

EATNC za Ne-Brezhibni Protokol

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Računalniška vrata in vodila

Načrtovanje kakršne koli elektronske naprave zahteva danes čim boljše če ne že popolno združljivost s svetom osebnih računalnikov in interneta. Ista ugotovitev velja tudi za Ne-Brezhibni Protokol in pripadajočo opremo (ATNC in sorodne naprave). Naši sodobni računalniki sicer imajo pravo bogastvo vtičnic, ki žal za nas niso vse uporabne, vsaj na enostaven način ne.

Pri računalniških vtičnicah moramo predvsem ločevati med vodili in vrati. Vodila pomenijo podaljšek računalnika: na računalniku se izvaja program, ki upravlja z določeno podrejeno enoto na nekem vodilu, znotraj ali zunaj računalnika. Takšen primer je USB: kratica Universal Serial Bus jasno pove, da gre za vodilo (bus). Računalnik je v vsakem primeru nadrejeni ali „host“, naprava pa podrejena ali „device“. Kakršnakoli USB naprava zato vedno zahteva pripadajoči gonilnik na računalniku, da jo sploh obudimo k življenju.

Vrata pomenijo vtičnico, ki omogoča povezavo z enim ali več enakovrednimi sogovorniki. Primera sta COM vrata (UART) in Ethernet. Ti dve vtičnici ne potrebujeta nobene posebne programske opreme niti gonilnikov za povezavo z enakovrednima vtičnicama na drugem računalniku. Sogovornika oziroma sogovorniki so v medsebojni zvezi popolnoma enakovredni. Popolnoma jasno, vsi sogovorniki se morajo držati dogovorjenih pravil (vsaj izbrati enako hitrost prenosa podatkov), da pogovor steče.

Uporaba vodil, pa naj bo to USB, PCI ali karkoli se bojo izdelovalci računalnikov še izmislili, je zelo zahtevna: poleg preučevanja kompliciranih protokolov bo treba napisati nove gonilnike za nove vrste računalnikov in različne operacijske sisteme. Dosti dostopnejša rešitev je uporaba COM vrat, ki jih vtaknemo v vodilo PCI oziroma priključimo na USB. S pisanjem in vzdrževanjem pripadajočih gonilnikov se v tem primeru ukvarja izdelovalec vmesnika oziroma čipovja zanj (primer FTDI).

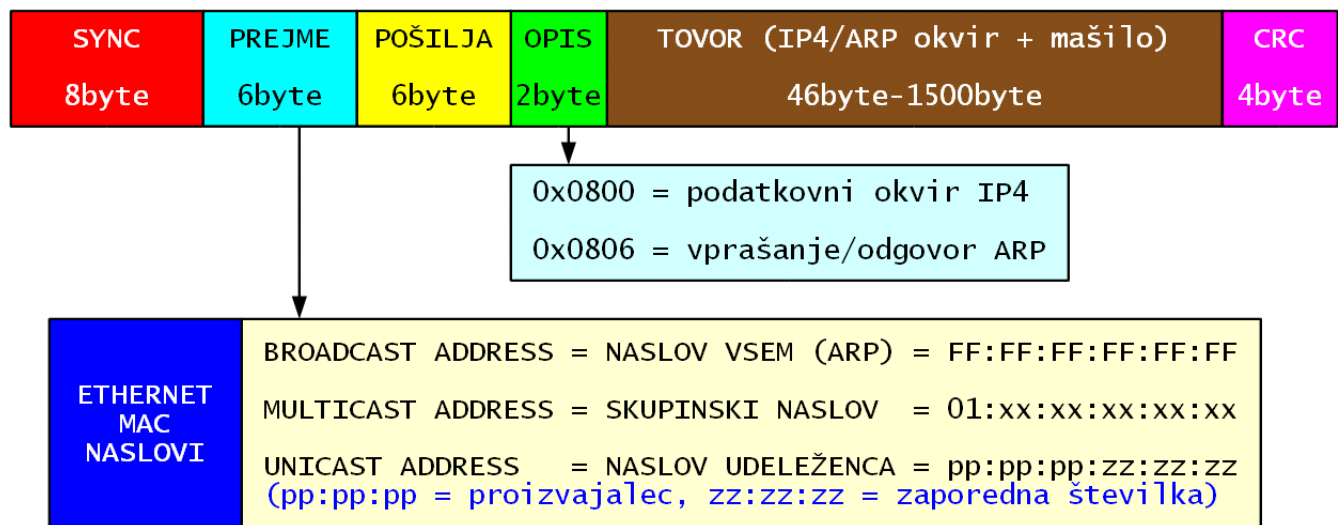
Če je to v resnici pametno ali ne, danes priznana teorija operacijskih sistemov zahteva, naj končni uporabnik ne bi imel neposrednega dostopa do strojne opreme: pomnilnika, prekinitev, vodil in vrat. Takšno teorijo danes skušajo uresničiti pisci vseh znanih operacijskih sistemov in druge programske opreme. Izdelovalci osebnih računalnikov sledijo njihovim zahtevam, zato preprosti vmesniki, kot so COM vrata, izginjajo.

Razvoj Ne-Brezhibnega Protokola sem začel s preprostim ATNCjem, ki se povezuje s svetom osebnih računalnikov preko dveh UARTov oziroma COM vrat. Preprostemu asinhronemu zaporednemu vmesniku se ne moremo izogniti, ker lahko edino preko njega programiramo FLASH pomnilnik mikrokrmilnika in nastavimo osnovne parametre programske opreme (naslovi, časovne konstante, tabele usmerjanja itd).

Programska oprema sodobnih računalnikov sicer omogoča internetni protokol (IP) tako preko COM vrat kot preko Ethernet-a, le da je slednji veliko boljše podprt. Ker je predelava programske opreme širokopotrošnih računalnikov izven meja malih načrtovalcev, je nujna izdelava primerne pretvornika oziroma vmesnika za ATNC za Ne-Brezhibni Protokol. Ker preslikava iz Ethernet-a na COM vrata ni preprosta, moram tu najprej na kratko razložiti posebnosti Ethernet-a.

Čeprav sta tako COM vrata kot Ethernet oba zaporedna vmesnika, obstajajo med njima velike razlike. Hitrost COM vrat je bila zgodovinsko omejena s počasnim telefonskim modemom, v vsakem primeru pa so bila COM vrata veliko počasnejša od zmogljivosti računalnika. Ethernet je bil vedno mišljen kot hitri vmesnik, hitrejši od zmogljivosti svojega gostitelja. Zato sam Ethernet-ni protokol kot tudi strojna oprema vsebujeta ukrepe, da zmanjšata breme računalniku gostitelju.

COM vrata delajo s posameznimi byte, Ethernet pa z okvirji. Vsak Ethernet okvir ima naslovno polje s prejemnikom in pošiljateljem ter opisom koristnega tovora pred tovorom samim. Preprost nadzor s pariteto COM vrat nadomešča veliko učinkovitejši 32-bitni CRC. Strojna oprema Ethernet vmesnika takoj izloči pokvarjene oziroma drugam naslovljene okvirje, da z njimi ne obremenjuje računalnika gostitelja.



Slika 1 - Ethernet okvirji.

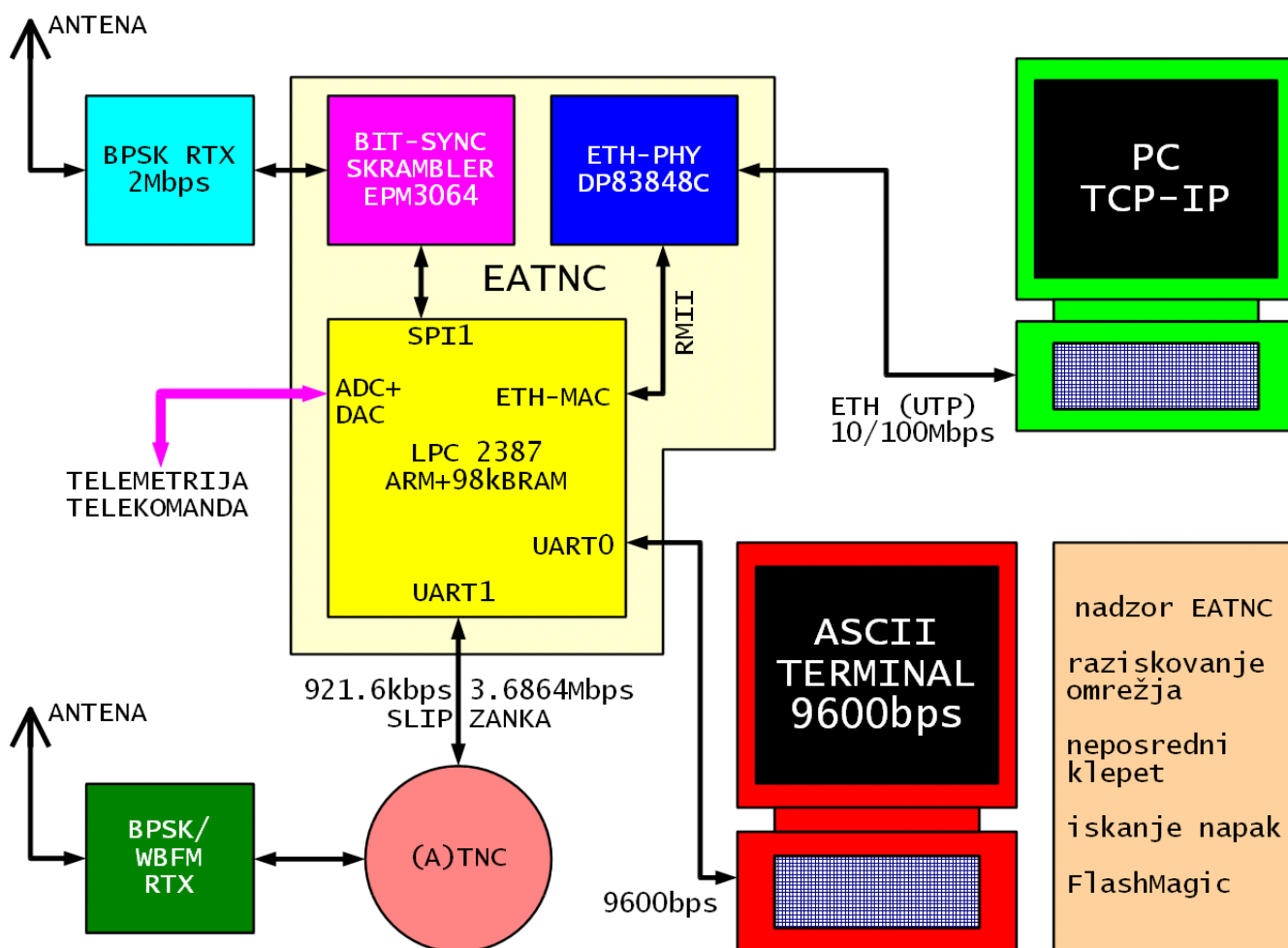
Ethernet-MAC naslovi so 48-bitna števila (6byte). Naslov udeleženca v Ethernet omrežju določa proizvajalec strojne opreme, ki mora zagotoviti, da se isti naslov ne bo nikoli ponovil. Običajno proizvajalec zakupi prvih 24 bitov naslova. Preostalih 24 bitov mu torej zadošča za dobrih 16 milijonov izdelkov.

Če vsak udeleženec Ethernet omrežja posluša izključno na lastnem naslovu (unicast address), bojo udeleženci takšnega omrežja zelo težko samodejno vzpostavili zveze. Zato vsi udeleženci vedno poslušajo tudi na naslovu VSEM (broadcast address ali 48 enic).

Poleg naslova VSEM se uporabljajo tudi skupinski naslovi (multicast address), ko prav vsi udeleženci ne poznajo vsebine okvirjev, recimo novega internetnega protokola IP6.

Ena in ista Ethernet povezava lahko hkrati prenaša različne podatke po različnih protokolih. Za nas najbolj zanimivi okvirji IP4 so označeni z opisom 0x0800. Povezavo med Ethernet-MAC naslovi in IP4 naslovi odkrije postopek ARP (Address Resolution Protocol). Pri tem je ARP vprašanje naslovljeno VSEM, ARP odgovor pa točno tistemu, ki je vprašal. ARP vprašanja in odgovori so označeni z opisom 0x0806.

visoko zmogljivi Ethernet je vedno predstavljal zajeten zalogaj tudi za izdelovalce polprevodniških čipov, ki nikakor niso uspeli na trg s preprostim izdelkom. količina podatkov, ki se pretaka po Ethernet okvirjih, je v vsakem primeru prevelik zalogaj za 8-bitni mikroročunalnik ali mikrokrmilnik. Ethernet vmesnike zato srečamo vgrajene šele v 32-bitne mikrokrmilnike.



Slika 2 - Zasnova EATNCja.

Ethernet vmesnik je pogosto sestavljen iz dveh ravni: MAC in PHY. Raven MAC počne digitalne reči, to je tisto, kar je v COM vratih počel UART. Raven PHY je analogni del oziroma žični modem za Ethernet, torej naslednik telefonskega modema, ki smo ga priključili

na COM vrata. Mikrokrmilniki imajo največkrat vgrajene le digitalije, torej UART in v novejšem času še Ethernet-MAC. Primeren modem moramo večinoma dodati zunaj sami.

ATNC je zasnovan na mikrokrmilniku LPC2138, ki ne vsebuje nobene vgrajene podpore za Ethernet. Novejši člani družin LPC23xx in LPC24xx imajo vgrajen Ethernet-MAC za hitrosti 10Mbps in 100Mbps. Naslednik ATNCja oziroma EATNC je zato zasnovan na mikrokrmilniku LPC2387. Ta ima poleg vseh znanih vmesnikov in Ethernet-MAC tudi 98kbyte pomnilnika RAM, kar je sicer neverjetno dosti za mikrokrmilnik, a še vedno malo za Ethernet in napravo, kot je sodoben TNC.

