

ATNC za Ne-Brezhibni Protokol

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Zasnova ATNCja s sodobnimi gradniki

Ne-Brezhibni Protokol je samo mrtva črka na papirju oziroma v PDFju brez ustrezne strojne in programske opreme. Napravo, vozliščni računalnik, ki je pred tridesetimi leti ponesla protokol AX.25 v širni svet, so njeni ustvarjalci poimenovali Terminal Node Controller ali s kratico TNC. Čeprav se kratica TNC uporablja še za marsikaj drugega (na primer družina koaksialnih vtičnic), se je v okolju digitalnih radijskih zvez tako uveljavila, da danes skoraj ne moremo več brez nje. Vmesnik za novi protokol sem zato poimenoval ATNC, kar naj bi pomenilo Advanced-TNC, to se pravi napredni naslednik TNCja. Lahko tudi Arm-TNC, saj je zasnovana na mikrokrmilnikih s procesorskim jedrom ARM.

Izvorni TNC za AX.25 je bil za svoje čase (1980) sodobno načrtovan mikroročunalnik s številnimi gradniki: mikroprocesorjem, pomnilnikoma EPROM in RAM, UARTom in HDLC čipom. Takšna zasnova gradnje je kljubovala času skoraj dve desetletji kljub uvajanju SMD gradnikov in novejšim mikroročunalnikom in pomnilnikom. Kar moram izrecno poudariti, tu ne gre za starokopitnost načrtovalcev ali uporabnikov niti odvisnost od stare programske opreme ali protokola, pač pa drugačnih, bistveno boljših gradnikov pred letom 2000 preprosto ni bilo na razpolago.

Šele v novem tisočletju se je marsikaj spremenilo. Industrija telefonov in računalnikov je uspela stlačiti v en sam čip cel GSM telefon. Razvoj takšnega čipa niti zdaleč ni poceni, saj izdelava enega samega seta mask za fotolitografijo čipa stane okoli 5 milijonov dolarjev. Če takšen čip vgradimo v milijon telefonov, je to še vedno 5 dolarjev za vsak telefon in to samo za en čip in samo za zagon proizvodnje brez serijske izdelave. V primeru načrtovalskih napak ali popravkov je treba tistih 5 milijonov še pomnožiti s številom ponavljanj!

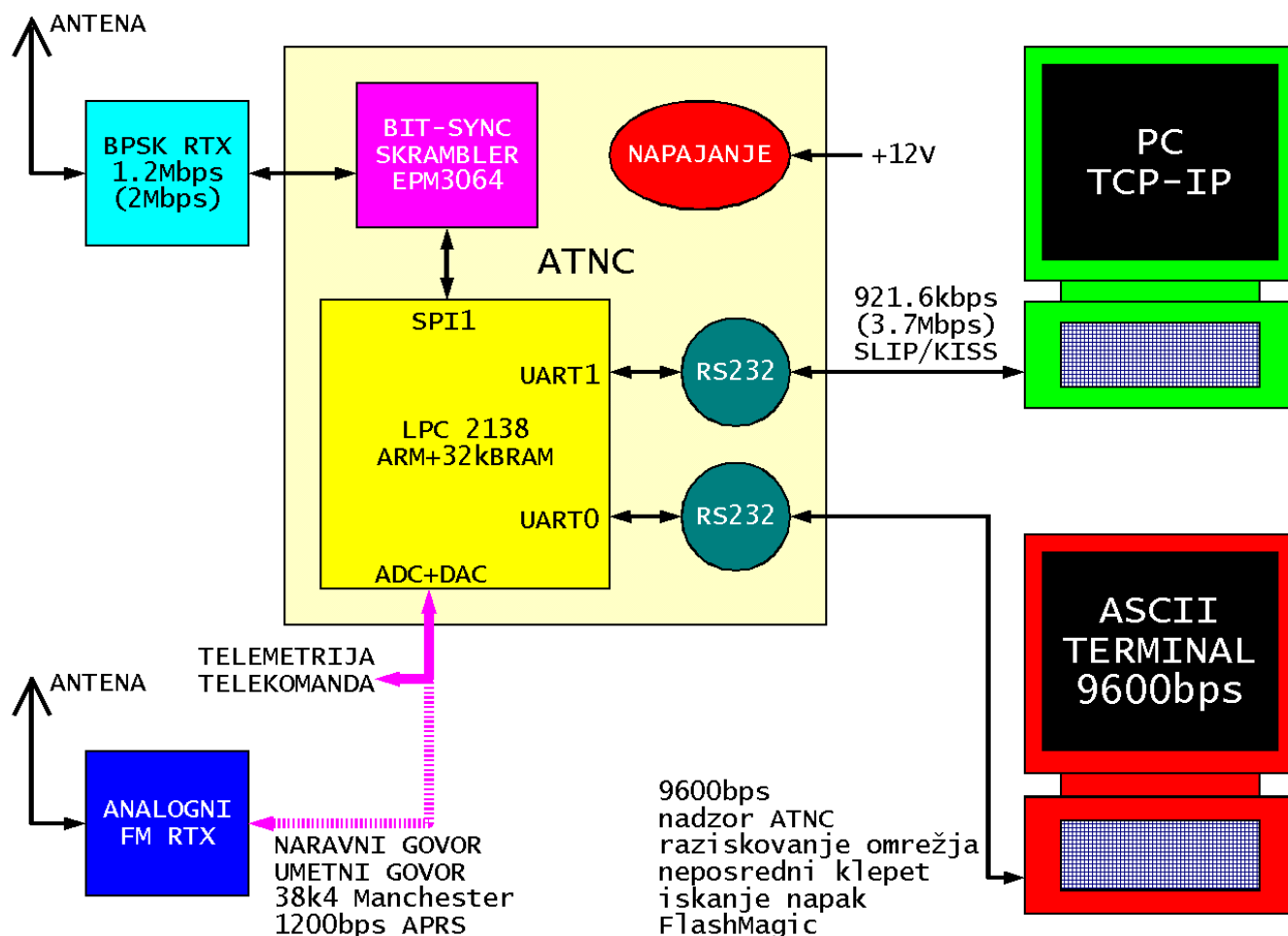
Rešitve z integracijo celotnega izdelka v en sam čip so danes sicer možne tudi za najzahtevnejša analogna visokofrekvenčna vezja. Izredno visoka cena razvoja takšnih čipov omejuje področje uporabe na izdelke v milijonskih serijah, kot so mobilni telefoni ali domači računalniki. Povsod drugod se bo treba znajti na drugačen način: uporabiti več preprostejših, a cenejših čipov v bolj kompliciranem vezju. Končni izdelek bo sicer večji in dražji od čudes sodobne širokopotrošne elektronike, ampak druge poti za zahtevano nalogo preprosto ni!

Kaj torej ponuja tržišče polprevodnikov danes za našo samogradnjo? Neusmiljena konkurenca je v desetletju 2000-2010 povzročila padec cen vseh polprevodnikov za faktor 10-krat in več. Slaba programska orodja in neznanje programerjev so privedle polprevodniško industrijo do tega, da ponuja kar 32-bitne mikrokrmilnike tudi za najbolj preproste naloge, recimo odpiranje in

zapiranje okenskega stekla na avtomobilskih vratih. Logična vezja različnih družin 74xx uspešno nadomeščajo vezja programirljive logike različnih velikosti: PAL, GAL, CPLD, FPGA. Meja med nizkofrekvenčno širokopotrošno elektroniko in visokofrekvenčno profesionalno elektroniko je izginila: danes preprosto dobimo vse visokofrekvenčne in mikrovalovne gradnike in to po smešno nizkih cenah.

Širokopotrošni nasledniki vseh digitalnih radijskih omrežij so danes WLAN ali WiFi omrežja. Velikoserijska industrija je uspela integrirati v en sam čip dvojno radijsko postajo za pas 5-6GHz vključno z 200mw oddajnikom, zelo zahteven in zmogljiv OFDM modem, vozliščni računalnik (TNC) in Ethernet vmesnik. Povsem jasno si kaj takšnega ne moremo privoščiti v samogradnji.

Ko nam WLAN-WiFi oprema ne ustreza niti zadošča, bo treba še vedno graditi ločeno radijsko postajo, ločen modem in ločen TNC. Če nam je to všeč ali ne, cilj največkrat pogojuje sredstvo: do cilja na oddaljenosti 1km lahko gremo peš, do cilja na oddaljenosti 100km gremo s komplicirano in drago napravo z imenom avtomobil, ki povrh še onesnažuje okolje!



Slika 1 - Zasnova ATNCja.

Kot radijska postaja ostaja smiselna izbira BPSK z ničelno

medfrekvenco (ZIF). Tu niso profesionalci izumili nič boljšega, le ZIF-PSK so v določenih izdelkih uspeli stlačiti v en sam čip. Tudi notranja zgradba TNCja ostaja enaka: ATNC prav tako vsebuje mikroprocesor, pomnilnike, različne zaporedne vmesnike in pripadajoče "modeme": skrambler in bitno sinhronizacijo za PSK radijsko postajo, RS232 krmilnike za UARTe in Ethernet-PHY v EATNCju. Dobro zamisli iz starih TNCjev za AX.25 je vsekakor smiselno uporabiti tudi v novem ATNCju.

Kako načrtovati ATNC, seveda zavisi od razpoložljivih gradnikov in možnosti njihove vgradnje. Prvi ATNCji za Ne-Brezhibni Protokol so zasnovani na "avtomobilskih" 32-bitnih mikrokrmilnikih z jedrom ARM iz družine LPC2xxx. Ne glede na procesorsko jedro današnje mikrokrmilnike preprosto delimo na dve veliki družini glede na področje uporabe: avtomobilske in telefonske.

"Avtomobilski" mikrokrmilniki vsebujejo jedro ARM7 ali podobno s taktno frekvenco okoli 50MHz in ohišjem QFP (quad-flat-pack ali poštna znamka). Ohišje QFP ima sicer goste drobne nogice na vseh štirih straneh, ki prevzamejo toplotne raztezke v širokem razponu. Zanesljivost delovanja določenih sklopov avtomobilske elektronike, recimo zavor, je vsekakor na prvem mestu! Ohišje QFP je razmeroma preprosto prispajkati na enostransko tiskano vezje tudi v domači delavnici in prenese marsikatero neprimerno grobo ravnanje.

"Telefonski" mikrokrmilniki vsebujejo sicer zmogljivejše jedro ARM9 ali podobno s taktno frekvenco okoli 200MHz, večjim pomnilnikom in ohišjem BGA (ball-grid array). Ohišje BGA je še manjše. Gosti priključki zahtevajo večslojno tiskano vezje. Ohišje BGA ne prenese večjih raztezkov, zato temperaturne spremembe ali mehanske obremenitve pogosto potrgajo povezave do BGA čipa. Mikrokrmilniki BGA so sicer zelo poceni, samo 5 evrov za kos. A kaj nam to pomaga, ko bomo za primerno večslojno tiskanino v maloserijski proizvodnji plačali 500 evrov za kos!

V nasprotju z ostalimi gradniki cena izdelave tiskanih vezij stalno narašča. Pred 20 leti smo seštevali cene polprevodnikov naše gradnje. Danes predstavlja tiskano vezje daleč največji strošek samogradnje. Povrhu SMD gradniki nimajo nogic, torej tudi najbolj zanično dvostransko tiskano vezje potrebuje metalizirane luknje. Nekoč zelo priljubljenih "kit" sestavljanek danes skoraj ne dobimo več, ker bi bile predrage kljub smešno nizkim cenam polprevodnikov!

Samogradnja danes ni tako brezupna, kot to izgleda na prvi pogled. Večja integracija gradnikov pomeni manjše število zunanjih povezav. Mikrokrmilnik ima na primer notranje pomnilnike in notranja vodila, navzven so napeljeni le priključki vhodno/izhodnih enot in napajanje. Celotno vezje bitne sinhronizacije in skramblerja lahko sprogramiramo v en sam čip programirljive logike (CPLD) in spet je zunanjih povezav razmeroma malo.

Malo povezav pomeni, da bo naše tiskano vezje le pajek, ki drobcene priključke QFP poštne znamke (mikrokrmilnik, CPLD ali kaj drugega) razpelje ven na nam dostopne vtičnice. Takšno tiskano vezje je lahko tudi enostransko, torej preprosto izvedljivo v domači delavnici. Preostali gradniki so večinoma SMD kondenzatorji in

upori. Na enostranski tiskanini seveda ne bo šlo brez mostičkov. Kratki skoki so lahko SMD mostički "000" ali "0R" velikosti 1206.

Daljši skoki zahtevajo luknjice in žice. Pameten načrtovalec bo namesto žičnih mostičkov tja rajši vgradil navadne (ne SMD) upore oziroma dušilke, če so v danem vezju potrebni in na ta način koristno izrabil še drugo stran enostranske tiskanine. Marsikateri gradnik z nogicami na drugi strani tiskanine nam lahko prihrani veliko prostora: trimer, kvarc, DIL integrirano vezje, konektor itd. Takšna kombinirana gradnja, SMD na eni strani in običajni gradniki z nogicami na drugi strani enostranske tiskanine se je v praksi izkazala kot poceni, učinkovita in hkrati varčna s prostorom!

Za običajna DIL (dual-in-line) ohišja integriranih vezij je bil značilen razpored priključkov v razmaku desetinko colle ali 2.54mm. SMD gradniki so te izmere zmanjšali najprej na polovico, ohišja SOIC imajo razmak med nogicami 1.27mm. Nadaljnje manjšanje izmer je prineslo še dodatno zmešnjavo: razmak nogic se po novem meri v milimetrih in ne več v colah. Torej 0.8mm, 0.65mm in nazadnje še 0.5mm. Manj kot 0.5mm je tudi z naj sodobnejšimi stroji težko spajkati, omejitev so fizikalne lastnosti same spajke.

Majhnim gradnikom bo treba prilagoditi vsa orodja in tehnike dela. Vsaj z enostranskimi tiskanimi vezji ni težav: tako običajni foto-postopek kot neposredni prenos tonerja z laminatorjem dajeta zadovoljive rezultate tudi za gradnike z razmakom nogic 0.5mm. Za domačo izdelavo priporočam enostranski vitroplast z bakreno folijo debeline 17 mikrometrov ali celo še manj, da je izpodjedkavanje dovolj majhno. Običajni vitroplast ima 35 mikrometrov bakra ali dvakrat več!

Običajna spajka svinec-kositer je povsem primerna tudi za sodobne gradnike, da le uporabimo dovolj drobno spajkalno žico premera 0.4mm do 0.5mm. Obratno so s spajko brez svinca same težave, zato je uporaba spajke brez svinca prepovedana povsod tam, kjer od nje zavisi človeško življenje: medicina, avionika, vesoljska in vojaška tehnika. Pred vgradnjo SMDjev obvezno pocinimo celotno površino tiskanega vezja s pomočjo obilice stearina.

Tehnika ročnega (ne strojnega) spajkanja drobnih priključkov v razmaku manj kot 1mm se zelo razlikuje od običajnega spajkanja. Glavni trik je v temu, da dodajamo le zelo majhno količino spajke v obilico fluksa. Površinska napetost raztaljene spajke tedaj poskrbi za pravilno razporeditev spajke. Debelina konice spajkalnika pri tem ne igra nobene vloge in je celo lažje delati z debelejšo konico.

