

SATNC za 10Mbps NBPv2 in Ethernet

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Ethernet vmesniki za mikrokrmilnike

Vmesnik za Ethernet je zahtevno vezje, ki vsebuje razmeroma hitro logiko, številne analogne funkcije in je energijsko požrešno. Proizvajalci mikrokrmilnikov se zato izogibljejo vgradnji celotnega Ethernet vmesnika na isti čip mikrokrmilnika, saj ta znatno zvišuje ceno in porabo čipa.

Preprosti mikrokrmilniki so sploh brez Etherneta. Zmogljivejši mikrokrmilniki imajo vgrajen samo številski del, to se pravi Ethernet MAC. Zahteven in požrešen analogni Ethernet PHY moramo dodati kot zunanji, ločen čip, povezan prek MII ali RMI na mikrokrmilnik.

Mikrokrmilniki večinoma niso opremljeni z zunanjim vzporednim vodilom, ki potrebuje veliko število električnih priključkov. Zmogljivejši mikrokrmilniki sicer omogočajo tudi zunanje vzporedno vodilo, kar pomeni zahtevno in drago večslojno tiskano vezje ter obilico možnosti za napake.

Precej manj zahtevno je zaporedno vodilo SPI, ki potrebuje le štiri žice: takt, vhodni zaporedni podatki, izhodni zaporedni podatki in strobe (ali select), kdaj so podatki sploh veljavni. Krmiljena enota je lahko preprost pomikalni register iz družine 74xxx. Čeprav je SPI počasnejši od vzporednega vodila, je zaradi enostavnosti zelo razširjen in priljubljen v svetu mikrokrmilnikov.

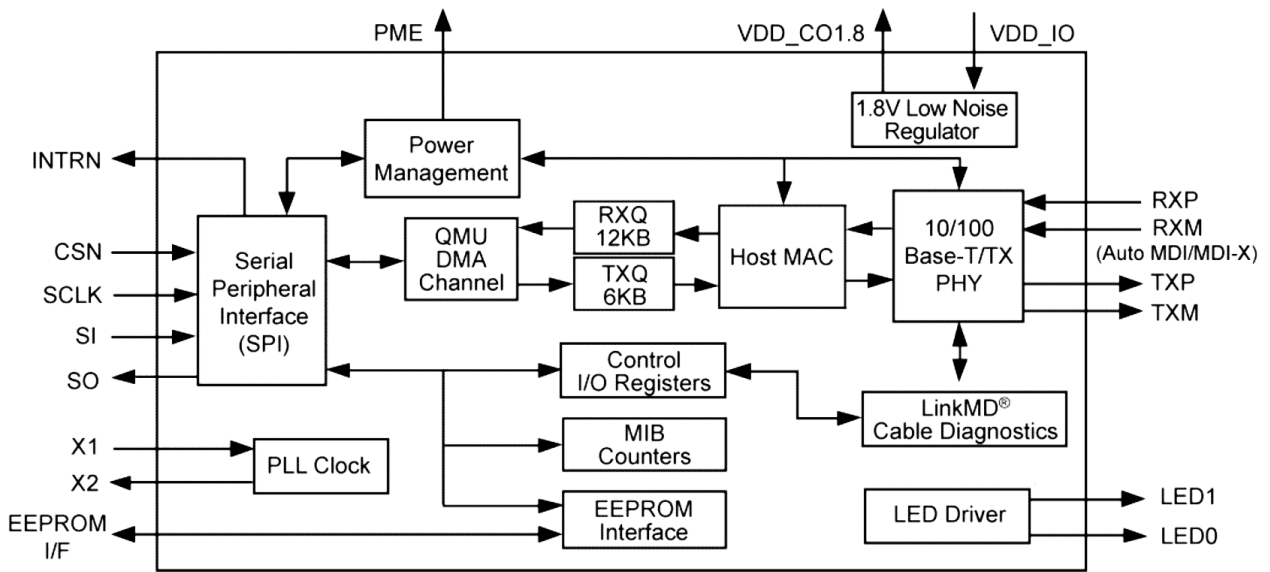
10Mbps in še posebno 100Mbps Ethernet je v vsakem primeru hitrejši od tistega, kar zmora mikrokrmilnik. Priklon Ethernet vmesnika preko vodila SPI predstavlja še dodatno ozko grlo. Proizvajalci čipov so se zato dolgo časa izogibali izdelavi SPI<>Ethernet vmesnikov.

Eden prvih SPI<>Ethernet vmesnikov je bil Microchip ENC28J60. ENC28J60 zmora samo 10Mbps Ethernet po kablu UTP in prav tako 10Mbps na vodilu SPI. S stališča uporabnika mu manjka predvsem Auto-MDIX, to je samodejna menjava sprejemne in oddajne parice kabla UTP. Zahtevnejši uporabnik pri ENC26J80 pogreša nadzor pretoka (flow control), ki je v primeru omejene količine pomnilnika tako ENC28J60 kot mikrokrmilnika še kako pomemben.

Kljub navedenim pomanjkljivostim je ENC28J60 izredno priljubljen med uporabniki mikrokrmilnikov. Kljub začetniškim napakam obstaja za ENC28J60 dosti programske opreme. Nanj prisegajo vsi sovražniki SMD čipovja, ki ne znajo spajkati. ENC28J60 je edini Ethernet vmesnik, ki ga danes lahko še kupimo v DIL ohišju in zatakemo v 28-pinsko DIL podnožje...

Proizvajalec Microchip je razvil in izdelal nekaj naslednikov ENC28J60, ki zmorejo tudi 100Mbps Ethernet, Auto-Negotiation, Auto-MDIX in nadzor pretoka: ENC424J600 in ENC624J600. Žal SPI teh naslednikov ne preseže 14Mbps, kar ostaja ozko grlo! Boljši izdelek je ponudil proizvajalec Micrel v obliki čipa KSZ8851SNL.

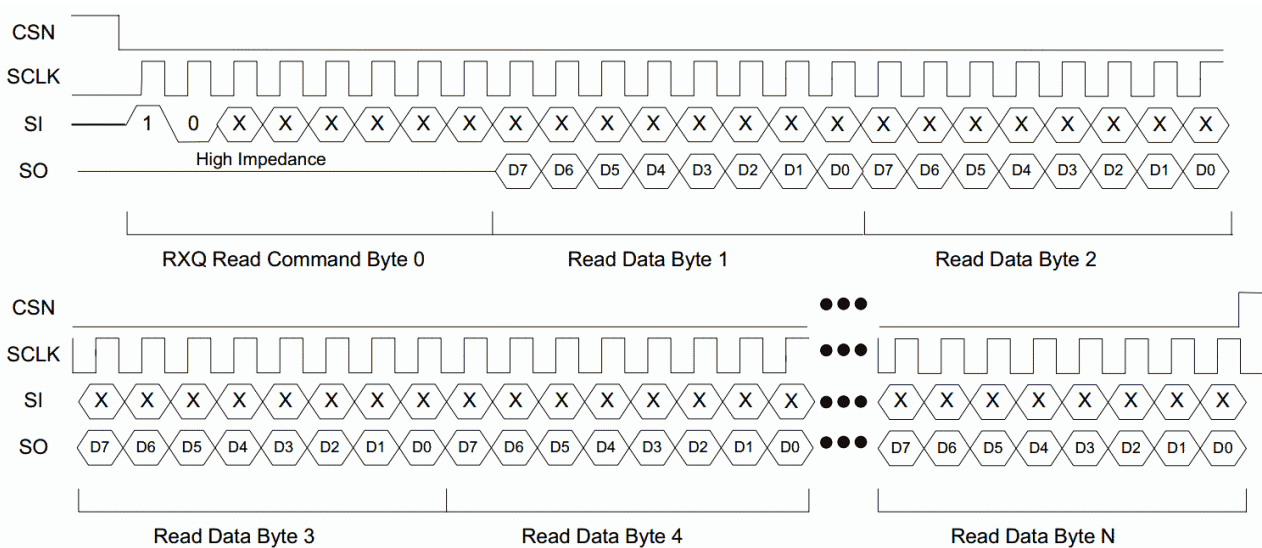
Poleg Auto-Negotiation 10Mbps/100Mbps, Auto-MDIX in nadzora pretoka, čip KSZ8851SNL podpira SPI do 40Mbps:



KSZ8851SNL/SNLI Functional Diagram

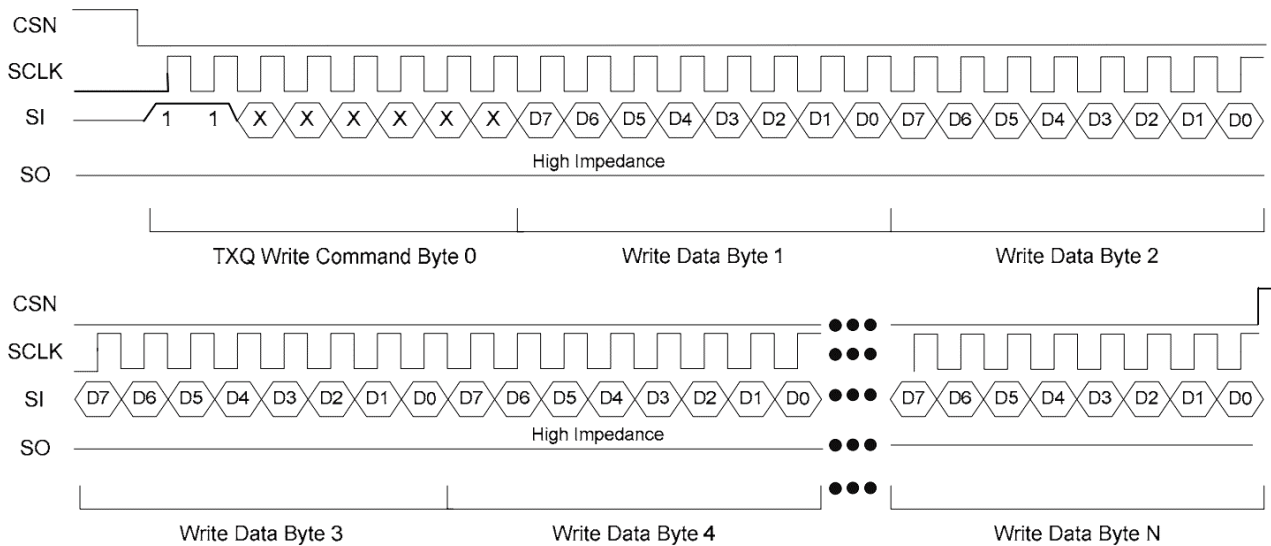
KSZ8851SNL vsebuje celovit Ethernet MAC in PHY za 10Mbps in 100Mbps. Sprejete Ethernet okvirje hrani v 12kbyte vmesnega pomnilnika, čakajoče okvirje na Ethernet oddajo pa v 6kbyte vmesnega pomnilnika. Mikrokrmilnik dostopa do obeh vmesnih pomnilnikov preko vodila SPI.

Začetek in konec prenosa sprejetih podatkov označuje CSN (Chip Select Negated). Mikrokrmilnik pošlje ukaz za branje pomnilnika na vhod SI (Serial In). Podatki iz sprejemnega vmesnika nato zapustijo KSZ8851SNL preko izhoda SO (Serial Out):



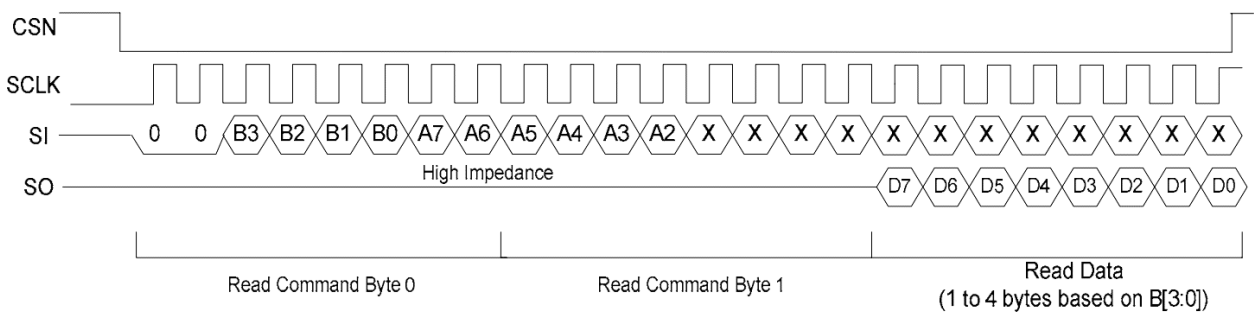
RXQ FIFO Read Timing

Na podoben način mikrokrmilnik vpiše podatkovni okvir v pomnilnik, namenjen Ethernet oddajniku. Tudi tu začetek in konec prenosa označuje CSN. Ukazu za vpis v pomnilnik sledi podatkovni okvir, vse preko vhoda SI. Izhod SO ostaja v tem primeru neaktiven:

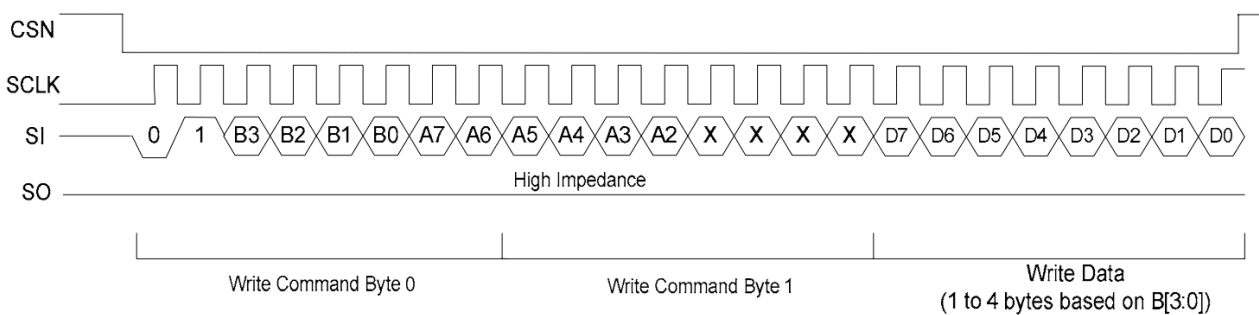


TXQ FIFO Write Timing

Na podoben način dostopa mikrokrmilnik tudi do številnih notranjih registrov KSZ8851SNL. Ukaz na začetku je vedno 16-biten in vsebuje naslov in velikost registra. Sledi branje oziroma vpis od 8 do 32 podatkovnih bitov:



Internal I/O Register Read Timing

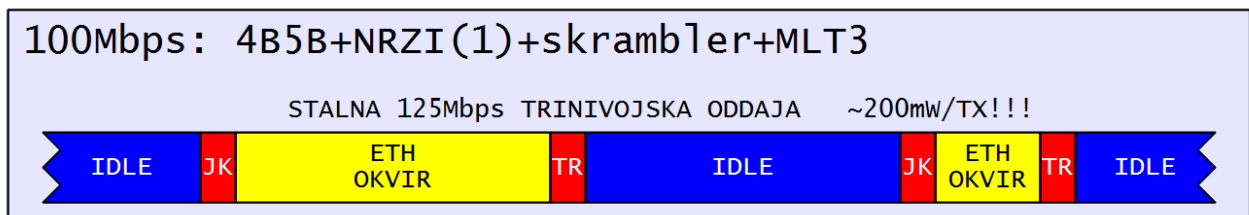
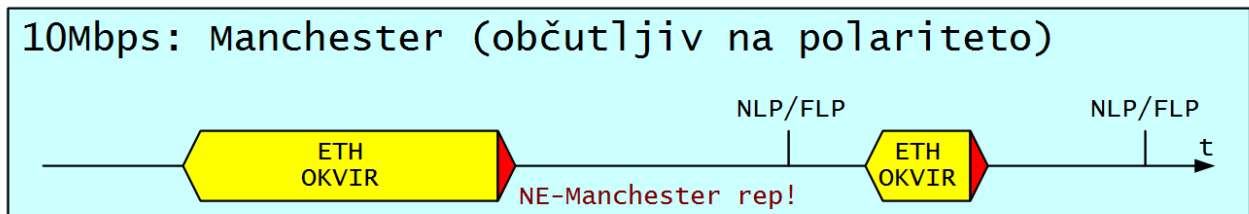
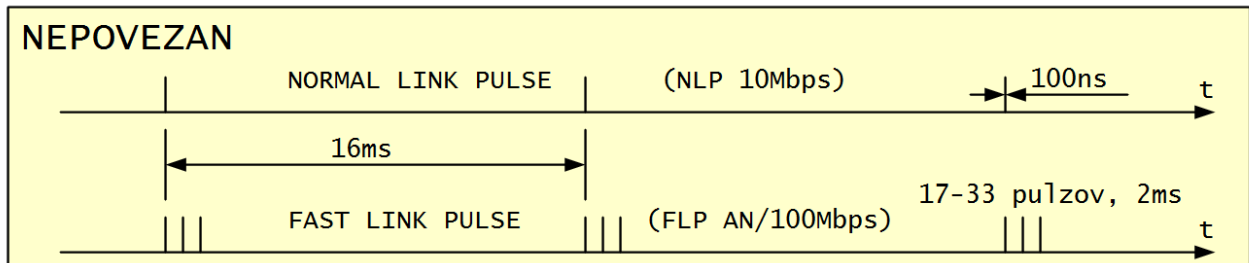


Internal I/O Register Write Timing

KSZ8851SNL se vedno obnaša kot SPI slave. Takt SCLK torej proizvaja mikrokrmilnik, ki se obnaša kot SPI master. Zahtevna resinhronizacija podatkov na uro Etherneta je izvedena znotraj KSZ8851SNL. V načinu master lahko mikrokrmilnikov SPI dela z največjo možno hitrostjo. Obljubljenih 40Mbps je tudi v resnici dosegljivih z razpoložljivimi mikrokrmilniki.