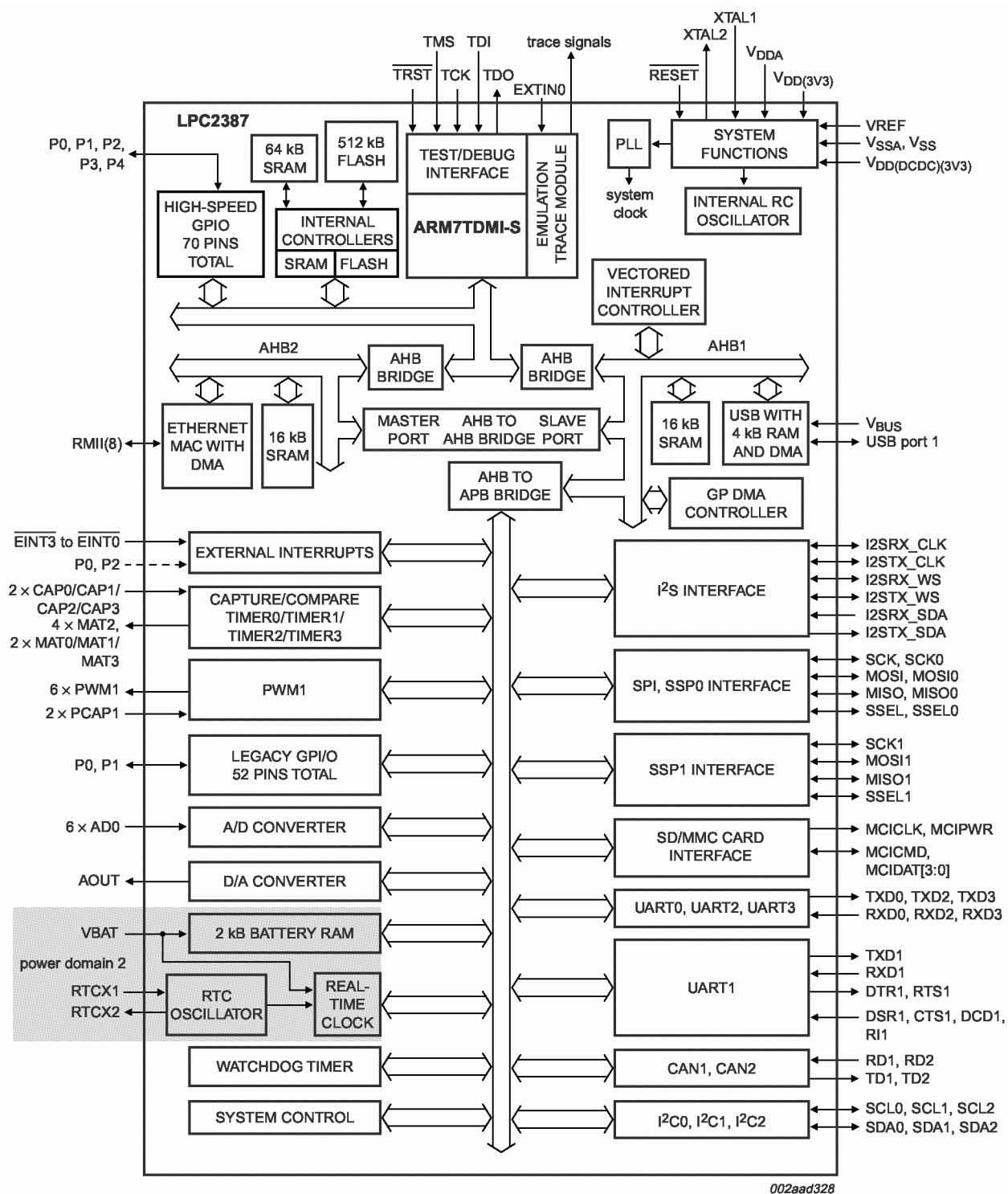
Izbiro Ethernet-PHY olajšuje standardizacija, ki predpisuje različna vodila med MAC in PHY. Najpogosteje se uporabljata MII (Media-Independent Interface) z vodilom 4bit/25MHz in RMII (Reduced Media-Independent Interface) z vodilom 2bit/50MHz. LPC2387 in marsikateri drugi mikrokrmilnik obvladajo le RMII, ki zahteva manjše število žic, a višje taktne frekvence!

PHY čip DP83848C zna skoraj vse modulacije za Ethernet po UTP kablu s hitrostima 10Mbps in 100Mbps: zna sam preveriti sposobnost sogovornika za določeno bitno hitrost, duplex in celo popraviti polariteto signala pri 10Mbps. DP83848C je tudi preprosto dobavljiv in poceni. Njegova edina slaba lastnost je razmeroma visoka poraba, okoli 100mA pri 3.3V ter pripadajoče segrevanje.

EATNC še vedno uporablja dvoje COM vrat (od štirih razpoložljivih UARTov v LPC2387). UART0 je namenjen nadzoru EATNCja povsem enako kot pri ATNCju, le nastavitev je tukaj več. UART1 lahko dela v različnih načinih: za povezavo dveh ali več (E)ATNCjev v vozlišče ASV v lokalni zanki, kot SLIP priključek v Ethernet<>SLIP pretvorniku in v načinih SLIP ali KISS brez Ethernet-a povsem enako kot v ATNCju.

2. Osrednji mikroračunalnik EATNCja

Osrednji mikroračunalnik EATNCja je izveden v celoti z mikrokrmilnikom LPC2387 (Philips ali NXP):

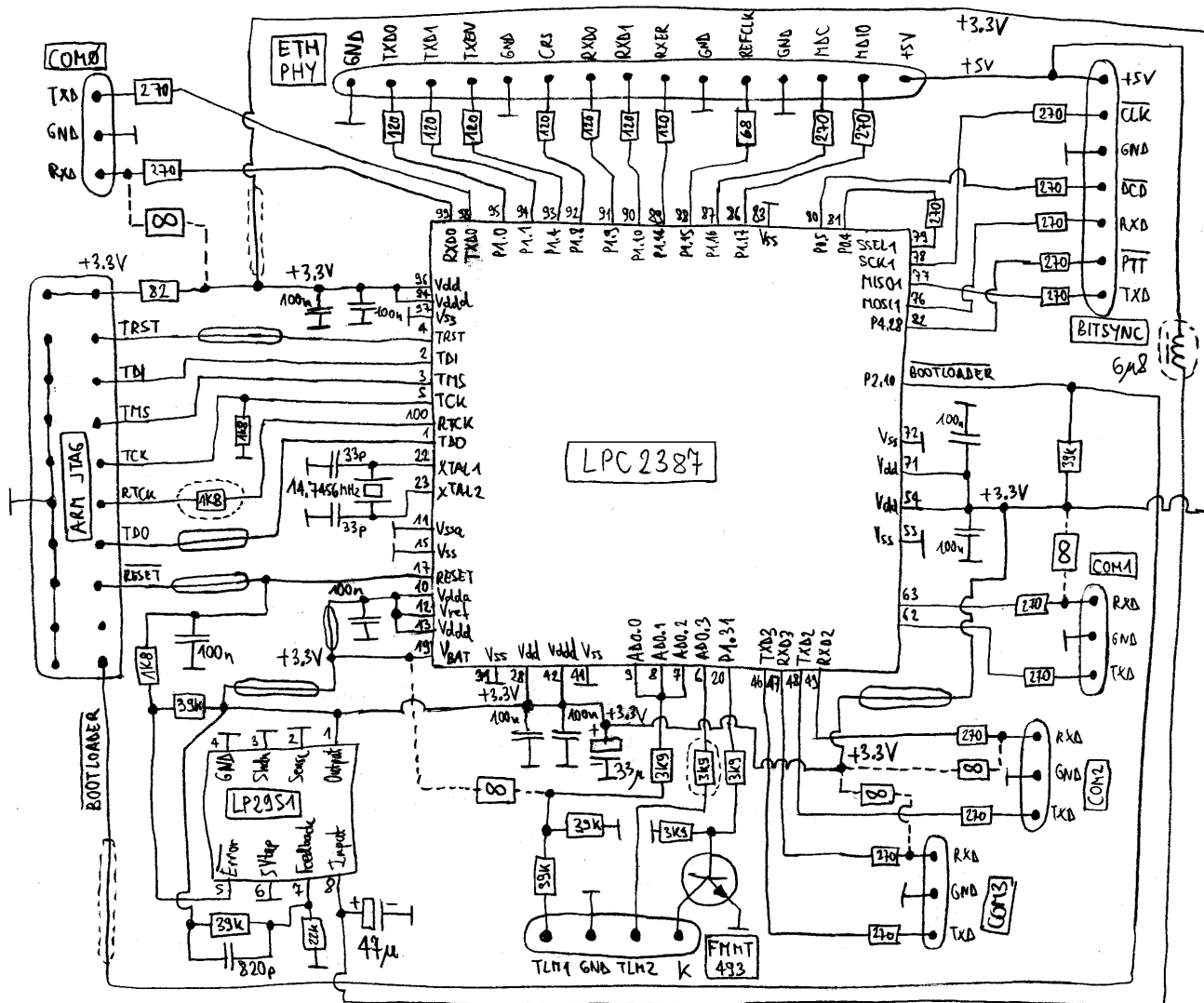


slika 3 - Notranjost mikrokrmilnika LPC2387.

LPC2387 vsebuje zmogljivo 32-bitno procesorsko jedro ARM7TDMI z

lastnim izvorom takta in zanesljivim vezjem za „brown-out“ RESET, pomnilnike FLASH in RAM ter številne vmesnike. Tudi LPC2387 nima hardverskega HDLC vmesnika za radijsko prenosno pot, ki je v EATNCju izveden programsko na povsem enak način kot v ATNCju.

Ethernet MAC ima lastno, ločeno vodilo AHB2 in na njemu lastnih 16kbyte RAM. Delovanje hitrega Ethernet vmesnika zato zelo malo ovira istočasno delovanje ARM procesorskega jedra. Procesor ima sicer 64kbyte RAM neposredno na lastnem vodilu ter lahko izkorišča dodatnih 16kbyte RAM od USB vmesnika in še 2kbyte z ločenim napajanjem. Vse skupaj torej 98kbyte RAM!

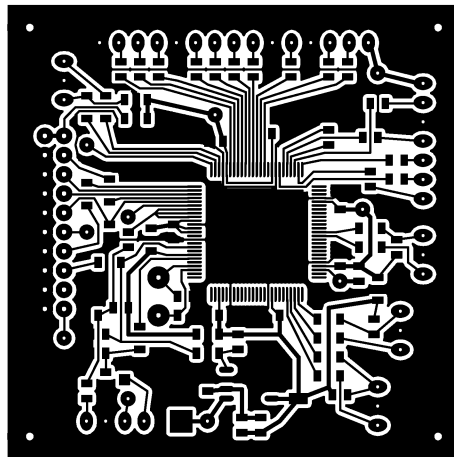


Slika 4 - Električni načrt EATNCja z LPC2387.

Električni načrt EATNCja hitro pove, da je to samo „pajek“, ki goste priključke QFP ohišja mikrokrmilnika s 100 nogicami razširi na vtičnice ter poskrbi za napajanje in RESET mikrokrmilnika. Mikrokrmilniki iz družine LPC23xx imajo na vseh priključkih vgrajene programirnljive pull-up oziroma pull-down upore. Ob RESETu so priključki večinoma vhodi z vgrajenim pull-up uporom, zato dodatni zunanji upori večinoma niso potrebni.

Vsi hitri signali imajo zaporedne dušilne upore, ki preprečujejo radijske motnje kot tudi številne napake zaradi "zvonjenja" vodil, še posebno RMII, ki dela s taktom 50MHz! Ker vsebuje LPC2387 notranji pomnilnik FLASH, je poleg signalnih vtičnic predvidena še vtičnica za ARM-JTAG programator. Na vtičnici JTAG je tudi mostiček za „BOOTLOADER“ na UART0 in dodaten mostiček na RTCK za izbiro starejšega mikrokrmilnika LPC2368.

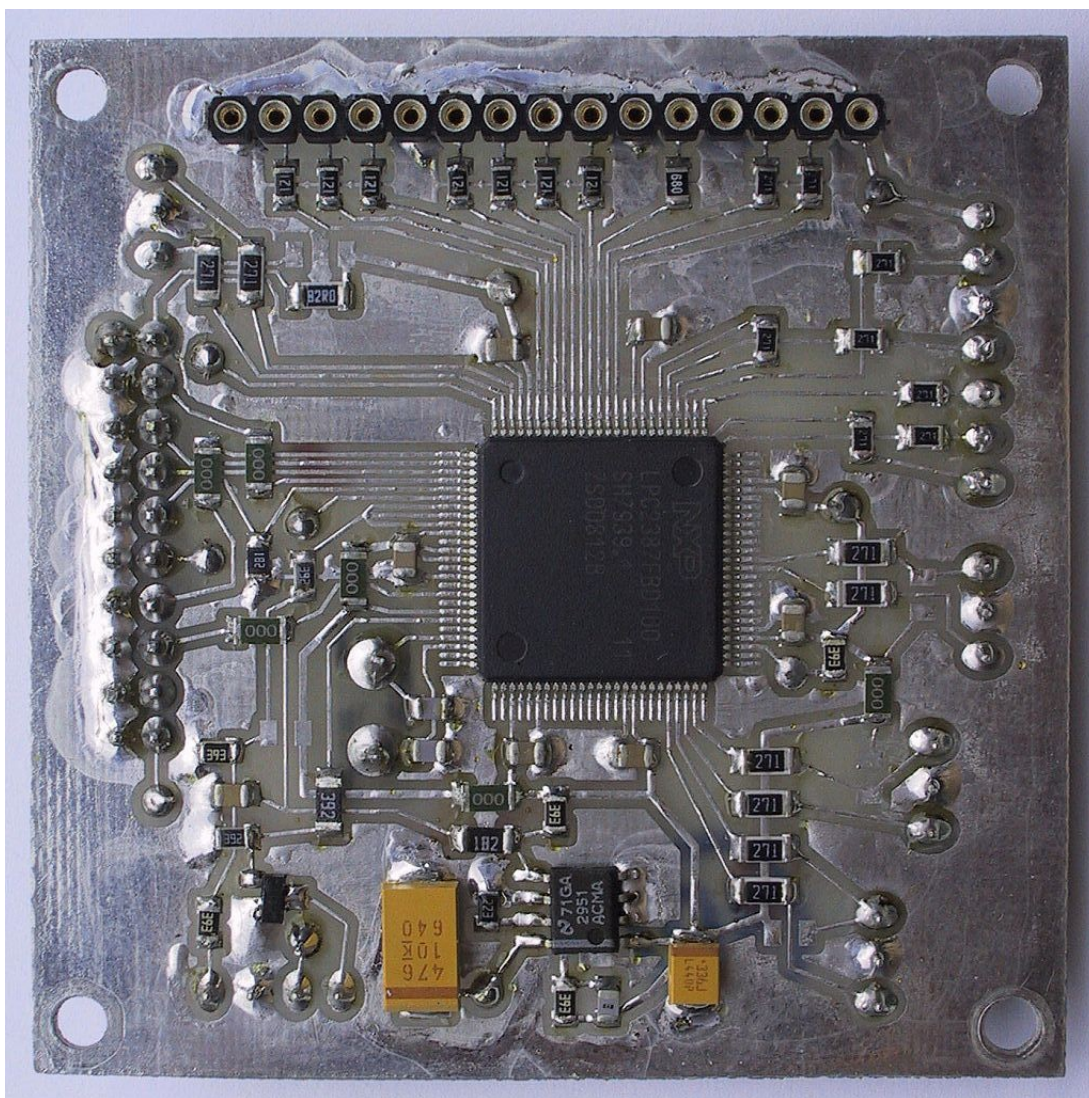
ARM procesor in pomnilniki v notranjosti LPC2387 delajo z napajalno napetostjo +1.8V. Čip mikrokrmilnika vsebuje notranji regulator za +1.8V in ta napetost od zunaj sploh ni dostopna. Zunanje napajanje LPC2387 je +3.3V, blokirano s številnimi kondenzatorji, ki poleg notranjega regulatorja oskrbuje tudi vse vhodno/izhodne stopnje: TTL in analogne. Zunanje napajanje tiskanega vezja je +5V, kar regulator LP2951 spusti na +3.3V. LP2951 vsebuje tudi dodatno vezje za reset mikrokrmilnika preko izhoda /Error.



Slika 5 - Enostransko tiskano vezje EATNCja z LPC2387.