Glavni trik je v pravilni izbiri fluksa. Kolofonija je pregosta in je neuporabna za SMD gradnike. Proizvajalci kemikalij zato ponujajo najrazličnejše tekoče flukse. Jaz prisegam na stearin (vošek), ki v staljenem stanju zelo dobro omoči priključke in ga po končanem spajkanju preprosto odstranimo z acetonom.

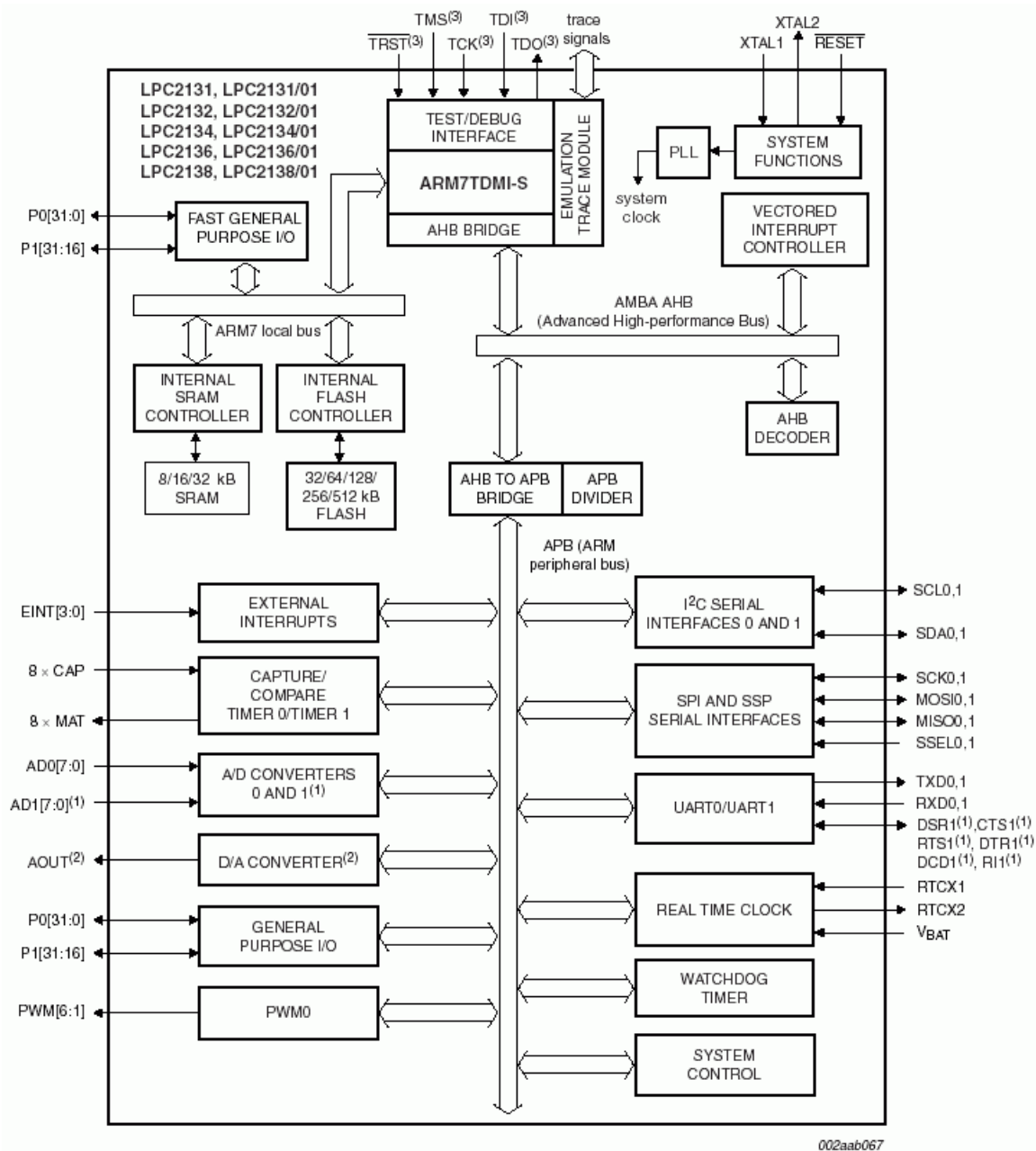
Pri delu s SMD gradniki si bo treba omisliti še dva pripomočka za iskanje napak in popraviljanje naše samogradnje. Večina napak so kratki stiki med gostimi priključki: iskanje takšnih napak brez dobrega stereo mikroskopa ne bo šlo. vsakdo, ki je vsaj malo

razmišljal vnaprej, si je pred desetletjem kupil dober ruski mikroskop za majhne denarje na radioamaterskih boljšjih sejnih. Pri nakupu mikroskopa pazimo na dvoje: povečava in delovni prostor. Povečava naj bo me 10 in 100. Delovni prostor določa razdalja med opazovanim predmetom in objektivom mikroskopa. Ta naj bo čimvečja, da lahko tudi spajkamo pod mikroskopom.

SMD upor ali kondenzator lahko z malo spretnosti odspajkamo z navadnim spajkalnikom. Lažje gre seveda z dvema spajkalnikoma hkrati na obeh koncih upora ali kondenzatorja. Za odspajkanje sestavnega dela, ki ima več priključkov (QFP poštne znamke jih imajo tudi preko 200) pa potrebujemo spajkalno postajo z vročim zrakom. Na srečo so danes kitajske spajkalne postaje z vročim zrakom dosegljive za razmeroma majhno ceno.

2. Osrednji mikroračunalnik ATNCja

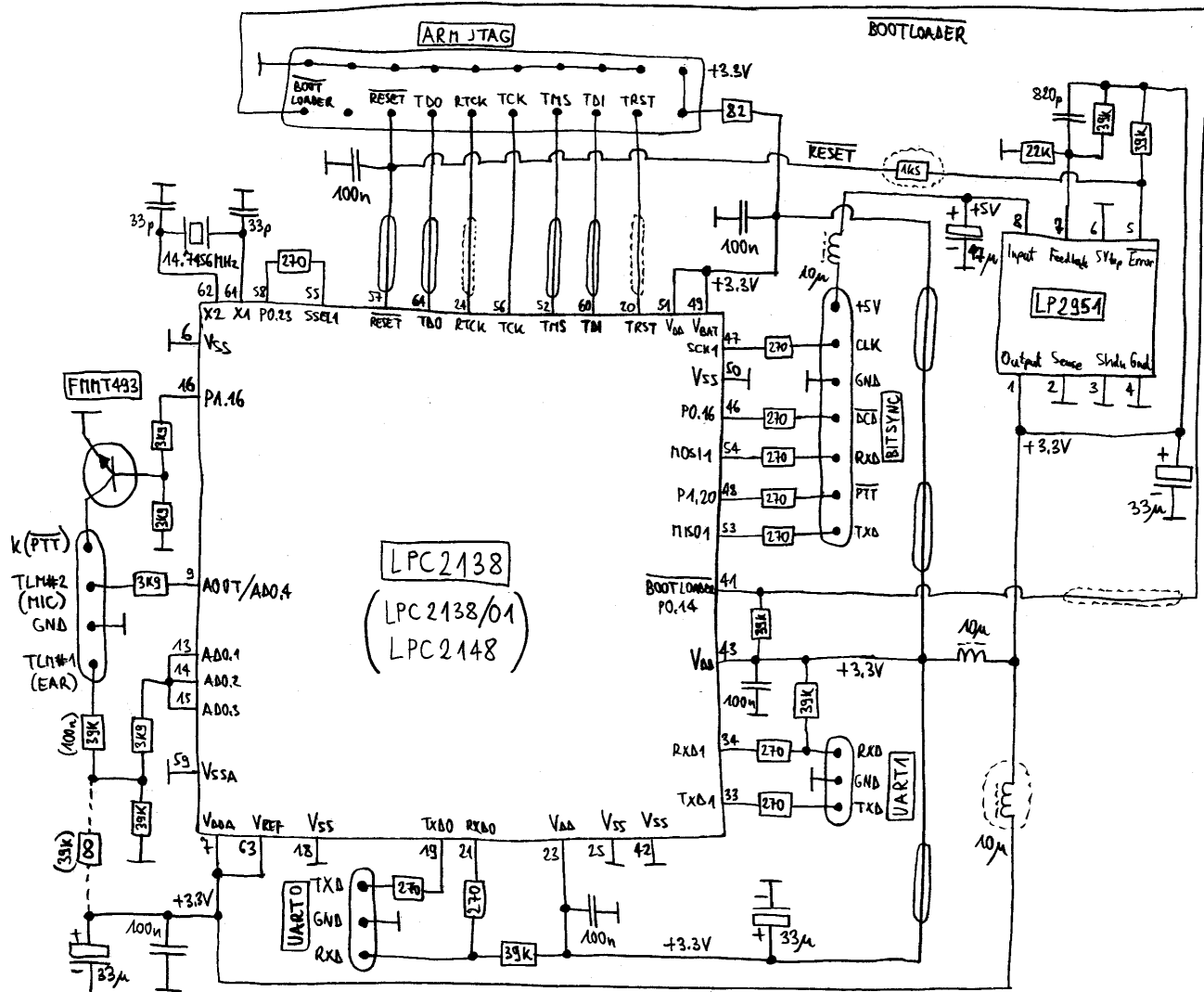
Osrednji mikroračunalnik ATNCja je izveden v celoti z mikrokrmilnikom LPC2138 (Philips ali NXP):



Slika 2 - Notranjost mikrokrmilnika LPC2138.

LPC2138 vsebuje zmogljivo 32-bitno procesorsko jedro ARM7TDMI z lastnim izvorom takta in zanesljivim vezjem za "brown-out" RESET, 500kbyte pomnilnika FLASH za program (EEPROM lahko električno brišemo in ponovno vpišemo), 32kbyte pomnilnika RAM za podatke (sicer malo ampak dovolj za TNC) in spremenljivke ter številne vmesnike: dva UARTa za komunikacijo, A/D in D/A pretvornike in celo hardverski pes čuvaj, če bi se naš program nekje zataknil.

Edino, kar manjka v LPC2138 in večini podobnih mikrokrmilnikov drugih proizvajalcev, je zaporedni vmesnik HDLC (X.25) ali podoben, ki bi bil primeren za radijsko prenosno pot. Programski HDLC sicer izkorišča vgrajeni SPI vmesnik, mora pa zaznavati HDLC zastavice, izločati vrinjene ničle ter računati CRC. Vhodni in izhodni signali programskega HDLC vmesnika so izvedeni tako, da so popolnoma enakovredni znanim hardverskim vmesnikom Z8530 ali SAB82532 iz TNCjev za AX.25. Programski HDLC lahko seveda popolnoma prilagodimo radijski prenosni poti, kar za "žične" HDLC Z8530 ali SAB82532 zagotovo ne velja!

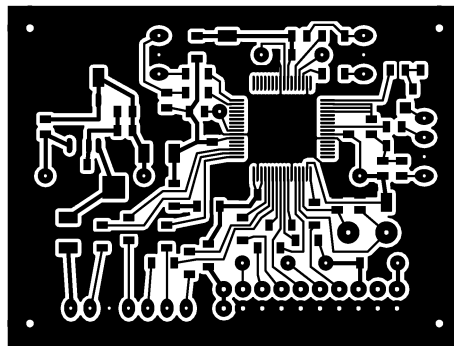


Slika 3 - Električni načrt ATNCja z LPC2138.

Električni načrt ATNCja hitro pove, da je to samo "pajek", ki goste priključke QFP mikrokrmilnika razširi na vtičnice ter poskrbi za napajanje in RESET mikrokrmilnika. Vsi hitri signali imajo zaporedne dušilne upore, ki preprečujejo radijske motnje kot tudi številске napake zaradi "zvonjenja" vodil. Ker vsebuje LPC2138 notranji pomnilnik FLASH, je poleg signalnih vtičnic predvidena še vtičnica za ARM-JTAG programator.

ARM procesor in pomnilniki v notranjosti LPC2138 delajo z napajalno napetostjo +1.8V. Čip mikrokrmilnika vsebuje notranji regulator za +1.8V in ta napetost od zunaj sploh ni dostopna. Zunanje napajanje LPC2138 je +3.3V, blokirano s številnimi kondenzatorji, ki poleg notranjega regulatorja oskrbuje tudi vse vhodno/izhodne stopnje: TTL in analogne. A/D in D/A pretvorniki imajo ločeno napajanje +3.3V, da naj bi bile motnje manjše. Zunanje napajanje tiskanega vezja je +5V, kar regulator LP2951 spusti na +3.3V. LP2951 vsebuje tudi dodatno vezje za reset mikrokrmilnika preko izhoda /Error.

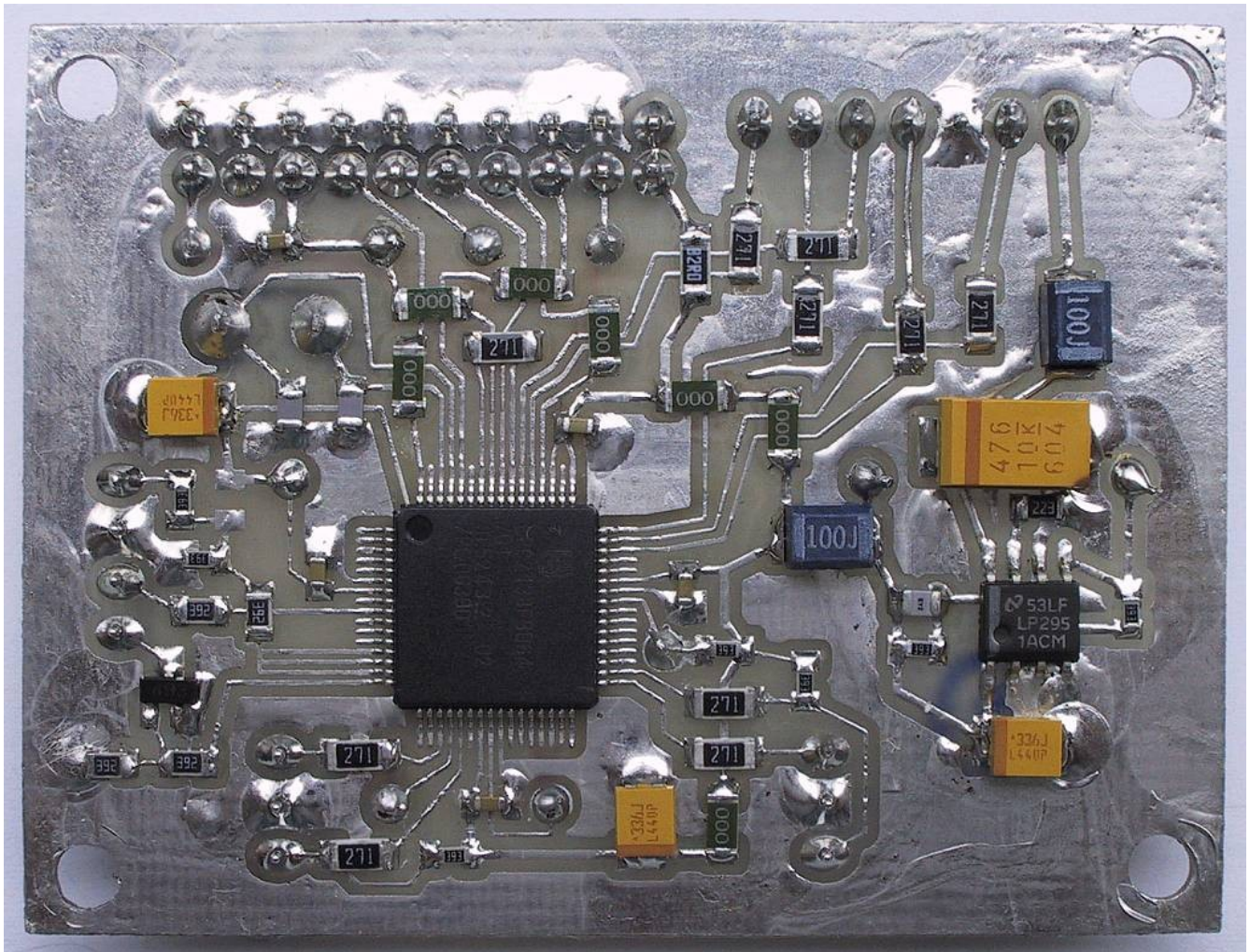
Končno vsebuje mikrokrmilnik LPC2138 tudi dva A/D pretvornika s številnimi vhodi ter en D/A pretvornik. Sedanja inačica programske opreme podpira en A/D pretvornik za dva analogna telemetrijska kanala ter en digitalni izhod za telekomando. Preko istih vmesnikov je seveda možno krmiljenje analognih radijskih postaj na različne načine (gradniki v oklepajih na načrtu), vključno z analognim govorom oziroma s programskimi DSP modemi za APRS ali Manchester.



