signalu kot pa v zaporedju demoduliranih bitkov. Zato je DCD v DPLLju manchester modema tudi

trikrat hitrejši od DCDja v DPLLju bitne sinhronizacije. Še več, DCD se mora sprožiti na začetku oddaje, na zaporedju zastavic. Vzorec ene zastavice vsebuje le dva preskoka nivoja, po manchester modulaciji pa kar 14 preskokov, se pravi, da je v tem slučaju DCD v modemu tudi do 7-krat hitrejši od DCDja v bitni sinhronizaciji TNCja!

Delovanje manchester modema z nepredelanimi ozkopasovnimi FM postajami na 2400bps dostikrat moti popačenje manchester signala v nizkofrekvenčnih stopnjah radijske postaje, predvsem pri nekaterih tovarniških postajah. Žal so sodobne tovarniške radijske postaje skoraj vse izdelane v SMD tehnologiji in je zato predelava zelo težka če ne že nemogoča. Iz popačenega signala je težje izluščiti podatke, bitni takt in tudi DCD signal iz bitne sinhronizacije. DCD v samem modemu je na taksna popačenja manj občutljiv.

Končno bo manchester modem z vgrajenim DCD vezjem zanimiv tudi za vse, pri nas sicer redke lastnike tovarniških TNCjev, ki zahtevajo od zunanjega modema tudi DCD signal. Pri načrtovanju novega manchester modema sem hkrati še izkoristil priliko in odpravil nekaj napak prvotnega vezja, kot je bilo divjanje vezja z nekaterimi primerki LS153, in

skušal bolje izkoristiti uporabljena integrirana vezja. Modemov DCD zahteva komaj dve dodatni integrirani vezji, zato vezje novega manchester modema ni bistveno bolj komplicirano od starega modema.

2. Vezje izboljšane manchester modema

Električni načrt izboljšane manchester modema je prikazan na Sliki 1. Tudi novi manchester modem vsebuje DPLL vezje, ki dela s 64-kratnim taktom prenosa podatkov, analogna vezja za prilagoditev signalov na radijsko postajo in preklap sprejem/oddaja izveden z multiplekserjem HC157. DCD zahteva še dodatni pomikalni register, dve EXOR vrata in napetostni komparator.