Osrednji mikroračunalnik EATNCja je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju z izmerami 60mmX60mm. Na isto tiskano vezje lahko prispajkamo poleg izvirnega LPC2387 še starejšo različico LPC2368 (samo 58kbyte RAM). Ista programska oprema bi sicer morala delati tudi na mikrokrmilnikih s 144 nogicami: LPC2378 s 58kbyte RAM in LPC2388 s 98kbyte RAM, jasno na drugačnem tiskanem vezju!

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. LPC2387 običajno pridejo do 100MHz (kristal za 25MHz). Proizvajalec sicer navaja gornjo frekvenčno mejo 72MHz za vse mikrokrmilnike družine LPC23xx.



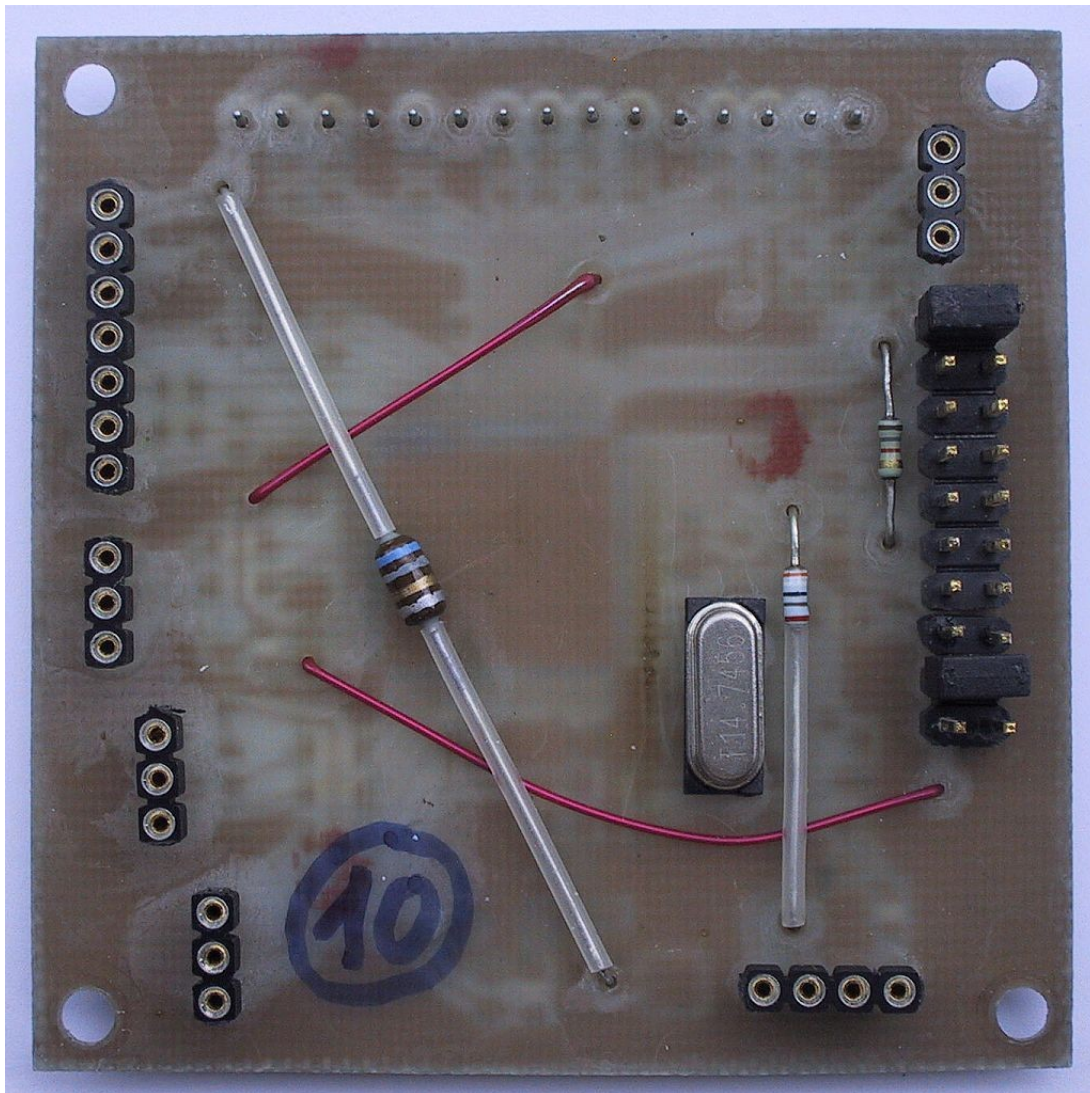
Slika 6 - spodnja stran tiskanine EATNCja.

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. Tantalova elektrolitska kondenzatorja sta seveda največja SMD gradnika.

Gradnjo EATNCja v vsakem primeru začnemo z najzahtevnejšim gradnikom, to je z mikrokrmilnikom LPC2387. 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 100 tačk pravilno pricinjjenih brez hladnih spojev in brez kratkih stikov med sosednjimi tačkami, nadaljujemo z ostalimi SMD gradniki. Ko so zacinjeni vsi SMD gradniki, se lotimo še gornje strani tiskanine: najprej dva žična mostička, potem dva upora, dušilka, kristal in

končno sedem vtičnic. Prav na koncu zacimimo še osmo vtičnico za RMI vodilo na spodnji strani tiskanine.



Slika 7 - Zgornja stran tiskanine EATNCja.

Programska oprema za EATNC je napisana v zbirniku ARM, da v EATNCju 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. Končno s programom FROMELF prevedemo strojno kodo iz zapisa ELF s končnico „.axf“ v obliko INTEL-HEX, ki jo poznajo vsi programatorji.

LPC2387 lahko programiramo z orodjem „FlashMagic“ preko UART0 oziroma z orodjem „H-JTAG“ in „Cigotag“ preko priključka JTAG. V obeh primerih moramo v orodju za programiranje nastaviti pravilno frekvenco takta procesorja, saj iz nje „BOOTLOADER“ izračuna časovne konstante za vpis v FLASH. Mikrokrmilniki iz družine LPC23xx takoj po RESETu uporabljajo notranji RC oscilator, ki nazivno dela na 4MHz. Pravilna nastavitvev programatorja je torej 4MHz in to ne glede na frekvenco vgrajenega kristala v EATNC!

POZOR! Ko je LPC2387 sprogramiran za EATNC, se v njemu vključi Ethernet-MAC, ki ima višje privilegije dostopa do vodil od ARM procesorja. Pogoji, da ARM procesor sploh še lahko deluje, je prisotnost takta 50MHz ter veljavnost ostalih RMIi signalov iz Ethernet-PHY.

Mikrokrmilnik LPC2387 oziroma njegovi sorodniki iz družine LPC23xx niso edina možna izbira za Ethernet. Drugi proizvajalci mikrokrmilnikov ponujajo svoje rešitve. Številni proizvajalci ponujajo Ethernet vmesnike z vgrajenim pomnilnikom in vzporednim oziroma SPI vodilom do poljubnega mikrokrmilnika. Takšni vmesniki imajo pogosto poleg MAC ravni vgrajeno tudi Ethernet-PHY raven, da poseben PHY čip niti zahtevno RMIi vodilo nista potrebna.

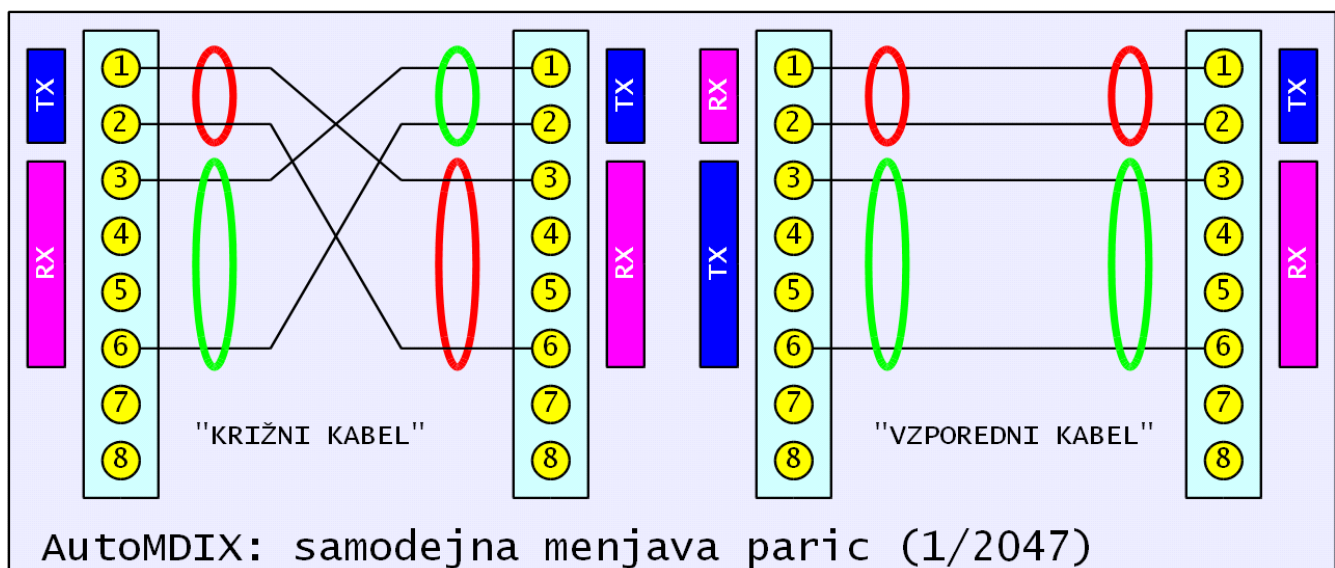
Kar se moramo zavedati pri vseh sodobnih čipih, poleg PDFjev „Data Sheet“ in „User Manual“ nujno potrebujemo še „Errata“ od proizvajalca. Brez napak tu ne gre! Pri razvoju nas čaka mučno razhroščevanje in iskanje obvoznic, saj vse napake v „Errata“ (še) niso opisane. Gromozanska ARM razvojna orodja s toliko opevanimi „razhroščevalniki“ so vedno omejena na procesorsko jedro in so popolnoma nemočna pred hrošči vmesnikov (periferije).

Prednost LPC2387 je popolna združljivost navzgor s starejšim mikrokrmilnikom LPC2138 iz ATNCja. V LPC2387 (isto v LPC2368 in verjetno v celotni družini LPC23xx) sem sicer našel dve napaki, ki nista opisani v „Errata“ proizvajalca. Napaki LPC2387 sta od mene zahtevali kar nekaj potrpljenja, da sem ju odkril, preučil in našel obvoza. Kaj bi se zgodilo z izdelki proizvajalcev, kjer je „Errata“ večji od „User Manual-a“, rajši ne razmišljam.

3. Ethernet-PHY z DP83848C

Ethernet se razlikuje od vseh ostalih računalniških vmesnikov po temu, da so ga niso načrtovali hekerji pač pa elektroinženirji, ki so že na samem začetku razvoja upoštevali neželjene pojave: odboji, presluhi, radijsko sevanje, zunanje motnje. Prvi Ethernet-PHY so uporabljali en sam 50Ω koaksialni kabel v dveh različicah „Thick-Ethernet“ in „Thin-Ethernet“.

Cenejša in učinkovitejša različica Ethernet-a uporablja neoklopljene parice UTP (Unshielded Twisted Pairs), ki so pravilno prepletene za zmanjševanje presluha. Običajni UTP kabel vsebuje 4 neodvisne parice in 8-polne vtikače RJ45. Parice vedno krmilimo diferencialno in jih na obeh koncih vedno zaključimo na predpisano karakteristično impedanco 100Ω.



Modem 10Mbps: Manchester (občutljiv na polariteto)

Modem 100Mbps: 4B5B+diferencialno+skrambler+triniv

UTP kabel + MAC stikala >>> omogočajo FULL-DUPLEX

AutoNegotiation: samodejna izbira hitrosti/duplex

Slika 8 - Običajni Ethernet po UTP kablu.

10Mbps in 100Mbps Ethernet običajno uporabljata le dve parici v UTP kablu: eno za sprejem in eno za oddajo. Preostali dve parici lahko uporabimo za napajanje ali kaj drugega. Šele gigabitni Ethernet uporablja vse štiri parice v kablu, kot tudi zelo stara različica 100Mbps. Uporabo vseh štirih paric za komunikacijo zato danes zelo redko srečamo v širokopotrošni elektroniki!

10Mbps Ethernet (protokol 10BASE-T) uporablja Manchester kodiranje tako na koaksialnem kablu kot na UTP. Manchester omogoča preprosto regeneracijo takta ter izmenični sklop preko kondenzatorjev in ločilnih transformatorjev v prenosni poti. Brez vsakršnega dodatnega ukrepa (diferencialno kodiranje) je 10Mbps Ethernet občutljiv na polariteto signala. Pri koaksialnem kablu polariteta sicer ni vprašljiva, žici parice pa je silno preprosto zamenjati med sabo...

100Mbps Ethernet (protokol 100BASE-TX) je plod preiščenega razvoja in uporablja zaporedje več različnih kodiranj: 4B5B za regeneracijo takta, diferencialno za neobčutljivost na polariteto, skrambler za omejevanje radijskih motenj in trinivojsko za omejevanje pasovne širine in s tem povečanje dometa po ceneni parici.

Večina Ethernet gradnikov, ki jih danes lahko kupimo, podpira prav opisana dva standarda za 10Mbps in 100Mbps po UTP kablu. Od PHY vmesnikov med MII oziroma RMII na eni strani in 10/100Mbps UTP na drugi strani sta najbolj znani družini integriranih vezij DP83848 in KS8721. Pri naročanju teh gradnikov pazimo na končnico za oznako: ena sama črka lahko spremeni vrsto SMD ohišja oziroma lahko pomeni kakšno dodatno funkcijo ali drugačno napajalno napetost.