Slika 4 - Enostransko tiskano vezje ATNCja z LPC2138.

Osrednji mikroračunalnik ATNCja je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju z izmerami 45mmX60mm. Na isto tiskano vezje lahko prispajkamo tri različne mikrokrmilnike: poleg izvirnega LPC2138 še novejšo različico LPC2138/01 in mikrokrmilnik LPC2148. LPC2138/01 vsebuje izboljšana A/D pretvornika. LPC2148 vsebuje še USB vmesnik in dodatnih 8kbyte RAM, česar pa programska oprema za ATNC (še) ne zna izkoriščati.

Notranji PLL v mikrokrmilniku je sprogramiran tako, da frekvenco zunanjega kristala za takt pomnoži s štiri. Z nazivnim kristalom 14.7456MHz bo takt procesorja približno 59MHz. Stari LPC2138 (Philips) sicer delajo do približno 80MHz (kristal za 20MHz), novejši LPC2138/01 (NXP) in LPC2148 pa pridejo tudi do 100MHz (kristal za 25MHz). Proizvajalec sicer navaja gornjo frekvenčno mejo 60MHz za vse navedene mikrokrmilnike.

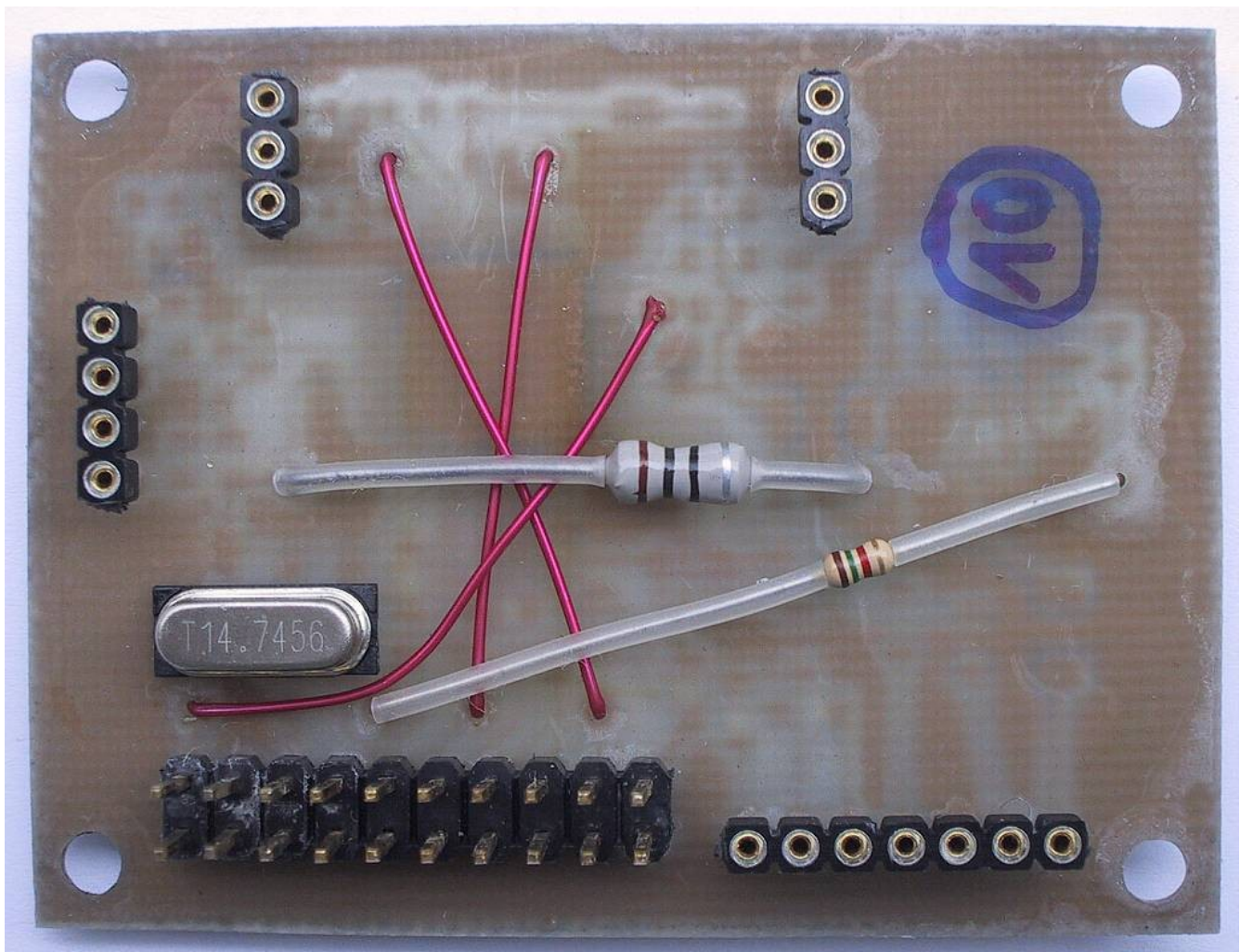


Slika 5 - Spodnja stran tiskanine ATNCja.

Večina gradnikov je SMD in so vgrajeni na spodnjo stran tiskanine. Kot je razvidno iz slike, niso vsi SMD gradniki enako veliki! Upori velikosti 1206 so uporabljeni hkrati kot mostički. Povsod tam, kjer preskok vezice ni potreben, so vgrajeni upori in kondenzatorji velikosti 0603 ali 0805. Dušilke in tantalovi elektrolitski kondenzatorji so seveda največji gradniki.

Gradnjo ATNCja v vsakem primeru začnemo z najzahtevnejšim gradnikom, to je z mikrokrmilnikom LPC2138. Tega moramo najprej pravilno poravnati na vzorec tiskanega vezja, zacinjimo le dve vogalni tački in poravnavo preverimo pod mikroskopom. Šele nato zacinjimo ostale tačke, saj je edina pot nazaj zelo zamudna s postajo na vroč zrak!

Ko smo pod mikroskopom preverili, da je vseh 64 tačk pravilno pricinjениh brez hladnih spojev in brez kratkih stikov med sosednjimi tačkami, nadaljujemo z ostalimi SMD gradniki. Ko so zacinjени vsi SMD gradniki, se lotimo še gornje strani tiskanine: najprej trije žični mostički, potem upor, dušilka, kristal in končno pet vtičnic.



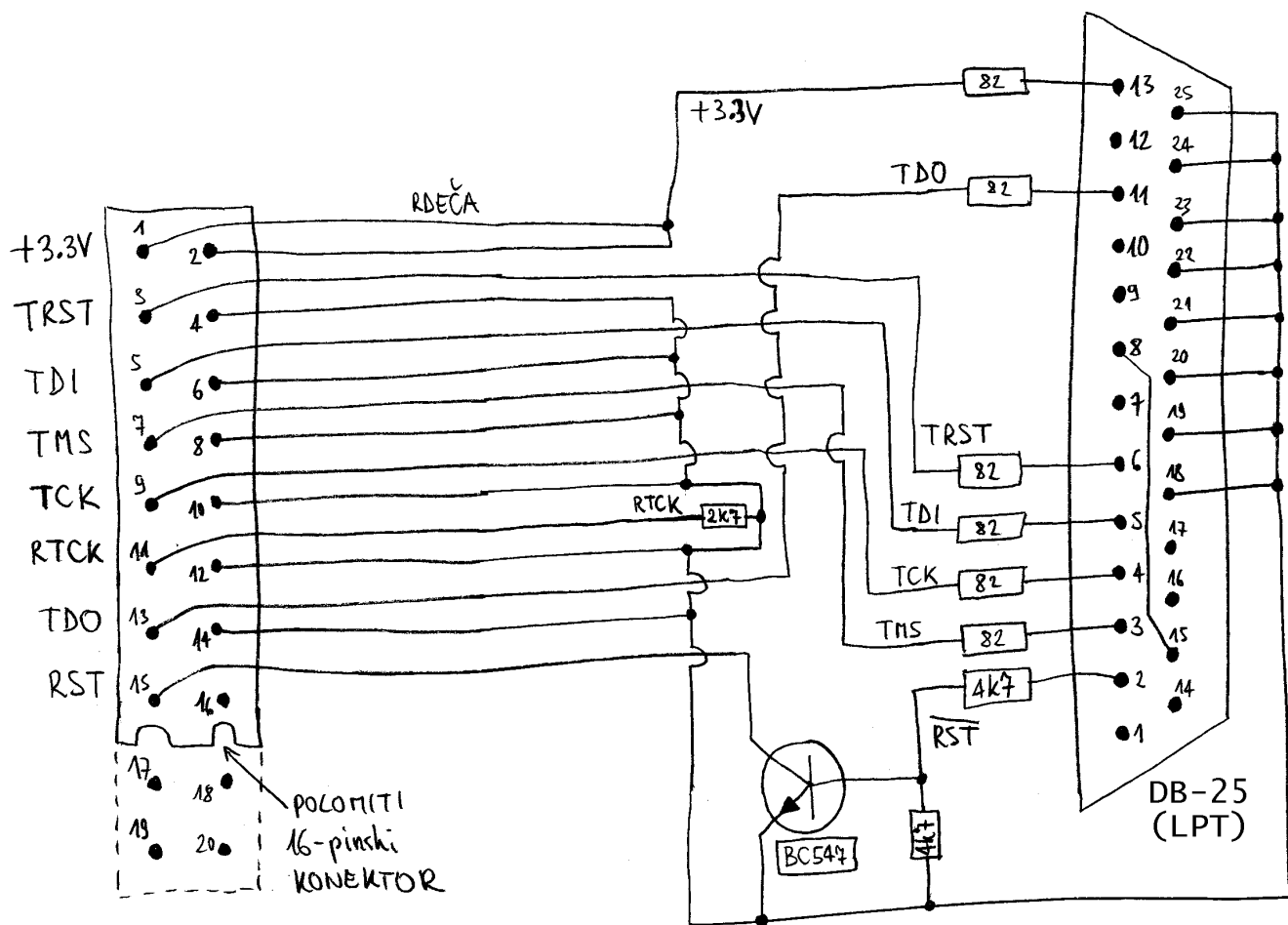
Slika 6 - Zgornja stran tiskanine ATNCja.

Gradnja ATNCja tu sploh še ni končana. Manjka še najpomembnejši del: vpis programa v pomnilnik FLASH. Sodobne mikrokrmilnike običajno programiramo kar v napravi, kamor so vgrajeni. Torej nič več UV žarnice za brisanje pomnilnikov in nič več posebnih programatorjev s "Textool" podnožji, saj za QFP pošne znamke uporabna podnožja sploh ne obstajajo!

Proizvajalci čipov so šli še korak dlje: postopka programiranja pomnilnika FLASH ali EEPROM sploh ne objavljajo več, pač pa v del pomnilnika že v tovarni zapečejo program z imenom "BOOTLOADER", ki se pogovarja z zunanjim svetom na eni strani ter se ukvarja s programiranjem pomnilnika v notranjosti čipa. Na ta način lahko tehnologijo izdelave čipa in natančen postopek programiranja z leti posodobijo, a uporabnik tega sploh ne opazi in še vedno uporablja enak vmesnik: UART (RS232), SPI, USB ali JTAG (glede na proizvajalca in vrsto čipa) z isto programsko opremo.

Z "BOOTLOADER"jem mikrokrmilnikov iz družine LPC2xxx se lahko pogovarjamo preko vmesnikov UART0 oziroma JTAG. V obeh primerih potrebuje mikrokrmilnik delujoč takt in RESET. Pri LPC2138 oziroma LPC2148 se iste nogice za JTAG lahko uporabljajo tudi v druge

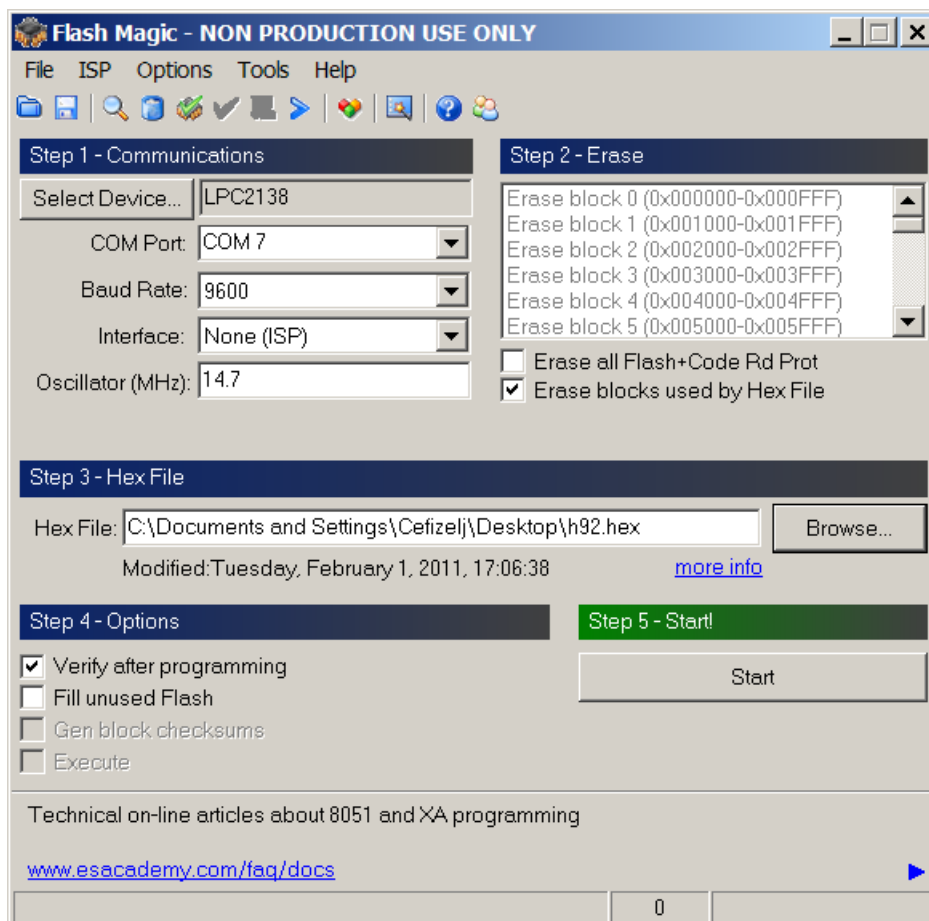
namene. Njihovo točno nalogo določa stanje nogice 24 ali RTCK ob RESETU. RTCK ima vgrajen notranji pull-up upor, visoko stanje ob RESETU izključi JTAG. (Pozor, to ne velja za vse mikrokrmilnike družine LPC2xxx, vsak od njih ima svoj postopek vklopa JTAG!)



