

RTV KLUB MURSKA SOBOTA

DIGITALNI MOSTOVI

"HITRI PACKET RADIO"

Murska Sobota, september 2000

Popravljeni in izboljšani TNC2

Matjaž Vidmar, YT3MV

1. Težave s tovarniškimi TNCji

TNC je kratica za "Terminal Node Controller", po domače čarobna škatla, ki jo vstavimo med amatersko radijsko postajo in ASCII terminal ali pa računalnik in potem se lahko gremo packet-radio. Kaj vse počne oziroma naj bi pošel TNC, si lahko prečitamo v bogati literaturi o packet-radu, vključno s skripto seminarja ZRS na isto temo. V tem članku se bomo zato omejili na samo konstrukcijo TNCja, njene pomanjkljivosti in možne izboljšave.

Seveda se se noben izdelek na tem svetu ni rodil popoln in to velja se posebno za naprave, ki so morale povezati med sabo zelo različna področja. Taka naprava je prav gotovo tudi TNC, ki povezuje radioamaterstvo z računalništvom in se zato mora prilagoditi zahtevam obeh strani. Ker je packet-radio danes že zelo razvita radioamaterska dejavnost, obstaja seveda cela množica različnih naprav, ki nosijo ime TNC. Tu se bomo omejili na eno izmed najbolj razširjenih in uspešnih naprav, imenovano TNC2, ki jo je razvila skupina TAPR (eni od začetnikov packet-radia) v mestu Tucson v Arizoni (ZDA).

Izvirni TAPRov TNC2 je bil najprej na razpolago samo kot sestavljanica, kaj kmalu pa so ga zaceli izdelovati številni proizvajalci radioamaterske opreme, od velikih tovarn do obrtnikov in seveda številnih amaterjev konstruktorjev. Čeprav so nekatere tovarne poskušale s svojimi TNCji (Kantronics itd), se nobeden od drugih izdelkov ne more primerjati po številčnosti, niti po razpoložljivi programski opremi s TNC2. Nekateri zelo pomembni programi, na primer software za vozlišča packet-radio omrežja NETROM ali TheNet, so sploh na razpolago samo za TNC2!

TNC2 ne uporablja ravno najmodernejših sestavnih delov: TAPRov izvirnik je bil zasnovan na mikro-računalniku Z80CPU in HDLC kontrolerju Z80SIO, vse kasnejše kopije pa se razlikujejo le v obrobni detailih, kot so na primer različni modemi, saj sicer ne bi mogle biti softversko kompatibilne z izvirnim TNC2. Malo bolj različen je le TNC220, ki uporablja namesto

Z80SIO-0 novejšo integrirano vezje Z8530. Z80SIO-0 in Z8530 sta si sicer podobna, a softversko nista povsem kompatibilna, zato so večino programske opreme za TNC2 morali posebej prirediti tudi za TNC220.

Kot vsaka uspešnica je tudi TNC2 imel v začetku tudi nekaj manjših napak, softverskih in hardverskih. Napake v programski opremi se je dalo zelo enostavno odpraviti: stari EPROM se je enostavno zamenjal z novim, ko je bil na razpolago nov program. Po drugi strani pa je ostalo vezje TNC2 skoraj nespremenjeno: edino RAM se je povečal na 32 kbajtov. Relativno redkim napakam izvornega TAPRovega vezja pa so se pridružile številne druge konstrukcijske napake, predvsem v nekvalitetnih kopijah izdelanih v Evropi in drugod.

Napake TNC2, predvsem nekvalitetnih kopij, pridejo se posebno do izraza, ko se TNC2 uporablja kot vozlišče v packet-radio omrežju. Vozlišča so nameščena v težko dostopnih krajih, običajno na gorskih vrhovih, in vsak poseg s strani vzdrževalcev zahteva dosti časa. Medtem ko nepravilno delovanje uporabniškega TNCja prizadene samo enega uporabnika, nepravilno delovanje vozlišča prizadene vse lokalne uporabnike tega vozlišča in lahko moti delovanje celotnega omrežja. Zato packet-radio omrežje zahteva res kvalitetne TNCje.

Napake večine izvedenk TNC2 se da opisati v naslednjih točkah (po pomembnosti):

A) Skoraj noben TNC2 ne vsebuje res zanesljivega vezja za RESET lastnega mikroročunalnika. Običajno zadošča že kratka prekinitev oziroma nihaj napajalne napetosti in program v TNC2 "se obesi" (po ameriško "hangs up"). Škoda niti ni v izgubljenih podatkih in podrtih zvezah, pač pa v tem, da pojav zahteva ročno ukrepanje operaterja: pritisniti RESET tipko. V slučaju vozlišča to običajno pomeni nepredviden izlet v hribe za SYSOPa...

B) Noben tovarniški TNC2 ne vsebuje vezja za zaščito vsebine RAMa. Pri tem mala NiCd baterija prav nič ne pomaga, če podatke v RAMu slučajno mikroprocesor "po-

vozi" ob vklopu ali izklopu napajanja. Končni rezultat je isti kot pri nezanesljivem RESETu: zahteva ročno ukrepanje operaterja.

C) Izvirni TAPRov TNC2 je vseboval "state-machine" (stroj stanj) z EPROMom za regeneracijo takta pri sprejemu. Vsi izdelovalci kopij TNC2 so to zelo koristno vezje preprosto izločili in ga nadomestili z enostavnejšim števcem 74LS393). Električne lastnosti nadomestnega vezja so dosti slabše: sprejem šibkih in popačenih (refleksije) signalov je postal nemogoč!

D) Večina TNC2 ne vsebuje DCD vezja (Digital Carrier Detect), ki bi v resnici dobro delovalo ter zahteva uporabo skvelča postaje. Pravilna nastavitve skvelča je umetnost zase, razen tega pa uporaba skvelča povečuje (sicer nepotrebne) zakašnitive, ki nazadnje upočasnjujejo delovanje sistema.

E) Dekodiranje naslovov, predvsem pa A15, ni najboljše izvedeno in zahteva za 50ns hitrejši EPROM od tistega, ki bi bil sicer potreben. Teh 50ns je dragocenih predvsem pri delovanju pri višjih taktih frekvencah (10MHz za 38400bps).

F) RS-232 interface in ustrezni napajalnik so običajno izvor težav, se posebno, ko se dva ali več TNCjev poveže v vozlišče, kjer RS-232 nivoji sploh niso potrebni.

G) Mnogi TNC2, predvsem nekvalitetne kopije, imajo še vrsto specifičnih napak, povzročenih predvsem zaradi neznanja njihovih načrtovalcev.

Ker smo v Sloveniji potrebovali večje število kvalitetnih TNCjev za izgradnjo packet-radio omrežja, sem se odločil, da razvijem lasten, izboljšan TNC2 in se na ta način izognemo zamudnemu "krpanju" razpoložljivih tovarniških TNCjev, ki navsezadnje niti niso bili poceni, ne v kitu in ne sestavljeni.

Seveda mora biti novi TNC 100% softversko kompatibilen s standardnim TNC2, zato je osnovno vezje mikroročunalnika ostalo isto: Z80 CPU, Z80SIO-0, EPROM in RAM. Dodani pa so bili: zelo zanesljiv RESET, vezje za zaščito vsebine RAMa, state-machine za regeneracijo sprejemnega takta in povsem digitalni DCD, ki ne potrebuje skvelca. Čeprav

vezje novega, izboljšanega TNC2 vsebuje se druge manjše popravke, so vse dodatne funkcije izvedene s standardnimi integriranimi vezji družine 74LSxx in hkrati novi TNC2 ne vsebuje več integriranih vezij kot tovarniški TNCji!

Iz praktičnih razlogov je vezje novega, izboljšanega TNC2 razdeljeno na tri module: digitalni del, modem in napajalnik. Digitalni del vsebuje mikroročunalnik in predstavlja glavno izboljšanega TNC2. Digitalnemu delu priključimo enega od dveh različnih modemov. Prvi modem je standardni AFSK modem z integriranim vezjem 7910 za 1200bps (UKV) ali 300bps (KV). Drugi modem je Manchester modem, ki lahko dela do 2400bps s standardnimi UKV FM postajami in do 38400bps s širokopasovnimi FM postajami.

Napajalnik vsebuje tudi vezje za RESET in malo NiCd baterijo za hranjenje podatkov v RAMu, ko je glavno napajanje izključeno. Seveda zadošča en sam napajalnik za več TNCjev, na primer v vozlišču z več vhodi. Za povezavo več kot dveh TNCjev v vozlišče je nazadnje opisano se vezje za povezavo med TNCji.

2. Digitalni del (mikroročunalnik) izboljšanega TNC2

Blok shema digitalnega dela izboljšanega TNC2 je prikazana na Sliki 1. in je zelo podobna ostalim izvedenkam TNC2, z izjemo opisanih dodatkov: state-machine na sprejemu, učinkovit DCD in vezje za zaščito vsebine RAMa. Električni načrt je razdeljen na dva dela iz čisto risarskih razlogov.