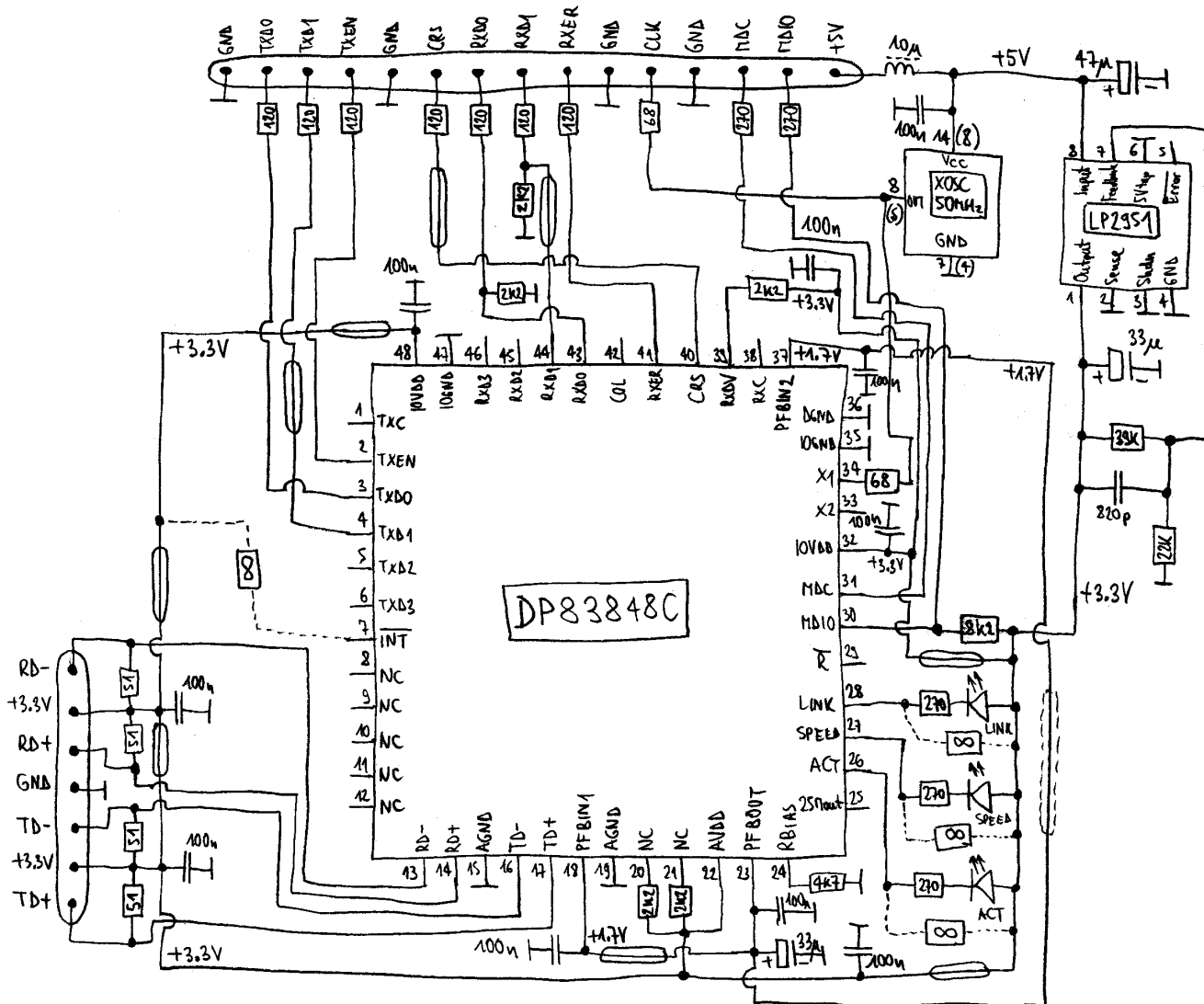
Ethernet-PHY vmesnik EATNCja je izdelan z integriranim vezjem DP83848C. DP83848C vsebuje tudi AutoNegotiation: zna samodejno ugotoviti, kakšno bitno hitrost in duplex zmora sogovornik na drugem koncu UTP kabla. DP83848C vsebuje tudi AutoMDIX: samodejna menjava sprejemne in oddajne parice, če so kabli ali vtičnice narobe vezani. Končno zna DP83848C popraviti napačno polariteto pri sprejemu 10Mbps.

Na razne avtomatike se ni preveč za zanašati. Marsikatera Ethernet kartica v PC računalniku ne zna popraviti napačne polaritete na 10Mbps. Verjetnost dogodka je sicer majhna, ampak dve vključeni AutoMDIX avtomatiki na obeh koncih iste zveze se lahko lovita za rep v nedogled. AutoNegotiation vedno izbere najvišjo možno hitrost, čeprav bi včasih želeli imeti možnost izbire nižje hitrosti zaradi omejitev enega ali obeh gostiteljev.

Pri DP83848C lahko različne avtomatike vklopimo oziroma izklopimo na dva različna načina: z uporavnimi mostički na maso oziroma napajanje iz določenih nogic ob RESETu oziroma preko dvožičnega vodila „Serial Management Interface“ s signaloma MDC (Management Data Clock) in MDIO (Management Data I/O). Signala MDC in MDIO sta sicer popolnoma neodvisna od pretoka Ethernet okvirjev, vendar ju kljub temu običajno štejemo za del MII ali RMII vodila.

Ethernet-MAC gostitelji vključno z LPC2387 vsebujejo krmilnik za MDC in MDIO za nastavitve Ethernet-PHY. Pri tem je MDC stalno prisoten takt, ki ga proizvaja gostitelj. MDIO so dvosmerni podatki, ki zahtevajo pull-up upor na +3.3V. Gostitelj lahko torej tudi preveri stanje PHY. Protokol „Serial Management Interface“ omogoča naslavljanje do 31 neodvisnih PHY na istem vodilu z enim samim MAC gostiteljem.

Ethernet okvirji se sicer prenašajo po 8 (osmih) signalih 2-bitnega RMIi vodila: tri žice TXD0, TXD1 in TXEN za oddajo okvirjev, štiri žice RXD0, RXD1, CRS in RXER za sprejem okvirjev in en sam skupni takt CLK. Skupni takt RMIi mora biti točno 50MHz, torej kristalni oscilator. Dopuslno odstopanje je manj kot +/-50ppm ali manj kot +/-2.5kHz!



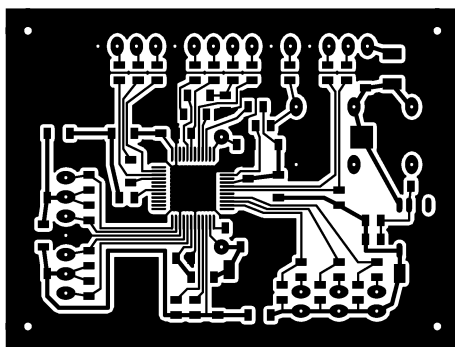
Slika 9 - Ethernet-PHY z DP83848C.

Električni načrt Ethernet-PHY vsebuje poleg DP83848C QFP poštno znamke z 48 priključki še kristalni oscilator za 50MHz takt in regulator LP2951, ki iz zunanjega napajanja +5V naredi +3.3V za DP83848C. V svoji notranjosti DP83848C dodatno zniža napajalno napetost za določene dele vezja na samo +1.7V. Napajanje +1.7V zahteva zunanje kondenzatorje za blokiranje!

TTL kristalni oscilator (kovinski DIL) še napaja s +5V, saj pravi TTL izhod neposredno ustreza CMOS logičnim vezjem z napajanjem +3.3V. DP83848C vsebuje vezje za „brown-out“ RESET, zato zunanji RESET ni potreben. Nogica 29 ali /RESET ostane nepovezana, saj zanjo

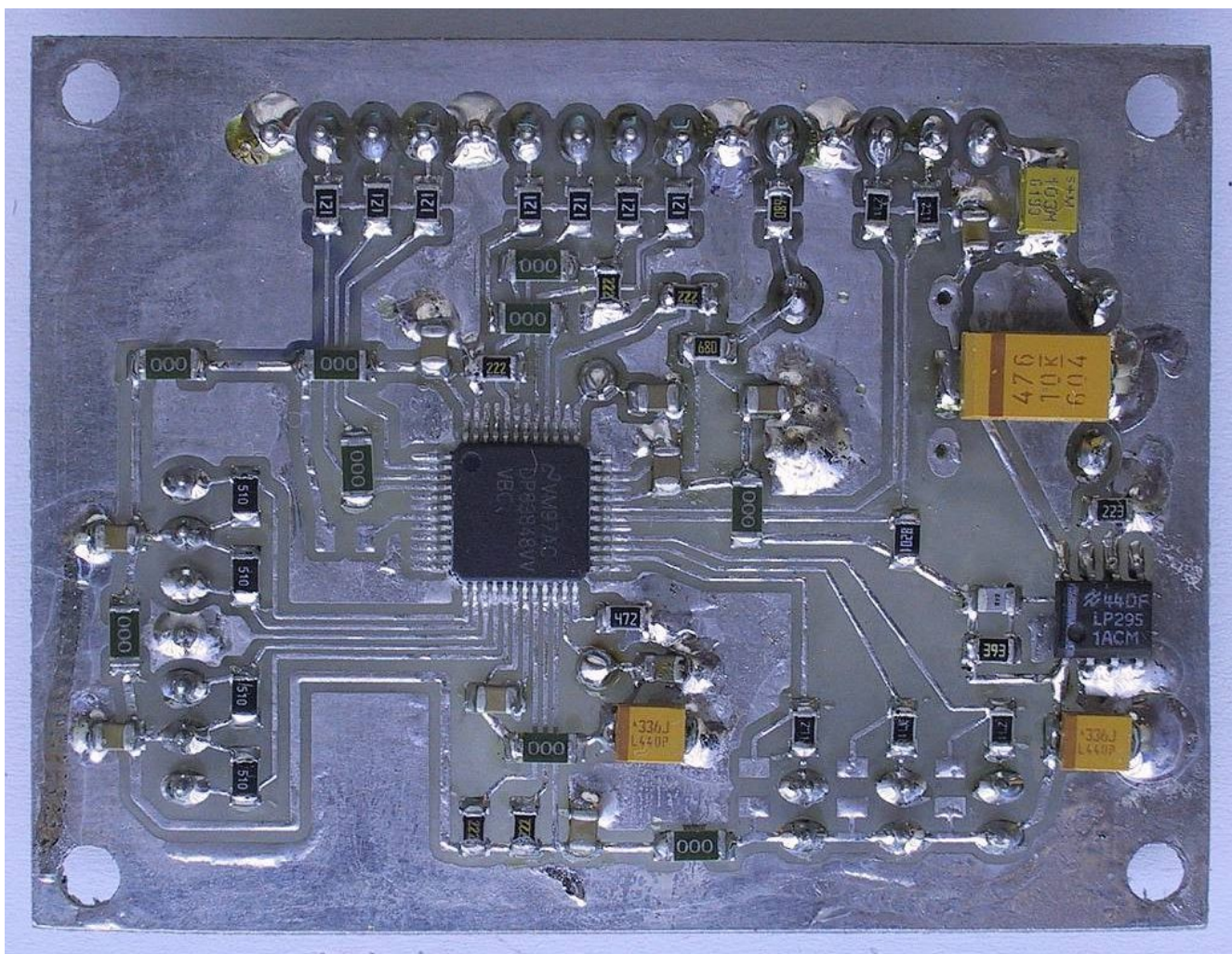
poskrbi vgrajeni pull-up upor.

Vodilo RMIi vsebuje skrbno izbrane zaporedne dušilne upore. RXD0 in RXD1 sta povezana na maso preko uporov 2.2k Ω za nastavitvev naslova PHY na vodilu MDC/MDIO ob RESETu. UTP parici TD+,TD- in RD+,RD- sta zaključeni na vzporedne dušilne upore 51 Ω , ki hkrati poskrbijo za +3.3V napajanje krmilnikov znotraj DP83848C. Končno DP83848C krmili tri svetleče diode: LINK, SPEED in ACT.



Slika 10 - Enostransko tiskano vezje Ethernet-PHY z DP83848C.

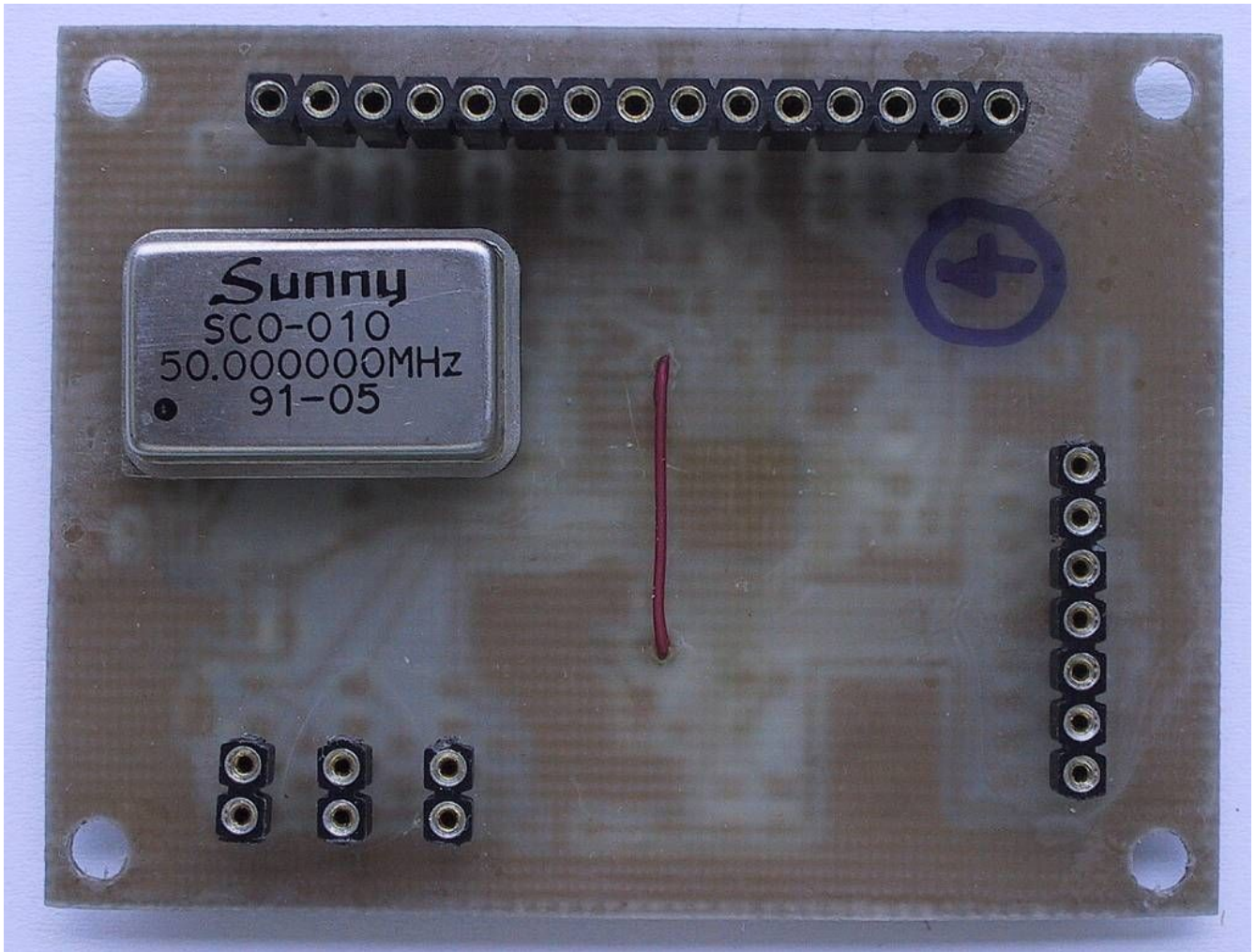
Ethernet-PHY z DP83848C je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju z izmerami 45mmX60mm. Tudi tu začnemo z vgradnjo QFP poštni znamke DP83848C in spajkanje obvezno preverimo pod mikroskopom! Šele zatem nadaljujemo z vgradnjo regulatorja LP2951, SMD uporov, keramičnih kondenzatorjev, treh tantalovih elektrolitskih kondenzatorjev in dušilke. Za preskoke vezic je treba vgraditi kar devet SMD mostičkov „000“ velikosti 1206.