Na Ethernet strani zmore KSZ8851SNL prav vse, kar zahteva standard IEEE 802.3x iz leta 1997 za 10Mbps in 100Mbps po UTP kablu. Preprosto povedano, IEEE 802.3x je vse tisto, kar zmorejo naši hišni računalniki, usmerjevalniki, modemi, WiFi naprave, spletne kamere itd. Edino gigabitni Ethernet so izumili kasneje, je pa vsa oprema zanj navzdol združljiva z IEEE 802.3x.

Oprema za 10/100Mbps Ethernet (IEEE 802.3x) pozna tri osnovne načine delovanja:



AN ≡ Auto Negotiation (10/100Mbps, half/full duplex)
 AutoMDIX ≡ Auto Media-Dependent-Interface eXchange

Delovanje 10BASE-T in 100BASE-TX

V nepovezanem stanju udeleženec oddaja kratke in redke "link" impulze. Sogovornik na drugem koncu tako ugotovi, da je zveza živa in prižge lučko LINK. Ne samo to, z "link" impulzi se da hitro ugotoviti, katera parica je oddajna in katera sprejemna. "Link" impulzi torej omogočajo Auto-MDIX, torej samodejno menjavo paric glede na to, ali je med udeležencema vzporedni ali križni kabel.

100Mbps naprave oddajajo "fast link pulse" (FLP) v gručah od 17 do 33 impulzov. Vsak drugi impulz s svojo prisotnostjo oziroma odsotnostjo prenaša informacijo, kaj naprava zmore: 10Mbps, 100Mbps, half-duplex, full-duplex, nadzor pretoka itd. FLP tako omogoča Auto Negotiation: sogovornika se dogovorita med sabo, kaj znata obe strani in kako naj se pogovarjata naprej.

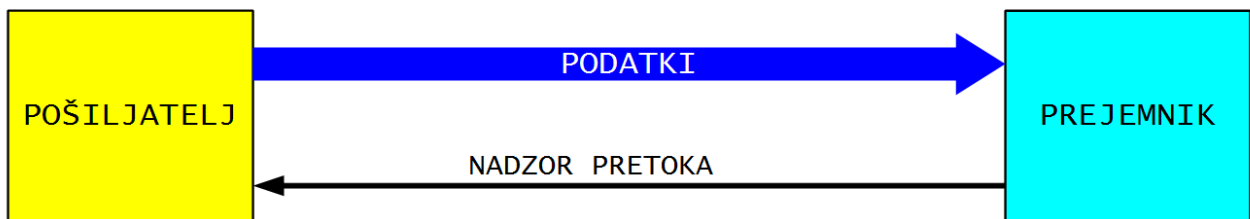
V načinu 10Mbps je oddajnik vključen samo med oddajo koristnega podatkovnega okvirja. V primeru redkega prometa oziroma daljše odsotnosti podatkovnih okvirjev zvezo vzdržujejo "link" impulzi.

V načinu 100Mbps je oddajnik stalno vključen. Praznino med okvirji zapolnjuje znak IDLE kode 4B5B, ki ga skrambler pretvori v psevdonaključno zaporedje. Poraba oddajnika okoli 200mw sploh ni zanemarljiva!

Učinkovita zveza potrebuje tudi nadzor pretoka ali flow control. Nadzor pretoka naj bi preprečil, da oddajnik pošilja več, kot sprejemnik uspe obdelati. Stari RS232 terminali so uporabljali žico RTS/CTS (hardverski nadzor pretoka) oziroma dogovorjene ASCII znake XON <CTRL-Q> in XOFF <CTRL-S>.

Zelo podoben nadzor pretoka predpisuje tudi Ethernet. v načinu half-duplex prejemnik preprosto zaustavi pošiljatelja tako, da zasede kanal z neprekinjeno oddajo sinhronizacijskega zaporedja (backpressure). v načinu full-duplex je standardiziran "pause" okvir, po delovanju zelo podoben XON in XOFF.

Pause okvir je vedno naslovljen na dogovorjeni skupinski naslov 01-80-C2-00-00-01. Poleg opisa naloge vsebuje še zahtevani čas čakanja od 0 do 65535 časovnih enot:



HALF-DUPLEX: zaustavlja pretok z oddajo BACKPRESSURE (stalni SYNC)
POZOR! Ustavi vse udeležence v omrežju. Ne sme preseči JABBER LIMIT!

FULL-DUPLEX: oddaja PAUSE okvirja (IEEE 802.3x) na skupinski naslov 01-80-C2-00-00-01, OPIS=0x8808, OPCODE=0x0001, čakanje PAUSE=0-65535 časovnih enot, časovna enota čakanja je 512 bitnih period:

SYNC	PREJME	POŠILJA	OPIS	OPCODE	PAUSE	NIČLE (mašilo)	CRC
8byte	01-80-C2-00-00-01	6byte	0x8808	0x0001	0-65535	42byte	4byte

Cisco FULL-DUPLEX: razširitev PAUSE okvirja vsebuje 8 neodvisnih PAUSE za 8 različnih prioritet podatkov (VLAN), OPCODE=0x0101:

SYNC	PREJME	POŠILJA	OPIS	OPCODE	8X PAUSE	(mašilo)	CRC
8byte	01-80-C2-00-00-01	6byte	0x8808	0x0101	16byte	28byte	4byte

Nadzor pretoka (Flow control)

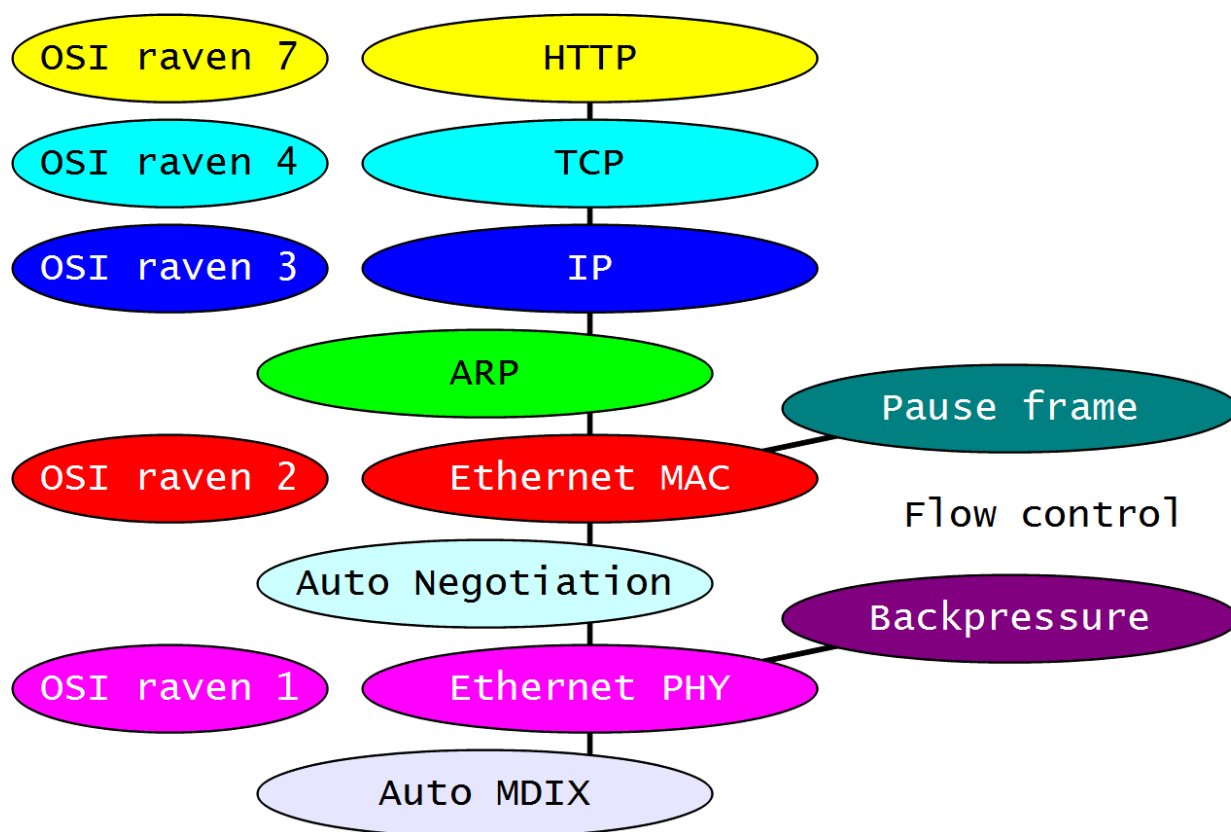
Nadzor pretoka je lahko dvorezen meč. Če en odsek omrežja hkrati uporablja več različnih uporabnikov, lahko en sam uporabnik s prevelikimi zahtevami sproži nadzor pretoka in zaustavi tudi promet vseh ostalih. Kdaj torej oddati "pause frame" in kakšna naj bo njegova vsebina, ni preprosto vprašanje? IEEE 802.3x predpisuje samo to, kaj storiti ob sprejemu takšnega okvirja.

Zahtevnejša stikala in usmerjevalniki danes uporabljajo še

bolj komplicirane "pause" okvirje z namenom, da en sam požrešen uporabnik ne ustavi vseh udeležencev. Vsi ti novi okvirji še niso standardizirani!

Kljub standardu IEEE 802.3x iz leta 1997, proizvajalci Ethernet opreme dosti let niso upoštevali vseh njegovih zahtev, še posebno ne tistih o nadzoru pretoka. Starejši PC računalniki, izdelani okoli leta 2000, niti WRT54 s programom Tomato sploh ne poznajo nadzora pretoka, čeprav v FLP javljajo sogovorniku obratno. Šele v računalniški opremi, izdelani po letu 2010, nadzor pretoka običajno deluje tako, kot je napisano.

TCP/IP/Ethernet zveza vsebuje torej živopisan sklad protokolov, ki ima še dosti več ravni, kot to predpostavlja OSI:



TCP/IP/Ethernet/UTP sklad protokolov

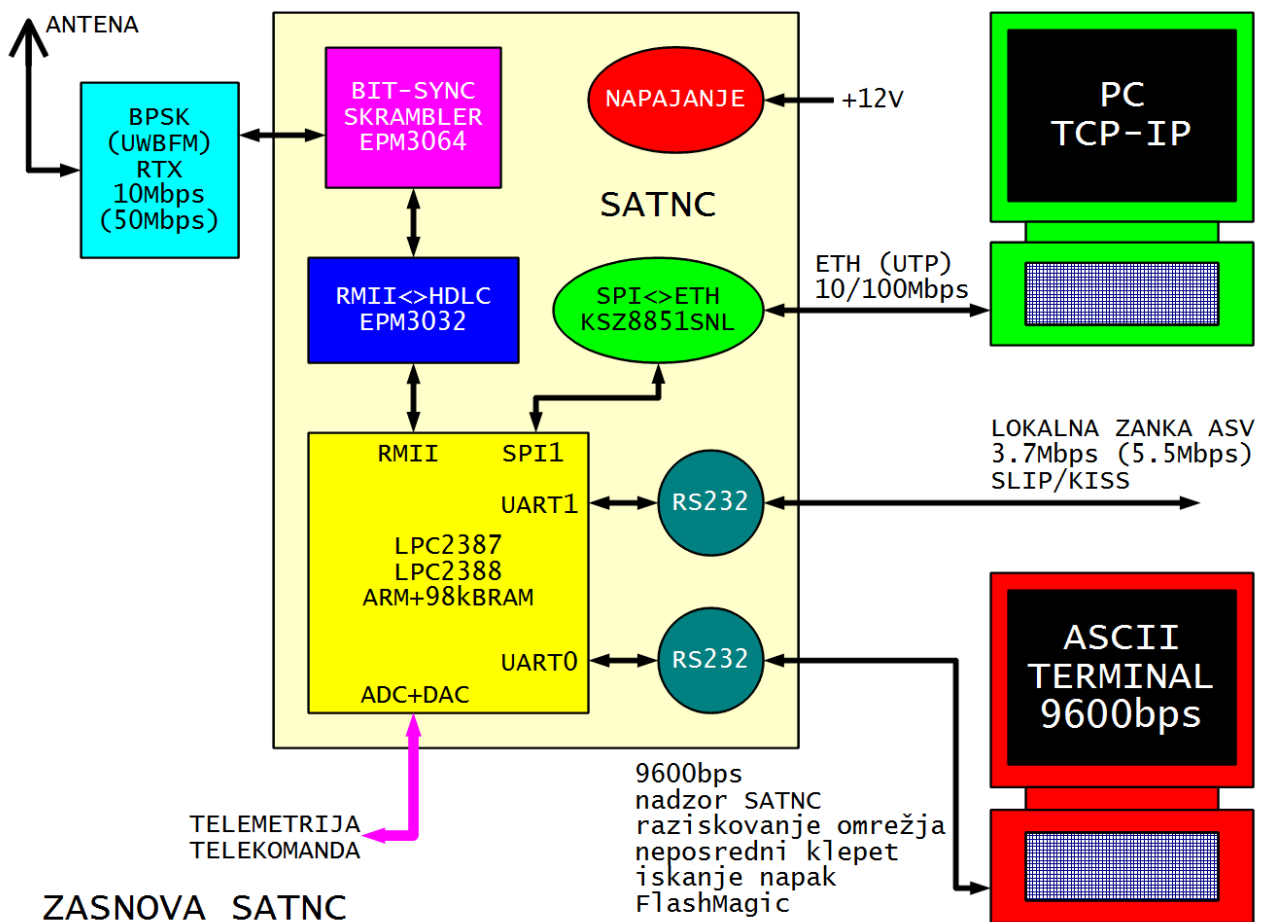
Integrirano vezje KSZ8851SNL ponuja celovito rešitev za vse spodnje ravni do vključno Ethernet MAC in "pause frame". KSZ8851SNL samodejno zaustavi sogovornika, ko se njegov sprejemni pomnilnik zapolni in ponovno požene zvezo, ko se njegov sprejemni pomnilnik sprosti. Višje ravni izvedemo v mikrokrmilniku. Vsi sodobni mikrokrmilniki so opremljeni z enim ali več SPI vmesniki, ki se lahko neposredno poveže na KSZ8851SNL.