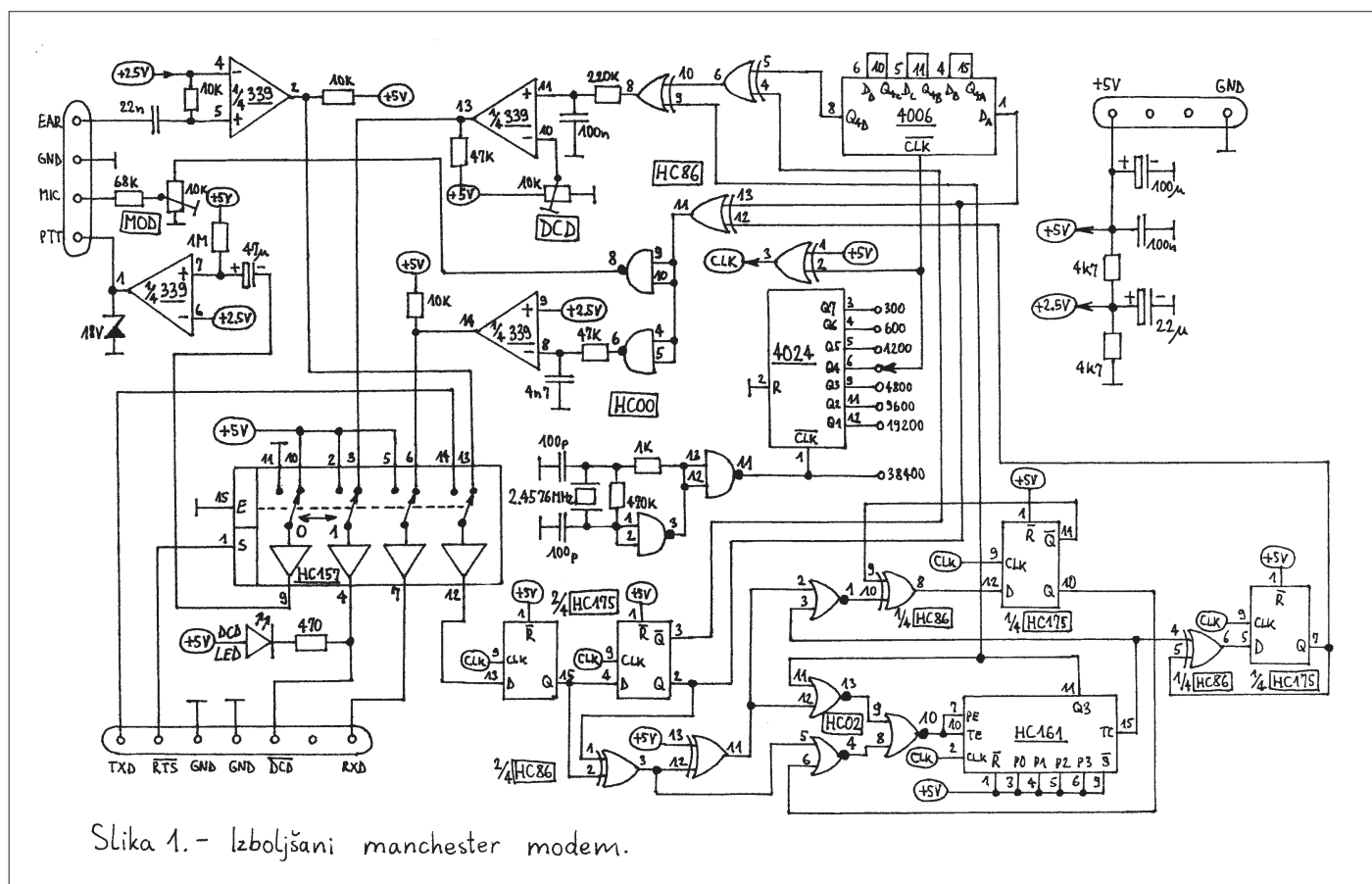
Osnova DPLL vezja je števec, ki deli taktno frekvenco s 64 in se da sinhronizirati na željeni signal. Števec sestavljajo, v vrsten redu deljenja, najprej samostojen flip-flop (1/4 HC175, nožice 10,11,12), ki deli frekvenco z 2, potem štiristopenjski števec HC161, ki deli frekvenco s 16 in končno še en samostojen flip-flop (1/4 HC175, nožice 5,6,7), ki deli z 2. Števec se sinhronizira tako, da se ob vsakem prehodu nivoja vhodnega signala popravi zaporedje štetja: na-

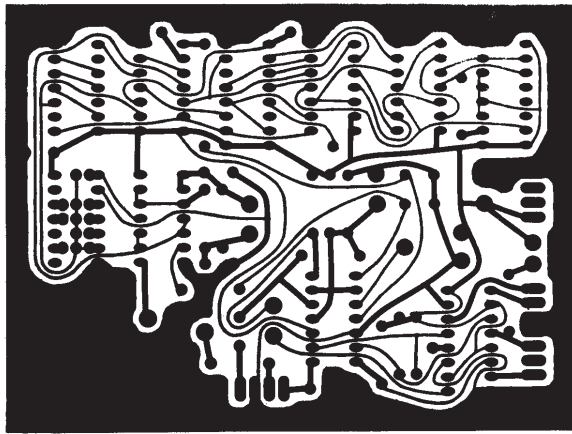
mesto za 1 se vsebina števca poveča za 2 oziroma ostane nespremenjena, pač glede na to, v katero smer jo je treba popraviti.

V prvotnem manchester modemu se je korak števca, 0, 1 ali 2 za vsak takti impulz, določal preko logike z vezjem LS153. Žal so nekateri primerki LS153 proizvajali na izhodu kratke impulze, ki so motili pravilno delovanje DPLLja. V starem manchester modemu je bilo zato včasih treba dodati kondenzator na določeno nožico vezja LS153. V novem vezju sem zato izločil multiplekser LS153 in namesto njega vgradil logiko iz navadnih vrat: HC02 in HC86, tako da se omenjeni motilni impulzi ne morejo več pojaviti.

Vezje za detekcijo prehodov nivoja je narejeno enako kot v starem modemu, se pravi dva D-flip-flopa (2/4 HC175, nožice 13,14,15 in 2,3,4) in EXOR vrata. Generator 64-kratnega takta je podoben, le da je namesto delilca LS393 tu uporabljen 4024. Ker je 4024 CMOS starejše izvedbe, je frekvenca kristalnega oscilatorja samo 2.4576MHz.