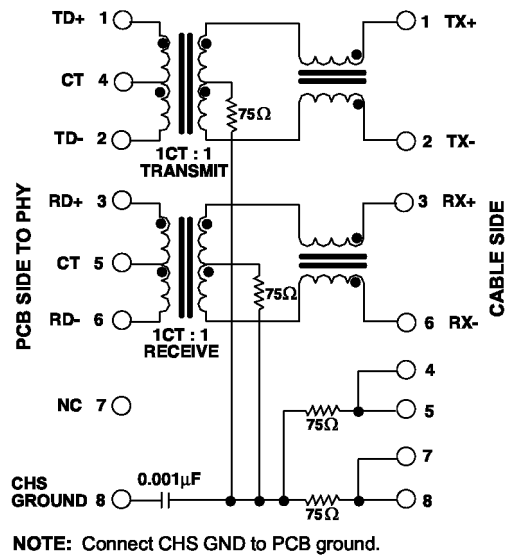
Slika 11 - Spodnja stran tiskanine Ethernet-PHY.

Na gornji strani tiskanine je vgrajen le en žični mostiček za napajanje 1.7V, kristalni oscilator v DIL ohišju in pet vtičnic: RMII, UTP in tri za svetleče diode. Priključek RMII je nameščen tako, da lahko nanj natakne EATNC z LPC2387 kot „pajka“. Če za RMII uporabimo par vtikačev in vtičnic, naj ima ploščati kabel med njimi največ 10cm dolžine in vseh 15 vodnikov vključno z vsemi masami in napajanji.

Vtičnica za UTP kabel ni vgrajena na tiskano vezje. Razlog je zelo preprost: obstaja cela množica različnih vtičnic, ki imajo lahko različno razporeditev priključkov in različno notranje vezje. Vtičnica namreč ni samo mehanski gradnik, pač pa lahko vsebuje ločilne transformatorje za zaščito elektronike, dušilke za preprečevanje sofaznih motenj, dušilne upore za neuporabljene parice, kondenzator med različnimi masami itd. Nenazadnje sta v vtičnico vgrajeni dve svetleči diodi: LINK (zelena) in ACT (rumena).



slika 12 - Gornja stran tiskanine Ethernet-PHY.



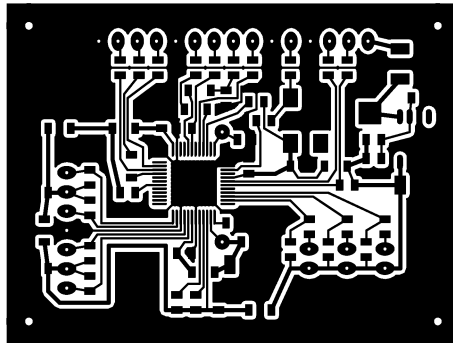
slika 13 - Ethernet trafo-vtičnica z dušilkami.

POZOR! Načrt trafo-vtičnice na sliki 13 je samo zgled!

Kakršnokoli trafo-vtičnico imamo, moramo najti njen PDF oziroma poskusiti srečo z res točnim Ω -metrom, kam je kaj povezano. Kot pravilo, srednji odcep CT (Center Tap) transformatorja za +3.3V napajanje se nikoli ne nahaja sredi treh priključkov, ki jih Ω -meter zazna v medsebojnem stiku! DP83848C sicer deluje v opisanem vezju povsem brezhibno tudi brez ločilnih transformatorjev z golo mehansko vtičnico, ampak brez vsake zaščite!

Opisani Ethernet-PHY lahko preizkusimo povsem samostojno brez EATNCja z LPC2387. Najprej seveda preverimo frekvenco kristalnega oscilatorja, da ne bo presenečenj. Uporovni mostički so tako postavljeni, da so po RESETu ob vklopu napajanja +5V vključene vse avtomatike v DP83848C. Ob priklopu veljavnega Ethernet sogovornika na UTP morajo torej pravilno delovati vse tri svetleče diode LINK, SPEED in ACT, kar lahko preverimo z nastavitvami v Windows.

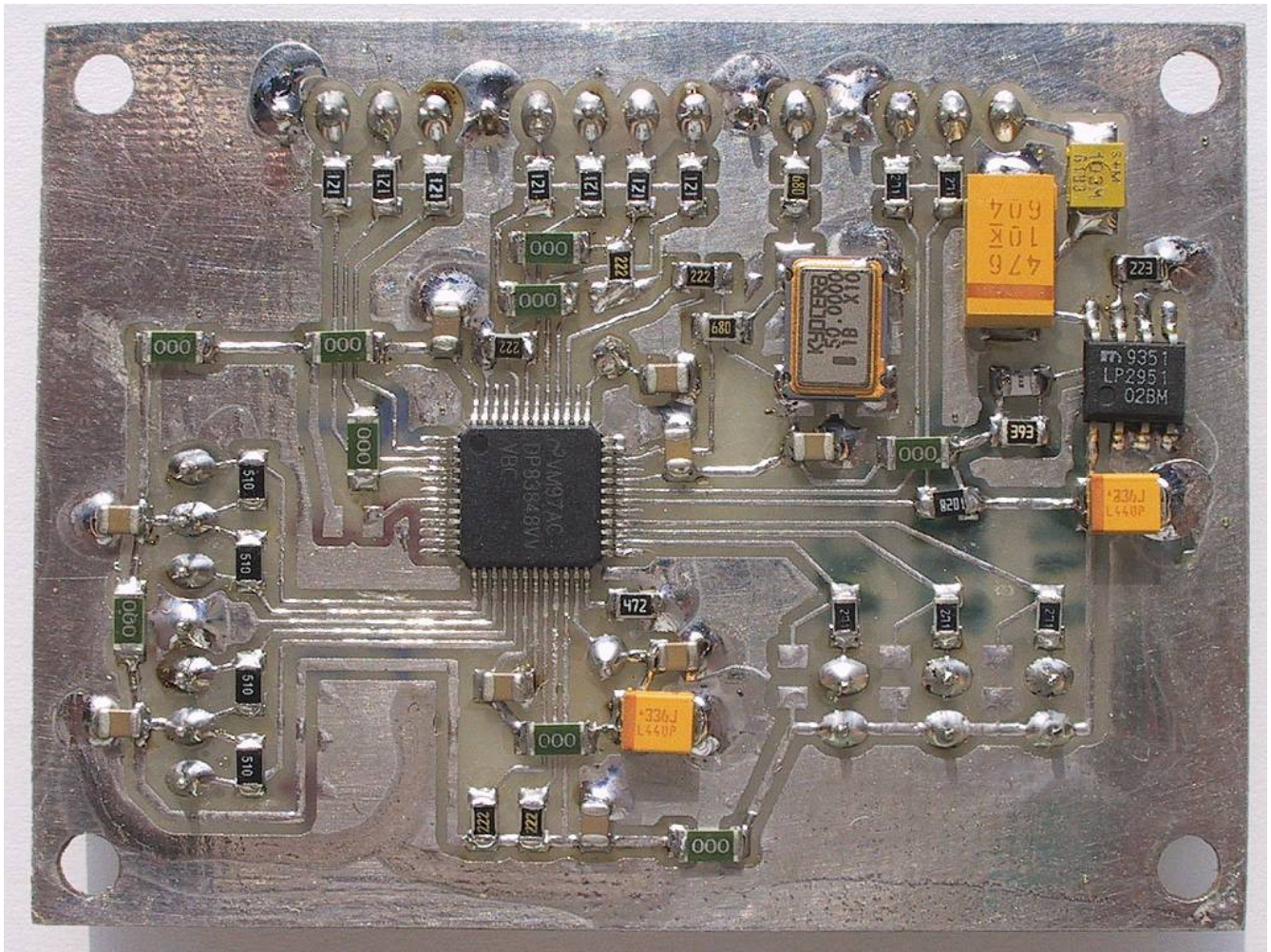
Ker se DIL gradniki in TTL kristalni oscilatorji počasi a zanesljivo umikajo iz tržišča, bo treba Ethernet-PHY vmesnik predelati na SMD kristalni oscilator. SMD oscilatorji so običajno CMOS z napajanjem +3.3V. V ta namen je najbolj smiselno pripraviti kar novo tiskano vezje:



Slika 14 – Tiskano vezje Ethernet-PHY s SMD oscilatorjem.

Tudi SMD oscilatorji imajo le štiri priključke kot njihovi DIL sorodniki, vendar s pomembno razliko. Četrty priključek DIL oscilatorjev je največkrat nepovezan, bolj poredko je vhod VCXOja ali dodatni izhod. Četrty priključek SMD oscilatorjev je največkrat ENABLE: oscilator bo delal samo, če je ta priključek odprt (vgrajen notranji pull-up) oziroma povezan na +3.3V!

Pred vgradnjo kakršnegakoli oscilatorja, DIL ali SMD, je torej pametno preveriti, kakšno nalogo imajo navidez neuporabljeni priključki. V nobenem primeru pa neuporabljenih nogic ne vežemo na maso!



slika 15 - spodnja stran tiskanine za SMD oscilator.

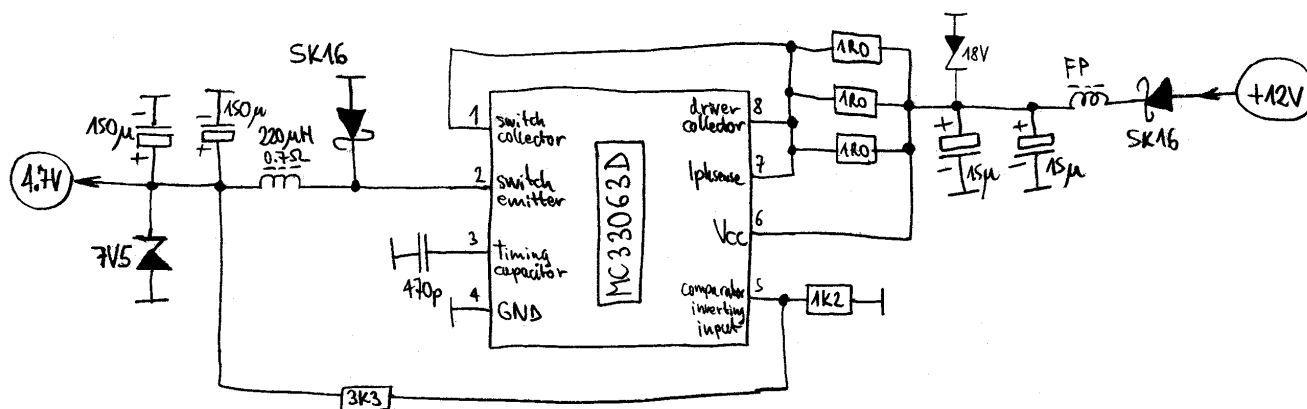
4. Stikalni napajalnik

Kljub temu, da celoten EATNC nikjer ne vsebuje močnostnih stopenj, se porabe posameznih gradnikov: ARM mikrokrmilnik, Ethernet-PHY, bitna sinhronizacija in skrambler, več vrat RS232, številne svetleče diode seštevajo tudi do 250mA skupne porabe na napajanju +5V. Čeprav baterijskega napajanja mogoče (še) ne potrebujemo, moramo v vsakem primeru poskrbeti za odvod toplote, ki se sprošča znotraj ohišja EATNCja. Nekateri mali gradniki, na primer DP83848C, lahko postanejo res zelo vroči!

Porabo energije in težave pri odvajanju toplote povečuje dejstvo, da večino naših radijskih naprav, modemov in vmesnikov napajamo s skupnim zunanjim enosmernim virom 12V do 14V. Pri uporabi preprostega linearnega regulatorja to pomeni 250mA tudi na zunanjem napajanju oziroma 3W do 3.5W sproščene toplote znotraj ohišja EATNCja. To pa je že moč miniaturnega spajkalnika za SMD gradnike!

Težave z odvajanjem toplote najlažje rešimo tako, da toplote sploh ne proizvajamo, če to ni res nujno potrebno. V primeru EATNCja z nazivnim zunanjim napajanjem +12V je to stikalni napajalnik za +5V ali nižje napetosti namesto potratnega linearnega regulatorja. Preprost stikalni napajalnik iz 12V na 5V ali manj z lahkoto doseže izkoristek 80% ali več, kar pomeni, da se skupna poraba naprave in sproščena toplota razpolovijo. To pa ni več zanemarljivo!

Po nekaj poskusih sem se odločil za dobro znan stikalni napajalnik z razmeroma starim integriranim vezjem MC33063. Novotarije niso dale bistveno boljšega izkoristka, saj izgube niso odvisne le od aktivnega stikala, pač pa tudi od tuljave in diode. Izhodno napetost sem namenoma znižal na samo 4.7V, saj to zadošča za pravilno delovanje vseh gradnikov EATNCja in hkrati dodatno zmanjša porabo in proizvodnjo toplote.



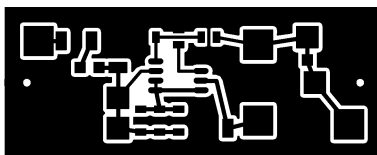
Slika 16 - Električni načrt stikalnega napajalnika z MC33063.

Integrirano vezje MC33063 je uporabljeno po navodilih proizvajalca. Na izkoristek napajalnika še najbolj vpliva ohmska upornost tuljave 220µH. Nižja ohmska upornost tuljave seveda pomeni boljši izkoristek. SK16 je usmerniška Schottky dioda 1A/60V. Trije

upori 1Ω vzporedno določajo tokovno omejitev napajalnika.

Povsod v EATNCju vključno z napajalnikom sem se skušal izogniti uporabi „mokrih“ aluminijevih elektrolitskih kondenzatorjev. „Suhi“ tantalovi elektrolitski kondenzatorji imajo sicer boljše električne lastnosti, a ne prenesejo napetostnih konic in podobne neprimerne uporabe. Zaradi prehodnih pojavov ob vklopu naprave moramo računati vsaj z dvakratno vrednostjo nazivne napetosti za konico. Tantal 15 μ F na vhodu napajalnika morata biti vsaj za 25V, boljše 35V!

Dodatno zaščito pred prenapetostmi in obratno polariteto naj bi predstavljali Zener diodi 18V na vhodu in 7.5V na izhodu. Schottky dioda na vhodu ni zaščita proti obratni polariteti, pač pa proti nenadnemu izpadu (kratkemu stiku) zunanjega napajanja. Brez te diode lahko povratni tok iz izhodnih kondenzatorjev (2-krat 150 μ F) poškoduje aktivni gradnik regulatorja. FP je SMD feritna dušilka za radijske motnje velikosti 1206.