Slika 7 - Preprost ARM-JTAG programator "Cigotag".

Preprost programator za LPC2138 zato vsebuje upor 2.7kΩ na maso iz signala RTCK. Upor je potreben zato, ker RTCK postane izhod JTAG vodila! "Cigotag" je tak preprost programator za vodilo JTAG, ki ga priključimo med DB-25 izhod PC računalnika za tiskalnik in JTAG priključek ATNCja. Pripadajoča programska oprema je kitajski "H-JTAG", ki ga dobimo zastonj na spletu. Razen najnovejših inčic tega programa vse ostale (od V0.5.0 do V0.9.2) podpirajo vmesnik "wiggler" na priključku tiskalnika.

Pri vseh mikrokrmilnikih družine LPC2xxx priključimo "BOOTLOADER" na vmesniku UART0 tako, da med RESETom sklenemo določeno nogico na maso. Pri LPC2138 in LPC2148 je to nogica 41 ali P0.14. Nogico 41 običajno drži neaktivno pull-up upor 39kΩ. P0.14 je napeljana na neizkoriščen priključek JTAG vtičnice, kar za programiranje sklenemo na maso z mostičkom. Pripadajoči programator je "FlashMagic", ki ga je napisal sam proizvajalec čipov NXP ter nam ga ponuja zastonj na spletu.



Slika 8 - Program FlashMagic.

Po RESETu "BOOTLOADER" najprej izvede "autobaud" na UART0, da se takoj prilagodi hitrosti prenosa, izbrani v programu "FlashMagic" in to ne glede na takt mikrokrmilnika. Takt mikrokrmilnika sicer moramo vnesti v "FlashMagic" oziroma v "H-Flasher" (del programa "H-JTAG"), da programator pravilno izračuna časovne konstante za vpis v FLASH pomnilnik.

"FlashMagic" je zaradi počasnejšega RS232 nekoliko počasnejši od "H-JTAG" na priključku JTAG, sicer pa sta oba načina programiranja popolnoma enakovredna! Programator "Cigotag" zato pride prav predvsem pri razvoju nove programske opreme, ko pogosto menjamo program v pomnilniku. Prednost "FlashMagic" je v tem, da deluje pravilno prav na vseh PC računalnikih (DB-25 za tiskalnik žal izginja!) in prav na vseh COM priključkih, vključno z najbolj zanikrnimi kitajskimi USB/COM kabli in pretvorniki.

Vsem začetnikom zato priporočam "FlashMagic". "Cigotag" in pripadajoči program "H-JTAG" zahtevajo kar nekaj več nastavitev. Žal se ne moremo kar tako znebiti priključka JTAG, saj ga potrebujemo za vklop "BOOTLOADER"ja na UART0. Sama programska oprema za ATNC izkorišča vsaj še en mostiček (lahko do štiri neodvisne mostičke) na prazni JTAG vtičnici, ko je JTAG vmesnik izključen (odprt RTCK).

Programska oprema za ATNC je napisana v zbirniku ARM, da v

ATNCju izkoristimo procesor prav do zadnje kaplje! Zapis z izvornim programom v zbirniku ARM prepoznamo po končnici ".s". Zbirnik prevedemo v izvedljivo strojno kodo z zaporednem dveh programov: ARMASM in ARMLINK. Oba programa sta licenčna. Seveda obstaja tudi podoben preprost prevajalnik ARMC, ki dela skupaj z ARMLINK.

ARMASM naredi najprej vmesni prevod s končnico ".o", ARMLINK pa dokončno strojno kodo v formatu ELF s končnico ".axf". Zapis v obliki ELF je sicer dobro zasnovan, poleg dvojiške strojne kode vsebuje tudi naslove, kam ta koda sodi. Žal se ni uveljavil in ga ne pozna prav noben programator! Zato potrebujemo še program FROMELF, ki iz ELF naredi kaj bolj čitljivega, recimo INTEL-HEX.

Vsi znani programatorji delajo z zapisi v obliki INTEL-HEX (končnica ".hex"), vključno s "H-JTAG" in "FlashMagic". INTEL-HEX vsebuje vse, kar ima ELF, le da je zapisano malo bolj na široko v človeku bolj čitljivi heksadecimalni kodi. Kakršenkoli INTEL-HEX lahko odpremo in takoj pregledamo s kakršnimkoli urejevalnikom besedila, recimo Notepad v Windows.

Če moramo samo sprogramirati mikrokrmilnik enega samega ATNCja z znanim programom, potem potrebujemo samo "FlashMagic" in prevedeni program v obliki INTEL-HEX. Če pa bi radi razvijali lastno različico programa, je zgodba bolj zapletena. Predvsem se moramo najprej izogniti strahotno kompliciranim programskim orodjem, razhroščevalnikom itd, ki nam jih vsiljujejo trgovci s programsko opremo. Te stvari so popolnoma neuporabne!

Če se lotimo mikrokrmilnika, je treba najprej preštudirati njegovo jedro oziroma procesor. V primeru procesorja ARM literature ne manjka in jo z lahkoto najdemo na spletu. Podjetje ARM nam bo na našo zahtevo zastonj poslalo po pošti celo zgoščenko PDFjev o zgradbi najrazličnejših procesorjev ARM, njihovem naboru ukazov in pripadajočih programskih orodjih.

Nato je treba preštudirati mikrokrmilnik. Bolj točno delovanje pomnilnikov, vezij za takt in RESET ter številnih vmesnikov, ki so vgrajeni v mikrokrmilnik. V primeru mikrokrmilnikov proizvajalca NXP (bivši Philips) moramo za določen izdelek poiskati na spletu PDF "User Manual" za njegovo družino mikrokrmilnikov. Žal je spletna stran proizvajalca NXP slabo urejena in pot do pravega "User Manual" ni vedno samo po sebi umevna. Na isti strani sicer dobimo tudi PDF "Data Sheet", ki je pa skoraj neuporaben!

Končno si moramo urediti naš prevajalnik. Sam sem ARMASM in ARMLINK preprosto izluščil iz enega od onih gromozanskih orodij za programiranje vključno s programom za licenco. Povsem jasno delovanje prevajalnika preverimo na preprostih zgledih, preden se lotimo zahtevnejše naloge.

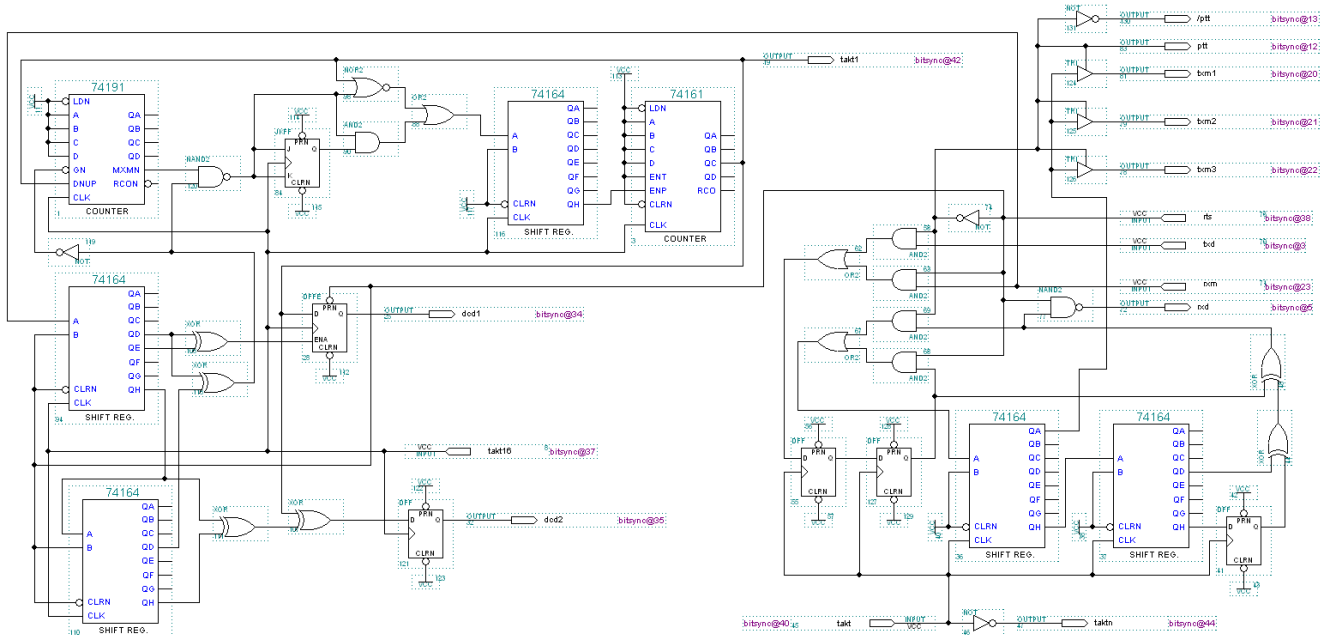
Mikrokrmilnik LPC2138 ni zadnji krik tehnike. Pri uporabi v ATNCju sta očitni dve pomanjkljivosti: razmeroma majhen pomnilnik RAM, samo 32kbyte komaj zadošča za ATNC in odsotnost kakršnekoli podpore za Ethernet. Obe pomanjkljivosti rešujejo novejši predstavniki družine LPC2xxx, ki vsebujejo enako procesorsko jedro ARM in enake vhodno/izhodne enote se celo nahajajo na istih

naslovih. Priredba programa na novejši mikrokrmilnik je zato razmeroma preprosta, še posebno če je iz iste družine istega proizvajalca.

3. Bitna sinhronizacija in skrambler

Današnji 32-bitni mikrokontrolerji s taktno frekvenco 50MHz bi zmogli v celoti obdelati medfrekvenčni (ZIF) BPSK signal do hitrosti prenosa kakšnih 100kbit/s. Smiselna rešitev za višje hitrosti so še vedno namenski vezji. Torej goli BPSK demodulator vgrajen v radijsko postajo, posebno vezje za bitno sinhronizacijo, za skrambler in končno HDLC vmesnik.

HDLC vmesnik je v ATNCju že izveden programsko, torej brez namenskih vezij. Tudi skrambler bi se dal izvesti programsko, a bi precej obremenjeval procesor. Še večjo obremenitev bi za procesor predstavljala bitna sinhronizacija. S ciljem čim lažjega uvajanja novega protokola sem se odločil, da zadržim združljivost s staro opremo za megabitni AX.25 na vseh ravneh. Nova bitna sinhronizacija in skrambler torej opravljata povsem enake naloge kot vezje iz gradnikov 74HCxxx pred poldrugim desetletjem.

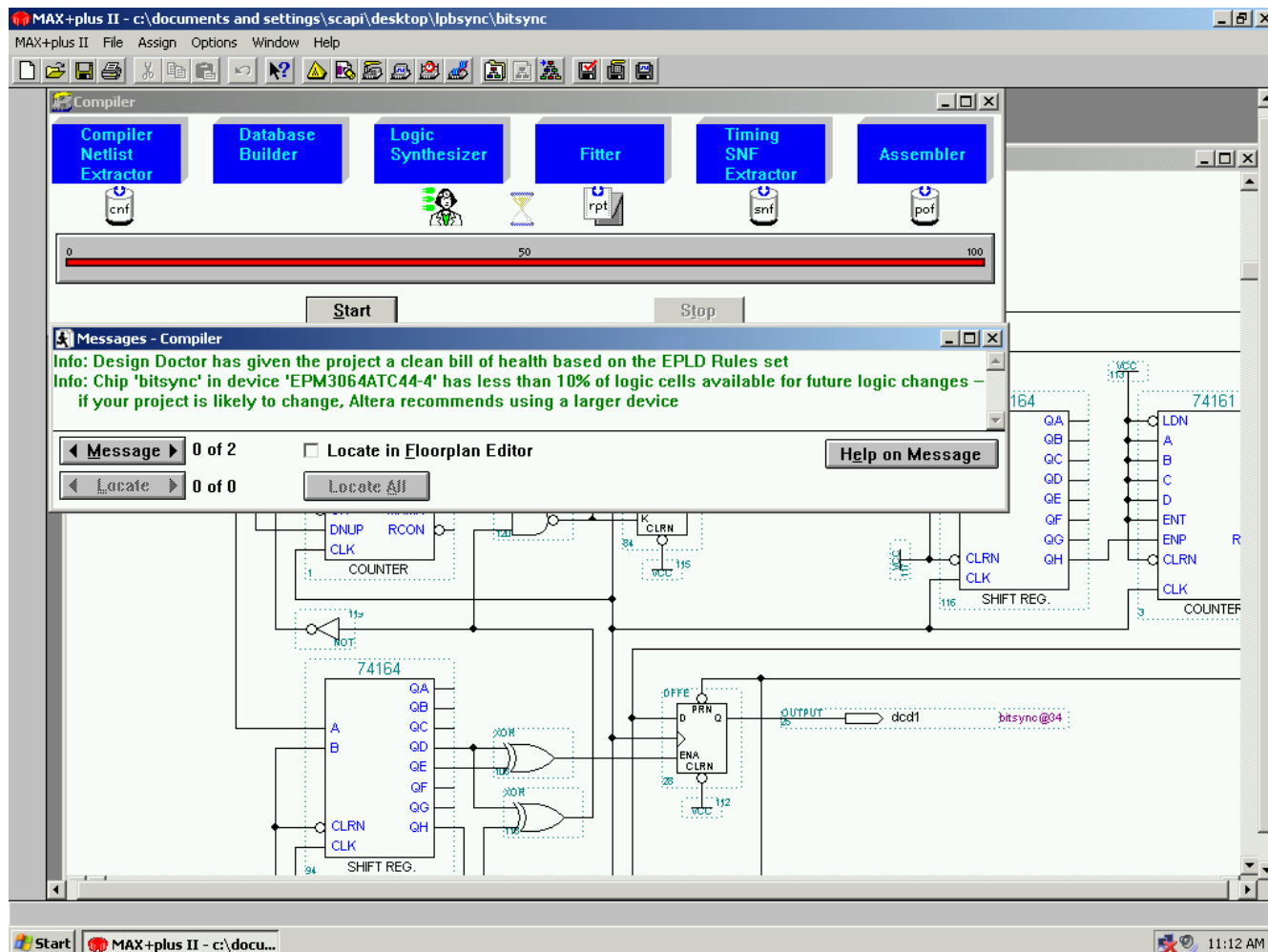


Slika 9 - Vezje bitne sinhronizacije in skramblerja.