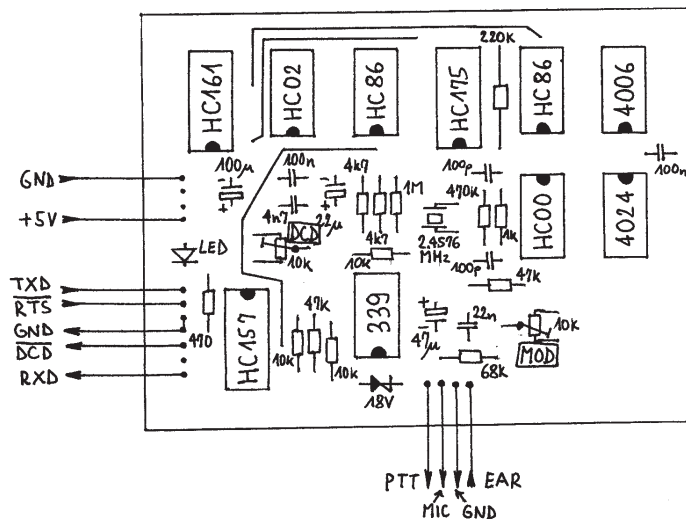
Z izbiro izhoda 4024 izberemo ustrezní takt za modem. Na Sliki 1. je prikazana povezava za 2400bps. Za 38400bps v modemu seveda ni treba vgraditi vezja 4024. Za hitrosti različne od 2400bps je treba seveda





Slika 2.

Tiskanina za izboljšani manchester modem.



Slika 3.- Razporeditev sestavnih delov za izboljšani manchester modem.

spremeniti tudi nekaj časovnih konstant (kondenzatorjev) v modemu! Pri spremembi hitrosti je treba nujno spremeniti vsaj kondenzator za filtriranje sprejetega signala (4.7nF, nožica 8 LM339) in kondenzator za časovno konstanto DCDja (100nF, nožica 11 LM339), po potrebi pa se sestavne dele na analognem vhodu in izhodu.

Večina analognih funkcij je izvedena z vezjem LM339, ki vsebuje štiri ojačevalnike - napetostne komparatorje. Eden od njih (nožice 2,4,5) je uporabljen zato, da ojača vhodni nizkofrekvenčni signal na TTL nivo. Drugi ojačevalnik (nožice 8,9,11)

sledi filtru, ki "očisti" demodulirani signal, enako kot v prvotnem manchester modemu. Nadalje je eden od ojačevalnikov (nožice 1,6,7) uporabljen v "kužapazi" vezju za preklon sprejem/oddaja. Izhod tega ojačevalnika naravnost krmili PTT vhod radijske postaje, saj ima LM339 vse izhode vrste "odprti kolektor". Vsi ostali ojačevalniki zato seveda potrebujejo upore proti +5V, PTT izhod je zaščiten z zener diodo za 18V proti prenapetostim, ki bi lahko prišle iz radijske postaje. En izhod LM339 sicer zdrži tok do 40mA, kar za krmiljenje sodobnih radijskih postaj običajno zadošča, za starejše postaje

s preklonom sprejem/oddaja z releji pa to ne velja! Končno je zadnja četrtnina LM339 uporabljena za primerjavo napetosti v DCD vezju.

DCD vezje je izvedeno nekoliko drugače kot v bitni sinhronizaciji izboljšane TNC2, čeprav je osnova za delovanje tega vezja ista: ugotoviti je treba, če se je DPLL sinhroniziral na sprejeti signal, oziroma če vhodni signal menja polariteto v pričakovanih trenutkih ali ne. DCD vezje vsebuje 16-bitni pomikalni register (vezje 4006) za zakasnitev signala za eno četrtnino periode enega bita. Vhodni signal se potem množi s svojo zakasnjeno različico v EXOR vratih (HC86 nožice 4,5,6), dobljeni produkt pa se s sinhroniziranim taktom dvojne bitne frekvence (izhod Q3, nožica 11 vezja HC161) v naslednjih EXOR vratih (HC86 nožice 8,9,10).

Ko je na vhodu modema prisoten samo šum, je rezultat vseh opisanih EXOR operacij povsem naključen, povprečna vrednost napetosti na izhodu je zato enaka polovici napajanja, se pravi 2.5V. Ko pa je na vhodu modema prisoten veljaven manchester signal in se je DPLL že ujel, bojo impulzi na izhodu prvih EXOR vrat sovpadali z regeneriranim taktom dvojne frekvence, povprečna napetost na izhodu drugih vrat bo zato nižja. Napetost na izhodu takšnega vezja seveda zavisi od zaporedja prihajajočih bitkov. Za zaporedje samih enic ali samih ničel je v idealnem slučaju povprečna napetost na izhodu DCD detektorja enaka nič, za izmenični vzorec (01010101) enic in ničel pa četrtnini napajalne napetosti (1.25V). V praksi seveda dobimo zaradi šumov in popačenj signala vedno višjo napetost!