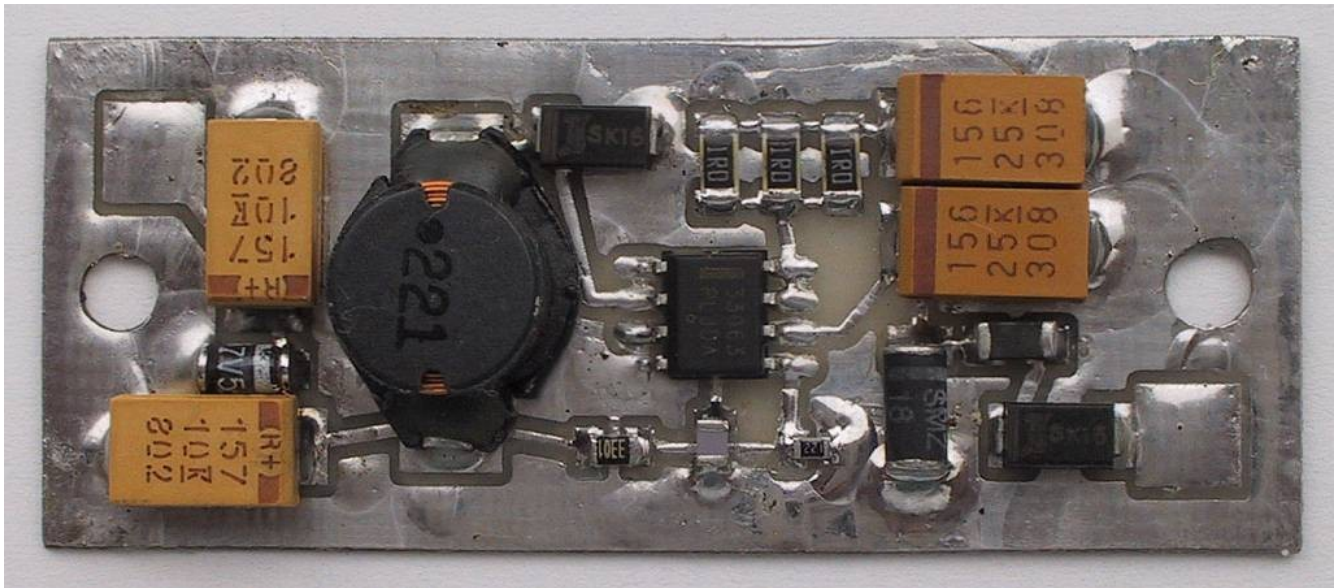


Slika 17 – Enostransko tiskano vezje stikalnega napajalnika.

Stikalni 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. Ker ima tiskanina popolnoma enake izmere, način pritrditve in razpored priključkov kot linearni regulator z vezjem RC1587M, lahko linearni napajalnik kadarkoli zamenjamo s stikalnim napajalnikom ali obratno.

Kljub temu, da so izgube stikalnega napajalnika bistveno nižje, za boljše odvajanje toplote priporočam uporabo vitroplasta debeline samo 0.8mm ali še tanjšega, med tiskanino in aluminij ohišja pa malo silikonske masti.

Opisani stikalni napajalnik razpolovi porabo EATNCja na približno 125mA pri 12V. Integrirano vezje MC33063 in uporabljena tuljava 220 μ H/0.7 Ω sicer omogočata napajanje do dveh EATNCjev oziroma treh ATNCjev z enim samim stikalnim napajalnikom v skupnem ohišju vozlišča ASV.

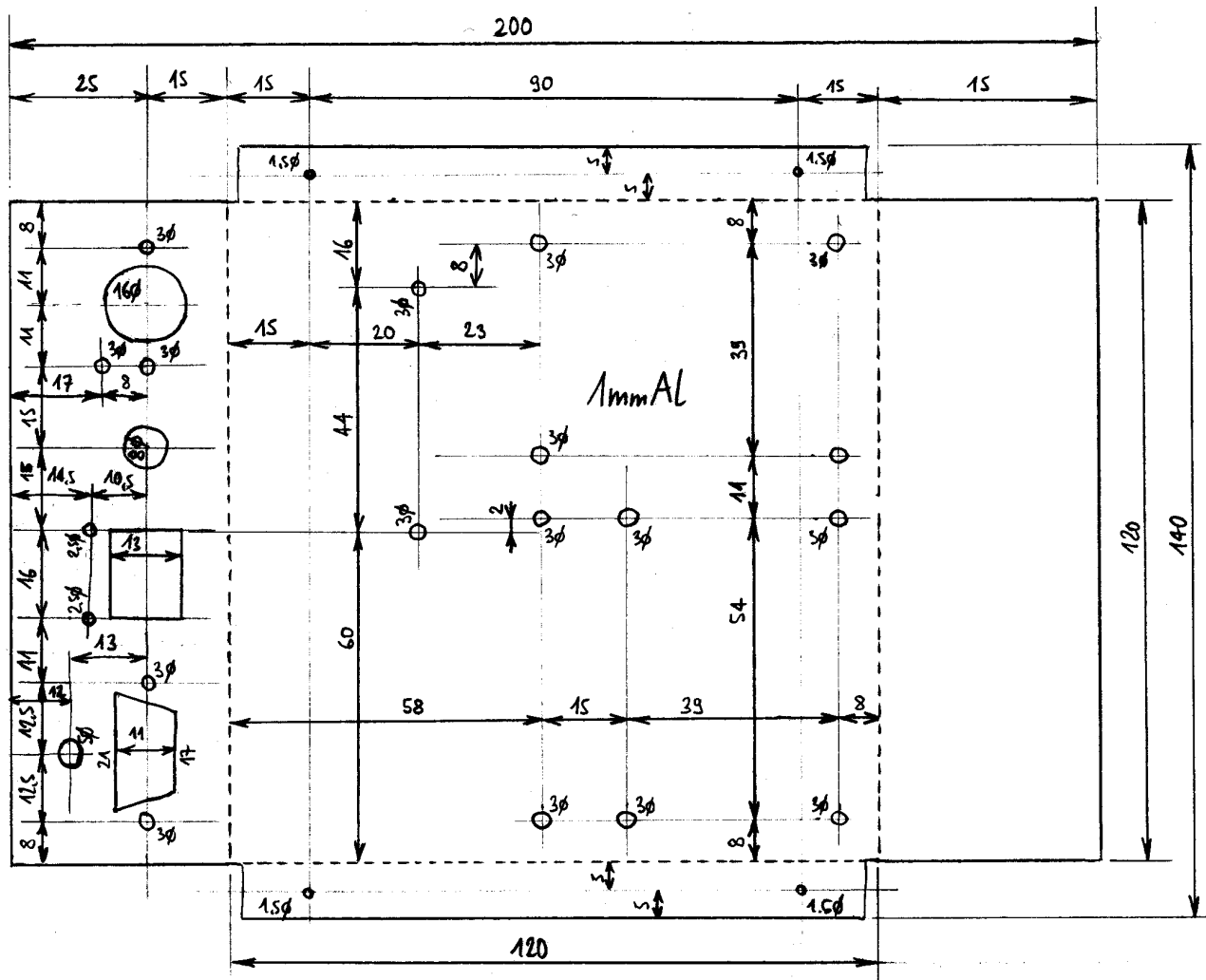


slika 18 - Izgled tiskanine stikalnega napajalnika.

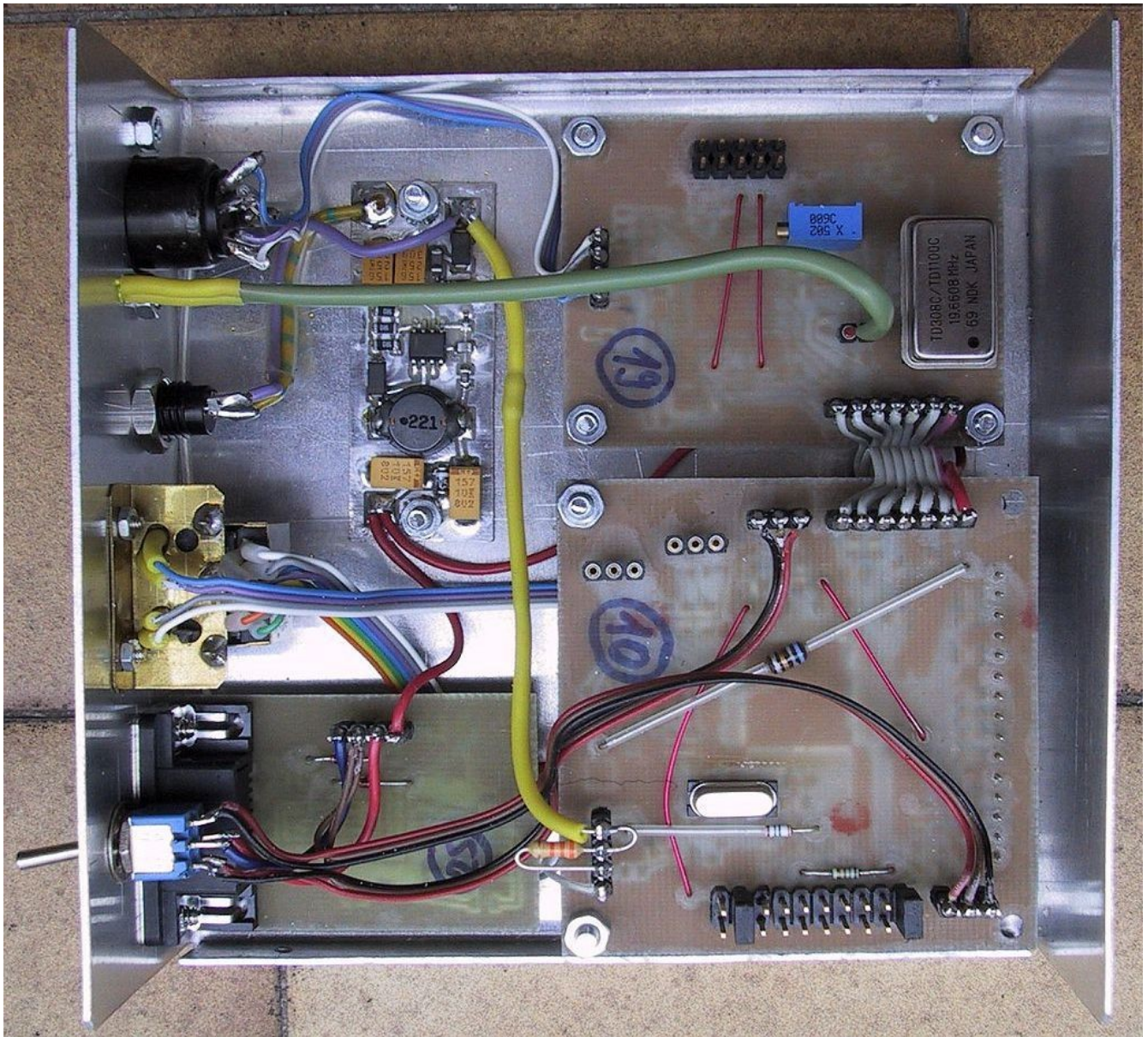
5. Ohišja za EATNC

EATNC lahko vgradimo v različna ohišja. Glede na predvideno uporabo lahko vgradimo en sam RS-232 ali dva. V golem pretvorniku Ethernet<>SLIP lahko prihranimo bitno sinhronizacijo in skrambler. Končno obstaja ogromna množica kombinacij več ATNCjev in EATNCjev v skupnem ohišju za vozlišča ASV: o tem več v naslednjem članku!

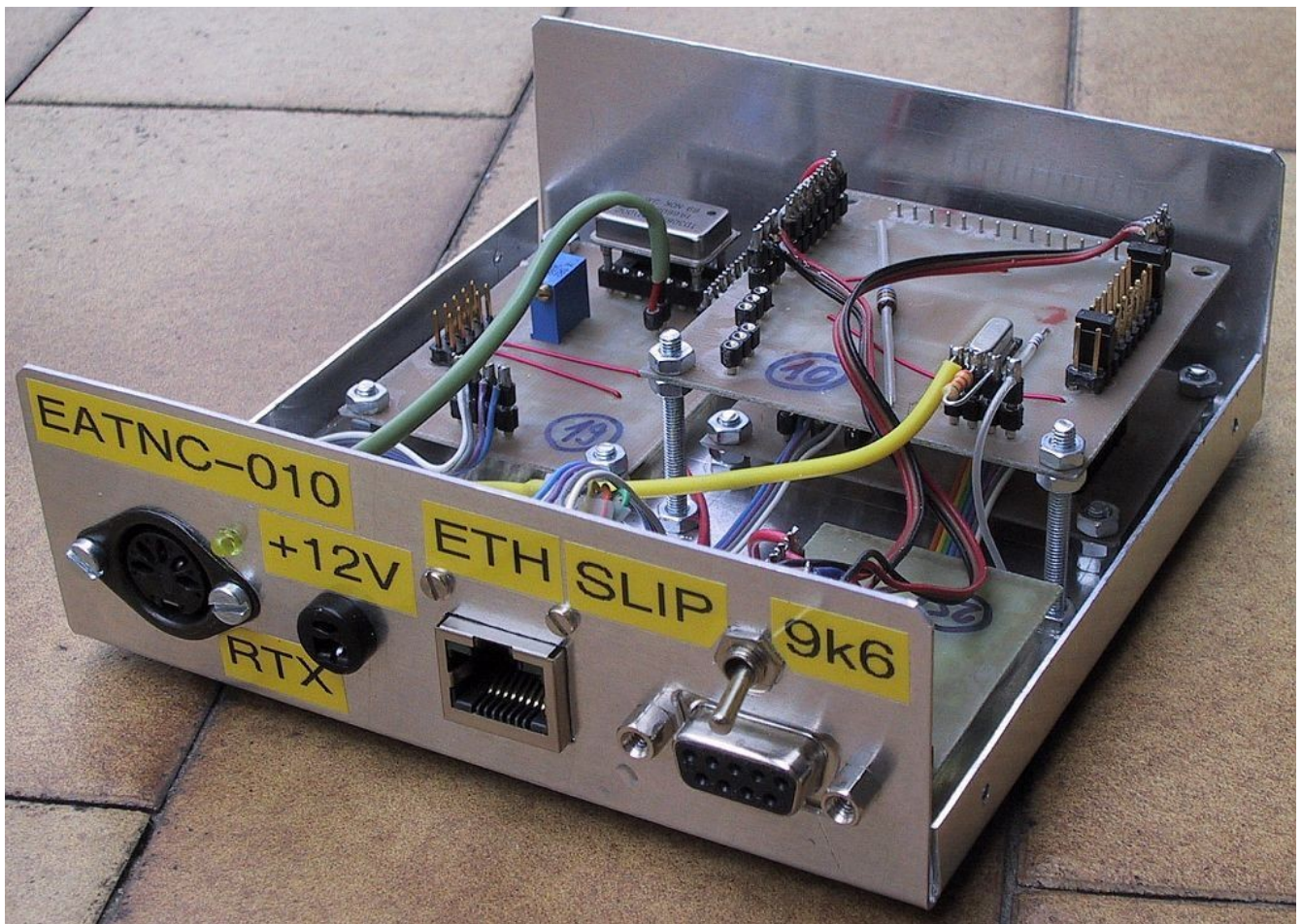
Najprej preprosto ohišje z enim samim RS-232 s preklopnikom:



Slika 19 – Dno ohišja EATNCja z enim samim RS-232.