Seveda sem skušal novo bitno sinhronizacijo izboljšati. Nova inačica dela s 16-kratnim taktom, vsebuje izboljššan DPLL in poleg starega (izhod dcd1) še izboljšano vezje za DCD (izhod dcd2). Skrambler ostaja polinomski $1+X^{12}+X^{17}$, povsem enak kot v modemih K9NG/G3RUH oziroma v starem megabitnem skramblerju. Novost je tri-state izhod TXM proti radijski postaji. Novi TXM je na sprejemu neaktiven v visoko-impedančnem stanju, kar omogoča preprosto vzporedno vezavo več različnih naprav: ATNC, megabitni AX.25 TNC, SuperVozelj na eno in isto PSK radijsko postajo.

Načrt na sliki 9 vsebuje prevaro: na prvi pogled izgleda vezje izdelano iz staromodnih gradnikov 74xxx. V resnici je ta načrt samo uporabniški vmesnik programa "MAX+plusII", ki bo narisano vezje prevedel v program in ga zapekel v en sam CPLD čip programirljive

Logike EPM3064ATC44. Torej ena sama QFP poštna znamka s 44 priključki v razmaku 0.8mm, ki vsebuje v svoji notranjosti 64 programirljivih makrocelic. Vsaka logična makrocelica vsebuje obsežen multiplexer na vhodu, en D-flip-flop in tri-state izhod.

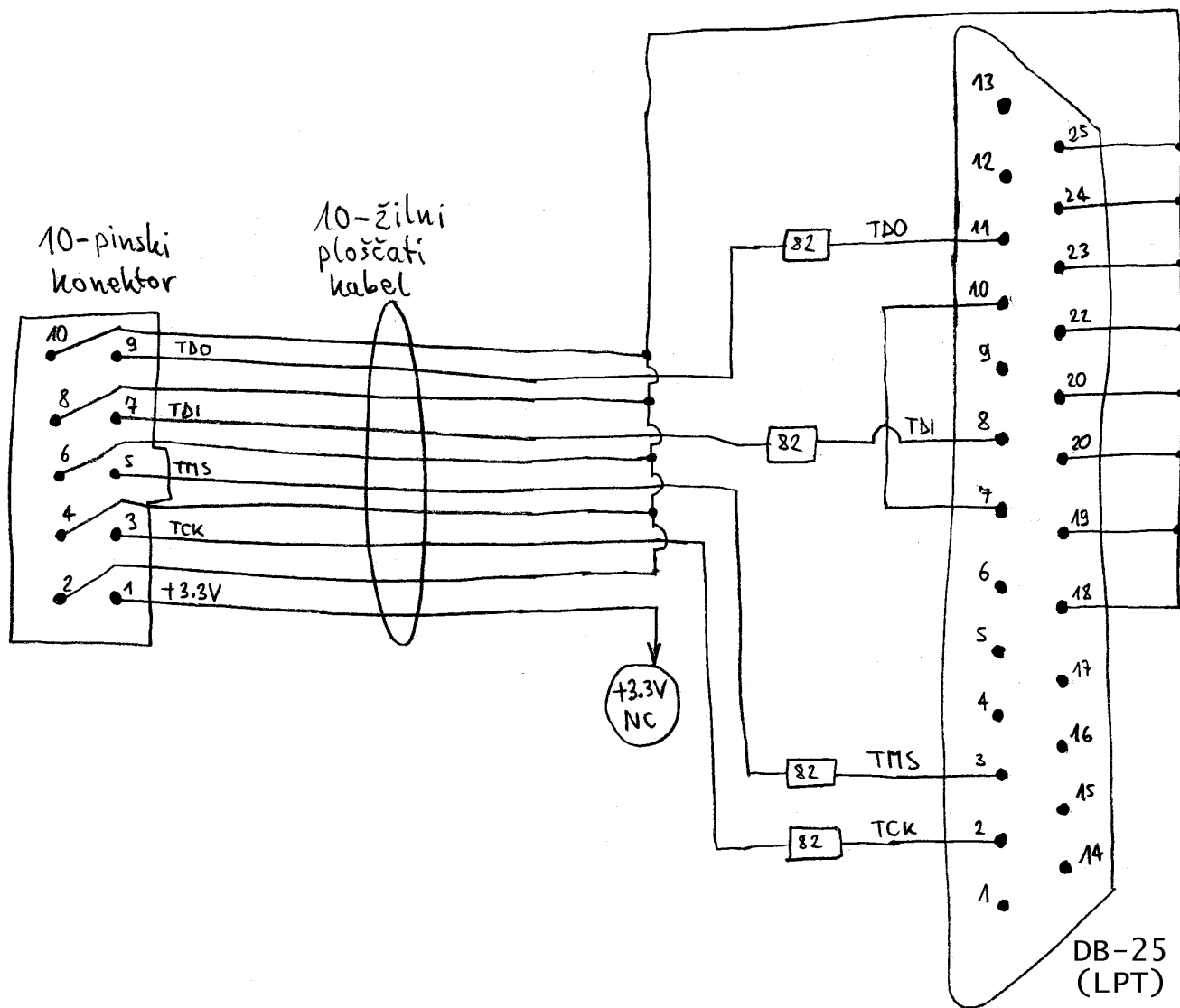


slika 10 - Programsko orodje "MAX+plusII".

CPLD programirljivo logiko danes izdeluje več različnih proizvajalcev: Xilinx, Altera, Lattice itd. Vsak proizvajalec ponuja na svoji spletni strani tudi razvojna orodja za programiranje svojih izdelkov. Na isti spletni strani dobimo tudi licenčne kode, ki so za okrnjene, študentske ipd. inačice razvojnih orodij običajno zastonj. Razvojno orodje omogoča načrtovanje in preverjanje vezja, njegov prevod v programirljivo logiko in končno samo programiranje FLASH pomnilnika v CPLD vezju.

"MAX+PlusII" je najpreprostejše orodje proizvajalca Altera, ki povsem zadošča našim potrebam. V orodju odpremo "projekt" s številnimi zapisi, od katerih sta pa v resnici potrebna le dva: končnica ".gdf" za električni načrt našega vezja in končnica ".acf" za izbiro CPLD vezja in dodelitev njegovih priključkov našim signalom. Zapis s končnim prevodom ima končnico ".pof" in ga zapečemo v FLASH CPLDja.

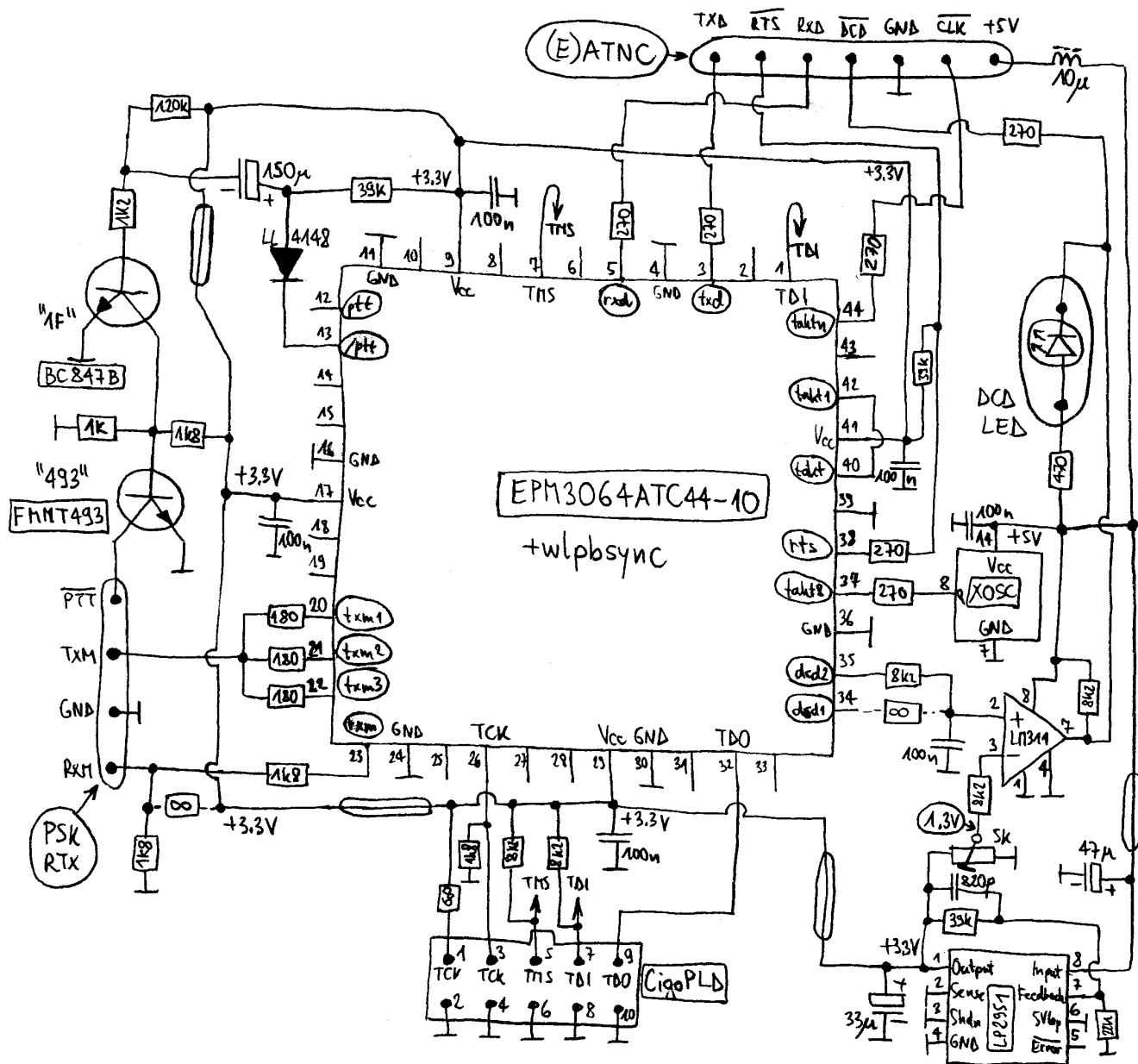
Proizvajalec Altera ponuja za svoje CPLD čipe najrazličnejše programatorje, ki niso ravno poceni. Ker za QFP pošne znamke ni praktičnih podnožij, moramo izbrati programator, ki zna zapeči CPLD v samem vezju preko JTAG vmesnika. Altera JTAG jasno ni združljiv z ARM JTAG kljub podobnim imenom signalov, kar pomeni, da bo treba narediti nov kabel "CigoPLD" za povezavo do priključka za tiskalnik našega PC računalnika.



Slika 11 - Preprost CPLD programator "CigoPLD".

Na stani PC računalnika je "CigoPLD" popolnoma združljiv z izvornima programatorjema "ByteBlasterII" oziroma "ByteBlasterMV" proizvajalca Altera. Na strani JTAG priključka ima "CigoPLD" sicer enak 10-polni vtikač kot izvorni programatorji proizvajalca, a so posamezni JTAG signali vezani DRUGAČE, da so medsebojne motnje manjše in je načrt lahko preprostejši, brez TTL vezij. Pozor! "MAX+plusII" v win98 ne potrebuje posebne inštalacije programatorja, ampak v winXP je treba natančno preučiti navodila "MAX+plusII", kako inštalirati gonilnik za kakršenkoli "ByteBlaster".

Če PC računalnik nima več priključka za tiskalnik, bo treba kupiti izvorni USB programator od proizvajalca Altera (zelo drag) oziroma njegov kitajski ponaredek. V obeh primerih bo treba prevezati 10-polni vtikač oziroma narediti adapter. Pozor! "MAX+plusII" ne zna krmiliti čudnih USB vmesnikov, zato različni "ByteBlaster" oziroma "CigoPLD" NE DELAJO z USB adapterji za tiskalnike!



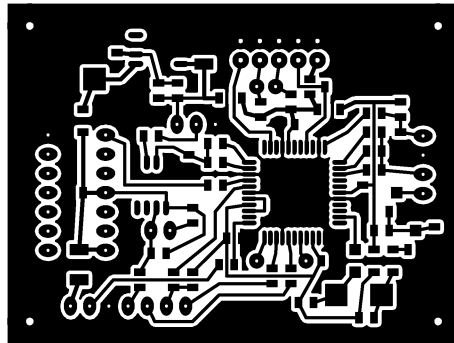
slika 12 - Električni načrt bitne sinhronizacije z EPM3064.

Podobno kot LPC2138 potrebuje tudi EPM3064ATC44 svoje tiskano vezje s konektorji, napajanjem, taktom in nekaj analognimi drobnarijami. Vhodi in izhodi EPM3064 so sicer združljivi s TTL, a napajanje čipa je +3.3V, za kar poskrbi regulator LP2951 iz razpoložljivih +5V. Sicer obstaja tudi starejša družina CPLDjev istega proizvajalca Altera EPM70xx z napajanjem +5V, ki jo je pa že

težje najti na tržišču!

DPLL bitne sinhronizacije potrebuje 16-kratni takt, ki ga proizvaja TTL kristalni oscilator. Za bitno hitrost 1.2288Mbit/s torej potrebujemo oscilator za 19.6608MHz. Vezje za DCD vsebuje tudi zunanji RC integrator in komparator LM311. Prag DCDja nastavimo na približno 1.55V s trimmerjem 5k Ω oziroma toliko, da LED ravno zanesljivo ugasne, ko je na vhodu BPSK sprejemnika prisoten samo šum brez veljavnega signala.

Prenovljena bitna sinhronizacija ima dodan hardverski pes čuvaj za oddajnik. Čuvaj je narejen z bipolarnimi tranzistorji, ker se CMOS vezja vključno z EPM3064 lahko zataknejo ob prenapetostih, recimo ob udaru strele! Časovno konstanto psa čuvaja določa tantalov elektrolitski kondenzator 150 μ F. Upora 39k Ω in 120k Ω omejujeta delež oddaje na približno 70%.