Povprečne napetosti dobimo tudi tu z ustreznim RC členom (220 kohm/100nF), temu pa sledi primerjava napetosti z ustreznim ojačevalnikom (1/4 LM339, nožice 10,11,13). Prag DCDja nastavimo z ustreznim trimmerjem, LED dioda na sami ploščici modema pa nam bo olajšala delo.

Tudi izboljšani manchester modem uporablja isti DPLL na sprejemu in na oddaji, zato takšen modem ne more delati v duplexu, DPLL vezje pa je treba tudi ustrezno preklapljati. Vsi potrebni preklopi so izvedeni z integriranim vezjem HC157. HC157 tudi poskrbi, da imata oba izhoda modema, RXD in DCD, točno definirano stanje takrat, ko je modem na oddaji. V obratni smeri, proti radijski postaji, pa novi modem (za

razliko od starega!) tudi na sprejemu še vedno daje sicer neuporaben signal za modulacijo oddajnika.

3. Izdelava in nastavitvev manchester modema

Izboljšani manchester modem je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju dimenzij 75mmX100mm, ki je prikazano na Sliki 2. Večje število sestavnih delov žal zahteva večjo tiskanino od svojega predhodnika. Na tiskanini so tudi trije žični mostički, ki pa še ne upravičujejo znatno dražjega dvostranskega tiskane vezja. Razporeditev vseh sestavnih delov, mostičkov in priključkov je sicer prikazana na Sliki 3. Vsi upori so vgrajeni vodoravno, vzporedno s tiskano ploščico.

Vsi kondenzatorji naj imajo standardiziran razmak med nožicami 5mm. Kondenzatorji nad 1nF, ki se uporabljajo v RC členih za časovne konstante, naj ne bojo keramični ampak folijski (poliesterski). Pri razmaku nožic 5mm so vsi elektrolitski kondenzatorji nujno v izvedbi za pokončno vgradnjo.

Tudi kristal za 2.4576MHz je vgrajen pokončno, ohišje HC18 ima razmak med nožicama 5mm. Če uporabljamo kristal za višjo frekvenco (mnogokratnik 2.4576MHz), potem je treba vezje 4024 zamenjati s hitrejšim 74HC4024. Hitrost izbiramo z mostički na tiskanem vezju pod integriranim vezjem 4024. Na filmu za tiskano vezje je že povezan mostiček za 2400bps (s kristalom 2.4576MHz), ki ga je treba za drugačne hitrosti prekiniti ter potem zaliti s kapljo cina ustreznih mostiček. Za 38400bps pa enostavno ne vgradimo vezja 4024 in samo pocinimo ustreznih mostiček.

V izboljšanem manchester modemu so uporabljena (z izjemo LM339) izključno CMOS vezja bodisi stare družine 40xx, bodisi novejša vezja družine 74HCxx. Ker ni več nobene razlike v ceni, se starih vezij družine 74LSxx ne splača več uporabljati. Načrt izboljšane manchester modema zato ni prirejen za 74LSxx vezja! Seveda lahko uporabimo novejša 74ACxx ali 74HC40xx, če jih uspemo najti na tržišču, vendar omenjena hitrejša vezja v modemu niso potrebna.

Izboljšani manchester modem ima enako razporeditev kontaktov na priključkih kot vsi njegovi predhodniki, zato je nekaj kontaktov na priključkih tudi praznih, na primer na priključku

za napajanje. Modem lahko zato takoj preizkusimo na obstoječem ožičenju izboljšane TNC2, pri tem pa moramo seveda še vedno paziti na pravilno orientacijo priključkov.

Če hočemo izkoristiti DCD izboljšane manchester modema, je treba seveda spremeniti ožičenje med modmom in digitalnim delom TNCja. Bolj točno, prekiniti je treba povezavo DCD vhoda SIO vezja z vgrajenim DCD vezjem na ploščici TNCja (izhod LM311) in povezati DCD vhod na ustreznih izhodu modema. To seveda storimo na ožičenju TNCja, saj so vsi omenjeni izhodi in vhod na razpolago na vtičnicah, zato ni treba rezati povezav na tiskanini TNCja!