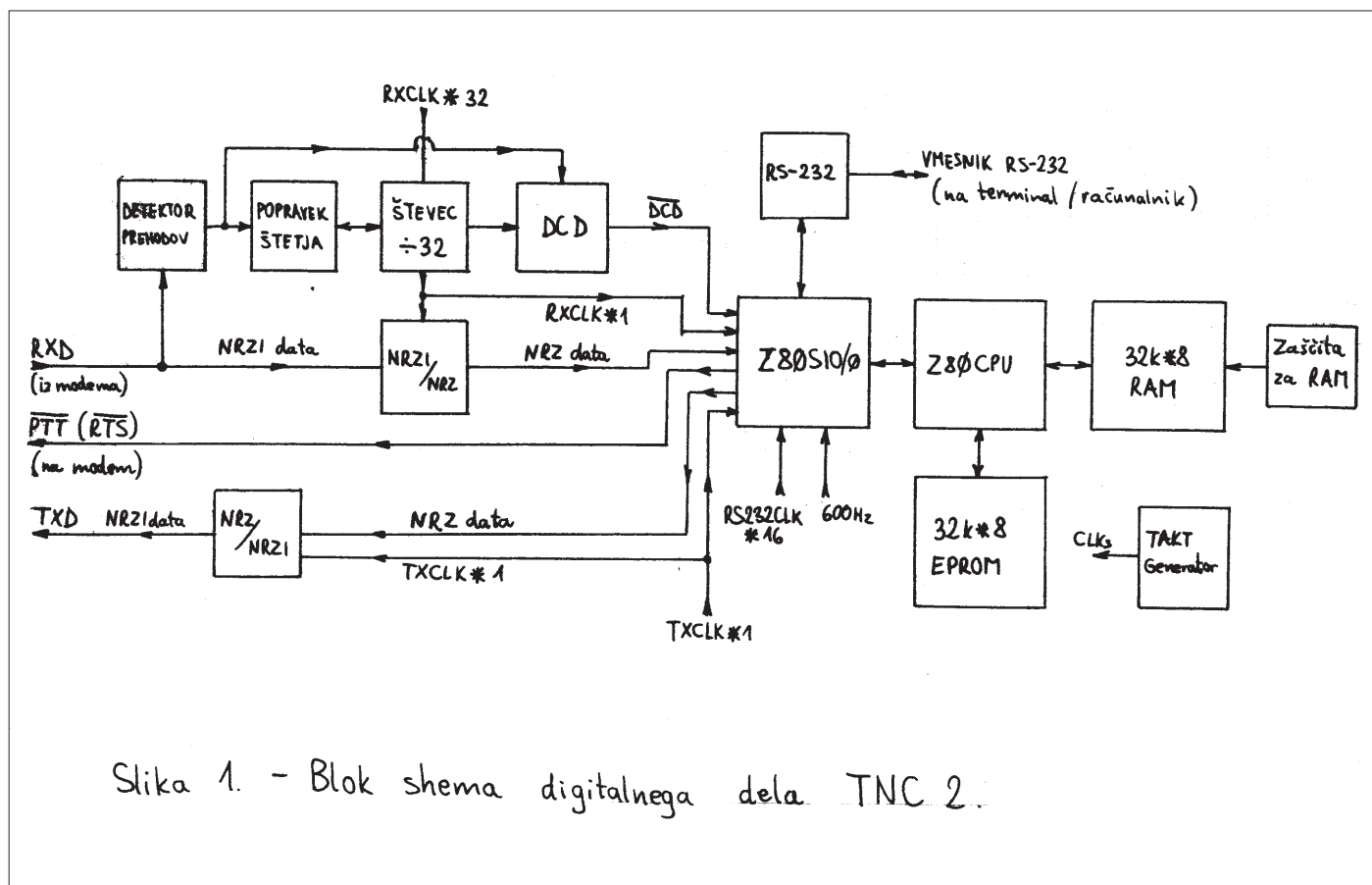
Prvi del načrta je prikazan na Sliki 2. in prikazuje zaporedne vmesnike: integrirano vezje Z80SIO-0 in pripadajoča pomožna vezja. Integrirano vezje Z80SIO-0 je bilo pravzaprav eno prvih vezij za sinhrono zaporedne vmesnike za delo po protokolu HDLC, ki se uporablja tudi za amaterski packet-radio, zato Z80SIO-0 potrebuje se nekaj zunanje logike. Z80SIO-0 predvsem ni sposoben sam regenerirati sprejemnega takta in za to nalogo potrebuje zunanje vezje, običajno DPLL. Razen tega Z80SIO-0 zna delati samo s kodo NRZ, kjer visok nivo ustreza logični enici in nizek nivo logični ničli. Pri packet-radiu pa se uporablja NRZI (diferencialno) kodiranje: sprememba nivoja ustreza logični ničli, stalen nivo signala pa logični enici.

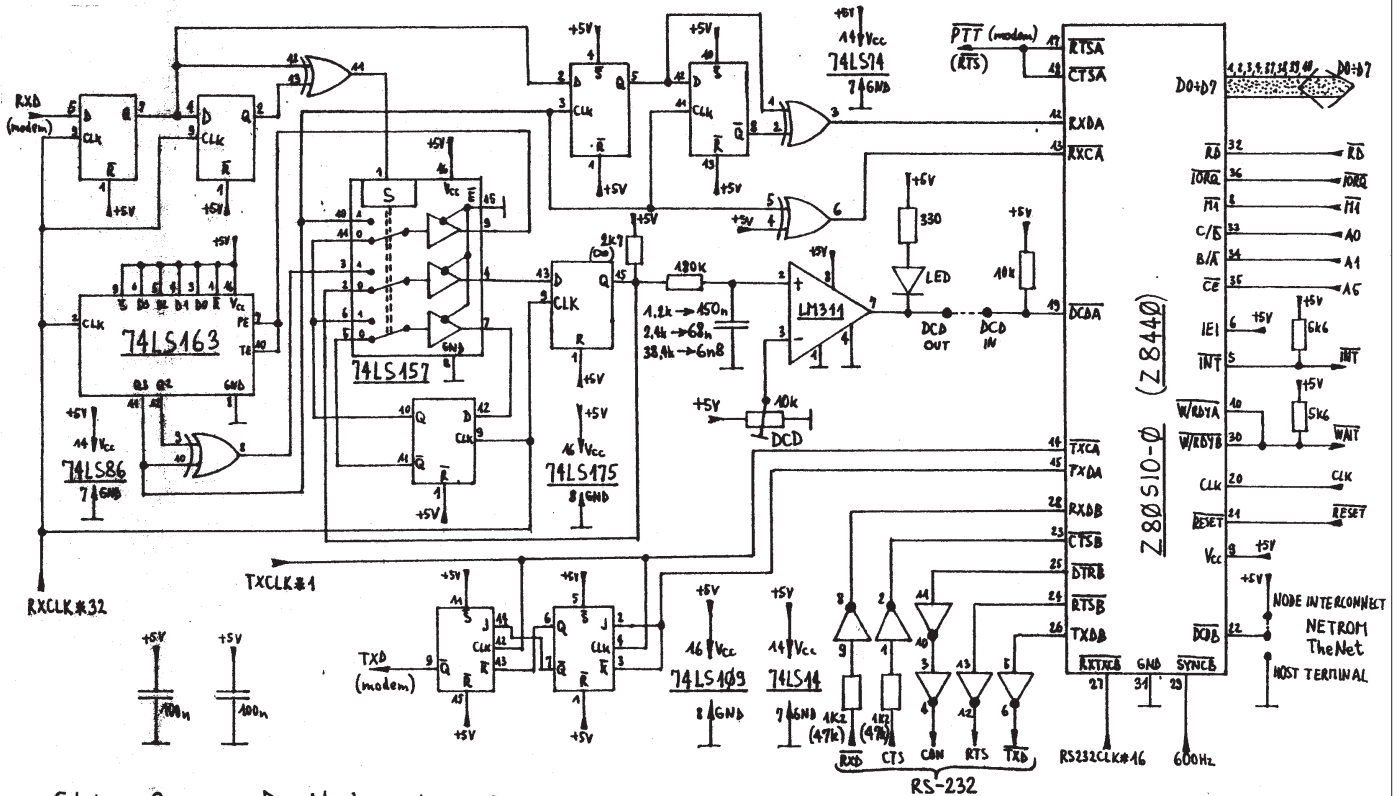
NRZI ali diferencialno kodiranje je pri packet-radiu potrebno predvsem

zato, da se pri sprejemu da iz podatkov izluščiti ustrezeni takt s pomočjo enostavnega DPLL vezja. Vezja za DPLL in pretvorbe iz NRZI v NRZ in obratno so prisotna v novejših zaporednih vmesnikih, kot so to Z8530 ali pa uPD72001, v starem Z80SIO-0 pa jih ni in jih je treba zato dograditi od zunaj.

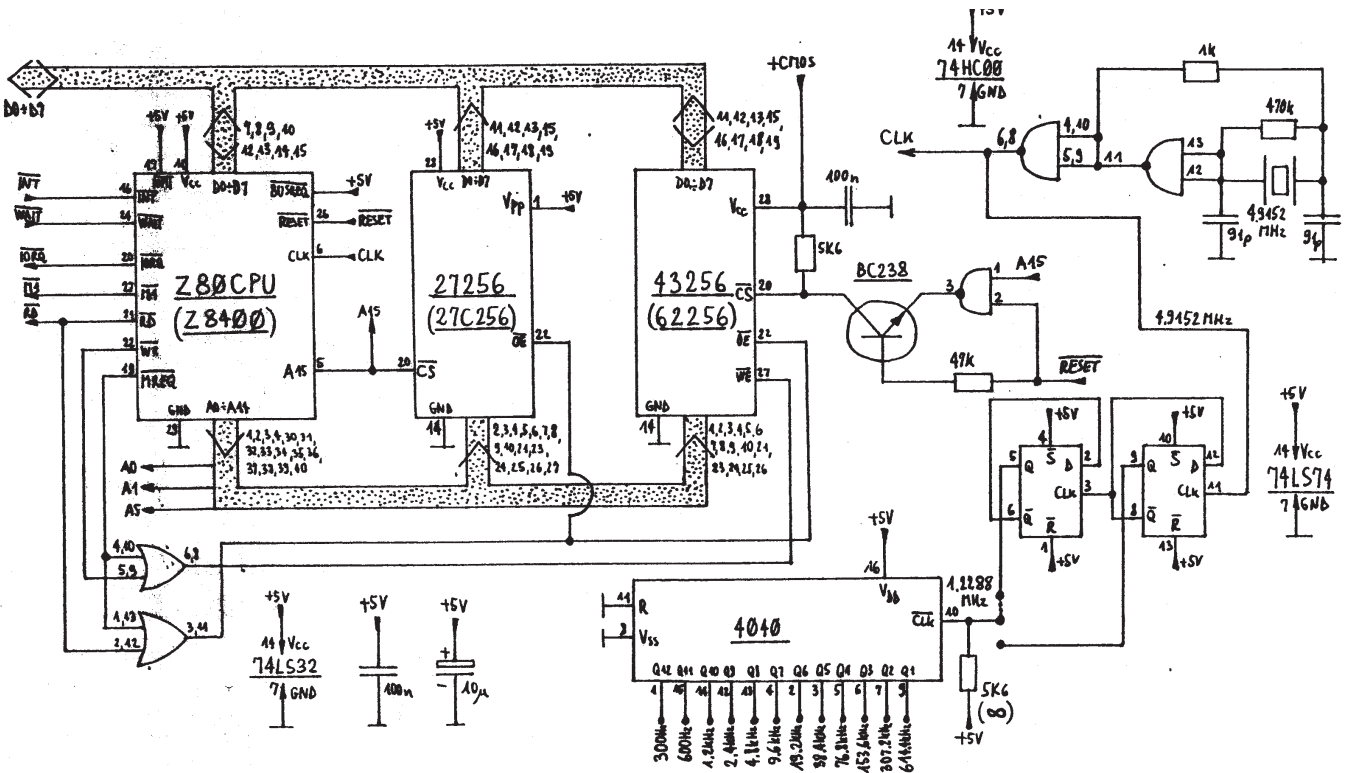
DPLL je zgrajen s štirimi vezji iz družine 74LSxx: EX-OR vrata 74LS86, elektronski preklopnik 74LS157, sinhroni števec 74LS163 in štirje D-FF 74LS175. DPLL deluje s taktom, ki je 32kratnik takta podatkov. Dokler se vhodni logični nivo (RXD) ne spreminja, se DPLL obnaša kot navaden delilec z 32: frekvenco takta najprej deli z 2 D-FF (1/4 74LS175), potem pa še s 16 števec 74LS163. Prehode logičnega nivoja RXD detektirajo EX-OR vrata priključena na dva D-FFja (2/4 74LS175) in preklopijo 74LS157 iz mirovnega položaja. Ob vsaki spremembi nivoja RXD vezje popravi vsebino števca za eno enoto naprej ali nazaj. V najslabšem slučaju zato zadošča 16 prehodov nivoja RXD za sinhronizacijo števca z vhodnim signalom.