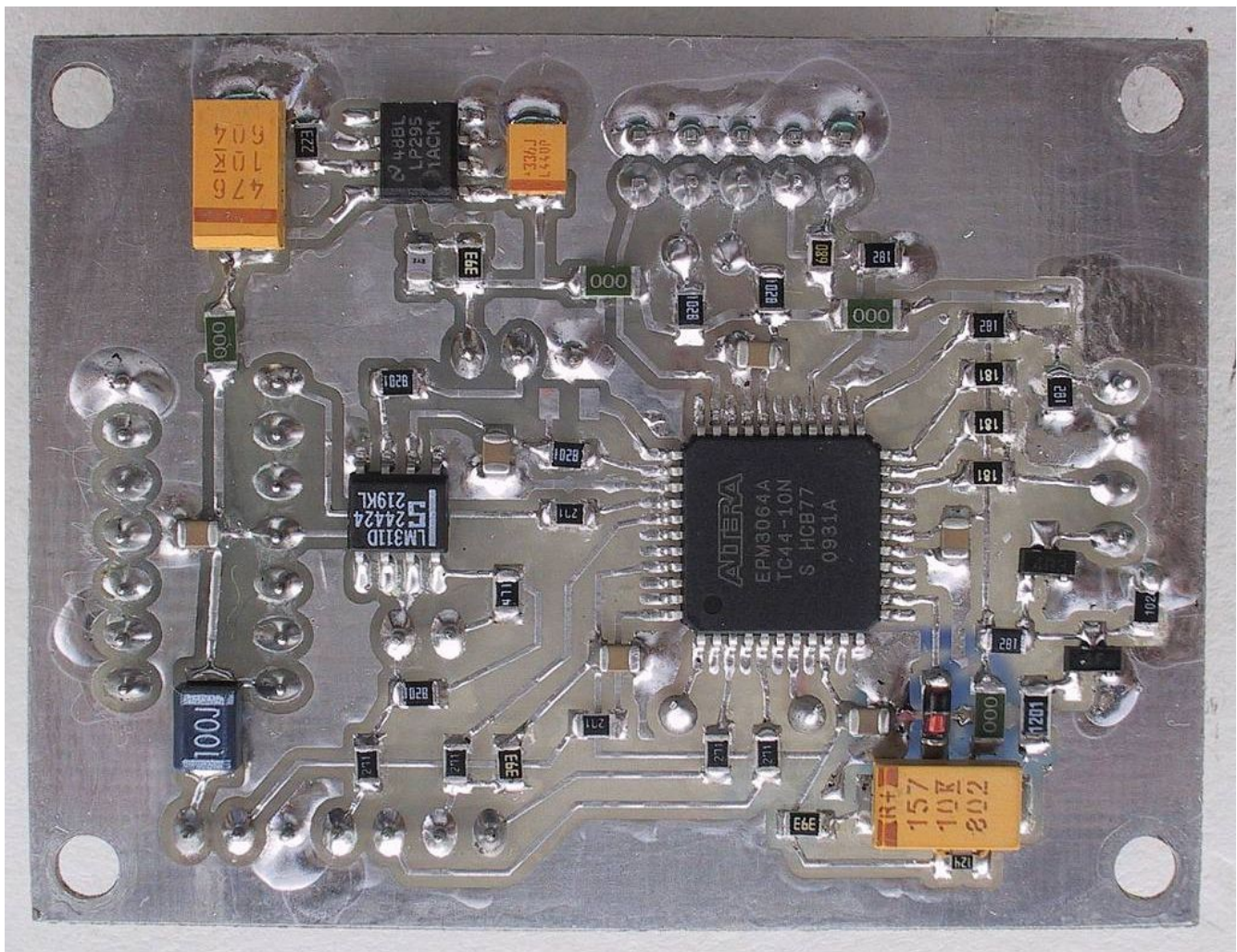


Slika 13 - Enostransko tiskano vezje bitne sinhronizacije z EPM3064.

Prenovljena bitna sinhronizacija in skrambler sta zgrajena na enostranskem tiskanem vezju z izmerami 45mmX60mm. Tudi tu začnemo z vgradnjo QFP poštna znamke EPM3064ATC44, ki jo je zaradi večjega razmaka 0.8mm med priključki nekoliko lažje priciniti od LPC2138. V bitni sinhronizaciji zadošča najcenejša različica EPM3064ATC44-10 (zakasnitev 10ns oziroma takt 100MHz).

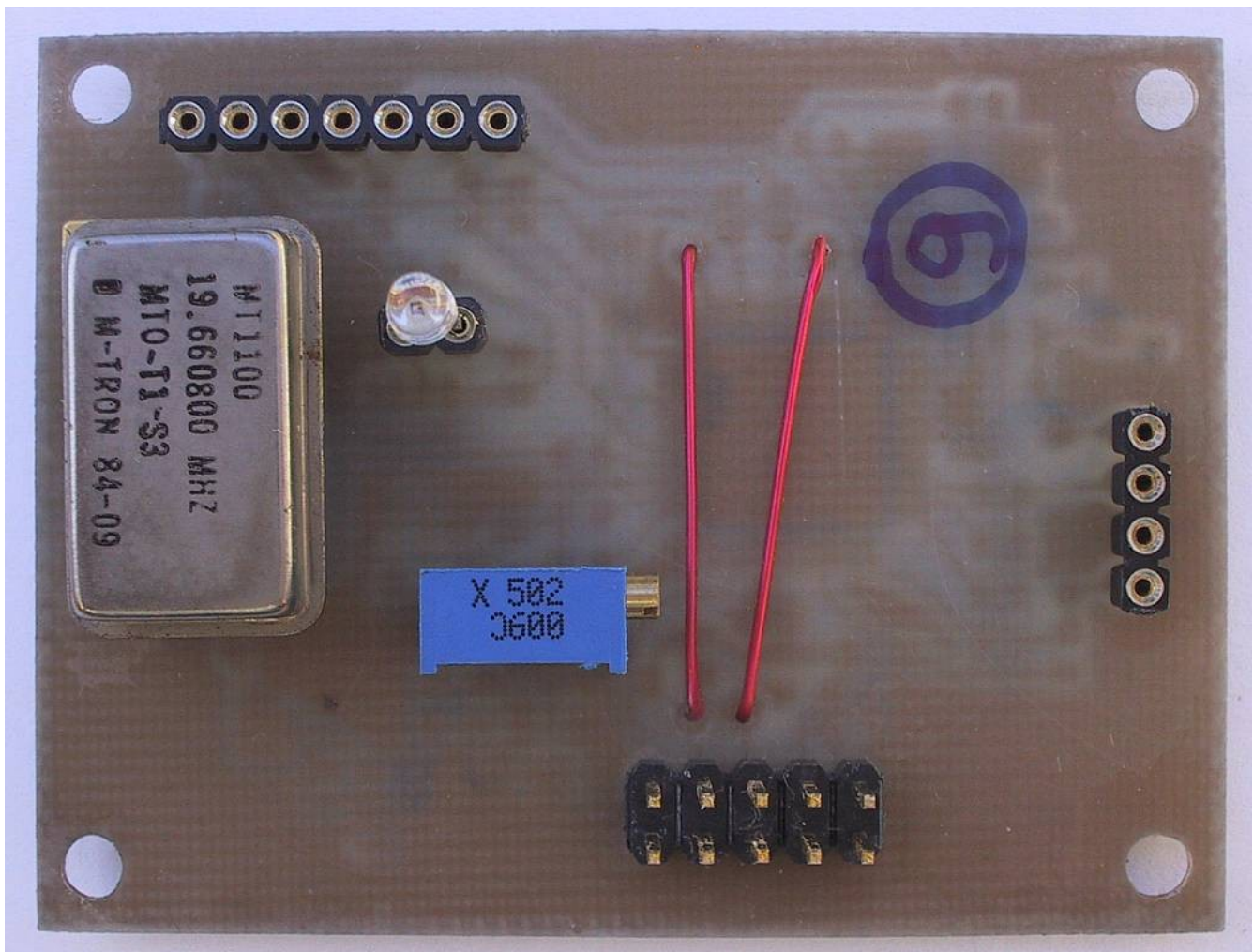
Seveda vezje deluje brezhibno tudi z dražjima različicama "-7" in "-4", ki so pa še vedno dosti cenejše od kopice TTL vezij družine 74HCxxx. V programskem orodju "MAX+plusII" namenoma zapečemo CPLD v varčevalni režim, kar dodatno upočasni delovanje vezja, a hkrati razpolovi porabo električne energije in segrevanje čipa.

Večina gradnikov bitne sinhronizacije in skramblerja je SMD in jih vgradimo na spodnjo stran tiskanine, jasno po uspešno zaključeni vgradnji EPM3064ATC44, kar obvezno preverimo pod mikroskopom! Poleg štirih SMD mostičkov "000" velikosti 1206 so za preskoke vezic uporabljeni tudi večji gradniki: upor 1.2k Ω , dioda LL4148, dušilka 10 μ H in tantalov elektrolitski kondenzator 150 μ F. Neizkoriščeni izhod "dcd1" je povezan na prazna očesca za SMD gradnik (upor).



slika 14 - spodnja stran tiskanine bitne sinhronizacije.

Ko so zacinjeni vsi SMD gradniki, se lotimo še gornje strani tiskanine: najprej dva žična mostička, potem podnožje za kristalni oscilator, trimer za DCD in končno štiri vtičnice. Končno v EPM3064ATC44 vpišemo vezje s programskim orodjem "MAX+plusII" in "CigoPLD". Ker "CigoPLD" niti drugi JTAG vmesniki nimajo lastnega napajanja, moramo med programiranjem poskrbeti za napajanje vezja bitne sinhronizacije.



slika 15 - zgornja stran tiskanine bitne sinhronizacije.

Proizvajalec CPLD vezij Altera nam sicer ponuja novejša orodja "Quartus" kot posodobljena zamenjava za "MAX+plusII". Novo orodje "Quartus" je gromozansko in ga še nisem preizkusil. "Quartus" sicer zna prečitati načrta, ki smo jih narisali v "MAX+plusII". Končno obstaja še okrnjena inačica "MAX+plusII", ki ne omogoča načrtovanja, pač pa deluje le kot programator: "Altera Stand-Alone Programmer".

4. Krmilnik RS232

Asinhroni zaporedni vmesnik so izumili še pred pojavom elektronike, v davnih časih mehanskih teleprinterjev, v kraljestvu vzvodov, osovlin, vzmeti, vztrajnikov in zobatih kolesc. Mehanski teleprinterji so kot električni vmesnik uporabljali tokovno zanko. Naslednik tokovne zanke je vmesnik RS232 v svetu računalnikov. Vsi veliki računalničarji so že zdavnaj klicali smrt RS232, ampak RS232 noče umreti, ravno obratno, čedalje več se uporablja!

RS232 je opisan zelo preprosto: logična enica je negativna napetost od -3V do -15V (vključen tok v zanki teleprinterja), logična ničla pa pozitivna napetost od +3V do +15V (prekinjena zanka teleprinterja). RS232 zaporedni asinhroni vmesnik je prav tako preprost: logična ničla za start, dogovorjeno število bitov za podatek in enica za stop, ki mora biti daljša od enega bita, je pa lahko poljubno dolga.

Velika moč RS232 je prav v njegovi enostavnosti: ni nam potrebno poznati naslova sogovornika niti stanja številnih protokolskih spremenljivk niti ne potrebuje posebnega gonilnika kot USB. Celotna komunikacija lahko teče po eni sami žici! Edina neznanka je dogovorjeni čas trajanja enega bita in tu nas rešuje "autobaud", ki ga poznajo vsi sodobni asinhroni vmesniki (UART).

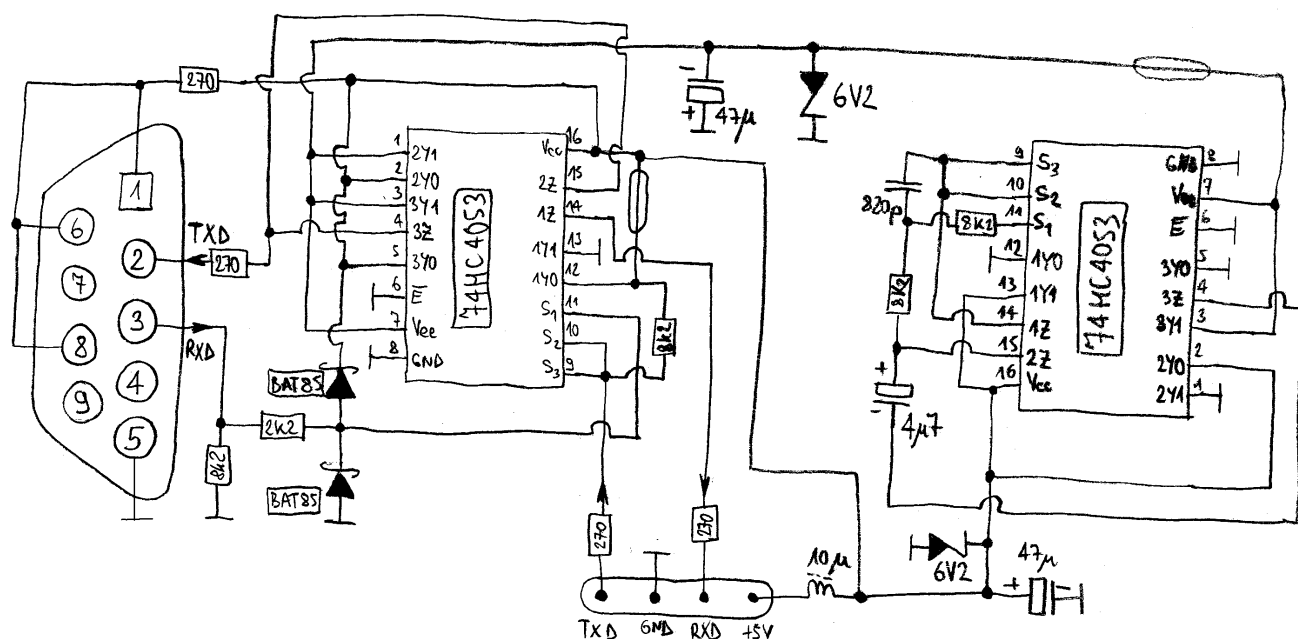
RS232 najprej potrebujemo za programiranje z "BOOTLOADER"jem vseh sodobnih mikrokrmilnikov, saj je vgrajeni RC oscilator zadosti točen le za "autobaud" na RS232. Preko RS232 nato vstopamo v naš uporabniški program, kjer moramo nastaviti vsaj naslov za kakšen višji protokol, recimo Ethernet MAC številko. Nenazadnje pride RS232 zelo prav pri resničnem razhroščevanju, ko višji protokoli odpovejo. Zakaj potemtakem ne bi uporabljali RS232 tudi za čisto vsakdanje reči, ko brez njega itak ne moremo nič narediti?

Hiba RS232 je uporaba razmeroma visokih napetosti (okoli 12V) in po vrhu še obeh polaritet, pozitivnih in negativnih. Tudi do navadnih TTL vezij potrebujemo krmilnike v obe smeri. Najbolj znana čipa sta zagotovo RS232 oddajnik 1488 in RS232 sprejemnik 1489. Vsi RS232 krmilniki obračajo polariteto signala, da se +12V RS232 logična ničla pretvori v 0V TTL in -12V RS232 logična enica v +3.3V TTL ali več.

Čedalje višje hitrosti delovanja RS232 ter visoke napetosti so prinesle preplah pred sevanjem radijskih motenj. Posledica preplaha je predpis, ki omejuje hitrost delovanja sodobnih RS232 oddajnikov na 115kbit/s, recimo znano vezje MAX232. Predpisu v posmeh delujejo druga vodila, na primer RS422, RS423, RS485, USB, CAN, Ethernet še z dosti višjimi hitrostmi prenosa po neoklopljenih vodnikih. Stari RS232 oddajniki, na primer 1488, pridejo tudi čez 500kbit/s.