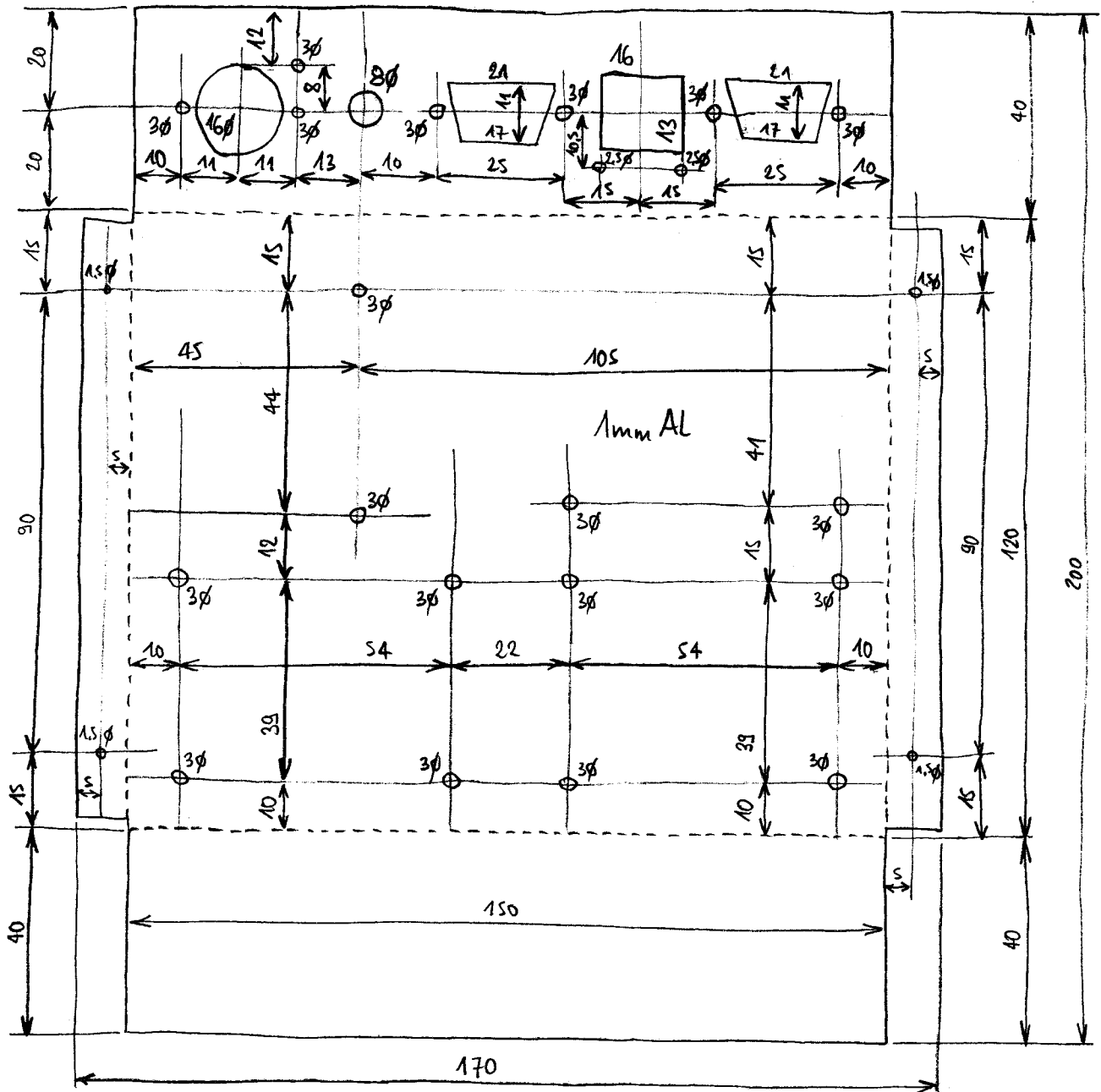


Slika 20 - Razporeditev in ožičenje enot EATNCja (en RS-232).

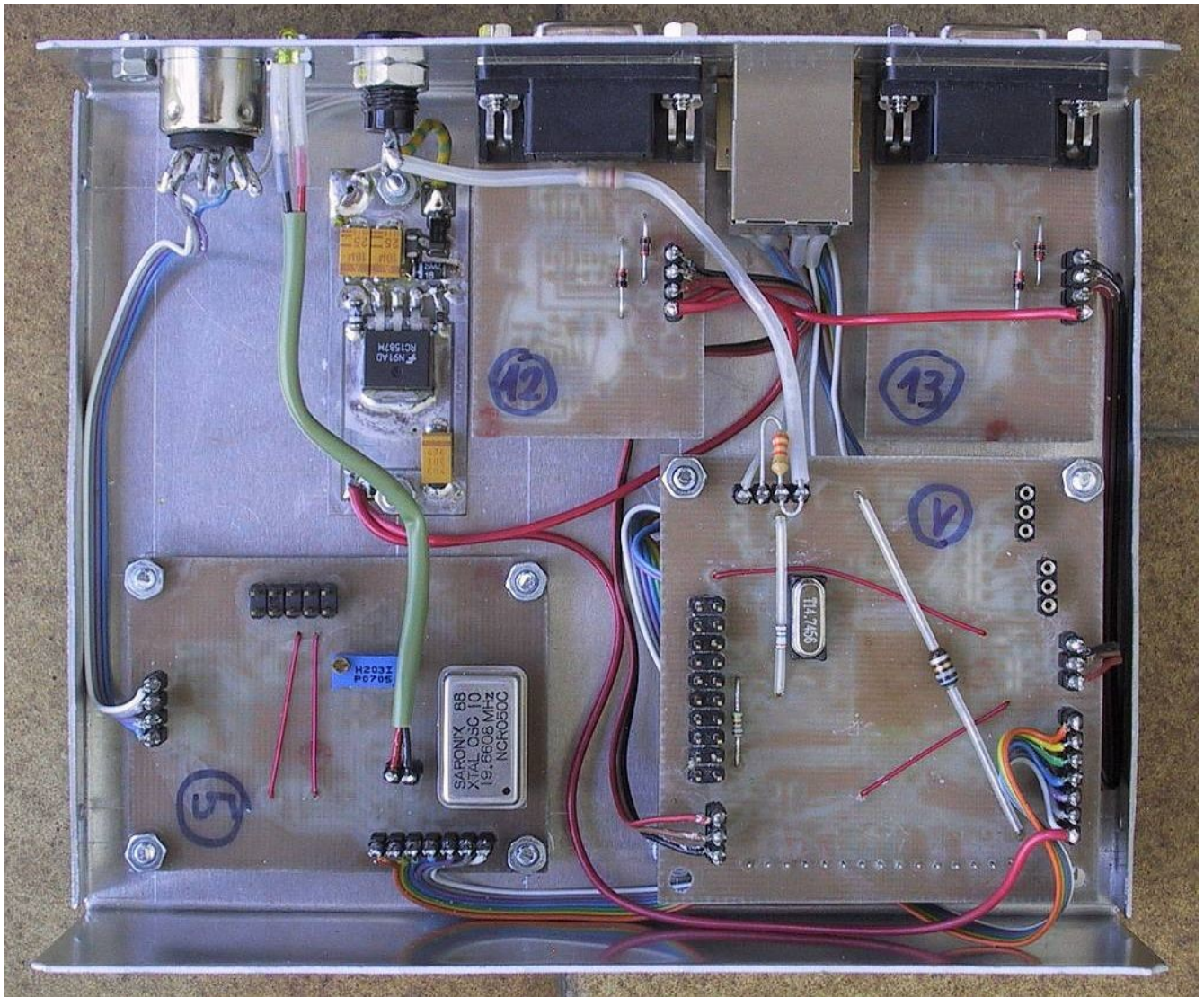


slika 21 - vtičnice na prednji plošči EATNCja (en RS-232).

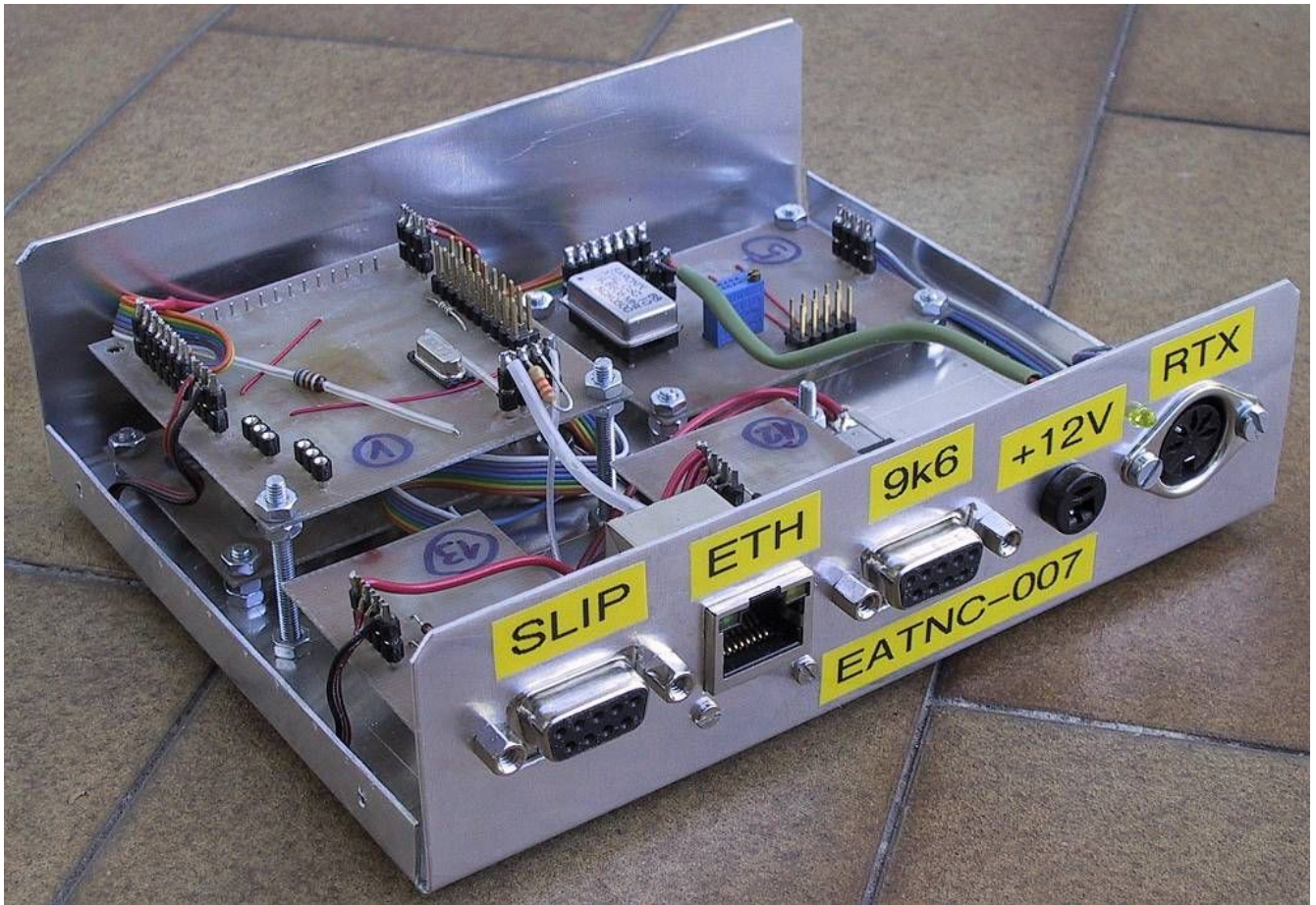
Dve ločeni vtičnici za RS-232 zahtevata malo večje ohišje, ki deluje tudi kot hladilno rebro za linearni napajalnik:



slika 22 - Dno ohišja EATNCja z dvema RS-232.

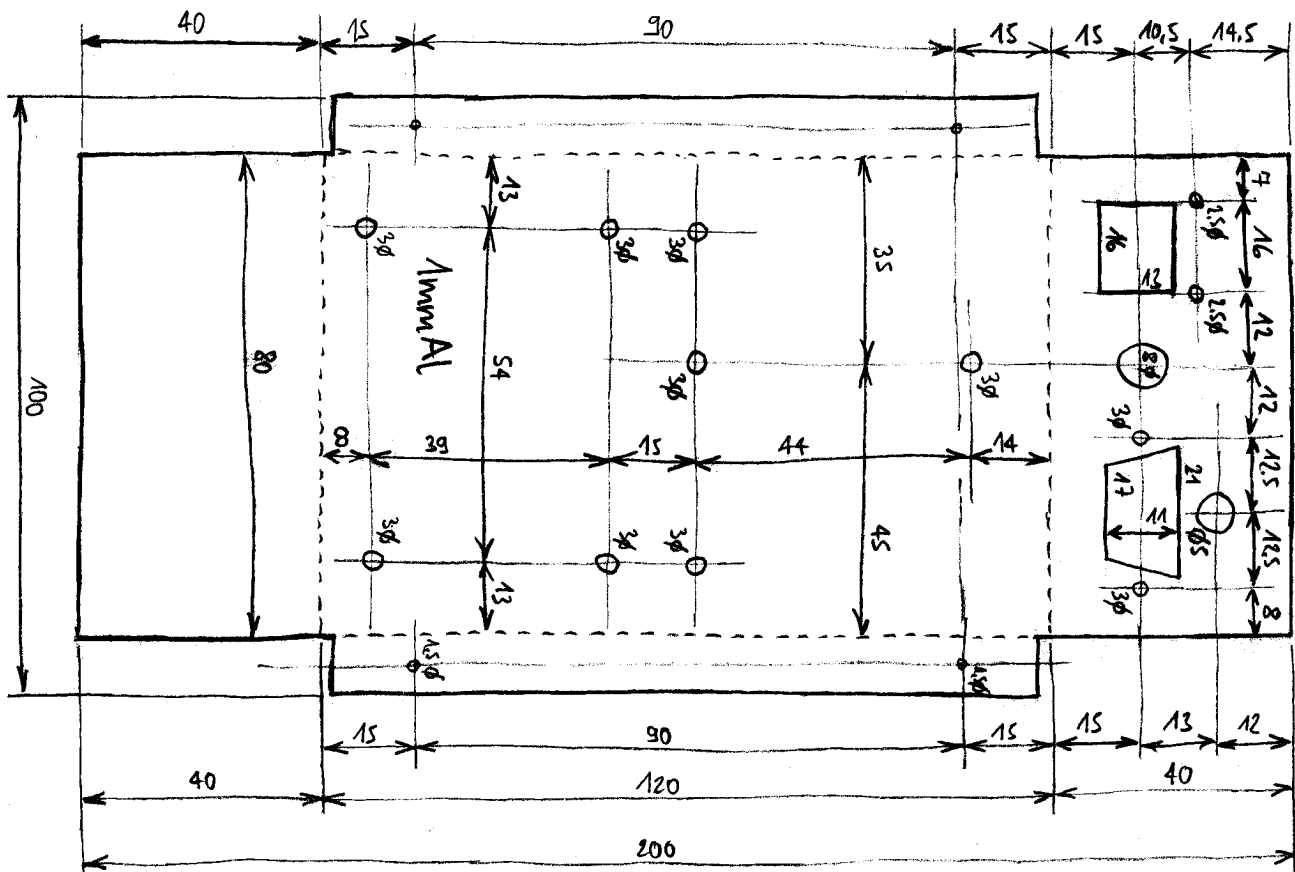


Slika 23 – Razporeditev in ožičenje enot EATNCja (dva RS-232).