RATNC je učinkovit naslednik ATNC, ki zmora NBPv2 s hitrostjo 10Mbps in več na radijski strani. RATNC uporablja preizkušeno jedro EATNC z mikrokrmilnikom LPC2387, LPC2388 ali podobnim. RMII vmesnik je povezan na programirljivo logiko EPM3032, ki RMII podatke uokvirja v HDLC za radijsko zvezo. Na računalniški strani žal Ethernet ni neposredno na razpolago, saj vsi mikrokrmilniki

vsebujejo en sam RMIi vmesnik, ki je že uporabljen na radijski strani!

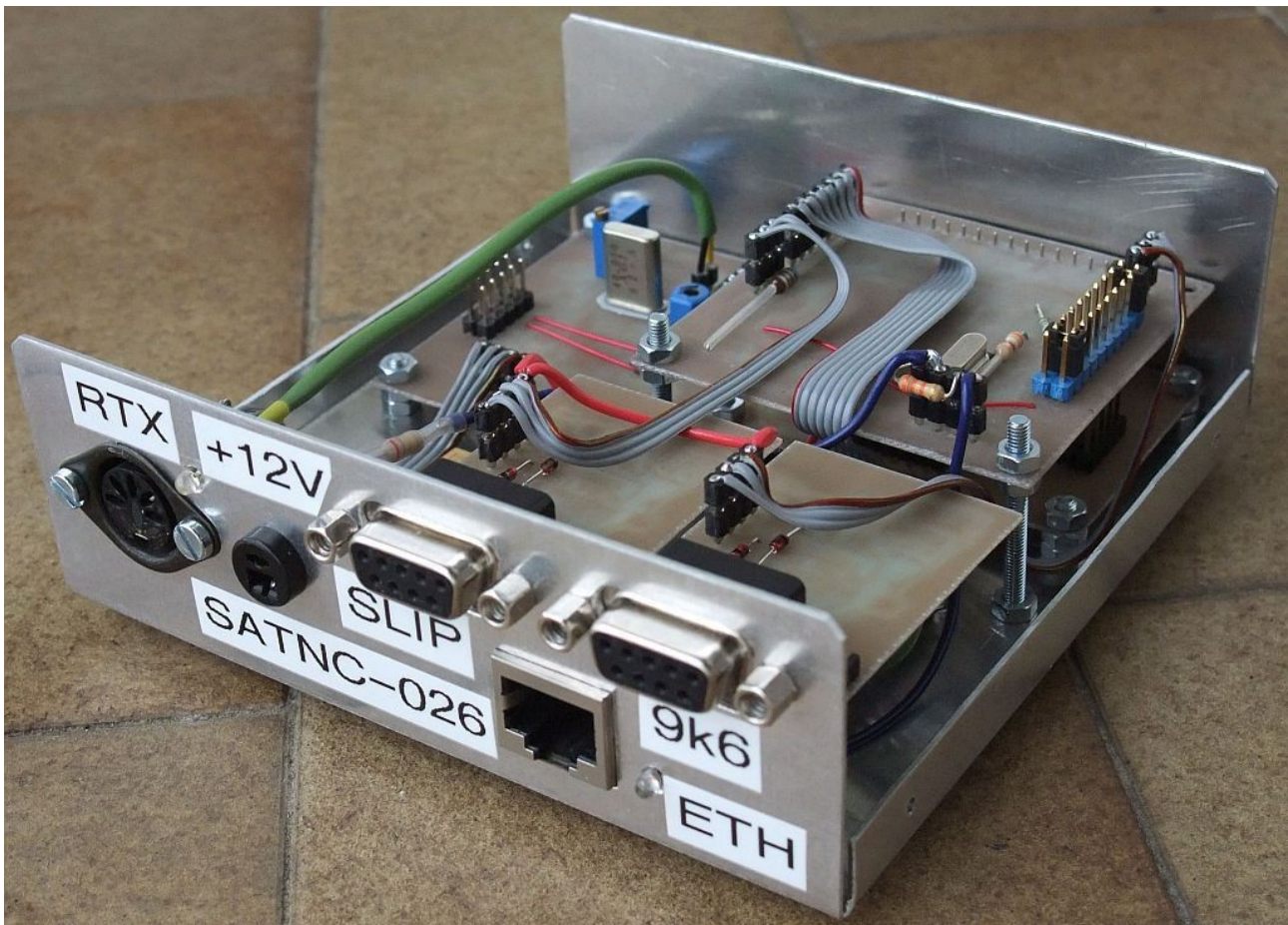
RATNC potrebuje dodaten, zunanji pretvornik SLIP<>ETH. To pomeni dodaten EATNC za učinkovito TCP/IP zvezo. Povezava med RATNC in EATNC je SLIP po RS232. Slednji predstavlja ozko grlo, saj razpoložljivi mikrokrmilniki ne zmorejo kaj dosti več kot 3.7Mbps (5.5Mbps z navitim taktom) na UARTih.

RATNC sicer ima dva prosta SPI vmesnika. SPI1 je že napeljan na pripadajočo vtičnico na tiskanem vezju, saj se v EATNC uporablja za radijsko zvezo. Na sproščeni SPI1 v RATNC lahko torej priključimo SPI<>Ethernet vmesnik, kot je KSZ8851SNL ali podoben. Nova naprava dobi dolgo ime "SPI<>Ethernet RATNC" ali skrajšano SATNC:



Ker so vmesniki SPI v načinu master približno 10-krat hitrejši od UARTov istega mikrokrmilnika, ozko grlo povezave na PC računalnik izgine. Zaradi odsotnosti ozkih grl se prenosna zmogljivost TCP/IP zveze preko SATNC kar podvoji v primerjavi z RATNC! Seveda lahko istočasno uporabljamo tudi sproščeni UART1, na primer v lokalni zanki ASV.

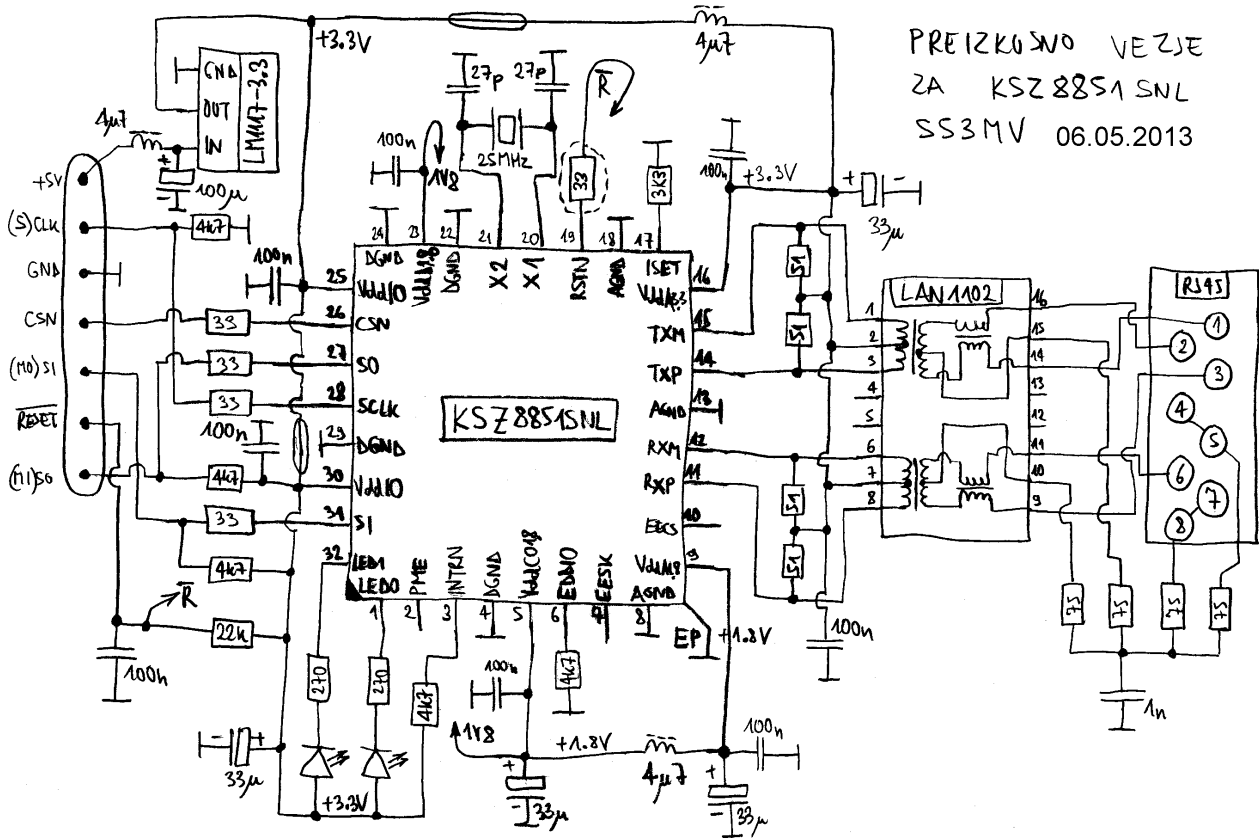
SATNC je tudi navidez zelo podoben RATNC. Edina razlika je v dodatnem SPI<>Ethernet vmesniku s KSZ8851SNL, ki je vgrajen pod oba RS232, da na fotografiji skoraj ni viden:



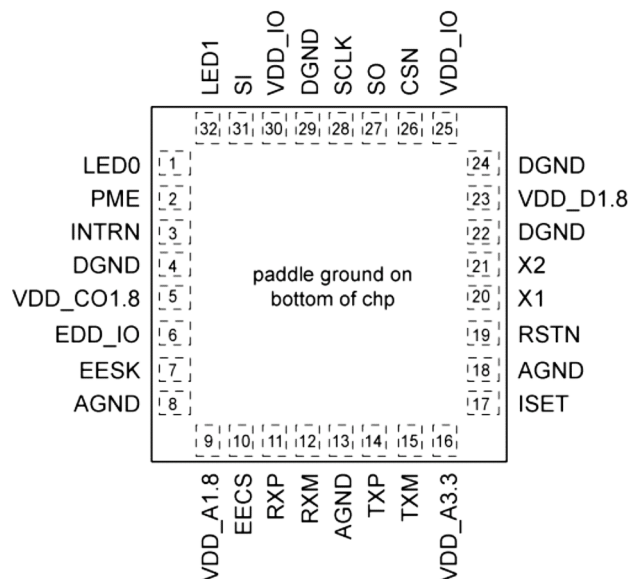
Poleg novega vmesnika SPI<>Ethernet potrebuje SATNC le majhno predelavo mikrokontrolerja iz RATNC oziroma EATNC: nižje vrednosti dušilnih uporov na SPI1. V tem članku je dodatno opisana še predelava bitne sinhronizacije: kako zamenjati oscilator za 80MHz z lažje dobavljivim in cenejšim overtonskim kristalom za 40MHz. Sledijo navodila za gradnjo in ohišja za samostojen SATNC in za mali ASV za domačo uporabo s SATNC in ATNC. Na koncu še programska podpora in doseženi izjemni rezultati s SATNC.

2. Vmesnik SPI<>Ethernet s KSZ8851SNL

Integrirano vezje KSZ8851SNL vsebuje skoraj vse gradnike visokozmogljivega SPI<>Ethernet vmesnika razen kristala za 25MHz, ločilnega transformatorja za UTP kabel, dušilnih uporov na vodilu SPI, svetlečih diod in napajanja:

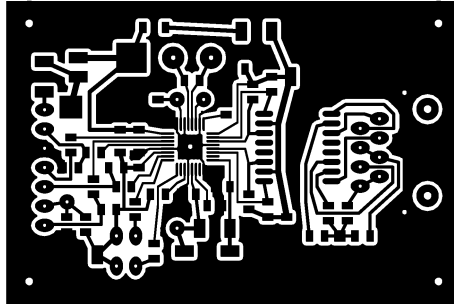


KSZ8851SNL potrebuje štiri ločena napajanja: 1.8V in 3.3V, vsaka napetost za analogni in za digitalni del posebej. Regulator za 1.8V je vgrajen v KSZ8851SNL, regulator za 3.3V je pa zunanji LM1117-3.3. KSZ8851SNL je vgrajen v zelo majhno ohišje 32-MLF, ki ima poleg 32 priključkov še osrednji "pad" za hlajenje:

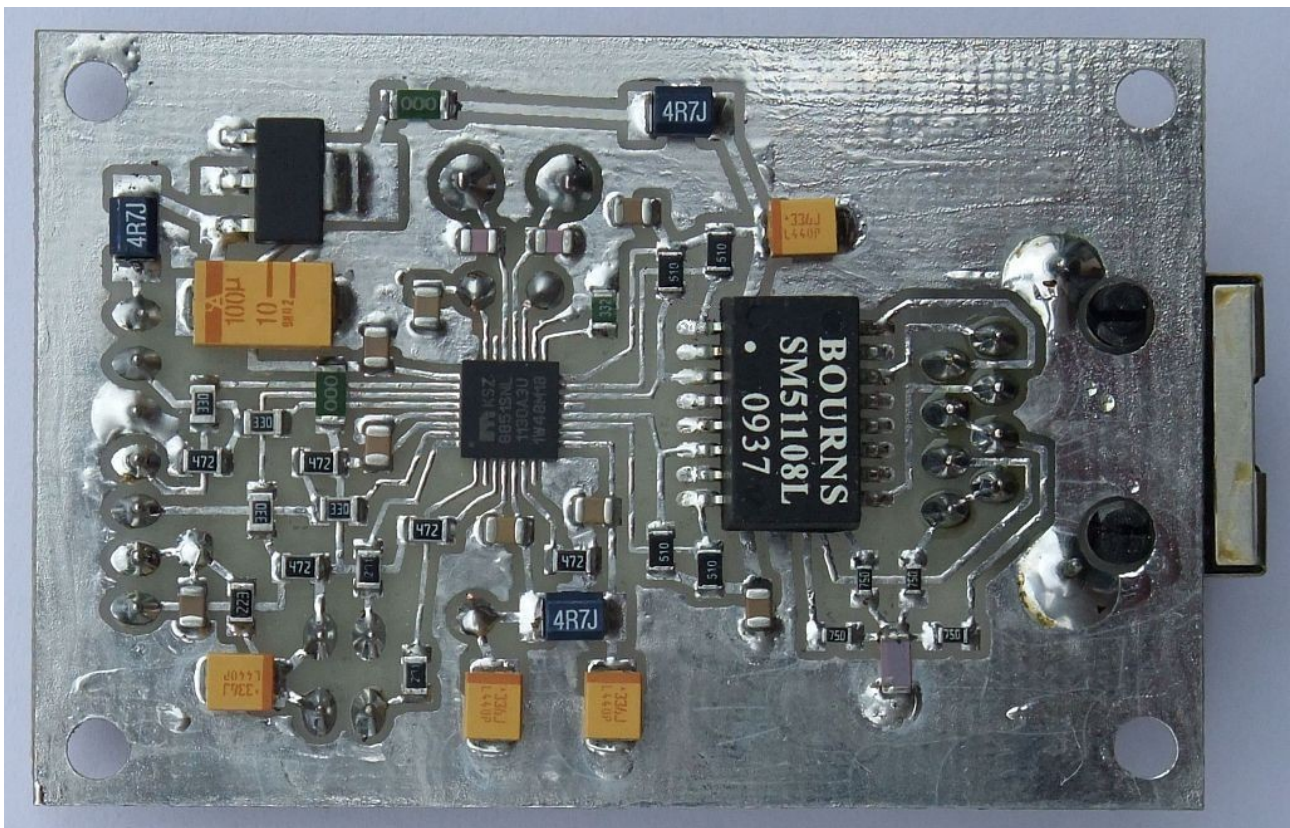


Pozor! Isti proizvajalec Micrel izdeluje celo družino različnih integriranih vezij z oznako KSZ8851. Inačice KSZ8851-16MLL, KSZ8851-16MQL in KSZ8851-32MQL so opremljene z 8-bitnim, 16-bitnim oziroma 32-bitnim vzporednim vodilom, zato v SATNC niso uporabne! Samo KSZ8851SNL podpira vodilo SPI!