Ker niti najhitrejši predpisani RS232 oddajniki ne presežejo 1.2Mbit/s, je kljub množici namenskih čipov na tržišču še kako smiselno razviti in izdelati lasten krmilnik RS232. Kot osnovni gradniki se dobro obnesejo CMOS preklopniki 74HC4053, ki znajo delati v celotnem razponu napetosti od negativnega napajanja $V_{ee} = -5V$

do pozitivnega napajanja $V_{CC}=+5V$.



Slika 16 - Električni načrt krmilnika RS232.

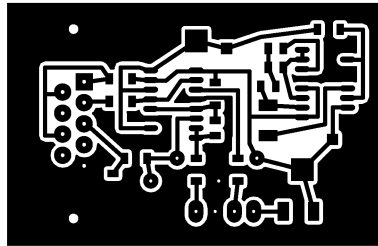
En 74HC4053 vsebuje tri analogne CMOS preklopnike. Dva preklopnika sta vezana vzporedno za RS232 oddajnik, kar omogoča razpon izhodne napetosti $\pm 5V$. Tretji preklopnik dela kot RS232 sprejemnik. Vhod sprejemnika je zaščiten z dvema Schottky diodama BAT85, ker predpis RS232 zahteva odpornost na vhodne signale vse do $\pm 25V$! Kontrolni izhodi DB-9 vtičnice RS232 so vezani kar na +5V preko zaščitnega upora, kontrolni vhodi pa so puščeni odprti, saj jih v ATNCju ne potrebujemo.

Drugi 74HC4053 je uporabljen kot napetostni pretvornik, ki iz zunanjega napajanja +5V naredi negativno napetost -5V za RS232 oddajnik. Dva CMOS preklopnika sta pri tem vezana v močnostni 70kHz oscilator, napajan s +5V. Preostali tretji CMOS preklopnik dela kot sinhroni usmernik za -5V enako kot v znanem vezju ICL7660, le da je 74HC4053 cenejša zamenjava. Glavna prednost sinhronnega usmernika je v manjšem padcu napetosti od diodnih usmernikov. Dve Zener diodi za 6.2V ščitita opisani krmilnik in ostala vezja ATNCja pred višjimi napetostmi, ki lahko zaidejo v ATNC preko vtičnice DB-9 iz drugih naprav z vmesniki RS232.

Opisani krmilnik RS232 je uspešno preizkušen vse do hitrosti 921.6kbit/s z najrazličnejšimi vmesniki RS232: različna COM vrata osebnih računalnikov, različni zunanji USB/COM pretvorniki (FTDI in Prolific) in krmilniki 1488/1489 v megabitnih TNCjih za AX.25.

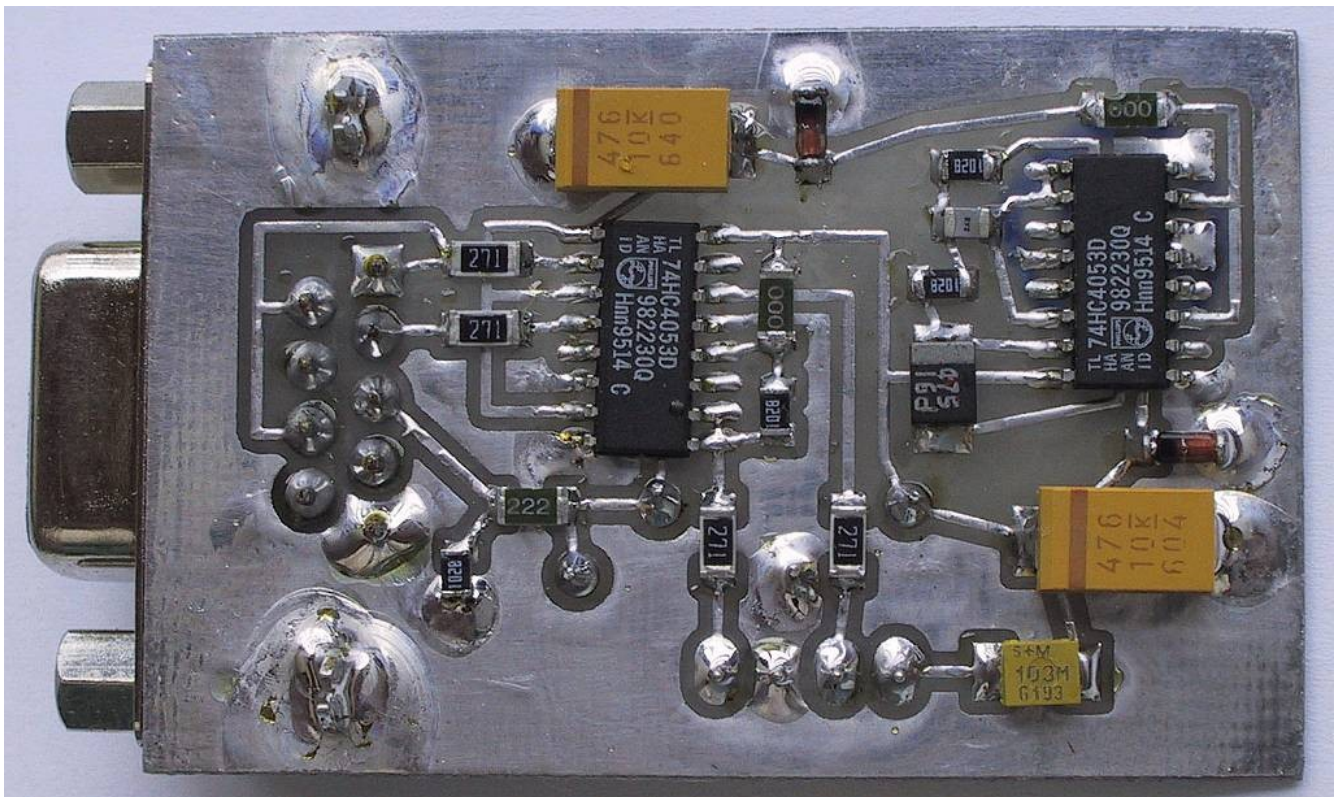
V medsebojni zvezi dveh ali več enakih udeležencev je opisani krmilnik RS232 uspešno preizkušen do 4Mbit/s, kar je omejitev ATNCja pri vezavi več ATNCjev v vozlišče ASV. Prav hitrost lokalne zanke je ozko grlo ASVja, zato preprosto ni nobene zamenjave za opisano vezje, če želimo ostati združljivi z RS232. Povsem jasno bi morali

krmilniki za RS422, RS423 oziroma RS485 delati vse do 10Mbit/s.



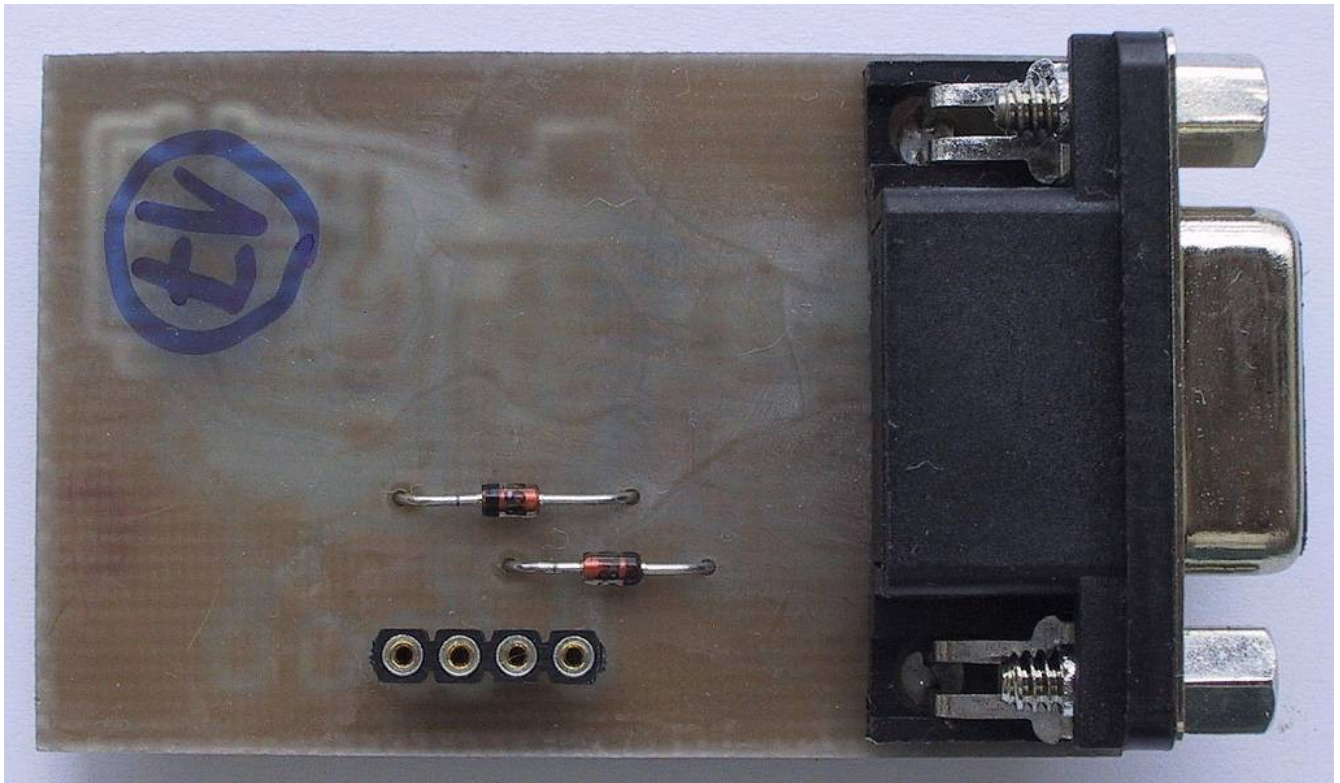
slika 17 - Tiskano vezje krmilnika RS232.

Krmilnik RS232 je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju z izmerami 32mmX50mm. Večina gradnikov je SMD in so vgrajeni na spodnjo stran tiskanine.



slika 18 - Spodnja stran tiskanine krmilnika RS232.

Na gornji strani tiskanine sta vgrajeni le dve Schottky diodi BAT85 in obe vtičnici.

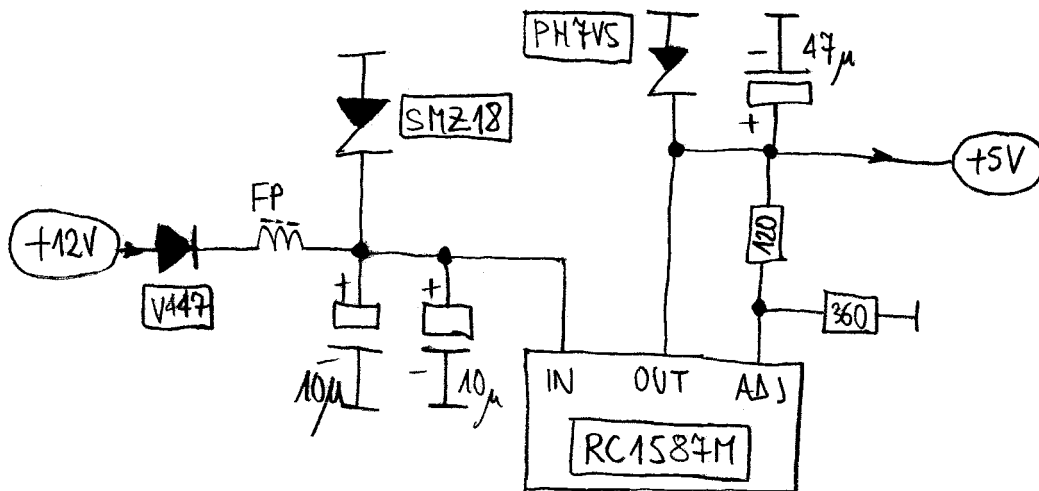


slika 19 - zgornja stran tiskanine krmilnika RS232.

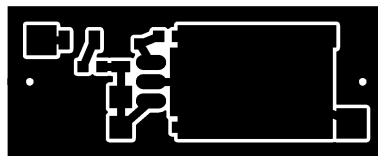
5. Napajanje in ohišje ATNCja

Vse enote ATNCja potrebujejo napajanje +5V. Skupna poraba znaša dobrih 100mA, odvisno od izbranih taktnih frekvenc različnih CMOS gradnikov. Preprosta rešitev je regulator 7805, izvedba v ohišju TO-220. Tak 7805 se privije na pločevino ohišja, kamor odvaža slab 1W toplote pri zunanjem napajanju 13.8V. Regulator 7805 seveda potrebuje blokirna kondenzatorja na vhodu in na izhodu. Tudi kakšna zaščitna dioda ni odveč. Torej kar nekaj gradnikov v zraku?

Kakršenkoli napetostni regulator vgradimo, tistih nekaj dodatnih kondenzatorjev in diod bo treba vedno vgraditi zraven. Doma sem imel večjo količino SMD regulatorjev RC1587M (podobni LM317), zato sem napravil zanj majhno tiskano vezje s tistimi nekaj dodatnimi gradniki. Električni načrt mojega napajalnika je seveda neobvezujoč!



Slika 20 - Električni načrt napajalnika z RC1587M.



Slika 21 - Tiskano vezje napajalnika z RC1587M.