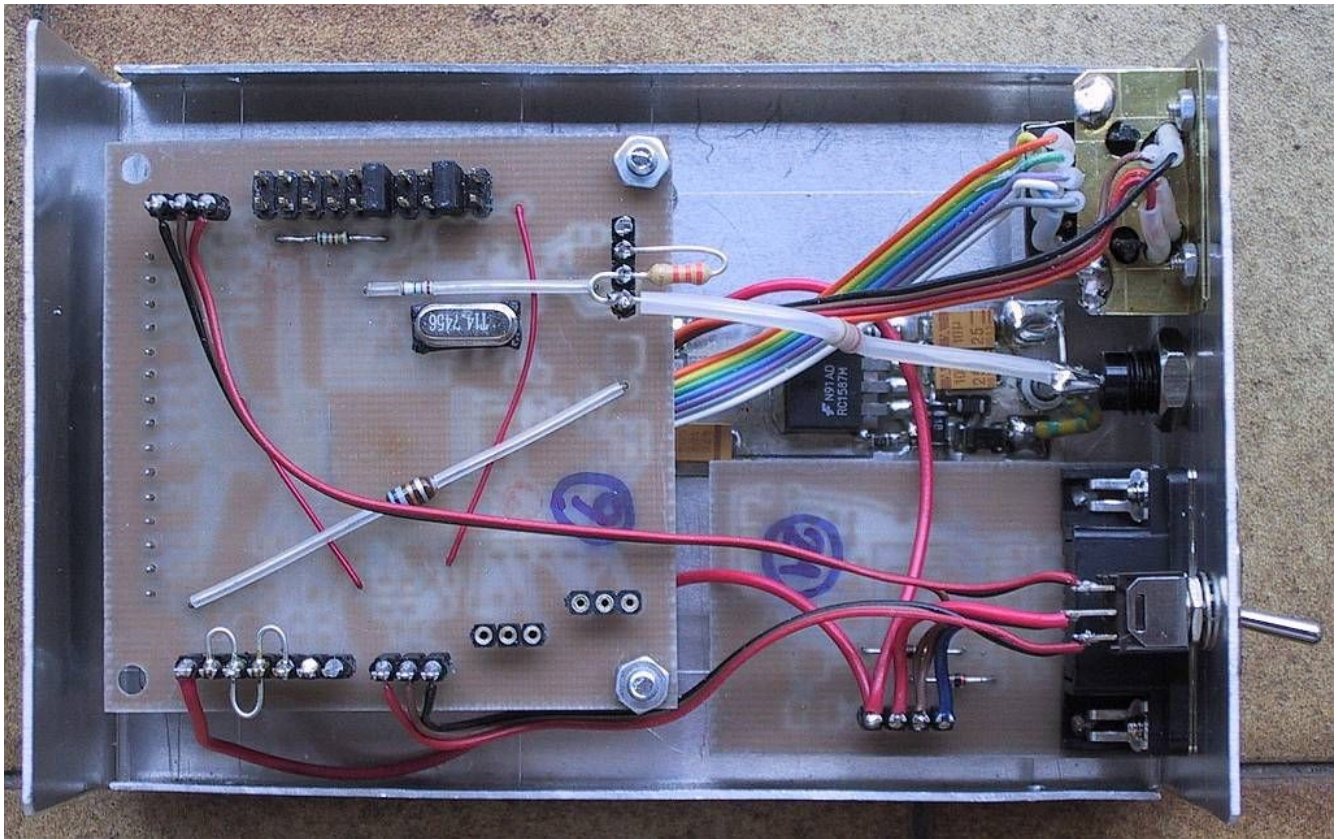
slika 24 - vtičnice na prednji plošči EATNCja (dva RS-232).

Pretvornik Ethernet<>SLIP zahteva najmanjše ohišje:

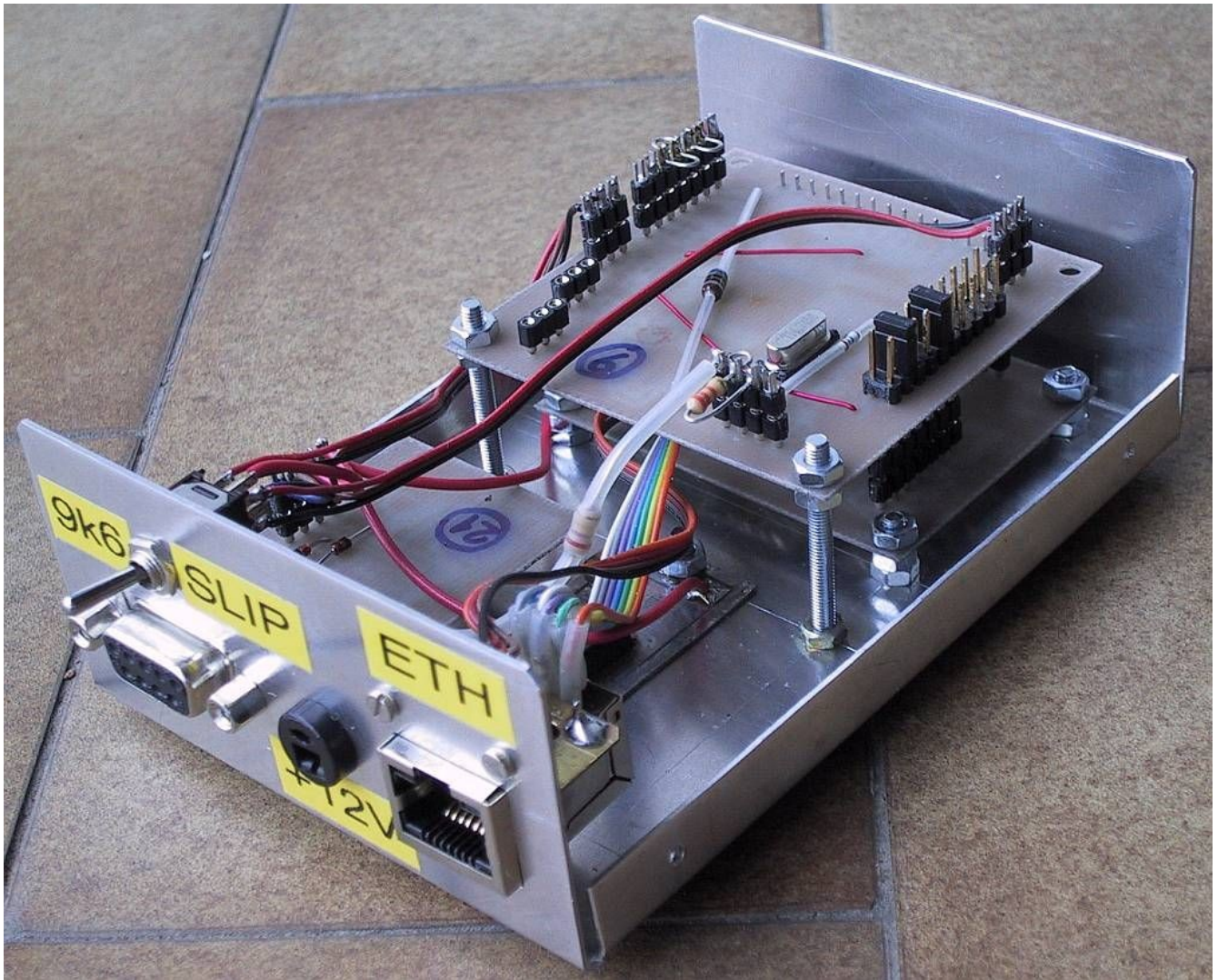


Slika 25 - Dno ohišja pretvornika Ethernet<>SLIP.

Če bitna sinhronizacija in skrambler nista vgrajena, moramo neuporabljene vhode CLK, DCD in RXD vmesnika HDLC vezati na maso! V primeru vgradnje LPC2368 vstavimo mostiček na RTCK, da manjšo količino pomnilnika javimo programski opremi:

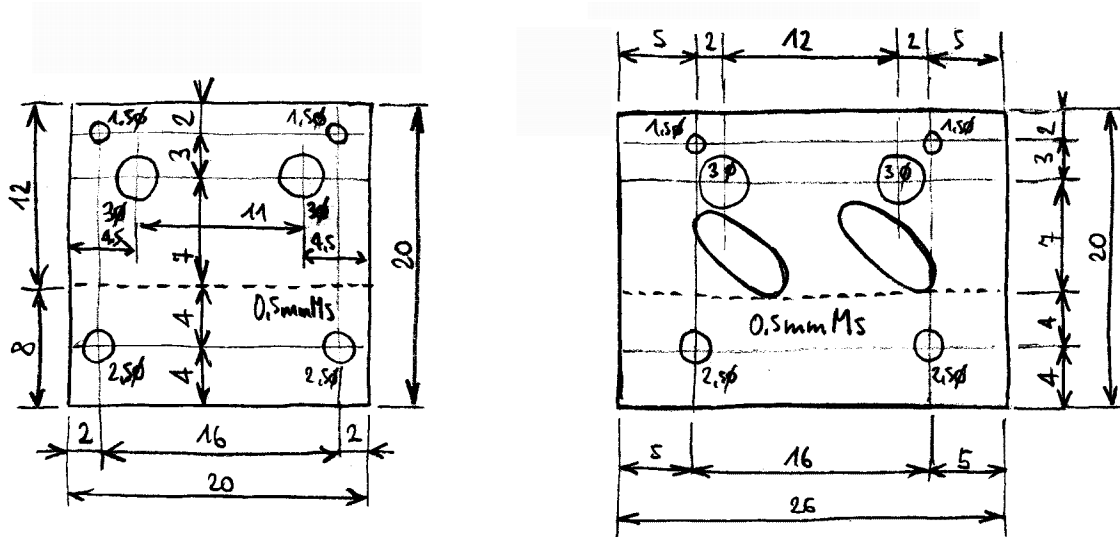


Slika 26 – Razporeditev in ožičenje enot pretvornika Ethernet<>SLIP.

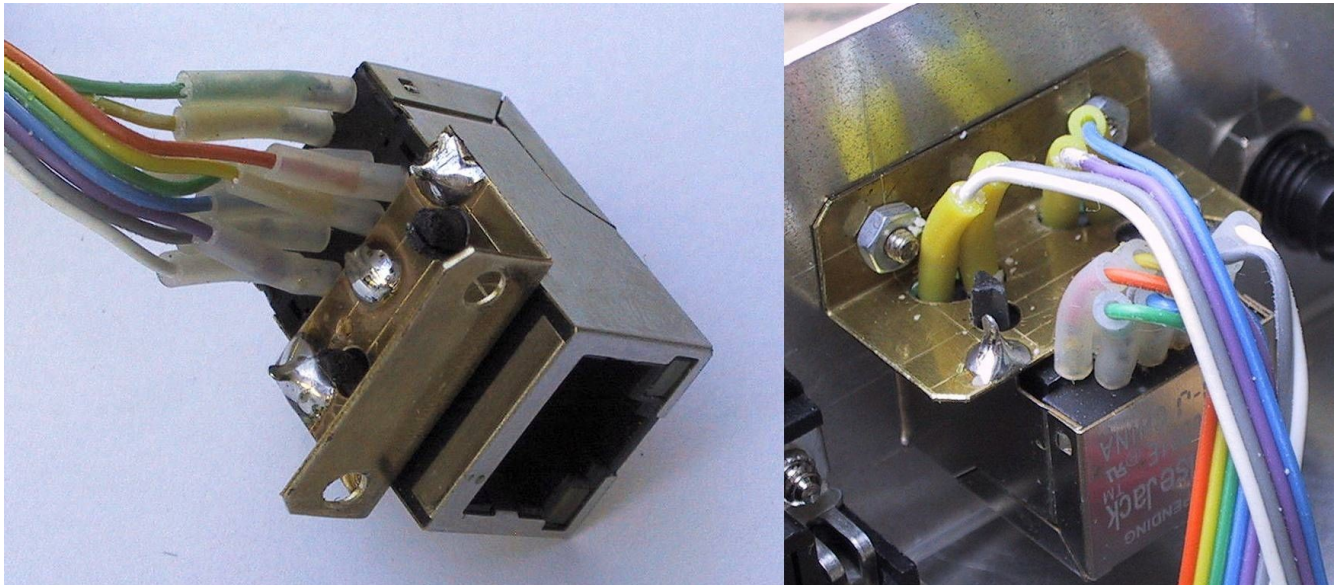


slika 27 - vtičnice na prednji plošči pretvornika Ethernet<>SLIP.

Končno, ker Ethernet vtičnice niso prirejene za vgradnjo na pločevinasto ohišje, moramo izdelati primerne prirobnice iz medeninaste pločevine debeline 0.5mm. Glede na izvedbo vtičnice potrebujemo dve različni vrsti prirobnic:



Slika 28 - Prirobnice za vgradnjo Ethernet vtičnic.



Slika 29 - Izvedba prirobnic za vgradnjo Ethernet vtičnic.

6. Nadaljni razvoj EATNCja

EATNC je ključna naprava za gradnjo in razvoj novega omrežja z Ne-Brezhibnim Protokolom, saj v svojih raznovrstnih načinih povezuje med sabo vse tri svetove: staro radioamatersko omrežje AX.25, sodobna računalniška omrežja Ethernet/WLAN in Ne-Brezhibni Protokol. Razvoj EATNCja je zato vseskozi obremenjen s težo nalogo, ki med sabo niso najlepše združljive.

Nekaj podobnega velja za razvijalce, ki so naredili družino vezij LPC23xx z Ethernet vmesnikom vključno z LPC2387. Niti svet Ethernet-a ni najlepše združljiv s svetom sodobnih mikrokontrolerov. Če naj bo takt mikrokontrolerka popolnoma neodvisen od RMII, to pomeni zelo zahtevno sinhronizacijo dostopa do skupnih dobrin v istem integriranem vezju. Povrhu vse mikrokontrolerke pesti pomanjkanje pomnilnika RAM.

Opisani izvorni EATNC je zgrajen na številnih tiskanih vezjih, kjer je vsaka ploščica samo „pajek“ za pripadajoče integrirano vezje, ki ga nosi. Takšen način gradnje je nujen za začetni razvoj, da lahko vsak gradnik preizkusimo ločeno od celote. Primeren je tudi za domačo amatersko izdelavo, ker zahteva le preprosta enostranska tiskana vezja in omogoča preprosto iskanje napak. Ožičenje je prepuščeno graditelju in predstavlja dodatno možnost napak, še posebno na hitrem RMII vodilu.

Danko S57UUD se je potrudil in sestavil celoten EATNC na enem samem dvostranskem tiskanem vezju s številnimi „via“ povezavami. Po mojem nasvetu je opustil JTAG, ki niti za razvoj programske opreme ni nujno potreben, kaj šele za golo programiranje EATNCja končnega uporabnika. Ožičenja ni več, cela vrsta možnih napak odpade. Je pa zato iskanje nekaterih drugih napak amaterske gradnje bolj zahtevno. Pripadajoče postopke iskanja napak in oživljanja EATNCjev bo zato treba še razviti.

100Mbps Ethernet je še vedno nekoliko prehitro za jedro ARM7 pri taktu 60MHz, kar je glavna težava družine LPC23xx, ki komaj shaja z manj kot 100kbyte pomnilnika. V prihodnosti naj bi se marsikaj poenostavilo z močnejšimi procesorji (ARM9 ali bolj verjetno povsem nova družina) in večjimi pomnilniki.

Na drugi strani prav EATNC olajšuje razvoj novih, hitrejših naslednikov ATNCja za Ne-Brezhibni Protokol na 10Mbps ali več. Za hitrejša naslednika ATNCja namreč zadošča, da so združljivi le z lokalno zanko ASV oziroma SLIP, s povezavo na Ethernet pa se ukvarja obstoječi EATNC.

* * * * *