SPI<>Ethernet vmesnik je izdelan na enostranskem tiskanem vezju z izmerami 40mmX60mm:

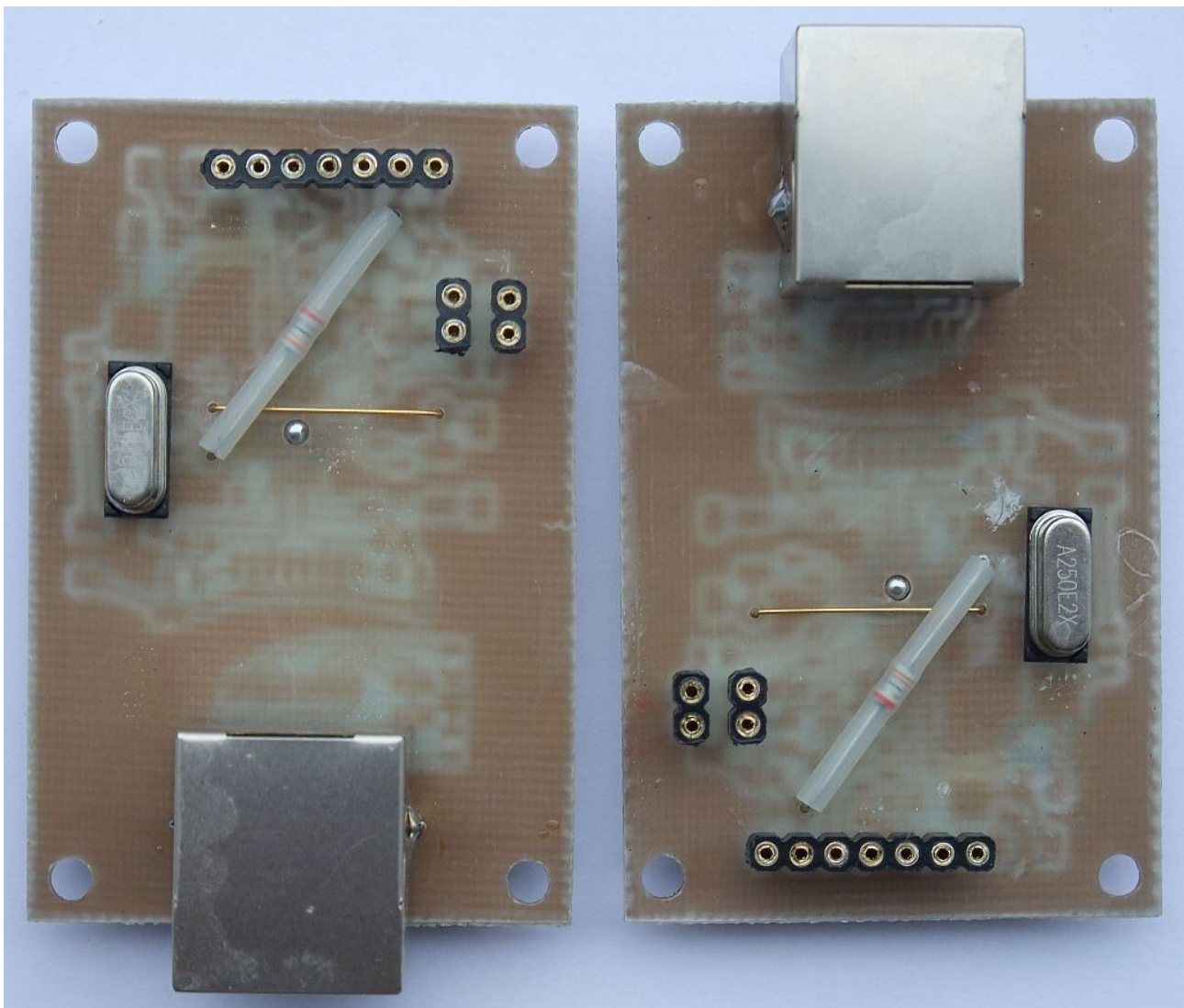


večina gradnikov je SMD na spodnji strani tiskanine:



Ethernet ločilne transformatorje dobimo z najrazličnejšimi oznakami: LinkCom LAN1102, WE-MIDCOM 7090-37, BOURNS SM51108L, KE KE-0041S, Pulse H2019NL itd. Razporeditev priključkov in električne lastnosti naj bi bile zelo podobne. Z ohm-metrom v vsakem primeru preverimo razporeditev priključkov, še posebno v primeru, če smo transformator odspajkali iz stare Ethernet naprave, kjer je udar strele mogoče kaj spremenil vezje?

Na gornji strani tiskanine so le kristal za 25MHz, en žični mostiček za napajanje 1.8V, en dušilni upor 33Ω in vsi konektorji:



Gradnjo SPI<>Ethernet vmesnika začnemo z zahtevnim spajkanjem ohišja KSZ8851SNL. Tiskano vezje moramo naprej res enakomerno pociniti. Nato nastavimo KSZ8851SNL čimbolj točno na svoje mesto. Obilica stearina bo pomagala, da spajka doseže vse priključke pod ohišjem 32-MLF (podobno QFN32). Končno spustimo kapljo cina z druge strani skozi izvrtino premera 2mm točno sredi ohišja KSZ8851SNL, da zaciniamo osrednji ozemljitveni "pad" na maso tiskanega vezja.

Opisani SPI<>Ethernet vmesnik sicer nima nobene nastavitvene točke in bi moral delati takoj po priklopu napajanja, tudi brez mikrokrmilnika. Ob vzpostavljeni Ethernet zvezi se mora prižgati vsaj LED0, pri 100Mbps zvezi pa še LED1. Smiselno je preveriti frekvenco kristala 25MHz, kjer odstopanje komaj 1kHz lahko privede do izpada Ethernet zveze! Frekvenco lahko pomerimo edino na enem od priključkov kristala tako, da zaporedno z vhomom frekvenčmetra vežemo kondenzator majhne kapacitivnosti od 1pF do 3pF.

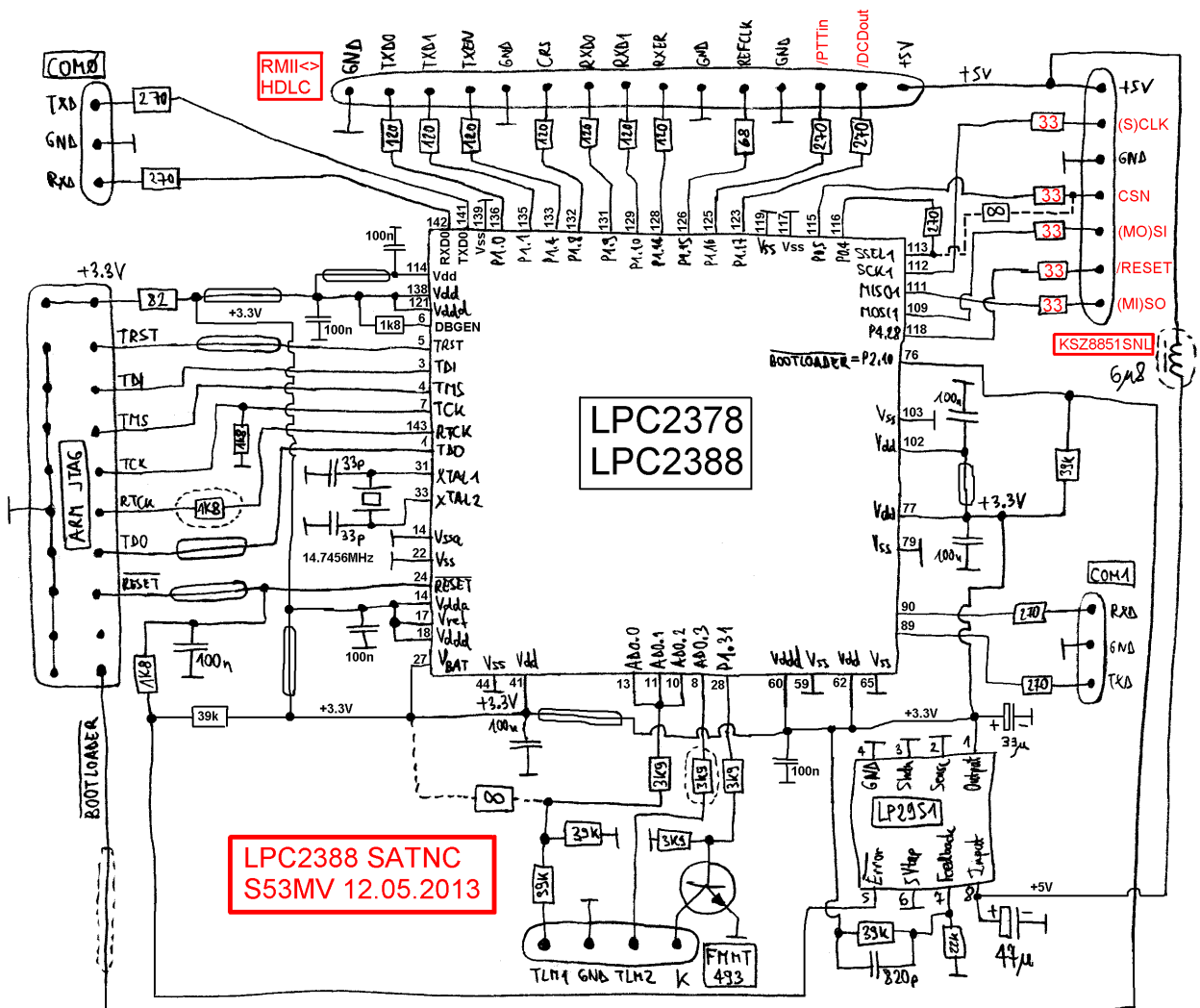
Pozor! Opisani SPI<>Ethernet vmesnik ne vsebuje nobenih zaščitnih gradnikov (omejevalnih diod ipd) razen ločilnega transformatorja. Takšen UTP priključek je primeren samo za notranjo rabo, kratke povezave in brez PoE, sicer lahko prenapetosti poškodujejo KSZ8851SNL v SATNC oziroma DP83848 v EATNC!

3. Mikrokrmilnik za SATNC

Vmesnik SPI je zelo širok pojem. Mikrokrmilniki običjno razpolagajo s štirimi signali: SCK (Serial Clock), MOSI (Master Out Slave In), MISO (Master In Slave Out) in SSEL (Slave Select). Predstavniki družine LPC23xx vsebujejo vsak po dva enaka, neodvisna SSP (Synchronous Serial Port): SSP0 in SSP1.

Vsak SSP je možno programirati kot SPI oziroma druga podobna vodila v način master ali slave. Vsak SSP lahko dela s podatkovni besedami od 4 bitov do 16 bitov. Vsak SSP ima 8-stopenjski FIFO na oddaji in prav tako 8-stopenjski FIFO na sprejemu. Skupaj torej 8x16 bitov vmesnega pomnilnika na oddaji in prav toliko na sprejemu. Prav vmesni pomnilnik je tisto, kar omogoča učinkovit in zmogljivo prenos podatkov med procesorjem ARM in vmesnikom SSP.

KSZ8851SNL deluje vedno kot SPI slave in potrebuje signale CLK, SI, SO, in CSN. Prvi trije natančno ustrezajo tistemu, kar zna SSP1 iz družine LPC23xx. CSN označuje le začetek in konec prenosa, torej ne ustreza SSEL LPC23xx. Ker CSN ne preklaplja prav pogosto, ga procesor ARM povsem učinkovito krmili neposredno preko izhoda P0.5, neodvisno od SSP1. Končno izhod P4.28 poskrbi za zanesljiv RESET KSZ8851SNL ob vklopu napajanja:

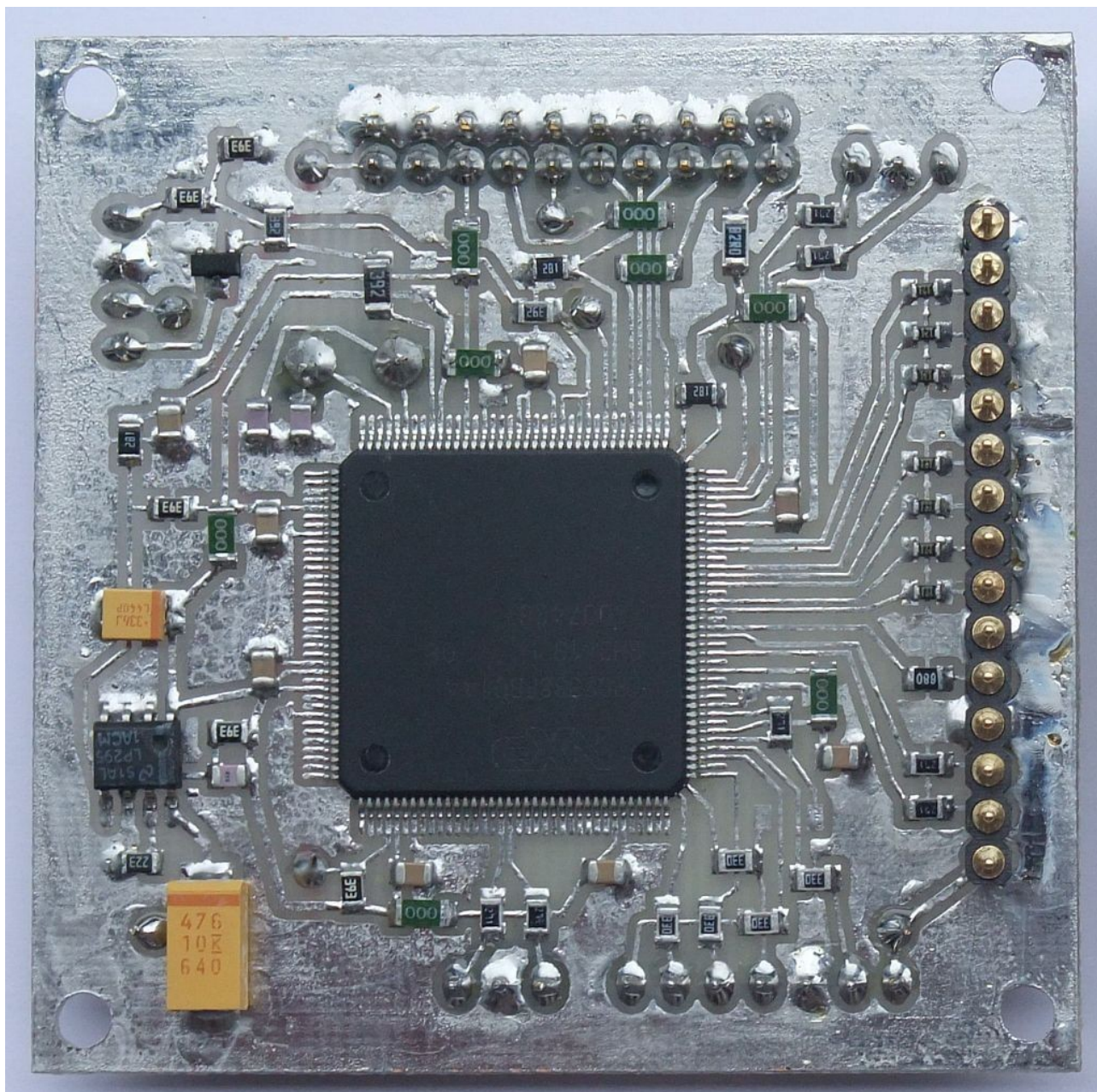


V SATNC lahko uporabimo katerokoli mikrokrmilnik za EATNC

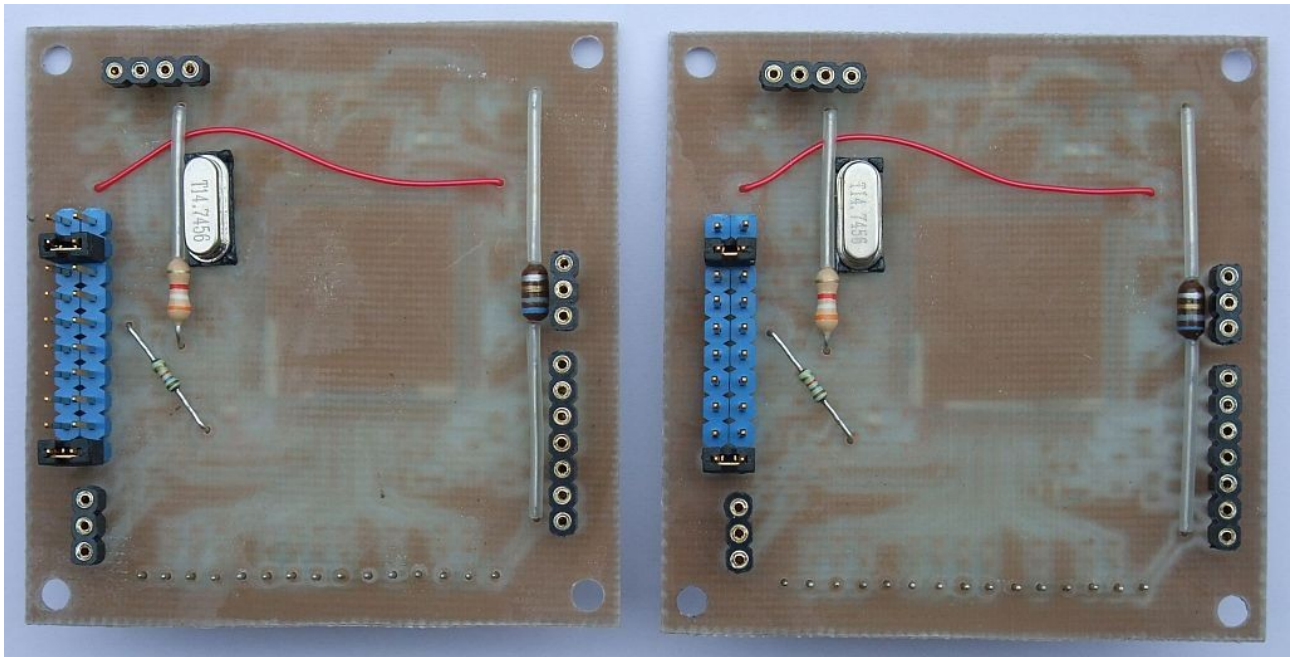
oziroma RATNC: staro inačico LPC2387, novo inačico LPC2387 ali LPC2388. Na gornji sliki je prikazana inačica z LPC2388, prirejena za delovanje v SATNC. SATNC je preverjen tudi s starim LPC2368, a ga ne priporočam, ker ne zmore tako visokih frekvenc ure kot njegovi izboljšani nasledniki.

Vse izvedbe mikrokontrolerov, stari/novi LPC2387 in LPC2388, imajo na vtičnico napeljene SCLK1, MOSI1, MISO1, P0.5 in P4.28. Edina sprememba so nižje vrednosti dušilnih uporov na vseh petih signalih, torej petkrat 33Ω za KSZ8851SNL namesto petkrat 270Ω za bitno sinhronizacijo EATNC. V SATNC ostane SSEL1 povezan na P0.4 preko upora 270Ω , torej neuporabljen.

Spodnja stran tiskanine mikrokontrolerka LPC2388, prirejena za delovanje v SATNC, izgleda takole:



Na gornji strani tiskanine mikrokontrolerka LPC2388 ni opaznih sprememb. Na spodnji sliki sta oba mostička na priključku JTAG v neaktivnem položaju:

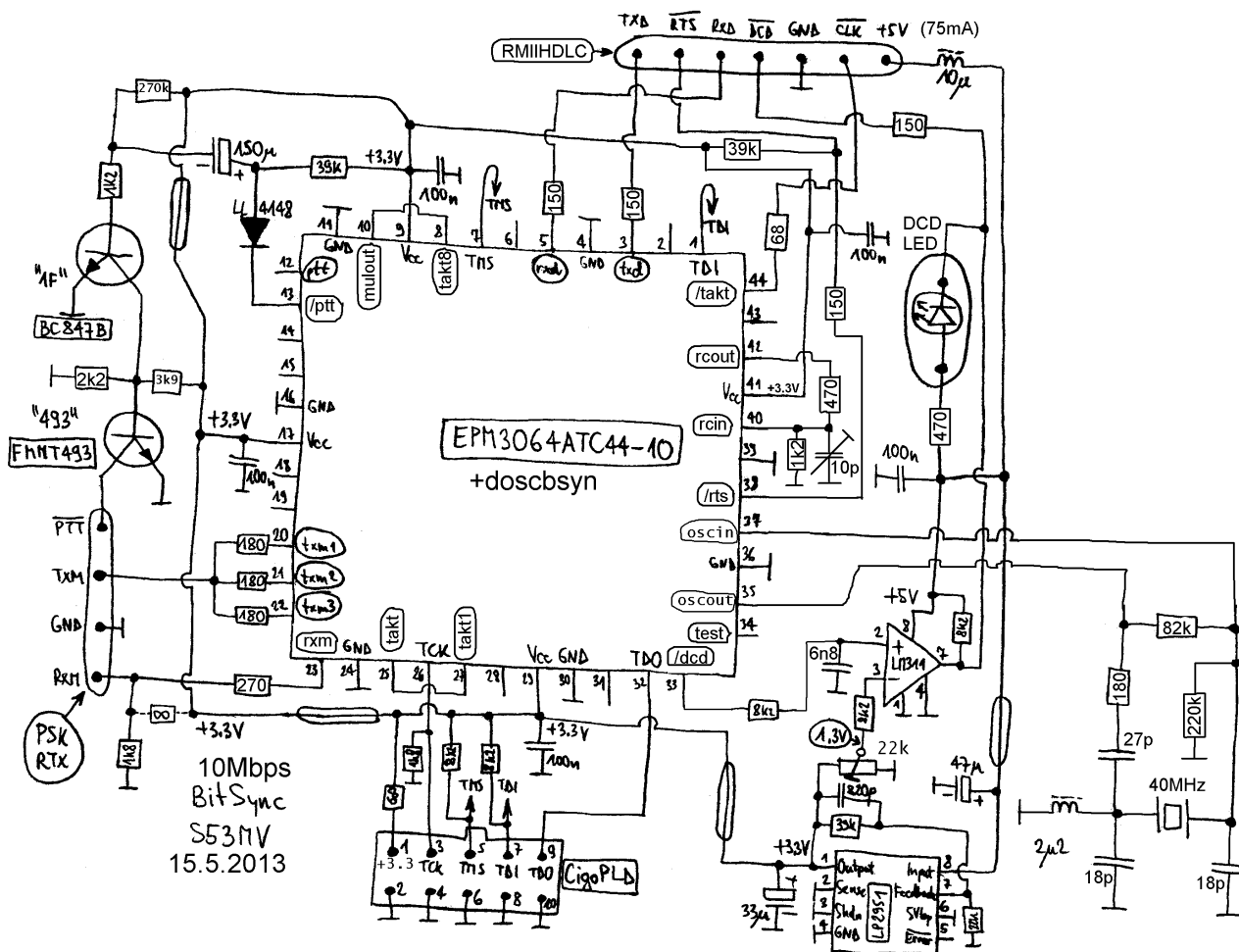


Na priključku JTAG z mostički sicer prikličemo BOOTLOADER (zadnji mostiček 19-20 na vrhu na sliki), resetiramo mikrokontroler (tretji od zgoraj 15-16) oziroma programu SATNC sporočimo, naj uporablja manjši pomnilnik LPC2368 ali LPC2378 (RTCK preko upora $1.8k\Omega$, peti od zgoraj 11-12).

4. Bitna sinhronizacija in skrambler za 10Mbps

V SATNC lahko vgradimo bitno sinhronizacijo in skrambler z EPM3064 kot v RATNC oziroma enakovredno starejšo enoto s TTL vezji družine 74xxx iz AX.25 TNCja za 10Mbps, zasnovanega z MC68HC000 in SAB82532 leta 2001. Obe bitni sinhronizaciji delata s taktom X8 in obe vsebujeta enak (združljiv!) skrambler K9NG/G3RUH. Takt X8 zahteva kristalni oscilator za 80MHz za delovanje pri 10Mbps.

Kristalni oscilator za 80MHz v kovinskem ohišju DIL z napajanjem +5V sicer ni najšodnejši gradnik, a ga danes z malo sreče še vedno lahko kupimo. Večina nas ima zaloge takšnih oscilatorjev iz razdiranja starih 386 PC računalnikov pred dvema desetletjema. Če oscilatorja za 80MHz ne moremo dobiti, lahko v EPM3064 sprogramiramo izpopolnjeno vezje "doscsyn", ki vsebuje oscilator za overtonski kristal 40MHz in njegovo frekvenco podvoji na 80MHz:

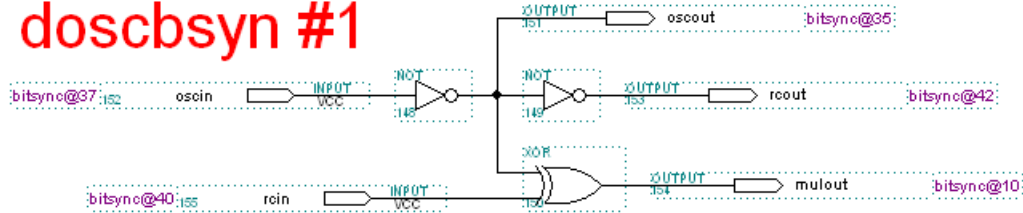


Dodatno vezje "doscsyn #1" v EPM3064 vsebuje kristalni oscilator in podvojevalnik frekvence. Kristalni oscilator je preprost inverter med "oscin" in "oscout". Zunanje RLC vezje poskrbi za delovno točko inverterja kot ojačevalnika in vsiljuje nihanje kristala na tretjem overtonu.

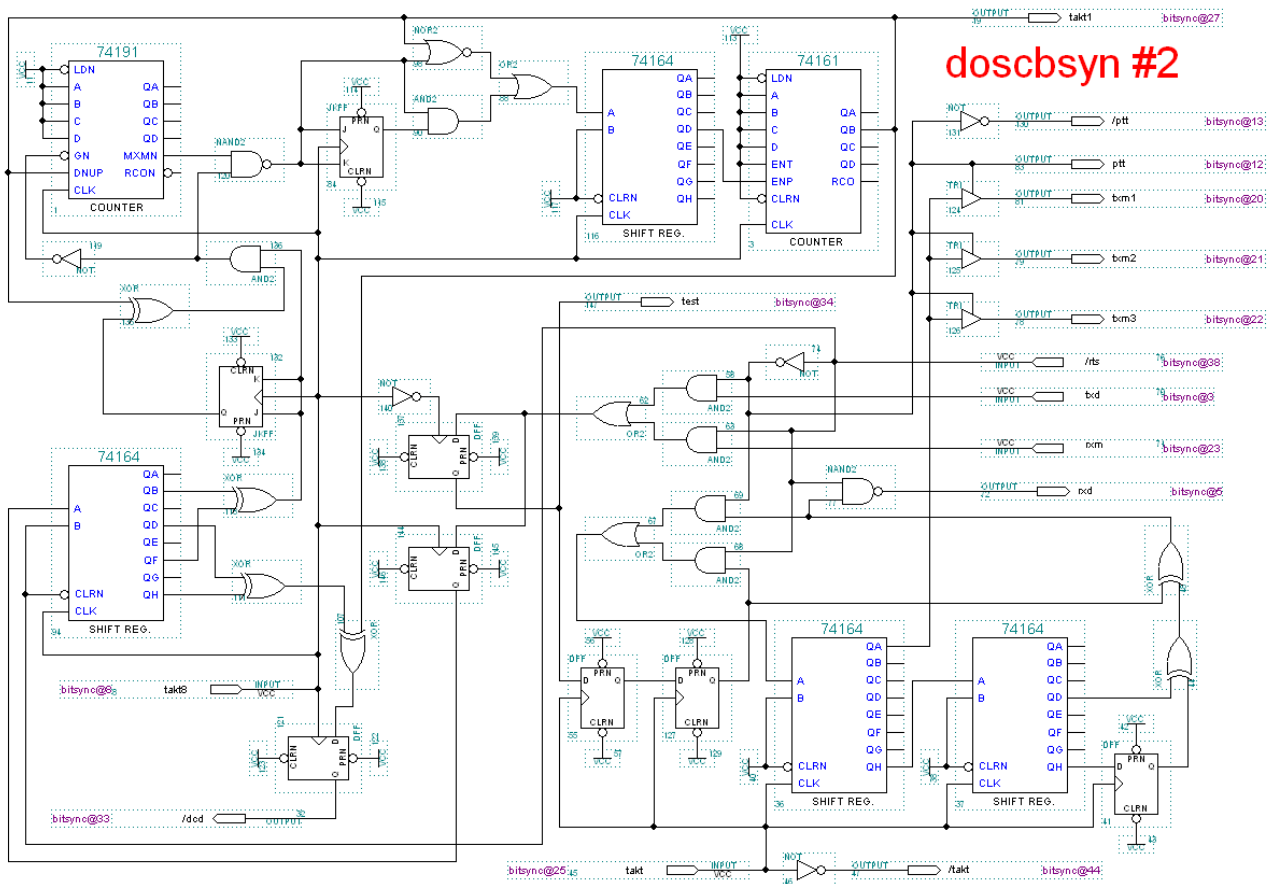
Podvojevalnik frekvence so EXOR vrata z izhodom "mulout". Signal 40MHz pripeljemo na en vhod EXOR neposredno, na drugi vhod "rcin" pa zakasnjjen "rcout" z zunanjim RC vezjem (kapacitivni

trimer 10pF):