Tudi vezje za DCD opazuje spremembe logičnega nivoja RXD, bolj točno njihov položaj v primerjavi z regeneriranim taktom iz DPLLja. Če se nivo RXD spremeni v začetku ali





Slika 2. - Digitalni del TNC 2, zaporedna vhodno/izhodna enota.

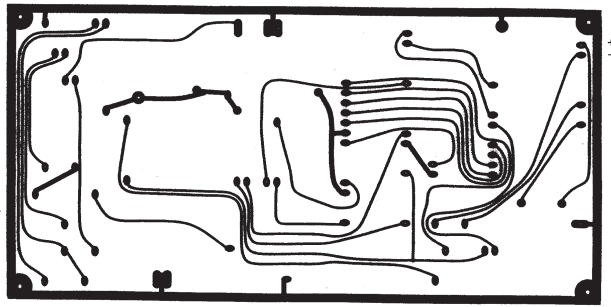


Slika 3. - Digitalni del TNC 2, mikroročunalnik.

pa proti koncu časovnega intervala, dodeljenega enemu bitu, potem to lahko pomeni tudi koristen signal na vhodu TNCja. Če pa se sprememba nivoja zgodi v sredini časovnega intervala, je na vhodu TNCja gotovo prisoten samo sum. Odločitev DCD vezja si najprej zapomni D-FF, ki krmili nizkopropustno RC vezje.

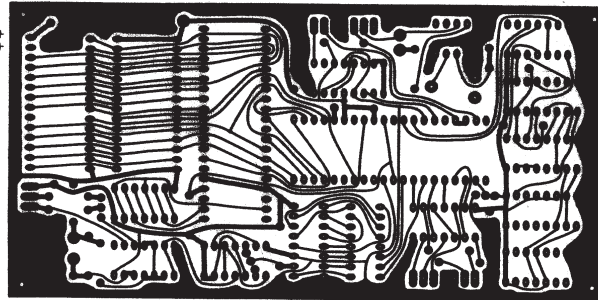
V prisotnosti koristnega signala na vhodu TNCja se DPLL dokaj hitro sinhronizira, vse nadaljnje spremembe nivoja RXD pa se zgodijo točno ob predpisanem času in kondenzator v RC vezju se popolnoma izprazni. V odsotnosti koristnih signalov je na vhodu TNCja prisoten sum, spremembe nivoja RXD pa so povsem naključne: polovica prehodov se zgodi ob nepravem času, druga polovica pa ob pravem času, zato se v povprečju kondenzator napolni na polovico napajalne napetosti (okoli 2.5V). Končna odločitev je prepuščena napetostnemu komparatorju LM311, preklopni nivo DCDja pa se nastavlja s trimerjem 10kohm. Časovno konstanto RC vezja je treba seveda prilagoditi hitrosti prenosa podatkov: na načrtu so označene vrednosti kondenzatorja za 1200bps, 2400bps in 38400bps.

Za pretvorbo iz NRZI v NRZ sta pri sprejemu potrebna dva D-FFja (74LS74) in EX-OR vrata. V obratni smeri, za pretvorbo iz NRZ v NRZI na oddaji, sta potrebna le dva FFja



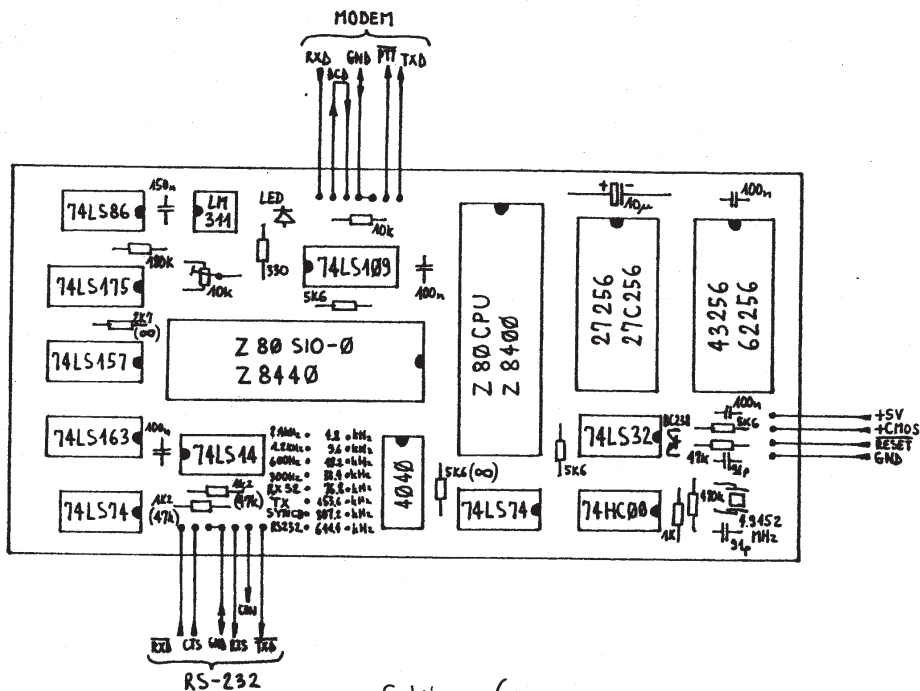
Slika 4.

Tiskano vezje za digitalni del TNC2
(dvostransko, pogled od zgoraj).



Slika 5.

Tiskano vezje za digitalni del TNC2
(dvostransko, pogled od spodaj).



Slika 6.

Razporeditev sestavnih delov na ploščici digitalnega dela TNC2.

(74LS109). Modem in radijska postaja potrebuje ta signal za prehod na oddajo (PTT) in ta je na razpolago na izhodu RTSA integriranega vezja Z80SIO-0. Izhod RTSA je naravnost povezan z vhodom CTSA, saj je vse zakasnitve v modemu in v radijski postaji dosti bolj enostavno upoštevati v parametru TXDELAY v softveru.

RS-232 vmesnik je dosti bolj enostaven: tu zna Z80SIO-0 narediti skoraj vse sam, razen generiranja RS-232 nivojev. Ker pa večina RS-232 vmesnikov (v računalniku ali terminalu) razume tudi TTL nivoje, zadošča za krmiljenje navaden 74LS14. V obratni smeri je treba seveda zaščititi vhode 74LS14 z upori predvsem pred negativnimi napetostmi standardnega RS-232 izhoda. 74LS14 je potreben, ker je standardna polariteta RS-232 signalov obratna od tistih, ki jih proizvaja Z80SIO-0.

Tovarniški TNC2 imajo običajno na prednji plošči štiri LED indikatorje: TX, DCD, STATUS in CONNECT. Šminkerske verzije imajo seveda še LED za napajalno napetost, ki je stalno prižgan (čemu potem služi?). Izboljšani TNC2 ima samo še najvažnejši LED, in to tisti za DCD. Seveda se dajo priključiti še ostale LEDike, če mislite, da jih potrebujete. Izhod za LED CONNECT je na razpolago tudi na RS-232, kot to zahtevajo nekateri stari programi za BBS. Program TheNet ne uporablja LEDik STATUS in CONNECT, pač pa se dajo ti izhodi (DTRA in DTRB) uporabiti za telekomando, seveda samo v načinu SYSOP!

Zaporedni vmesniki potrebujejo tri različne taktne frekvence: RXCLK*32 za DPLL pri sprejemu, TXCLK*1 za oddajo in RS232CLK*16 za RS-232 vmesnik. Razen teh taktov rabi TNC2 se 600Hz na vhodu SYNCB Z80SIO-0 za vse časovne konstante AX25 protokola.

Generator taktov je prikazan skupaj z mikroročunalnikom na Sliki 3. Vsi takti so pridobljeni z deljenjem frekvence kristalnega oscilatorja 4.9152MHz (ali 9.8304MHz za 38.4 kbps). Kristalni oscilator je zgrajen z enimi vrati iz 74HC00, se dvoje enakih vrat pa ojača signal oscilatorja in krmili taktne vhode Z80CPU, Z80SIO-0 in verigo delilcev. Veriga delilcev vsebuje vezja 74LS74 in 4040. Vseh 12 izhodov 4040 je na razpolago na podnožju s 16 kontakti, kjer jih z mostički povežemo s štirimi vhodi: RXCLK*32, TXCLK*1, RS232CLK*16 in SYNCB.