V izboljšanem manchester modemu je treba nastaviti dva trimerja: prag DCD vezja in nivo modulacije. Trimer za prag DCD nastavimo tako, da se DCD LED ustrezno prižiga ob prihodu pravilnega signala in ugasne pri šumu, motnjah ali drugih signalih. Točna nastavitve tega trimerja zavisi tudi od tega, kako uporabljamo DCD vhod program v samem TNCju. Za večino programov je najprimerneje, da nastavimo DCD trimer tako, da se v odsotnosti signala (šum iz radijske postaje na vhodu modema) DCD LED komaj začne svetlikati, v prisotnosti signala pa gori brez mežikanja. V tem slučaju bo napetost na drsniku trimerja le malo manjša od polovice napajalne napetosti modema (2.5V).

Trimer za nivo modulacije ima povsem enako nalogo kot v prvotnem manchester modemu. Glede na uporabljeno radijsko postajo je treba včasih tudi zmanjšati vrednost upora 68kohm na izhodu modema. Pri delovanju modema s hitrostjo 2400bps in nepredelanimi ozkopasovnimi FM postajami se običajno izkaže, da se splača nekoliko prekrmiti mikrofonski ojačevalnik v postaji. Na ta način se popačenja impulzov nekoliko zmanjšajo, še posebno, če hkrati zmanjšamo deviacijo postaje s trimermom, ki sledi omejevalniku modulacije v mikrofonskem ojačevalniku radijske postaje.

Manchester modulacija s hitrostjo 2400bps potrebuje širši nizkofrekvenčni pas od FSK 1200bps modulacije, zato je tudi bolj dovzetna za popačenja v nizkofrekvenčnem delu postaje. Pri doma izdelanih FM postajah si lahko privoščimo predelavo, če je to potrebno. Težje je s tovarniškimi postajami, še posebno z miniaturnimi voki-tokiji, ki jih je zelo

težko ali pa nemogoče razdreti. Čeprav so med različnimi modeli in različnimi proizvajalci velike razlike, in celo med različnimi primerki istega modela istega proizvajalca, imajo vsi tovarniški voki-tokiji običajno isti problem: oddaja z manchester modmom še nekako gre, sprejem pa nikakor!

Vzrok za slab sprejem je seveda v nizkofrekvenčnem ojačevalcu v postaji. Proizvajalec je v miniaturizirani voki-toki vgradil tudi zelo majhen zvočnik, ki zelo slabo reproducira nizke tone modulacije. To je skušal popraviti tako, da je nizke tone nalašč pretirano poudaril v nizkofrekvenčnem ojačevalcu. Takšna postaja je običajno neuporabna za manchester modulacijo in celo 1200bps FSK sprejema s težavo in z obilico ponavljanj. V tem pogledu so se najslabše izkazali izdelki proizvajalca ICOM, ki so za packet-radio skoraj vsi neuporabni.

Če sumimo, da je vzrok slabega sprejema packet-radio signalov, s kakršnimkoli modmom, v popačenju nizkofrekvenčnega signala, lahko poskusimo srečo z vstavljanjem različnih RC členov med modem in postajo. Na sprejemu se običajno izkaže koristen visokopropustni RC člen, na oddaji pa je kakšenkrat treba poudariti nizke tone, da tako kompenziramo pretirani preenfazis nekaterih FM radijskih postaj.

Na koncu tega članka sem dolžan še pojasniti: manchester modem ni PSK modem, kot to marsikdo pri nas napačno imenuje! Pri manchester modulaciji mora biti nosilec sinhroniziran s podatki, kar pri PSK ni nujno in običajno tudi ne drži. Se pravi, oddajo manchester modema se v teoriji da sprejemati s PSK modmom, obratno pa ne gre. Iz istega razloga manchester modmov ne moremo uporabljati s SSB radijskimi postajami, saj pri SSB prenosu ni zagotovljena točnost frekvence, kaj šele faze signala. Zato bi z uporabo manchester modmov s SSB postajami le občasno uspeli prenesti kakšen kratek paketek, večino oddanih okvirjev pa ne bi mogli več demodulirati. PSK modem potrebuje drugačen detektor prehoda nivojev za pravilno sinhronizacijo DPLLja, tako da lahko popravi tudi manjša odstopanja v frekvenci in fazi nosilca.