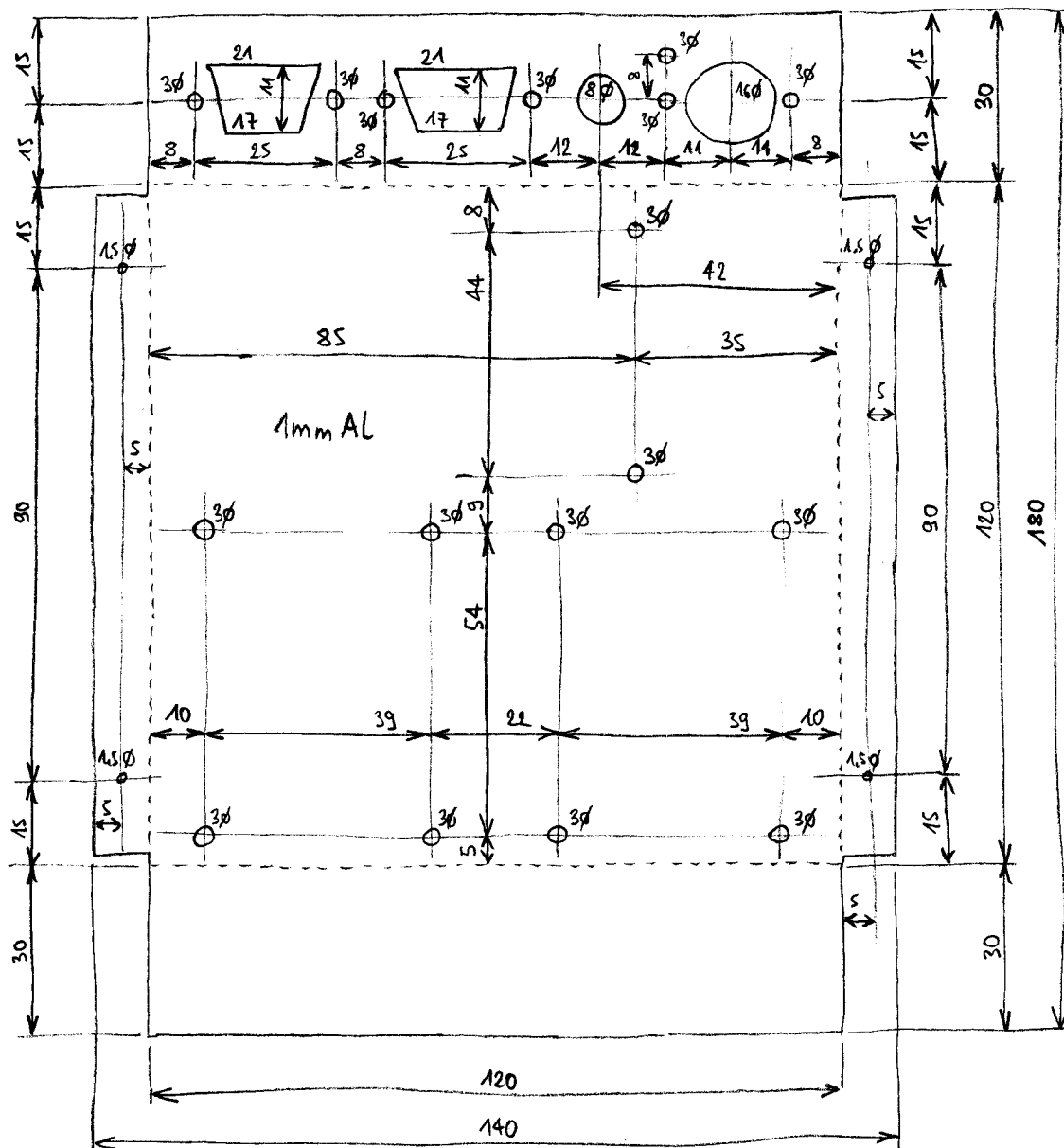
Napajalnik je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju z izmerami 20mmX50mm. Vsi gradniki so SMD, zato ima tiskanina le dve pritrtilni luknji na razdalji 44mm. Tiskanina se pritrdi tesno ob dno pločevinaste škatle ATNCja. Za boljše odvajanje toplote priporočam uporabo vitroplasta debeline samo 0.8mm ali še tanjšega, med tiskanino in aluminij pa malo silikonske masti.



Slika 22 - Izgled napajalnika z RC1587M.

Ker je ATNC predviden za delo z radijskimi postajami in tudi sam vsebuje vezja, ki delajo s takti v področju radijskih frekvenc, priporočam vgradnjo vseh enot ATNCja v oklopljeno kovinsko ohišje. V eno kovinsko ohišje lahko vgradimo en sam ATNC ali pa več ATNCjev, ki so že znotraj ohišja povezani v vozlišče ASV. Ploščici ATNCja in bitne sinhronizacije imata enako nameščeni 7-polni vtičnici, da ju lahko vgradimo eno nad drugo in prihranimo s prostorom. Torej je različnih možnost vgradnje in ožičenja res veliko.

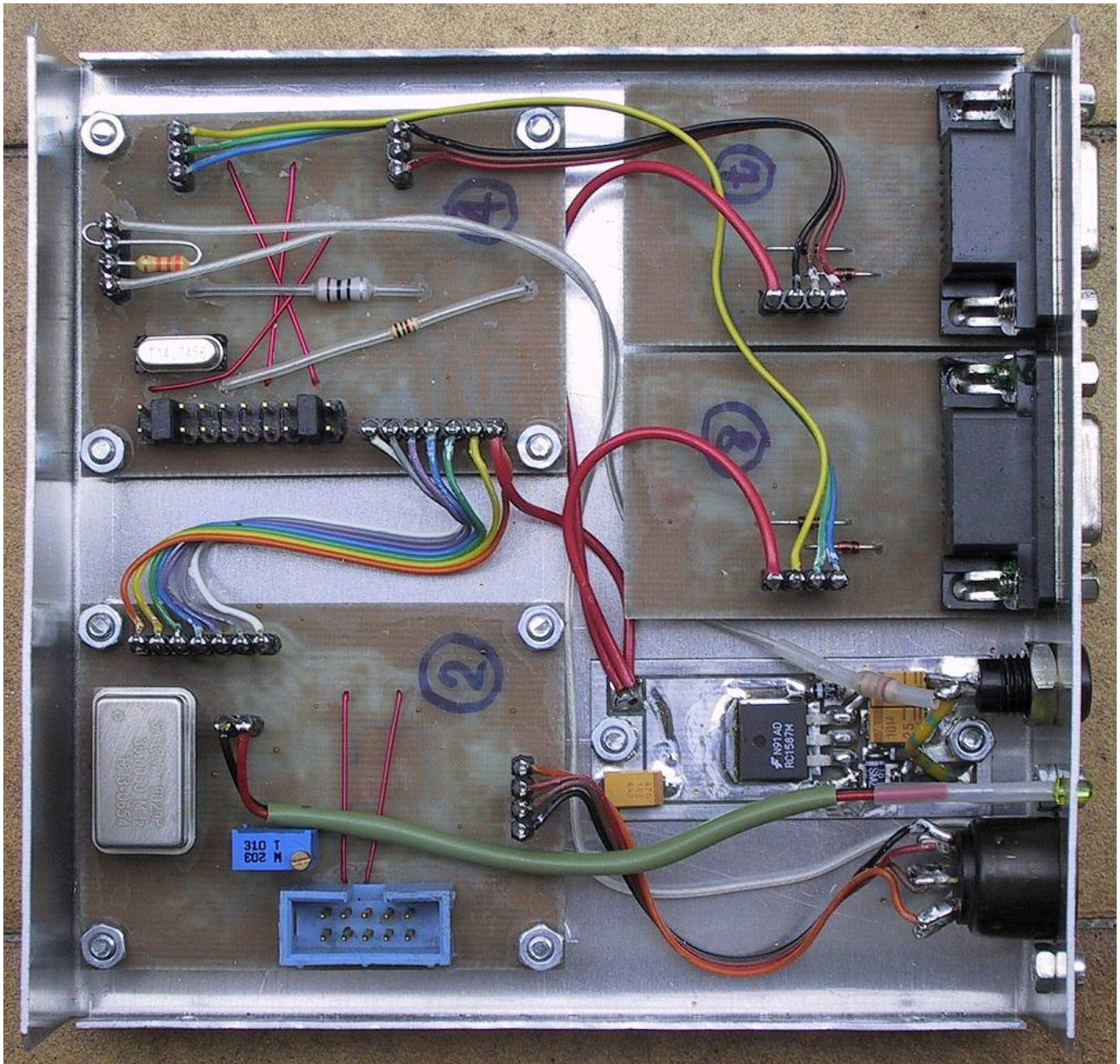
Za prve poskuse priporočam preprosto ohišje iz nepobarvanega aluminija, kjer so vse enote nameščene "na široko" v eni ravnini. Pri načrtovanju ohišja seveda ne smemo pozabiti na število vtičnic in prostor, ki ga zavzamejo. ATNC potrebuje štiri vtičnice: PSK radijska postaja, 12V napajanje in dve vtičnici DB-9 za dva priključka RS232: upravljanje ATNCja na 9600bit/s in SLIP/KISS povezava na PC računalnik. Poleg vtičnic sodi na prednjo ploščo še svetleča dioda za DCD.



Slika 23 - Dno ohišja za preprost ATNC.

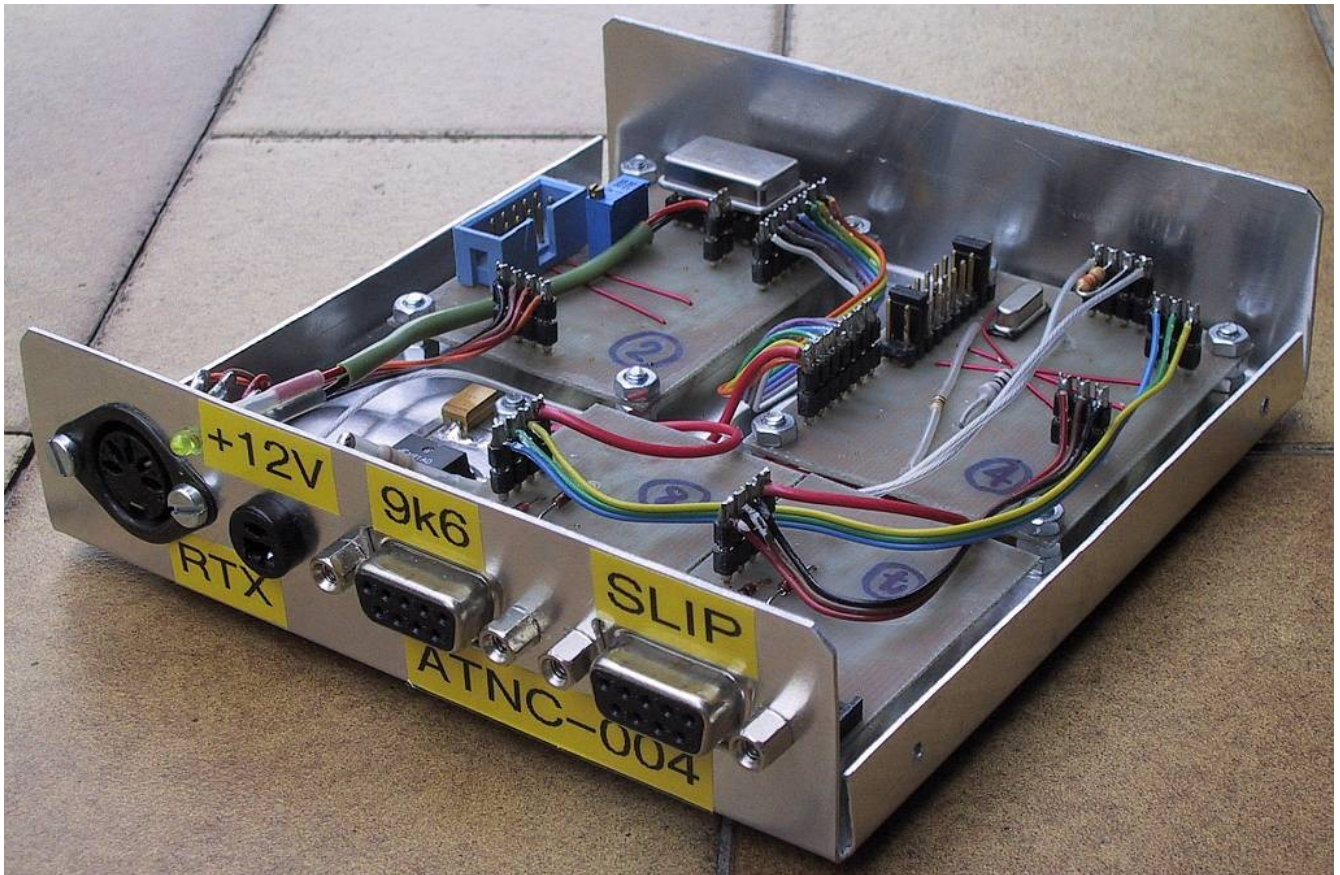
Dno ohišja je izdelano iz 1mm debele aluminijeve pločevine, ki jo še pred krivljenjem izvrtamo po predlaganem načrtu. Pokrov je samo "U" iz tanjše Al pločevine 0.6mm, ki se pritrdi na ušesa dna s štirimi samoreznimi vijaki 2.2x6.5mm. Končno prilepim na dno štiri samolepljive tačke iz klobučevine, da glave vijakov ne drgnejo po podlagi.

Tiskani vezji mikroročunalnika ATNCja in bitne sinhronizacije sta pritrjeni na dno s po štirimi vijaki M3x10mm. Na vsakem vijaku so tri matice M3. Dve prideta med dno in tiskanino, da določata razdaljo. Oba krmilnika RS232 sta pritrjena le na prednjo ploščo z vijaki vtičnic DB-9.



slika 24 - Razporeditev in ožičenje enot ATNCja.

Ožičenje enot ATNCja je najlepše razvidno iz fotografij. Kar iz načrtov ni razvidno, kam povezati telemetrijo in telekomando? Vhod TLM#1 je povezan na AGC izhod ZIF-BPSK radijske postaje. Vhod TLM#2 preko uporovnega delilnika $270\text{k}\Omega+33\text{k}\Omega$ meri napajalno napetost +12V neposredno na vtičnici. Izhod K ni uporabljen: je povezan vzporedno s TLM#2 le zato, da lahko preprosto preverimo delovanje ukazov.



slika 25 - vtičnice na prednji plošči ATNCja.

6. Nadaljni razvoj ATNCja

ATNC je prvi in najpreprostejši vmesnik, ki omogoča praktični preizkus in uporabo Ne-Brezhibnega Protokola. Ta članek izključno opisuje hardver ATNCja. Programska oprema ATNCja in njegovih naslednikov zahteva ločen, zelo obsežen članek. Na kratko, ATNC podpira tri zaporedne vmesnike: HDLC za radijsko zvezo in dva UARTa, eden za nadzor z navadnim terminalom za 9600bit/s in drugi za velike količine podatkov po protokolih SLIP, KISS ali lokalni zanki ASVja (Advanced ali Arm SuperVozelj).

Poleg zasnove ATNCja se članek ukvarja z vrsto novotarij za večino samograditeljev:

- 1) kako spajkati sodobne SMD gradnike z gostimi priključki?
 - 2) kakšna je najprimernejša tehnika tiskanih vezij s SMD gradniki?
 - 3) kako praktično programirati sodobne mikrokrmilnike?
 - 4) kako uporabljati CPLD programirljivo logiko namesto TTL vezij?
- Ko enkrat osvojimo preskok na nove gradnike in tehnike dela z njimi je nadaljnji razvoj preprost!

Industrija ne razvija vedno tistega, kar bi uporabniki želeli. Priključek RS232 je na sodobnih računalnikih že redkost in je povrh namenoma zatrt pri hitrosti delovanja. Vprašanje hitrosti rešuje dober krmilnik RS232, na primer takšen, kot je opisan v tem članku. Pomanjkanje priključkov RS232 oziroma COM rešujeta tovarni FTDI in Prolific, ki izdelujeta čipe za USB/COM pretvornike. Sandi S54S je že razvil pretvornik s čipom FT232R za en UART ATNCja, Bojan S56FPW pa dvojni pretvornik s čipom FT2232D za oba UARTa ATNCja.

Komunikacija sodobnih računalnikov gre preko Ethernet priključka. Ethernet prinaša spet celo vrsto novih pojmov in tehnik dela. Opis EATNCja, ki je zasnovan na sodobnejšem mikrokrmilniku LPC2387, zato zahteva svoj ločen in kar obsežen članek. Podobno opis pretvornika Ethernet<>SLIP, ki ga je razvil Sandi S54S.

Nadaljnji razvoj ATNCja, EATNCja, ASVja naj bi šel v smeri višjih hitrosti prenosa. Mogoče se bo dalo kaj narediti z mikrokrmilniki ARM9, mogoče doseči 10Mbit/s? Žal so razvijalci v podjetju ARM krenili nekoliko na stranpot z razvojem procesorjev CORTEX. Na srečo konkurenca ne počiva in že ponuja primernejše čipe za naslednike ATNCja.

* * * * *