Zaradi zahteve po popolni softverski kompatibilnosti z vsemi ostalimi inačicami TNC2 so dopustne samo malenkostne spremembe pri povezavi mikroprocesorja Z80CPU s spominskimi enotami: EPROMom 27256 in RAMom 43256, ter zaporednim vmesnikom Z80SIO-0. Edina resnična sprememba je dekodiranje signalov RD, WR in MREQ preko OR vrat (74LS32), ki dovoljuje uporabo počasnejših EPROMov tudi pri višjih taktih frekvencah.

Signal za RESET prihaja iz napajalnika, potrebujejo pa ga Z80CPU, Z80SIO-0 in vezje za zascito vsebine RAMa. V zaščitnem vezju je uporabljen NPN tranzistor BC238 skupaj z upori 47k in 5k6, ki se jih ne da nadomestiti z nobeno vrsto logičnih vrat preprosto zato, ker delovanje letih ni zagotovljeno pri vseh možnih napajalnih napetostih, vključno z nič!

Delovanje RESETa in zaščitnega vezja se da opisati takole: ko začne napajalna napetost pred 5V stabilizatorjem upadati, postane RESET signal aktiven (nizek), zaščitno vezje pa onesposobi Chip Select vhod RAMa. Ker RESET ostane nizek tudi pri izključenem TNCju, zaščita RAMa ostane aktivna. Pri ponovnem vklopu ostane RESET aktiven (nizek) se določen čas, zaščitno vezje pa onemogoča, da bi v tem trenutku mikroročunalnik "popackal" vsebino RAMa vse do tedaj, ko je mikroročunalnik končno spet v stanju, da pravilno opravlja svojo nalogo.

Digitalni del izboljšane TNC2 je zgrajen na dvostranskem tiskanem vezju dimenzij 150mmX75mm. Zgornja stran tiskanega vezja je prikazana na Sliki 4, spodnja stran pa na Sliki 5. Razporeditev sestavnih delov na ploščici je prikazana na Sliki 6. Vsi upori, elektrolitski kondenzator in kristal (v ohišju HC18U) so montirani vodoravno (vzporedno s ploščico). Vsi ostali kondenzatorji so keramični z izjemo kondenzatorja za časovno konstanto DCDja, ki je folijski.

Izbira integriranih vezij ni težavna za delovanje pri nižjih hitrostih pri taktu mikroročunalnika 4.9152MHz. Za delovanje mikroročunalnika na 9.8304MHz pa je treba skrbno izbrati Z80CPU in Z80SIO-0. V obeh slučajih je treba seveda dobiti integrirano vezja, ki so primerna za dano taktno frekvenco. Izvedenke so običajno označene s črkami: A=4MHz, B=6MHz, H=8MHz. Izvedenke A običajno dobro delajo tudi na 4.9MHz, za 9.8MHz pa je treba izbrati vzorce B ali še boljše H izvedenk. V zadnjih

letih se poleg standardnih NMOS predstavnikov družine Z80 dobijo še CMOS inačice istih vezij za malo višjo ceno. CMOS inačice imajo dosti manjšo porabo energije od NMOS inačic, se skoraj nič ne grejejo in najbolj važno, skoraj vse 6MHz CMOS izvedenke dobro delajo na 9.8MHz!

POZOR! Integrirano vezje Z80SIO je v notranjosti vezja z 41 priključki. Ker pa ima standardno ohišje za integrirano vezja samo 40 nožic, se Z80SIO izdeluje v treh različnih inačicah, vsaka od teh pa ima hoče-nočeš opuščeno kakšno funkcijo. Vezje za TNC2 in vsa razpoložljiva programska oprema je prirejena za Z80SIO-0 (Z8440). TNC2 zato ne more delovati z drugimi dvema inačicami Z80SIO-1 (Z8441) ali Z80SIO-2 (Z8442). Pri nakupu zato nujno preverite tip Z80SIO!

V vsakem slučaju priporočam montažo štirih velikih integrircev na kvalitetna podnožja z okroglimi kontakti in pozlačenimi vzmetmi. Isti tip podnožij se uporablja tudi kot konektorji za modem (7 kontaktov), za RS-232 (7 kontaktov) in za napajalnik (4 kontakti).

Vezja 74LSxx serije se dajo zamenjati z vezji 74HCxx ali 74HCTxx, seveda z upoštevanjem različnih logičnih nivojev: 74LSxx ne more krmiliti 74HCxx brez dodatnih uporov. V primeru uporabe samih 74HCxx odpadejo nekateri upori (označeni na načrtu v oklepajih z neskončno), zaščitni upori za 74HC14 pa se povečajo na 47k. V kristalnem oscilatorju pa je treba v vsakem slučaju uporabiti izključno 74HC00. V opisanem vezju lahko zamenjamo se 74LS163 z 74LS161, 74LS157 pa z 74LS257 oziroma ustreznimi 74HCxx izvedenkami, ker se funkcije, v katerih se opisana vezja razlikujejo, v tem načrtu ne uporabljajo. 4040 v takt generatorju se da zamenjati s 4020, vendar bo 4020 proizvajal na svojih izhodih se druge, nižje frekvence, nekaterih (višjih) frekvenc pa ne bo na razpolago.

Edina nastavitev na digitalnem delu TNC2 je trimer za DCD. Običajno zadošča, če ta trimer nastavimo tako, da dobimo približno eno četrtino napajalne napetosti na drsniku, se pravi okoli 1.2V. Seveda je treba pravilno vgraditi tudi vse mostičke za vse potrebne taktne frekvence. Pri kristalu 9.8304MHz se tudi frekvence na vseh izhodih 4040 podvojijo!

Čeprav zmore 74LS14 krmiliti večino RS-232 vmesnikov, to se ne

pomeni vseh RS-232 vmesnikov. Marsikdaj pomaga 74HC14 (z večjimi zaščitnimi upori) namesto 74LS14, v skrajnem slučaju pa je potreben par 1488/1489, MAX232 ali kakšen drugi pravi RS-232 vmesnik, ki običajno zahteva se nerodno +/-12V napajanje! 74LS14 ali 74HC14 je tudi lažje uničiti od pravega RS-232 vmesnika, zato podnožje ne bo odveč.

3. BELL-202 modem

Razen redkih izjem, kot so komunikacije preko satelitov ali pa poskusi s hitrostni prenosa večjimi od 1200bps, skoraj vse packet-radio zveze uporabljajo AFSK modeme priključene na standardno amatersko radijsko postajo. Tudi vsi tovarniški TNCji imajo vgrajen samo AFSK modem.

Na UKV se uporablja standard BELL-202: toni 1200Hz in 2200Hz, 1200bps, skupaj s FM postajami. Na KV se uporablja standard BELL-103: pomik 200Hz, 300bps, skupaj s SSB postajami. Kljub temu, da obstaja več različnih integriranih vezij za modeme, ki zmorejo omenjene standarde, velika večina TNCjev uporablja dve vrsti integriranih vezij: par 2206/2211 ali pa 7910. Par 2206/2211 je par analognih vezij, ki okoli sebe potrebujejo vrsto trimerjev (uglaševanje!) in točnostnih kondenzatorjev. Razen tega so električne

lastnosti PLL demodulatorja 2211 zelo slabe, še posebno pri šibkih signalih na 1200bps.

Po drugi strani pa je 7910 (ali pa 7911) v svoji notranjosti povsem digitalen in ne zahteva nobenega uglaševanja. Vse frekvence so določene enostavno s kristalnim oscilatorjem, ki dovaja takt celotnemu integriranemu vezju. Razen tega vsebuje 7910 enega najboljših AFSK demodulatorjev: 7910 demodulator lahko dela tudi z vhodnim razmerjem signal/sum do 10dB slabšim glede na nesrečni 2211! 7910 ima eno samo napako: vgrajeni DCD je občutljiv prav na vsak vhodni signal, tudi na šum ali motnje, ne samo na koristne signale.

Ker vsebuje opisani izboljšani TNC2 lastno vezje za DCD, ki rešnično dobro dela, modemov DCD sploh ni potreben, 7910 pa je, če izvzamemo njegov lastni DCD, odličen modem.

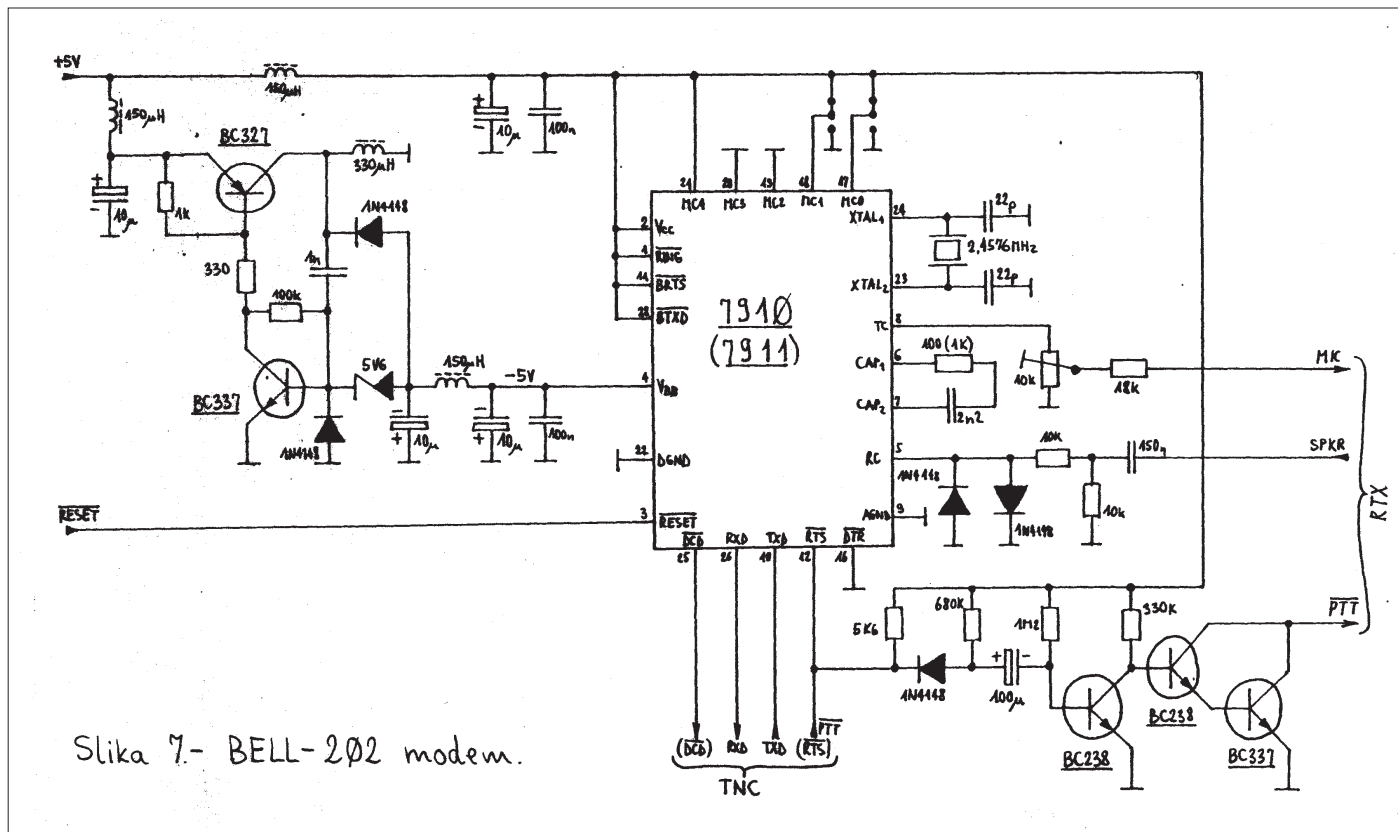
Električni načrt BELL-202 modema je prikazan na Sliki 7. 7910 zahteva dvojno napajanje +/-5V. Negativno napetost dobi s pomočjo "switching" pretvornika s tranzistorji BC327 in BC337. Pretvornik uporablja kot "delovno" induktivnost dušilko 330uH, ostale 150uH dušilke pa omejujejo motnje, ki bi jih pretvornik sicer povzročal drugim vezjem.