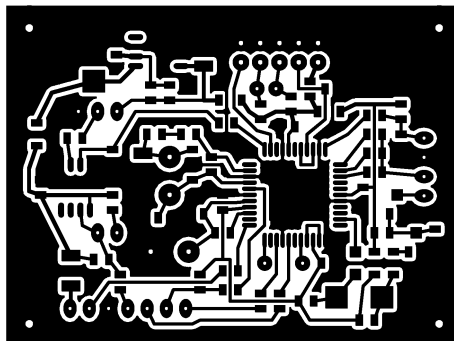
doscbsyn #1



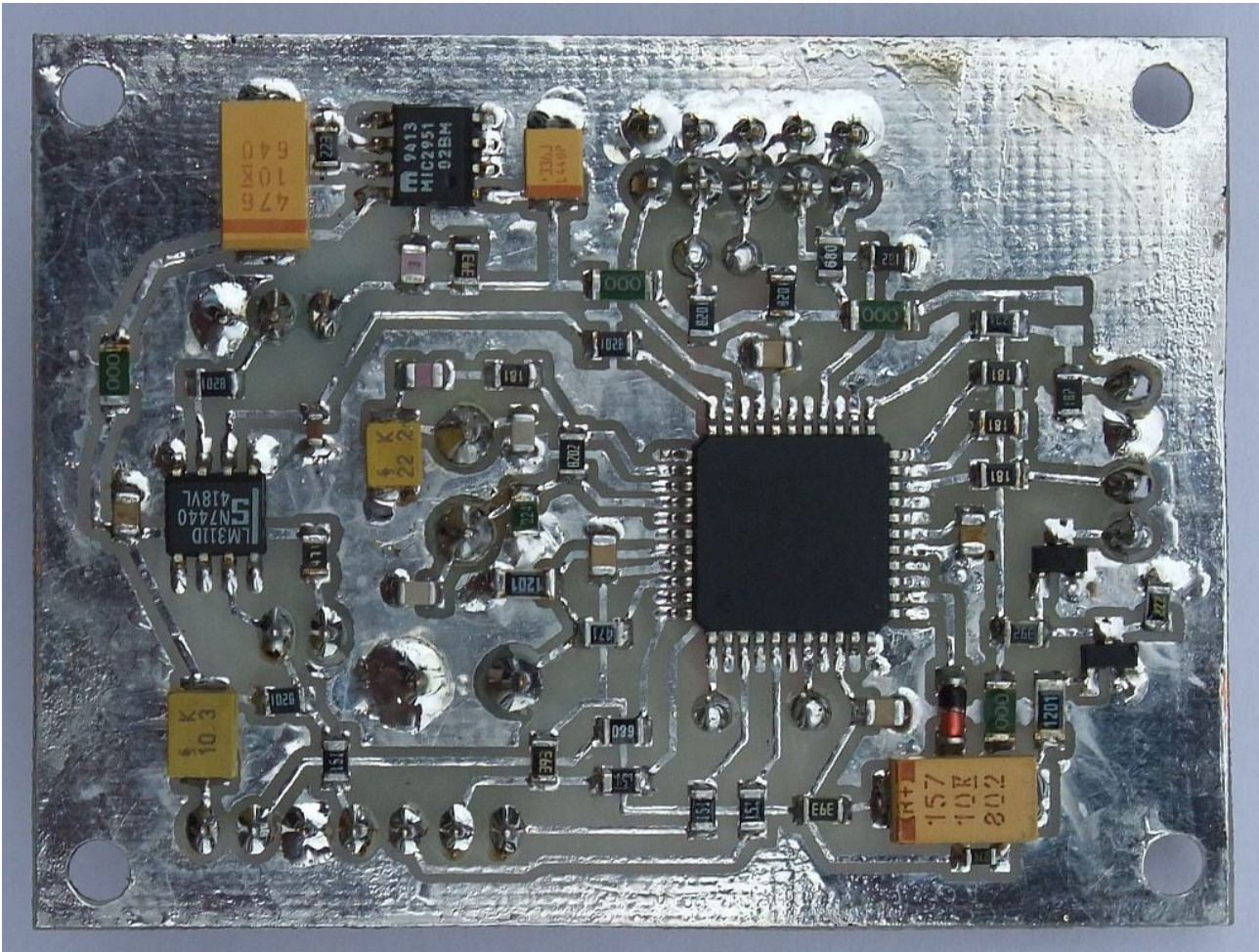
Preostalo vezje "doscbsyn #2" v EPM3064 je popolnoma enako programu "bitsync" v bitni sinhronizaciji RATNC z zunanjim oscilatorjem za 80MHz:



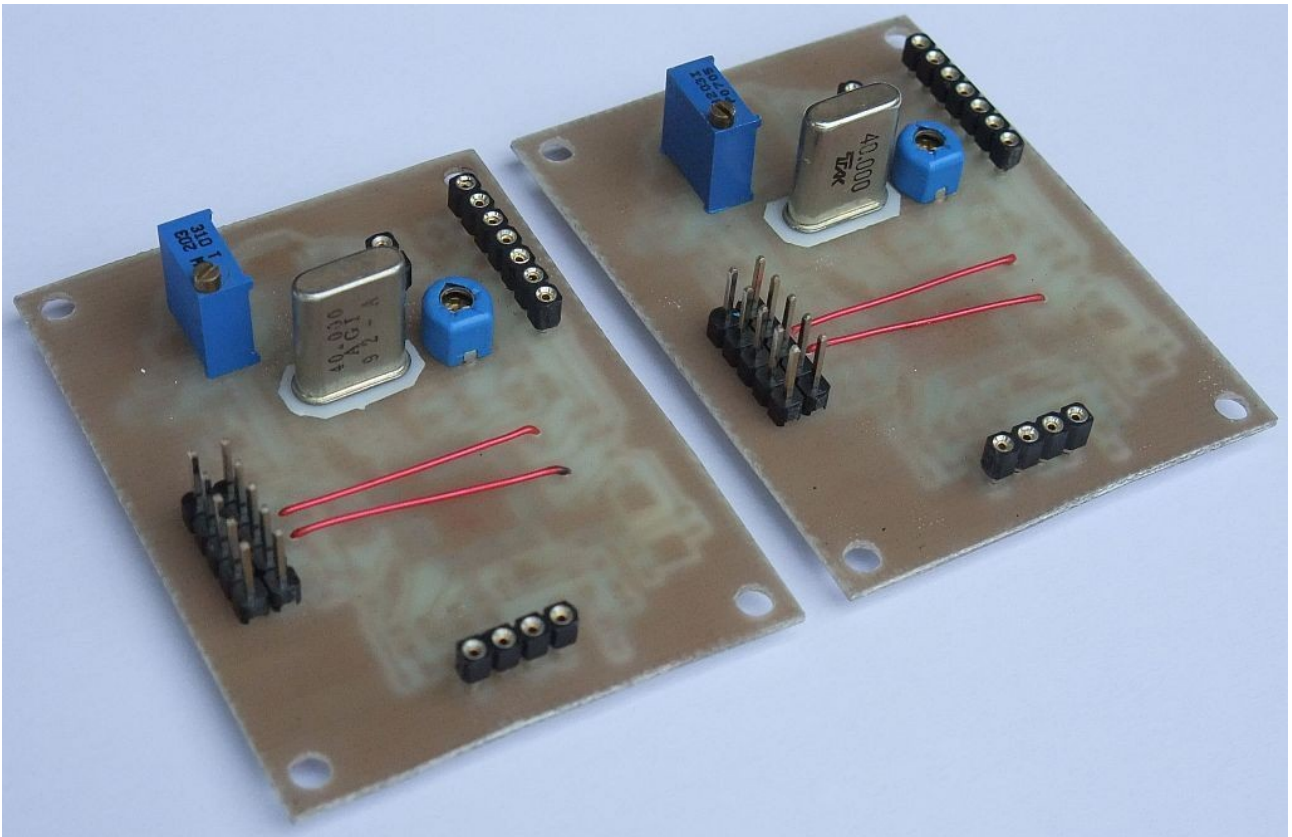
Tudi nova 10Mbps bitna sinhronizacija s kristalom za 40MHz je izdelana na tiskanem z enakimi izmerami 45mmX60mm in enakim razporedom zunanjih priključkov:



večina gradnikov je SMD na spodnji strani tiskanine:



Na gornji strani tiskanine so le štiri konektorji (RTX, RMII\leftrightarrowHDLC, CIGOPLD in DCD-LED), dva žična mostička, overtonski kristal za 40MHz, kapacitivni trimmer za podvojevalnik frekvence in uporovni trimmer za DCD:



Podvojevalnik frekvence zahteva skrbno načrtovanje vezja in nastavitve kapacitivnega trimerja, sicer bo 80MHz signal tako popačen, da bo bitna sinhronizacija bistveno slabša od prvotne in sicer z zunanjim kristalnim oscilatorjem za 80MHz! Težave podvojevalnika povzročajo preklopni prag vhodov EPM3064, ki je približno 1.25V pri napajanju 3.3V, torej hudo nesimetričen.

Pri gradnji moramo najprej preveriti delovanje oscilatorja za 40MHz. Izhodni signal mora biti simetričen, torej mora biti enosmerna komponenta na izhodih "oscout" (nogica 35, takt 40MHz) in "rcout" (nogica 42, invertirani takt 40MHz) čim bolj enaka. Simetrijo oscilatorja sicer popravlja upor 220k Ω iz vhoda "oscin" (nogica 37) na maso.

Ko oscilator za 40MHz dela zanesljivo in proizvaja simetričen signal, lahko nastavimo trimer v podvojevalniku. Kapacitivni trimer nastavljamo z opazovanjem enosmerne komponente na izhodu EXOR "mulout" (nogica 10). Enosmerna komponenta naj bi bila čim bližje polovici napajanja EPM3064. Poskusi so pokazali, da lahko namesto kapacitivnega trimerja vgradimo tudi fiksni kondenzator.

Simetrijo podvojevalnika nastavlja upor 1.2k Ω iz "rcin" (nogica 40) na maso. S hitrim osciloskopom in primerno sondo na "mulout" (10) preverimo, da se sode in lihe periode 80MHz med sabo ne razlikujejo za več kot 10%.

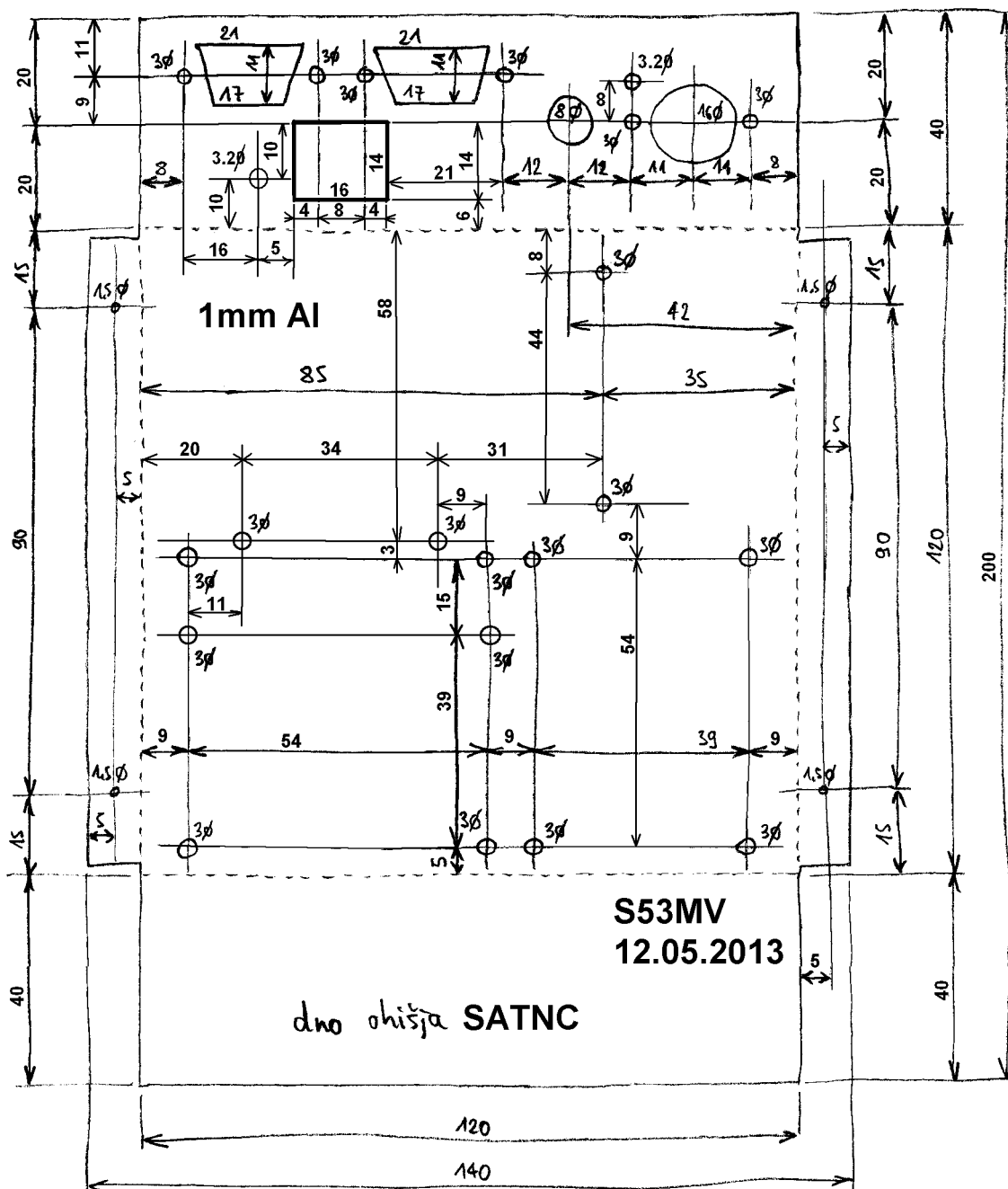
Tudi program "doscbsyn" za EPM3064 vsebuje samo eno res dobro vezje za DCD (nogica 33). Izhod "test" (nogica 34) je predviden za preizkušanje delovanja bitne sinhronizacije z dovolj hitrim osciloskopom za 10Mbps.