Razen vezja 7910 in ustreznega napajalnika vsebuje modem se vezje za "watchdog". Ta kuža-pazi naj bi

preprečil, da bi oddajnik ostal stalno na oddaji v slučaju okvare v TNCju ali (bolj verjetno) napake v programu. Časovne konstante watchdoga so določene z elektrolitskim kondenzatorjem 100uF. Sledi enosmerni ojačevalnik za krmiljenje preklopa sprejem/oddaja (PTT) radijske postaje. PTT je mišljen kot kontakt, ki se na oddaji sklene proti masi.

BELL-202 modem je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju dimenzij 75mmX75mm, ki je prikazano na Sliki 8. Razporeditev sestavnih delov na ploščici je prikazana na Sliki 9. Vsi upori, diode, kondenzatorji, tuljave in kristal (HC18U) so montirani vodoravno (vzporedno s ploščico). Nepalizirani kondenzatorji so lahko kakršnikoli (keramični ali pa folijski). Štiri tuljave so tovarniško izdelane dušilke, ki se dobijo v standardni lestvici vrednosti, podobno kot upori, in so tudi od zunaj zelo podobne 1/2W uporom. Pozor! Pretvornik ne more delati s kakršnimikoli visokofrekvenčnimi dušilkami (VK200 so popolnoma neprimerne).

Tudi ploščica BELL-202 modema uporablja isti tip konektorjev: vrsta kontaktov iz kvalitetnih podnožij za integrirana vezja. Konektorji za napajanje (4 kontakti) in za TNC (7 kontaktov) ustrezajo istim konektorjem na digitalnem delu TNCja. 7910 namreč rabi tudi RESET! Tretji konektor (4 kontakti) služi za po-





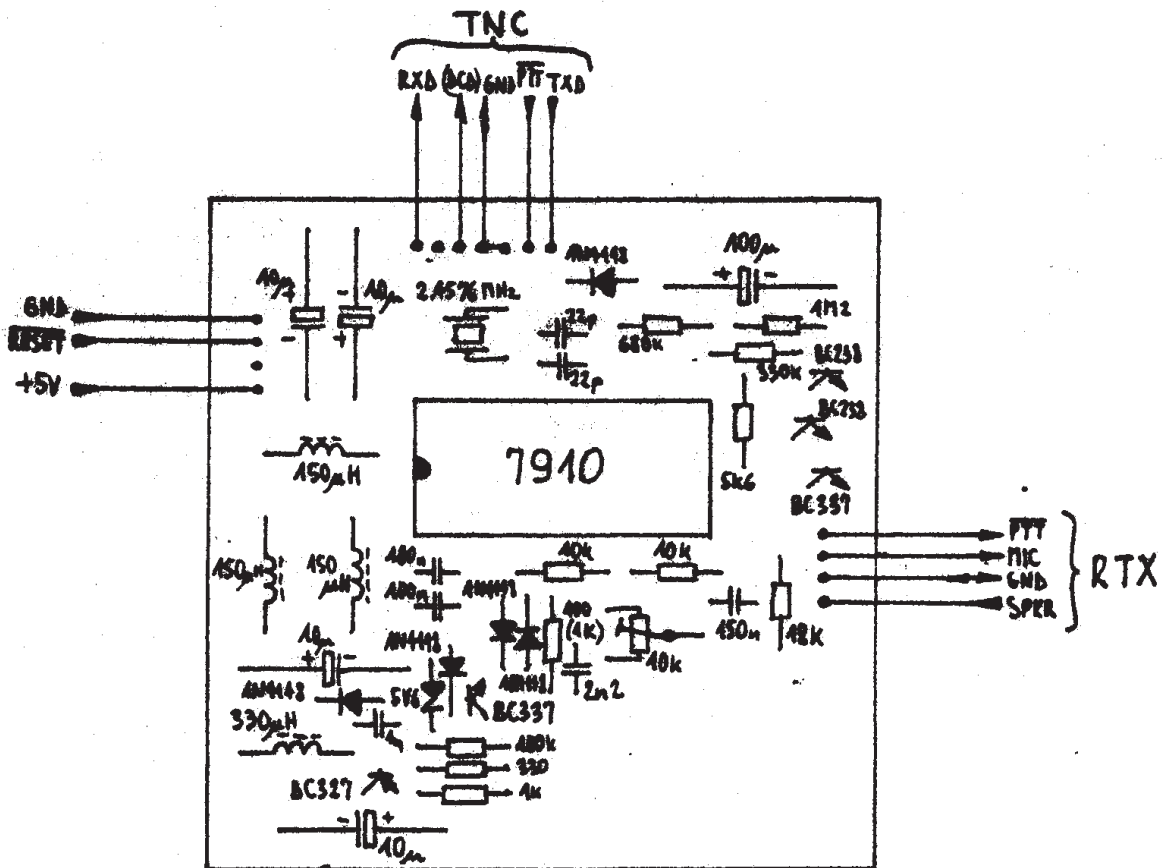
Slika 8.

Tiskano vezje za BELL-202 modem (enostransko, pogled od spodaj).

vezavo z radijsko postajo.

7910 se da zamenjati s 7911, edina razlika med obema vezji je v vrednosti upora v RC členu med nožicama CAP1 in CAP2: 100ohm za 7910 in 1kohm za 7911. 7910 (7911) ima tudi pet vhodov za izbiro načina delovanja MC0 do MC4. Na tiskanini je 7910 programiran za delovanje v načinu 1200bps BELL-202 z ekvalizacijo. Vhodi MC0 in MC1 so speljani na mostičke na tiskanem vezju, ki omogočajo programiranje 7910 se za druge načine. Če se poveže MC0 na maso, se izključi ekvalizacija. Če se poveže MC1 na maso, se izbere način 300bps, BELL-103 za delo na KV, MC0 pa v tem slučaju izbira med visokimi in nizkimi toni.

Demodulator 7910 se lahko prilagodi nivoju vhodnega signala v precej širokem razponu. Izhodni nivo modulatorja pa je treba prilagoditi



Slika 9.

Razporeditev sestavnih delov na ploščici BELL-202 modema.

oddajniku s trimerjem 10kohm. Nekateri tovarniški TNCji tu uporabljajo še dodatne operacijske ojačevalce, na sprejemu in oddaji, ki pa v večini slučajev samo pačijo signale in slabšajo razmerje signal/šum oziroma večajo verjetnost, da paket ne bo sprejet. Izkušnje tudi kažejo, da je pametneje krmiliti mikrofonski vhod z izvorom z večjo notranjo upornostjo (v tem slučaju upor 18kohm), da se na ta način izognemo brnenju in šumom v modulaciji.

V opisanem izboljšanem TNCju se DCD 7910 ne uporablja, zato pa je treba v digitalnem delu TNCja spojiti ustrezni mostiček na konektorju za modem. Skvelč postaje moramo pustiti popolnoma odprt (šum v zvočniku), da ne bo dodajal nepotrebnih zakasnitev in da omogočimo pravilno delovanje digitalnega DCDja, ki za svoje delovanje potrebuje tudi šum!

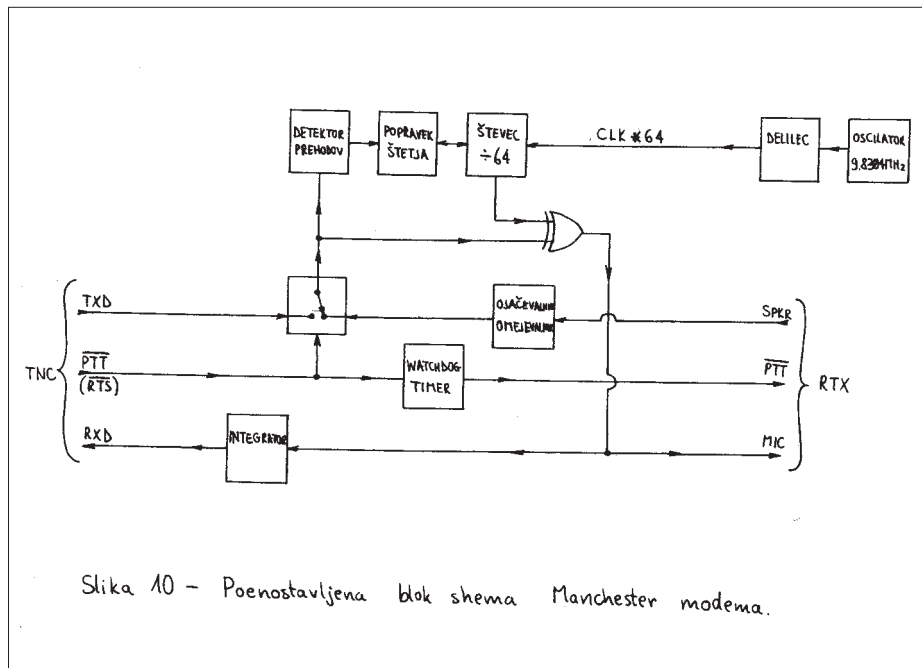
4. Manchester modem

Že za časa prvih poskusov s packet-radiom je bil standard BELL-202, AFSK 1200bps, mišljen samo kot začasna rešitev, vse dokler ne bi bili na razpolago boljši modemi in ustrezne radijske postaje za večje hitrosti. O packet-radiu na velikih hitrostih se je dosti govorilo, a malo naredilo. Američani so dolgo časa

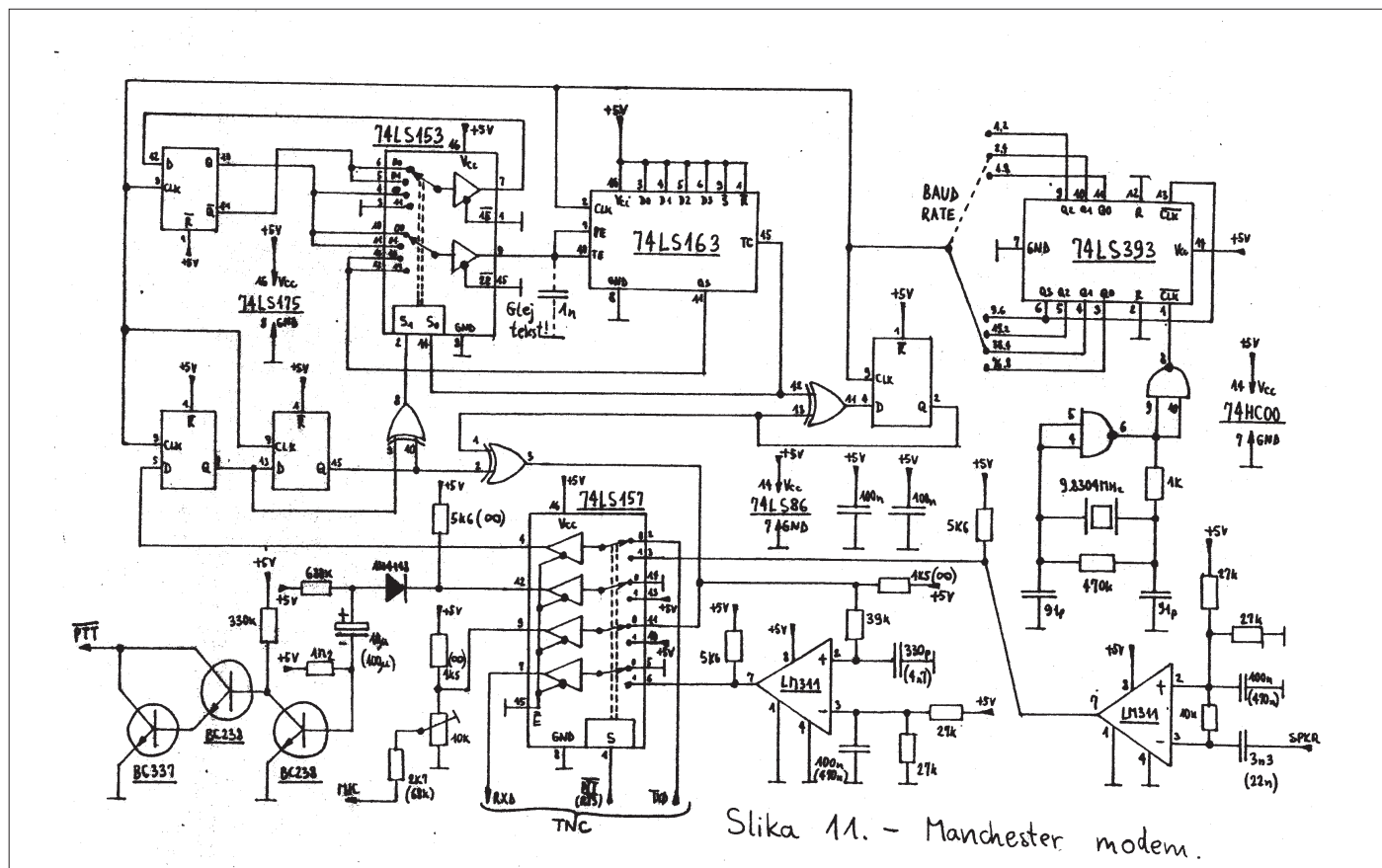
obljubljali 56kbps modeme, a do danes še niso objavili sheme, ki bi v resnici tudi delovala. Edini modem, ki je doživel svetovni uspeh, je G3RUH modem primeren za hitrosti do 9600bps z malo predelanimi ozkopasovnimi FM postajami.

Tudi če bi bili na razpolago modemi za hitrosti višje od 9600bps, jih nima smisla uporabljati z ozkopasovnimi FM postajami, saj hitrost delovanja sistema potem omejujejo

drugi dejavniki, kot so mrtvi čas pri preklopu s sprejema na oddajo in obratno. Komplicirani modemi tudi niso enostavni za uporabo: v G3RUH modemu je treba na primer izbrati pravilno kompenzacijo popačenja glede na uporabljene postaje. Nekateri profesionalni 9600bps modemi to sicer znajo narediti tudi sami, toda zato potrebujejo določen čas za "učenje", ki se prišteva zakasnitvam pri preklopu sprejem/oddaja in ob-



Slika 10 - Poenostavljena blok shema Manchester modema.



Slika 11. - Manchester modem.



Slika 12.

Tiskano vezje za Manchester modem
(enostransko, pogled od spodaj).

ratno.

Dosti bolj enostavna in učinkovita rešitev je uporaba enostavnih modemov skupaj s širokopasovnimi postajami. Med najbolj enostavne možne kombinacije sodi prav gotovo Manchester modem priključen na FM postajo. V teoriji omogoča taka kombinacija samo za 5dB manjši do met od prave PSK modulacije z idealnimi koherentnimi modemi. V praksi pa so Manchester modemi in FM postaje verjetno najmanj zahtevni za izdelavo in uglaševanje. Manchester modem se ob preklopu sprejem/oddaja in obratno tudi zelo hitro sinhronizira.

Frekvenčni spekter Manchester signala ne vsebuje enosmerne komponente, zato lahko pošljemo Manchester signal tudi skozi nizkofrekvenčne stopnje navadne, nepredelane FM postaje. Če priključimo Manchester modem na priključke MIC in SPKR standardne ozkopasovne, nepredelane FM postaje, potem lahko delamo s hitrostjo do 2400bps. Skupaj s primerno širokopasovno FM postajo (200kHz) pa se da delati preko 38400bps. Tako FM postajo je tudi lahko narediti doma, saj rabimo v medfrekvenci le standardne keramične filtre za UKV radijske sprejemnike.

Pri Manchester modulaciji kodiramo logično enico z visokim nivojem v prvi polovici trajanja bita in z nizkim nivojem v drugi polovici časovnega intervala, dodeljenega enemu bitu. Obratno kodiramo logično ničlo z nizkim nivojem v prvi polovici in z visokim nivojem v drugi polovici časovnega intervala. Generiranje oziroma demoduliranje Manchester signala je prikazano na Sliki 10.: v obeh slučajih se signal množi s taktom pravokotne oblike, ki mora biti točno sinhroniziran s signalom, zato se isto vezje lahko uporablja tako za modulacijo na oddaji kot za demodulacijo na sprejemu.

Za pravilno delovanje so seveda potrebna se pomožna vezja. Vezje DPLL proizvaja na sprejemu in oddaji pravokotni takt, ki je točno sinhroniziran s signalom. Razen tega je treba na sprejemu signal najprej ojačiti na TTL logični nivo, demodulirani signal pa očistiti v nizkopropustnem filtru (integratorju).

Električni načrt Manchester modema je prikazan na Sliki 11. Generator takta omogoča delovanje v razponu od 1200bps do 76800bps s kristalom 9.8304MHz. Pri spremembi hitrosti pa je treba spremeniti se vrednosti nekaterih elementov, v glavnem kondenzatorjev, ki določajo

časovne konstante. Vrednosti kondenzatorjev na Sliki 11. ustrezajo hitrosti 38400bps, vrednosti v oklepajih pa 2400bps.

DPLL je zelo podoben tistemu v digitalnem delu TNCja DPLL deluje s taktom frekvenco, ki je 64-krat višja od takta podatkov. Ker DPLL ne zna razlikovati med prehodi na začetku bita oziroma na sredini, je točna faza pravokotnega takta se nedoločena 0 ali 180 stopinj. Manchester modem bi zato potreboval se vezje za ugotavljanje pravilne faze takta, toda tako vezje je pri packet-radiu povsem nepotrebno, ker se pri packet-radiu (v samem digitalnem delu TNCja) uporablja se dodatno NRZI (diferencialno) kodiranje.

Vsi preklopi sprejem/oddaja so izvedeni z elektronskim preklopnikom 74LS157. Kot ojačevalnik se uporablja LM311, se en LM311 pa kot integrator za čiščenje izhodnega signala. Tudi Manchester modem vsebuje lastno vezje za "watchdog", enako tistemu v BELL-202 modemu. Seveda je pri 38400bps časovna konstanta lahko za en velikostni razred manjša.

Čeprav se v Manchester modemu da narediti zanesljiv DCD z uporabo lastnosti Manchester signala, to vezje ni potrebno, ker ima že sam digitalni del TNCja učinkovit DCD. Tudi kristalni oscilator z 74HC00 in delilec 74LS393 nista nujno potrebna: iste taktne frekvence so na razpolago v verigi delilcev digitalnega dela TNCja.

Tudi Manchester modem je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju z dimenzijami 75X75mm (Slika 12). Razporeditev sestavnih delov je prikazana na Sliki 13. Vsi upori, diode, kondenzatorji in kristal (HC-18/U) so vgrajeni vodoravno, vzporedno s ploščico. Tudi tu so (nepolarizirani) kondenzatorji lahko keramični ali pa folijski. Folijski kondenzatorji so priporočljivi povsod tam, kjer je potreben majhen temperaturni koeficient (časovne konstante). Pri uporabi 74HCxx vezij tudi tu odpadejo nekateri upori (označeni z neskončno v oklepaju). Tudi Manchester modem ima tri konektorje za TNC, RTX in napajanje, ki popolnoma ustrezajo, tudi kar se tiče povezav, tistim pri BELL-202 modemu.

Kot BELL-202 modem tudi Manchester modem potrebuje samo nastavitve nivoja izhodnega signala za pravilno modulacijo oddajnika. Na sprejemu se vhodni signal enostavno

omejuje, kar sicer poslabša občutljivost za par dB, a bistveno poenostavi načrt modema. Pri uporabi modema z nepredelanimi ozkopa-sovnimi FM postajami na 2400bps včasih pomaga RC člen med modemom in oddajnikom ali pa sprejemnikom, da popravimo napačen preenfazis ali pa deenfazis postaje. Divjanje samega modema (krivec je lahko 74LS153) pa zaustavi kondenzator 1nF z nožice 9 vezja 74LS153 na maso.

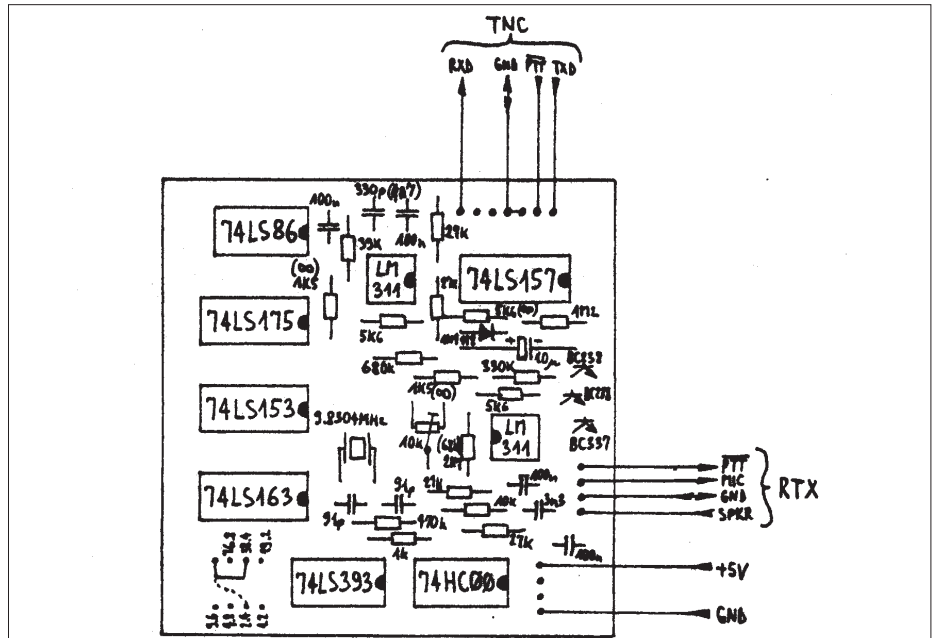
5. Napajanje TNCja

Izdelava zanesljivega napajalnika za TNC ni prav enostavna. Razen +5V za digitalna vezja mora dovajati napajalnik stalno napetost za ohranjanje vsebine RAMa tudi ob izklopljenem TNCju. Nazadnje mora napajalnik proizvajati se zelo zanesljiv signal za RESET TNCja.

Izvedba zanesljivega vezja za RESET ni enostavna. Slabo načrtovana RESET vezja vsebujejo običajno sam RC člen, kateremu sledijo schmitt-trigger vrata. Taka rešitev je prav gotovo najslabša, saj zadošča kratkotrajna prekinitve napajalne napetosti, da se računalnik "obesi", "povozi" vse podatke v spominu in zahteva ročno ukrepanje operaterja. Prav slabo načrtovana RESET vezja so zato pripomogla k splošnemu mnenju, da so mikroračunalniki zelo nezanesljive naprave!

Zanesljivo vezje za RESET mora opravljati naslednje naloge za zagotavljanje pravilnega delovanja mikroračunalnika in zaščito vsebine RAMa:

- A) RESET se odpusti, s predpisano zakasnitvijo, samo takrat, ko je napajalna napetost mikroračunalnika dosegla predpisano vrednost za pravilno delovanje mikroračunalnika.
 - B) RESET se vzpostavi prej ali najkasneje takrat, ko napajalna napetost upade na minimalno dovoljeno vrednost.
 - C) RESET mora ostati aktiven tudi takrat, ko je napajalna napetost popolnoma odsotna, zaradi zaščite vsebine RAMa.
 - D) RESET signal je treba preklopiti v zelo majhnem času zato, da računalnik, vhodno-izhodne enote in vezje za zascito RAMa vsi dobijo signal istočasno: v okviru nekaj taktnih ciklov takta mikroračunalnika.
- Pri načrtovanju vezja za RESET je



Slika 13. Razporeditev sestavnih delov na ploščici Manchester modema.

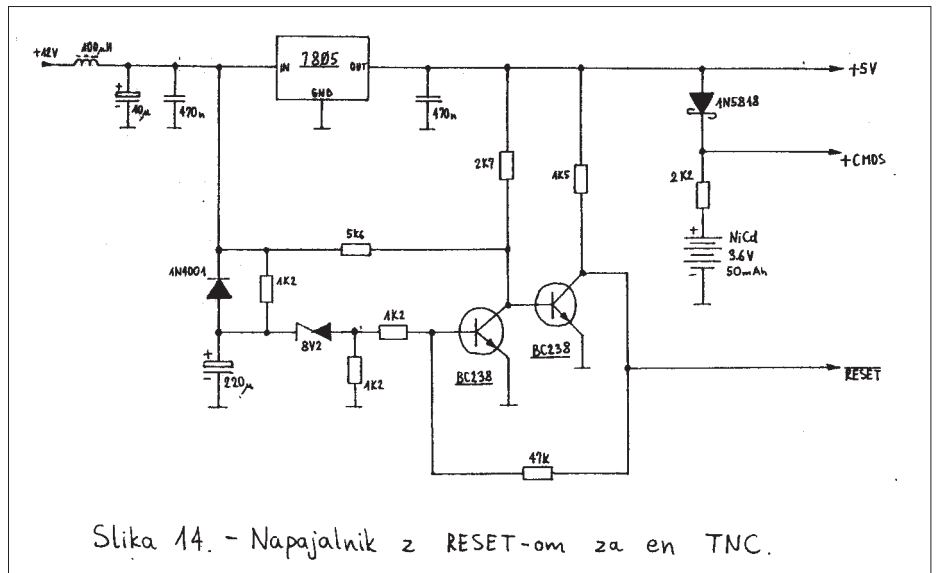
zato potrebna previdnost, čeprav dobro in zanesljivo vezje ni nujno komplicirano.

Na Sliki 14. je prikazan enostaven napajalnik z vezjem za RESET, ki odgovarja vsem omenjenim zahtevam. Načrt predvideva napajanje vezja z enosmerno napetostjo 12V, negativni pol na masi, kot to zahteva večina sodobnih radioamaterskih naprav. Regulator 7805, ki proizvaja +5V za mikroračunalnik, je treba seveda hladiti, najbolj enostavno tako, da ga privijemo na steno kovinske škatle, v katero vgradimo TNC.

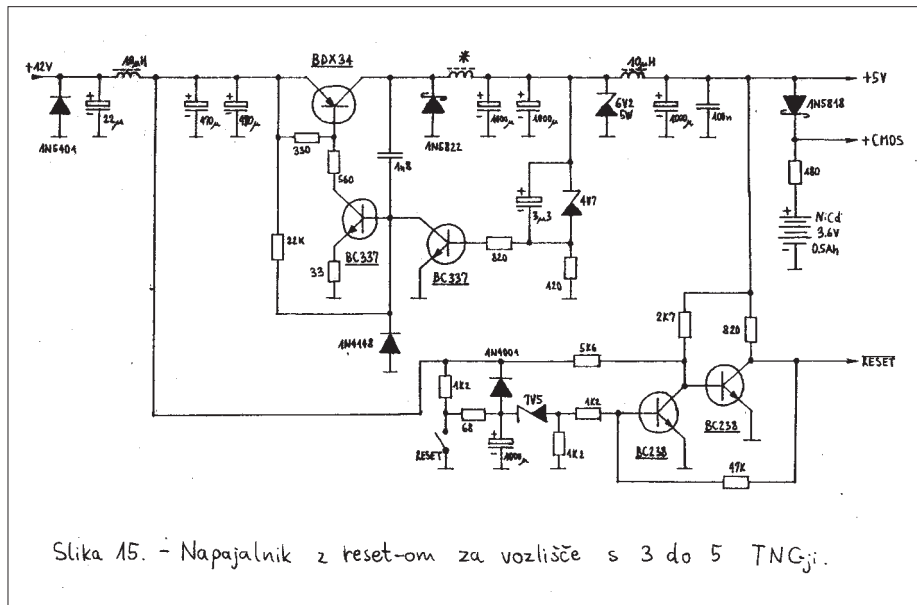
Napajanje RAMa (+CMOS) dobimo iz +5V preko močnostne schottky

diode 1N5818, zaradi čim manjšega padca napetosti. Padec napetosti na schottky diodi je samo 0.3 do 0.4V v primerjavi z 0.6 do 0.7V na navadni PN silicijevi diodi. Med delovanjem TNCja se mala NiCd baterija polni preko upora 2k2. Pri izklopljenem TNCju pa preko istega upora baterija dovaja napetost +CMOS. Padec napetosti na uporu 2k2 je v tem slučaju zanemarljiv, saj je poraba RAMa komaj nekaj uA. Schottky dioda seveda preprečuje, da bi se mala NiCd baterija hitro izpraznila preko ostalih vezij TNCja.

Vezje za RESET je zgrajeno z dvema tranzistorjema BC238, saj ne ob-



Slika 14. - Napajalnik z RESET-om za en TNC.



stajajo integrirana vezja, ki bi delovala tudi pri napajalnih napetostih okoli ničle! Izhod vezja ostane nizek in s tem RESET aktiven vse dokler vhodna napetost napajalnika ne doseže približno 10V. RESET signal odpusti samo po zakasnitvi, ki jo določa polnjenje kondenzatorja 220µF. V istem trenutku je 7805 prav gotovo že v stanju, da z 10V na vohodu proizvaja 5V na izhodu, ki jih potrebuje TNC.

Ko začne napajalna napetost upadati, se RESET signal vzpostavi takoj, saj se 220µF kondenzator zelo hitro prazni preko diode 1N4001. Razen tega ima vezje za RESET tudi histerezo okoli 0.5V, tako da je RESET izhod vedno definiran za poljubno vhodno napetost.

Za vezje na Sliki 14 ni bilo nikoli narisano tiskano vezje: prototipe sem enostavno sestavil na "univerzalnih" ploščicah. Razen 7805, ki je privit na hladilnik, tudi nekatere druge sestavne dele ni prav lahko namestiti na tiskano vezje, na primer najti malo NiCd baterijo istih dimenzij!

Glavna pomanjkljivost napajalnika z 7805 je slab izkoristek oziroma velika proizvodnja toplote. V slučaju več TNCjev v isti škatli (vozlišča) povišana notranja temperatura že vpliva na lastnosti in življenjsko dobo sestavnih delov, še posebno v slučaju, ko uporabljamo vezja pri maksimalni dopustni takti frekvenci.

Dosti boljša rešitev je switching regulator, kot je to prikazano na Sliki 15. Izkoristek tega napajalnika je

okoli 80% v primerjavi z 40% za navaden linearni regulator 7805, kar pomeni polovično porabo energije in tudi polovično segrevanje.

Switching regulator je sestavljen iz močnostnega oscilatorja (darlington BDX34 in BC337), ki ga upravlja drugi BC337. V vsakem ciklu se energija vskladišči v tuljavi, iz katere jo dobimo nazaj preko schottky diode 1N5822. Zener dioda 6.2V 5W na izhodu služi samo kot zaščita v slučaju okvare regulatorja. Seveda je treba vhod in izhod switching regulatorja dobro filtrirati (kondenzatorji in dušilke 10µH), sicer bi regulator motil druga vezja.

Vezja za napajanje RAMa (+CMOS) in za RESET so skoraj enaka tistim v enostavnem napajalniku, le da so načrtovana za napajanje 3 do 5 TNCjev.

Switching napajalnik je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju dimenzij 120X100mm (Slika 16.). Razporeditev sestavnih delov je prikazana na Sliki 17. Vsi upori in diode so vgrajeni vodoravno, vzporedno s ploščico. Vsi elektrolitski kondenzatorji so pokončne izvedbe. V napajalniku se uporablja vzporedna vezava več kondenzatorjev za zmanjšanje parazitne induktivnosti, ne zaradi vrednosti kondenzatorjev. Baterija je sestavljena iz treh NiCd členov standardne velikosti R6 (AA).

Tranzistor BDX34 je pritrjen na malo hladilno rebro, izdelano iz koščka aluminijeve pločevine dimenzij 72X36mm, zvitega v obliko črke U.

Dušilke 10µH imajo po 25 ovojev žice 0.8mm CuL, navite na feritnih palčkah premera 6mm. Tuljava switching regulatorja je navita na feritnem lončku zunanega premera 30mm z zračno režo okoli 0.5mm in 12 ovojev, žica 4X0.5mm CuL. Switching regulator lahko sicer dela tudi z drugačnimi tuljavami, dosti bolj kot točna induktivnost pa je važna vrednost toka, pri kateri pride jedro v nasičenje.

Switching napajalnik ne zahteva uglaševanja pač pa temeljit preizkus na primernem bremenu (uporu), saj tu vsaka napaka lahko pomeni precejšnjo škodo na digitalnih vezjih TNCja. Na ploščici so priključki za RESET tipko, ki pa v slučaju napajanja TNCjev ni nujno potrebna.

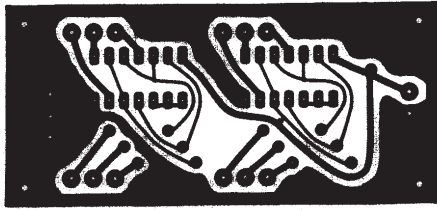
6. Povezava TNCjev v vozlišče in delovanje pri 38400bps

Vozlišča so pomemben sestavni del



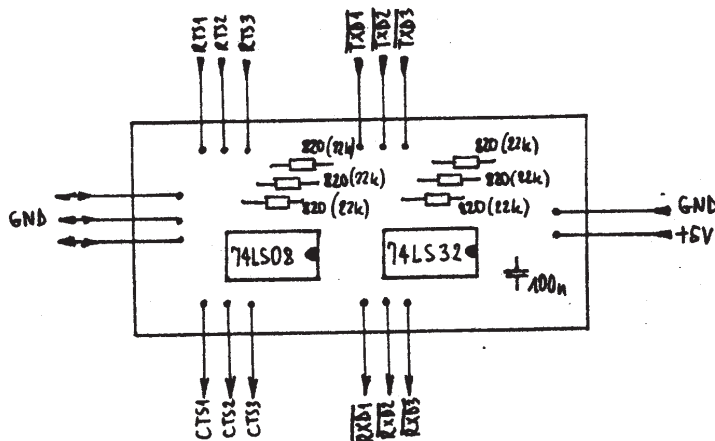
Slika 16.

Tiskano vezje napajalnika za vozlišče (enostransko, pogled od spodaj).



Slika 19.

Tiskano vezje za povezavo TNC-jev
(enostransko, pogled od spodaj).



Slika 20. - Razporeditev sestavnih delov na ploščici za povezavo TNC-jev.

ni bila pripravljena za delovanje pri večjih hitrostih.

Po drugi strani pa hardver TNC2 omogoča hitrosti do okoli 100kbps. Poskusi so pokazali, da se različni programi različno obnašajo pri velikih hitrostih. Največje hitrosti (56 kbps) dosežejo seveda najenostavnejši programi (KISS). Dostikrat predelani in popravljeni programi, kot je znani N2WX 1.1.6., dosežejo pri 4.9MHz taktu tudi 38400bps, a se čudno zatikajo. Višja taktna frekvenca procesorja sicer pomaga proti zatikanju, a ga nikoli popolnoma ne odpravi. Žal je večji del TheNeta napisan v višjem jeziku, zato je še počasnejši in pri takti frekvenci 4.9MHz doseže komaj 19200bps.

Za delovanje TNC2 s programom TheNet pri 38400bps je zato potrebno podvojiti taktno frekvenco mikroprocesorja Z80 na 9.8MHz ali okroglo 10MHz. Enaka omejitev velja tudi za program TheFirmware (TF), ki ga uporabljajo znani terminalski programi za packet-radio.

Za delovanje pri takti frekvenci 10MHz je zato treba poiskati integrirana vezja, ki to zmorejo. Žal se družina Z80 proizvaja samo za (garantirane) taktne frekvence do 8MHz, pa še teh ni prav lahko najti. Tudi EPROM mora imeti dostopni čas največ 150ns za delovanje pri 10MHz. Če sami izbiramo integrirana vezja, potem je treba paziti tudi na to, da jih preizkusimo tudi pri najvišji pričakovani delovni temperaturi, saj največja možna taktna frekvenca MOS vezij zelo hitro pada s temperaturo.

7. Zaključek

Če ste pazljivo prečitali ta članek, ste prav gotovo ugotovili, da se da brez večjih težav popraviti tudi marsikateri tovarniški TNC, oziroma vsaj njegove najhujše napake, kot so nezanesljiv RESET in podobne težave. Popravljen vezje za RESET seveda nima smisla brez vezja za

zaščito vsebine RAMa in obratno, obe vezji se zato splača dograditi istočasno. Več dela je z dograditvijo digitalnega DCDja, toda za marsikateri tovarniški TNC se da dokupiti ustrezeni modul za digitalni DCD.

Kar se tiče višjih hitrosti, pa so znane tovarne TNCjev povsem odpo vedale. Na tržišču se dobijo le Kantronicovi TNCji s čudnim QPSK modemom za 2400bps, ki seveda ni kompatibilen z opisanim Manchester modemom. Po drugi strani pa tudi Manchester 2400bps ne predstavlja kakšne bistvene prednosti pred BELL-202, 1200bps, saj je kopica časovnih omejitev, predvsem čas preklopa postaje sprejem/oddaja, ostala ista.

Prehod na večje hitrosti ima smisel samo takrat, ko napravimo skok v hitrosti za vsaj en velikostni razred (10-krat). To hkrati pomeni, da bo treba opustiti sedanje postaje in narediti nove, širokopasovne postaje. Širokopasovne FM postaje in Manchester modulacija na 38400bps so enostavna in zato začasna rešitev, ki se je v praksi obnesla. Ne glede na to bo treba v bodočnosti narediti nove, boljše postaje. Težave sedanjih postaj so majhen domet in občutljivost na refleksije. Domet se da povečati z boljšimi (koherentnimi) modemi in z uporabo kode za vnaprejšnjo korekcijo napak. Boljši modemi bodo omogočali tudi manjšo občutljivost na refleksije.

Če upoštevamo smiselno izhodno moč oddajnika, občutljivost sprejemnika, razpoložljiv frekvenčni pas in ojačenje anten smiselnih dimenzij, potem današnja tehnika omogoča packet-radio zveze do hitrosti približno 1Mbps. Žal pa naši današnji računalniki in TNCji ne zmorejo koristno uporabljati tako velikih hitrosti prenosa. Ena največjih omejitev je prav TNC2 (in njemu podobna množica drugih TNCjev), ki z malo bolj zahtevnim softverom ne morejo preko 64kbps. Pri večjih hitrostih se tudi vedno bolj občutijo pomanjkljivosti samega protokola AX25, tako da bo verjetno tudi tu potrebna zamenjava. Skratka, če je pred petimi leti predstavljal packet-radio bistveno novost in kopico prednosti glede na 50bps RTTY, danes že krepko občutimo potrebo po novem, boljšem sistemu komuniciranja!