5. Izdelava SATNC

Za SATNC je treba izdelati naslednje enote:

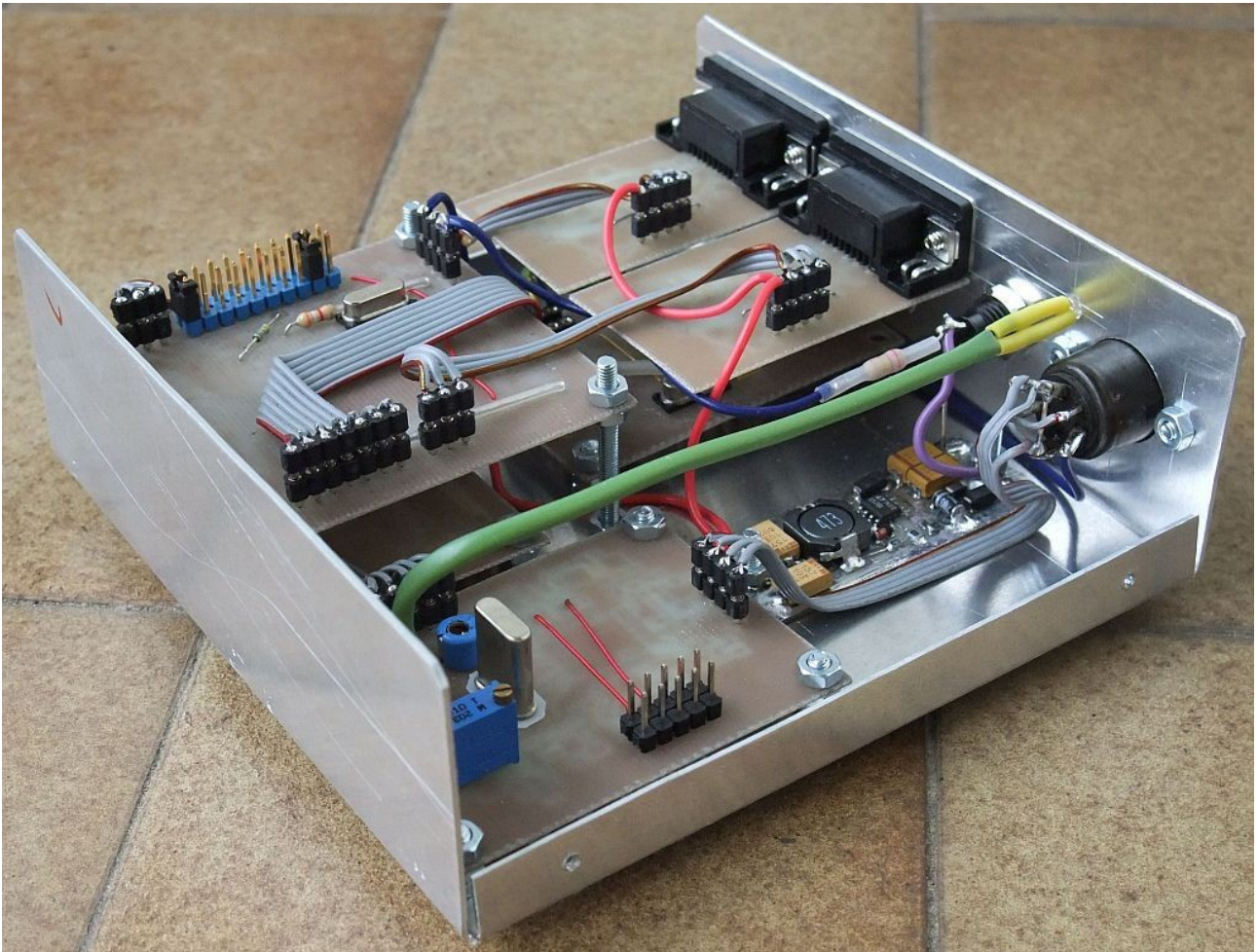
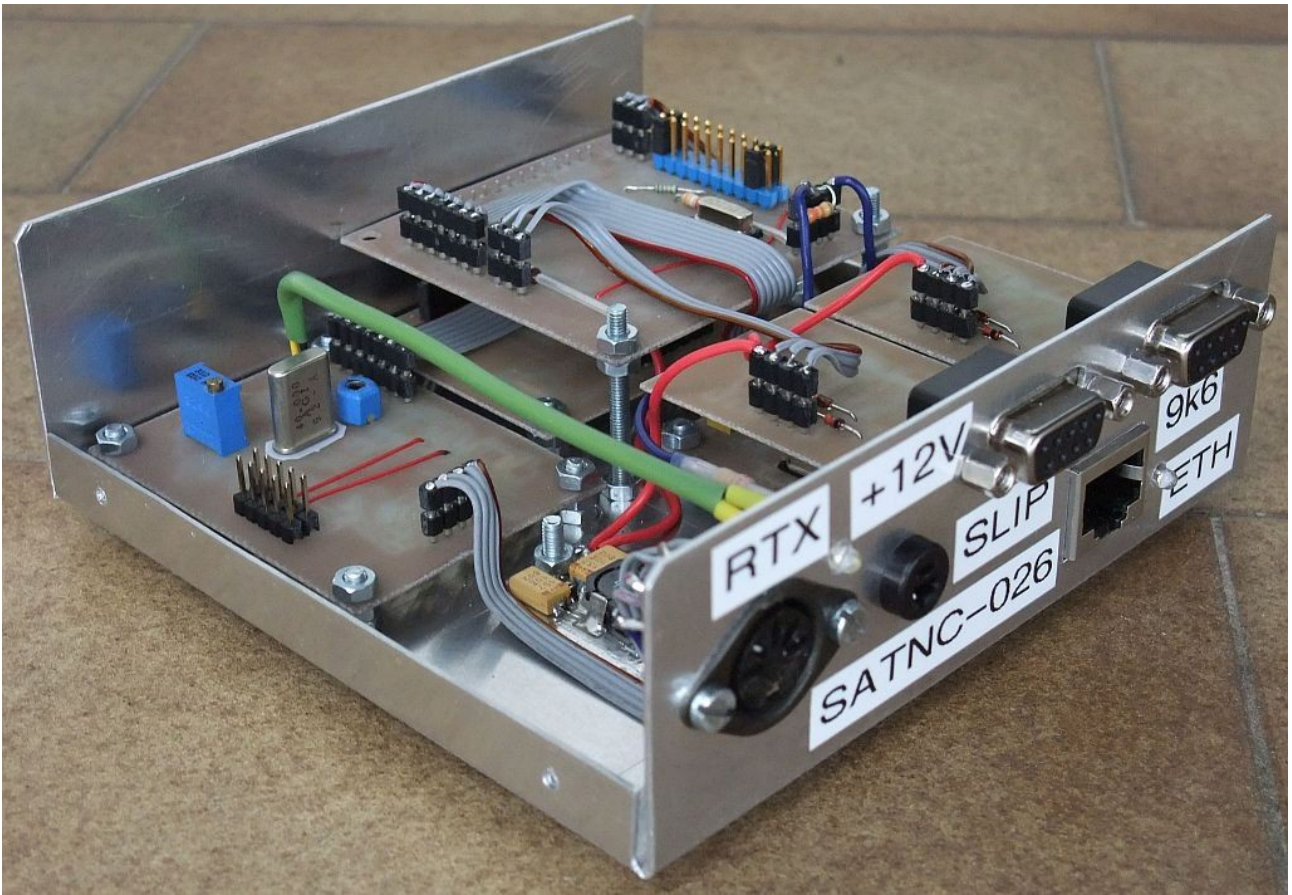
- 1) eno bitno sinhronizacijo in skrambler in sicer eno od dveh enakovrednih inačic, s kristalom za 40MHz ali z oscilatorjem za 80MHz,
- 2) en RMI<>HDLC pretvornik z EPM3032,
- 3) eno od treh enakovrednih inačic mikrokrmilnika z dušilnimi upori 33 Ω na SPI1: stari LPC2387, novi LPC2387 ali LPC2388,
- 4) en SPI<>Ethernet vmesnik s KSZ8851SNL,
- 5) dva krmilnika RS-232, povsem enaka tistim iz ATNC, EATNC, MATNC ali RATNC in
- 6) en napajalnik za 5V, priporočam stikalno inačico z MC33063 ali LT1578, da se SATNC manj segreva.

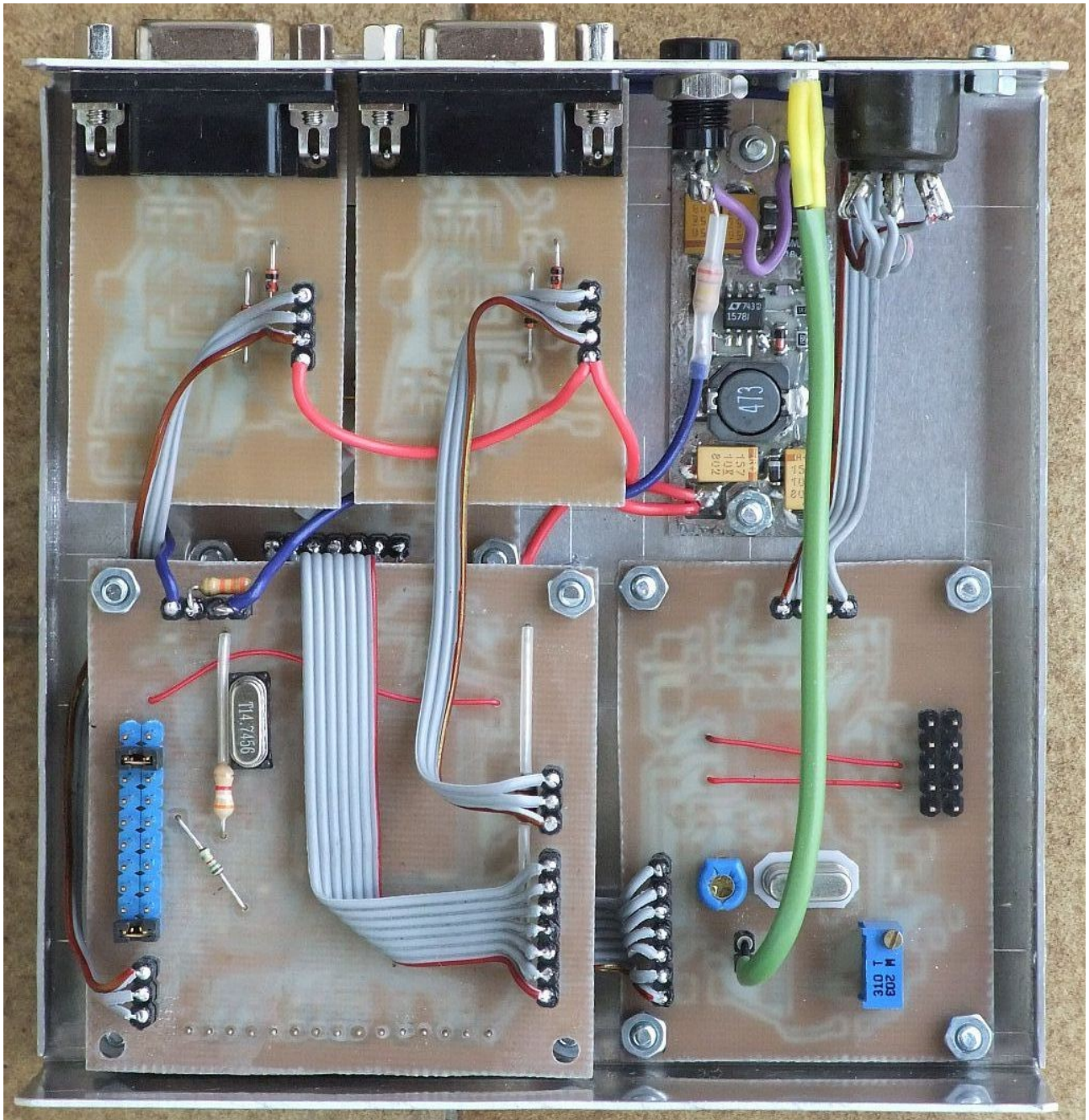
V primerjavi z RATNC ima SATNC dodan vmesnik SPI<>Ethernet s KSZ8851SNL, vse ostale enote so enake. Z malo truda se da SATNC vgraditi v ohišje z enakimi zunanji izmerami kot RATNC. Dno ohišja SATNC je izdelano iz aluminijeve pločevine debeline 1mm:



Napajalnik je pravit naravnost na dno ohišja. Vtičnici DB-9 nosita pripadajoča RS-232 krmilnika. Vmesnik SPI<>Ethernet nosi na enem koncu vtičnica RJ-45, na drugem pa dva vijaka M3 s protimaticami na primerni višini nad dnom. Vmesnik SPI<>Ethernet je skrit pod oba krmilnika RS-232, da je na slikah komaj viden. Preden začnemo z izdelavo ohišja, velja pomeriti višino ločilnega transformatorja in izmere vtičnice RJ-45, da bomo vmesnik sploh lahko zatakneli v omejen prostor.

Bitna sinhronizacija in RMII<>HDLC pretvornik sta pritrjena s po štirimi vijaki M3, kjer po dve matici M3 določata oddaljenost od dna ohišja. Končno se na RMII<>HDLC pretvornik natakne še tiskano vezje mikrokrmilnika in pritrži z dvema daljšima (30mm) vijakoma M3 in protimaticami na primerno višino nad dnom:

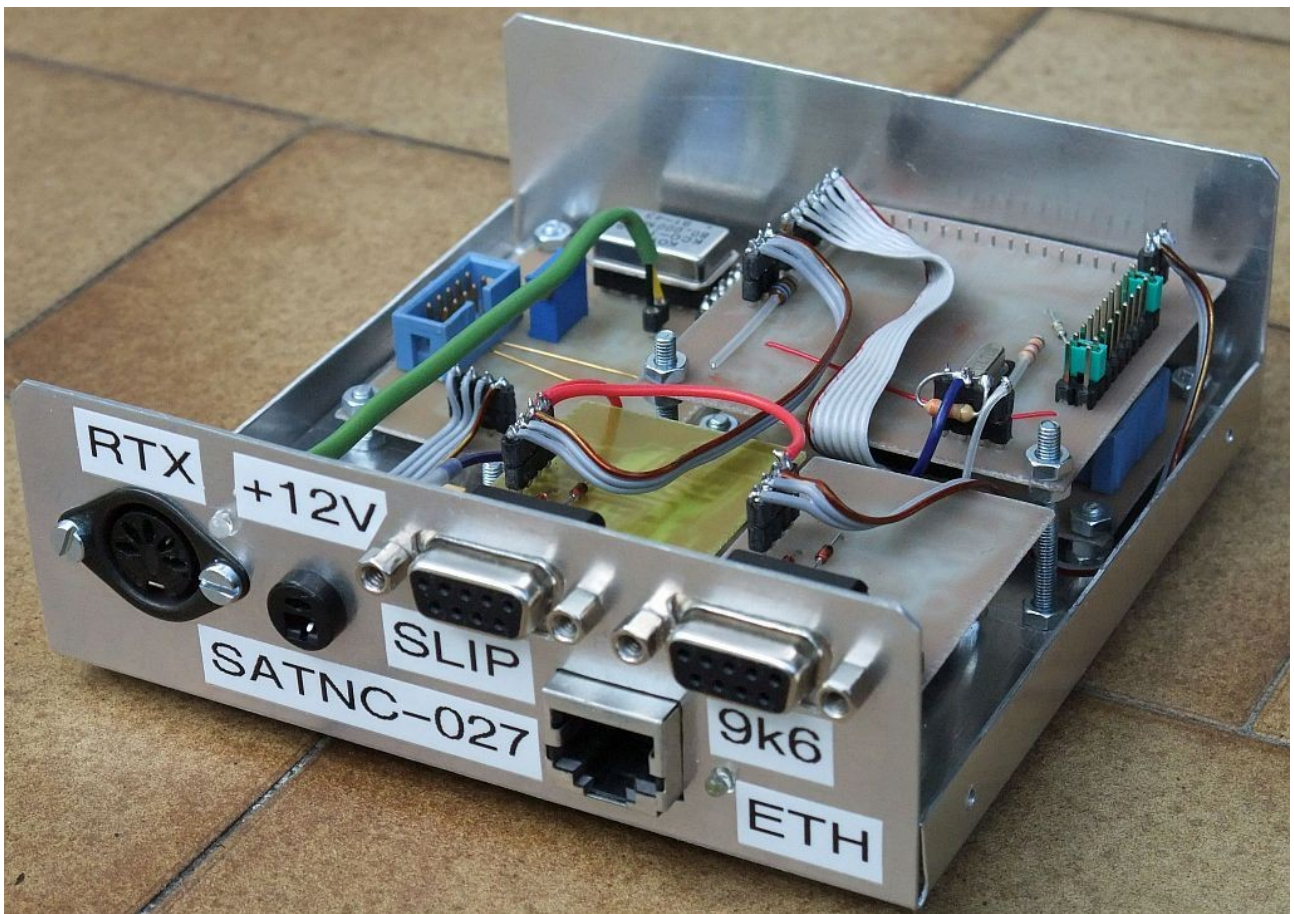


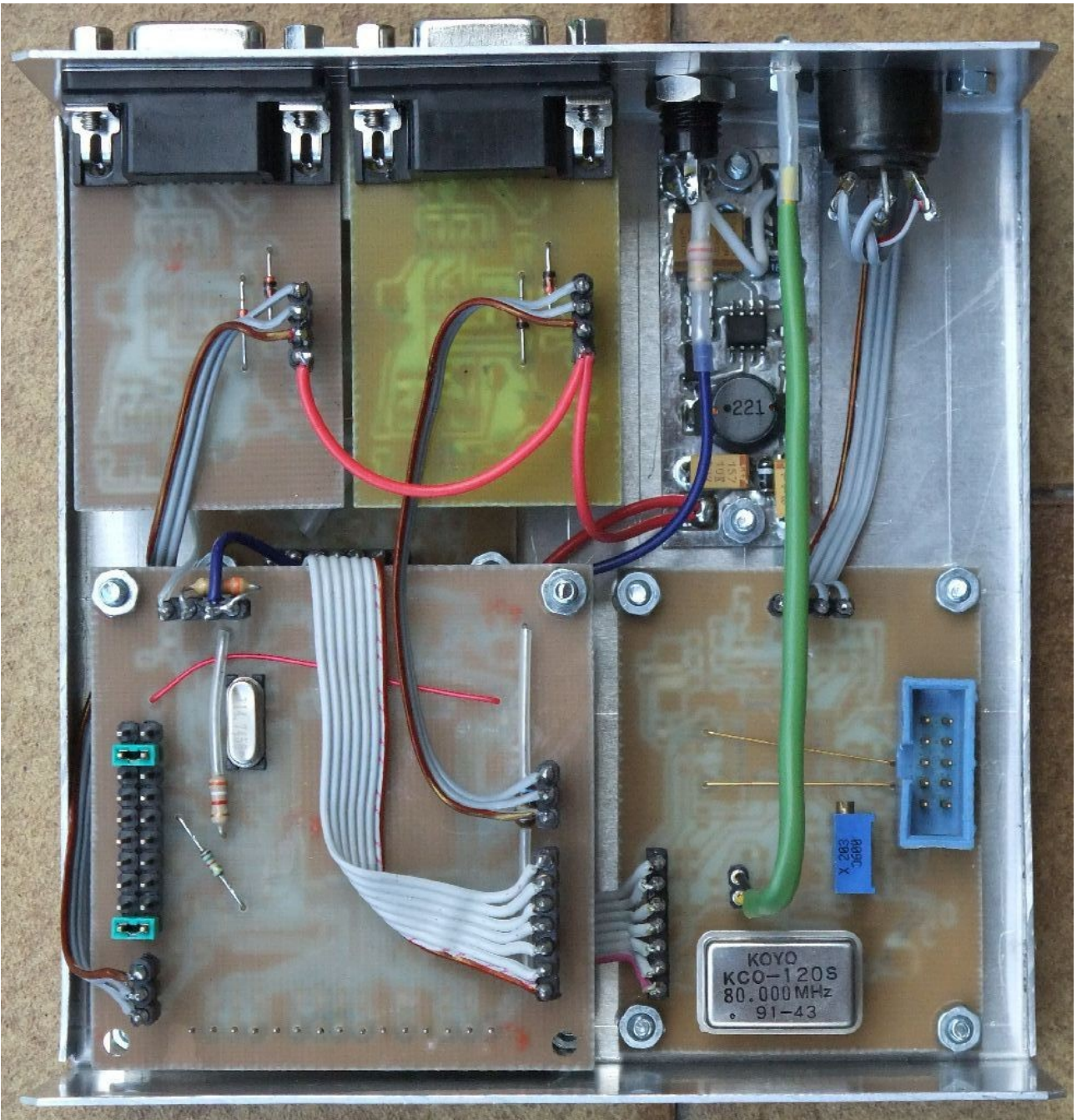


Pokrov je izdelan iz aluminijeve pločevine debeline 0.6mm in sega spredaj in zadaj 7mm preko robov dna ohišja. KSZ8851SNL lahko krmili dve svetleči diodi LED0 (LINK/ACT) in LED1 (100Mbps). Na prednjo ploščo je poleg DCD-LED vgrajena samo LED0 (LINK/ACT) ter vseh pet vtičnice: radijska postaja, napajanje, ETH in dve RS-232:



V SATNC lahko vgradimo tudi bitno sinhronizacijo s kristalnim oscilatorjem za 80MHz:



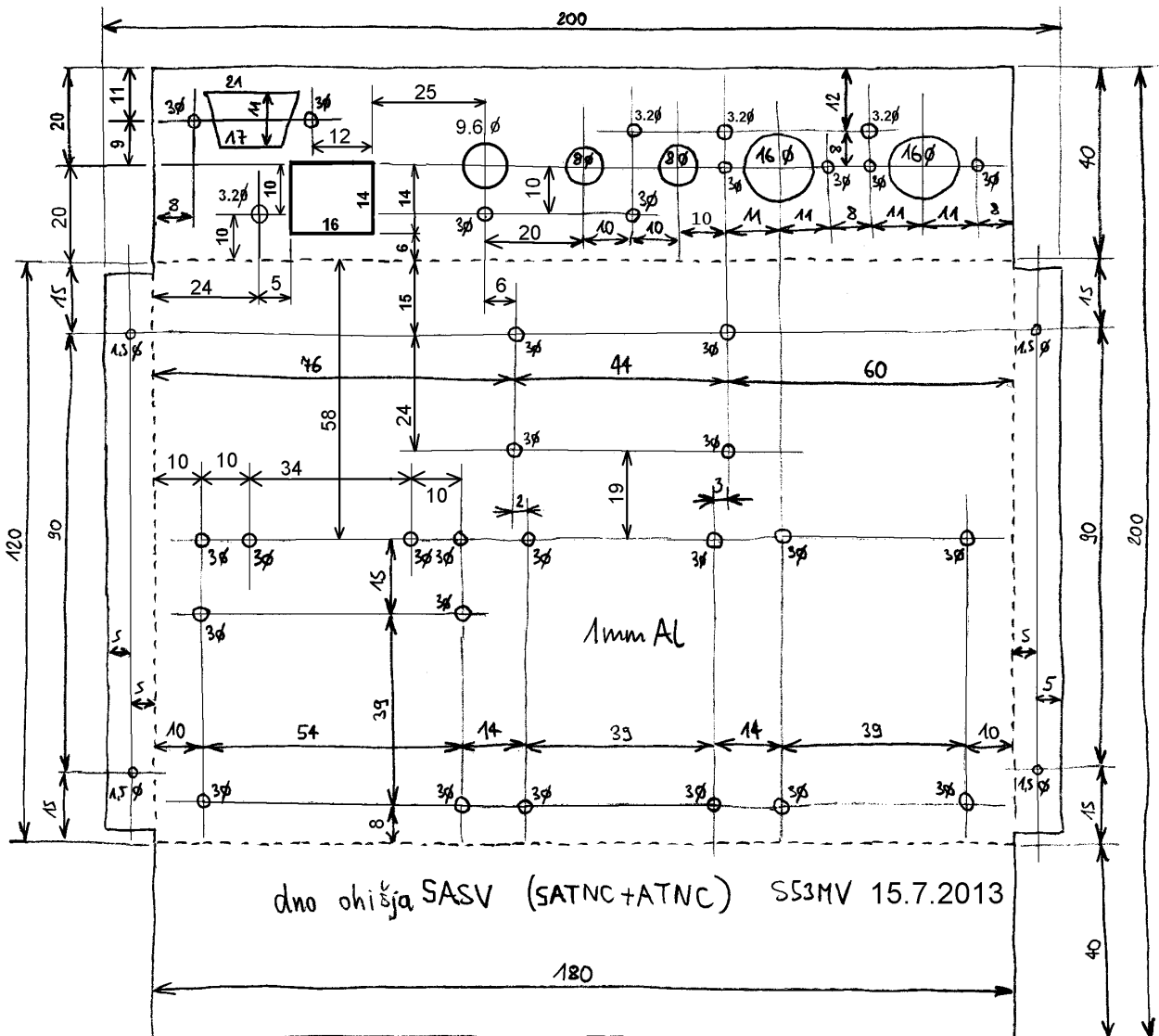


6. SATNC v vozlišču ASV

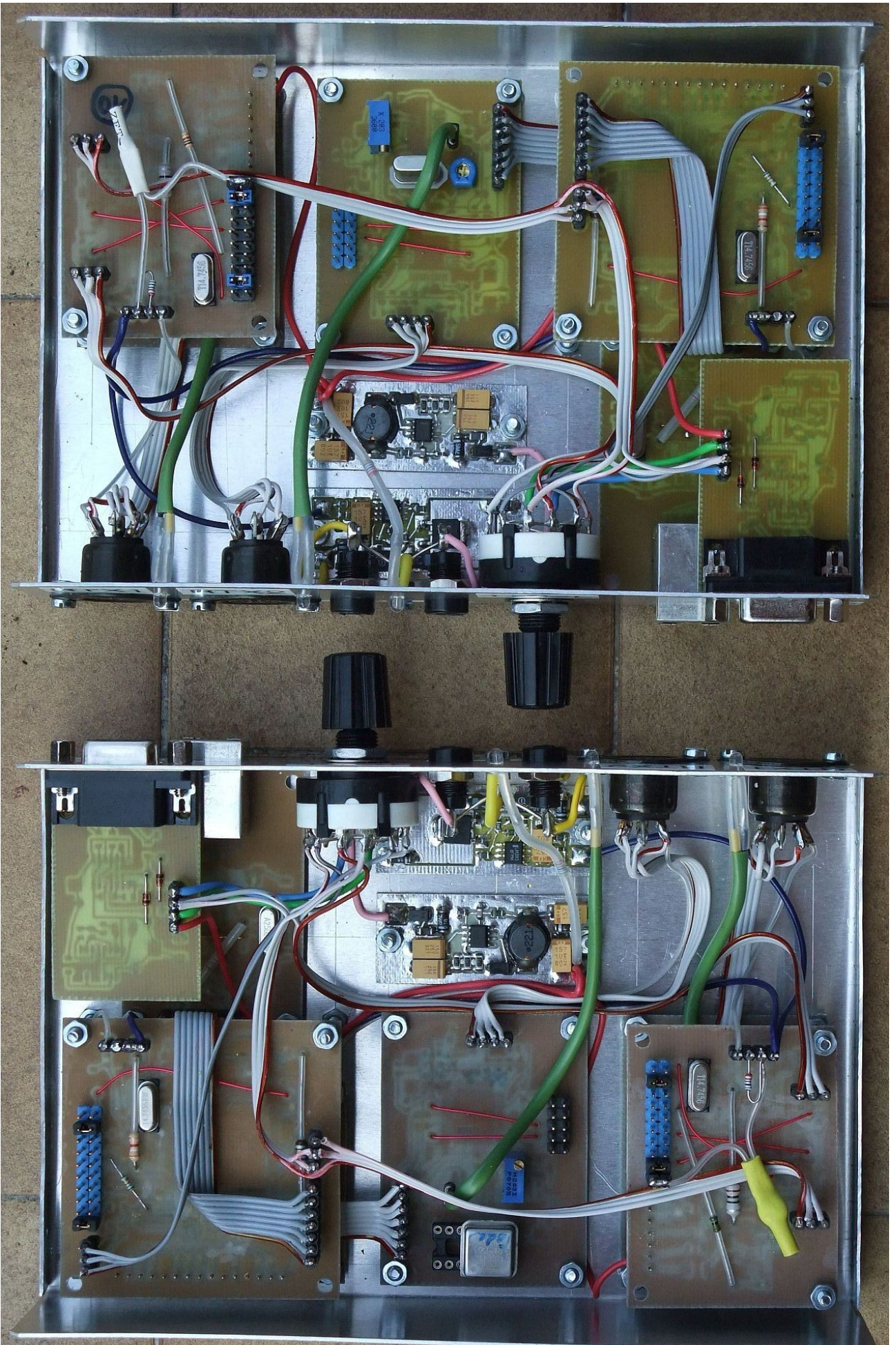
SATNC se lahko poveže v lokalno zanko RS-232 vozliča ASV z ATNCji, EATNCji, MATNCji, RATNCji in drugimi SATNCji. Edina omejitev je hitrost RS-232, ki lahko doseže le 3.7Mbps (ura 59MHz) oziroma z navijanjem ure na 73MHz do 4.6Mbps ali na 88MHz do 5.5Mbps. Takšne hitrosti sicer zadoščajo za ATNC, EATNC ali MATNC, so pa ozko grlo za zmogljivost RATNC ali SATNC.

Kot zelo uporabna kombinacija se je izkazala vgradnja SATNC in ATNC v eno ohišje skupaj z vezjem za daljinski RESET. Takšna kombinacija SATNC+ATNC je uporabna na prehodih v internet, kot samostojno malo vozlišče in ne navsezadnje tudi za doma. Pri tem SATNC omogoča hitro zvezo 10Mbps na 2.3GHz ali 3.4GHz. ATNC je rezerva 1.2288Mbps v pasu 430MHz.

Dno ohišja kombinacije SATNC+ATNC z vezjem za daljinski RESET je izdelano iz aluminijeve pločevine debeline 1mm:



Tudi v ASV lahko za 10Mbps uporabimo bitno sinhronizacijo s kristalom za 40MHz oziroma z oscilatorjem za 80MHz:



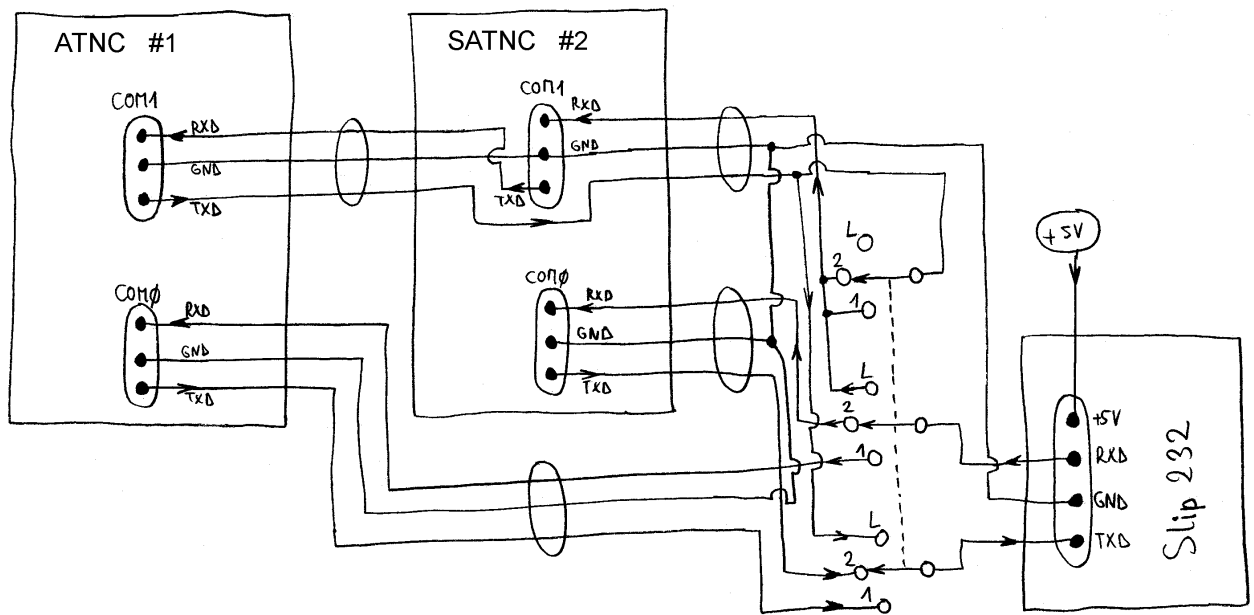
Pokrov je izdelan iz aluminijeve pločevine debeline 0.6mm in sega spredaj in zadaj 7mm preko robov dna ohišja:



Na prednjo ploščo so vgrajene štiri svetleče diode (dve DCD, RESET napajanja in LINK/ACT), šest vtičnic (dve radijski postaji, vhod/izhod napajanja +12V, ETH in RS-232) ter preklopnik za izbiro RS-232 (ATNC, SATNC ali zunanja lokalna zanka):



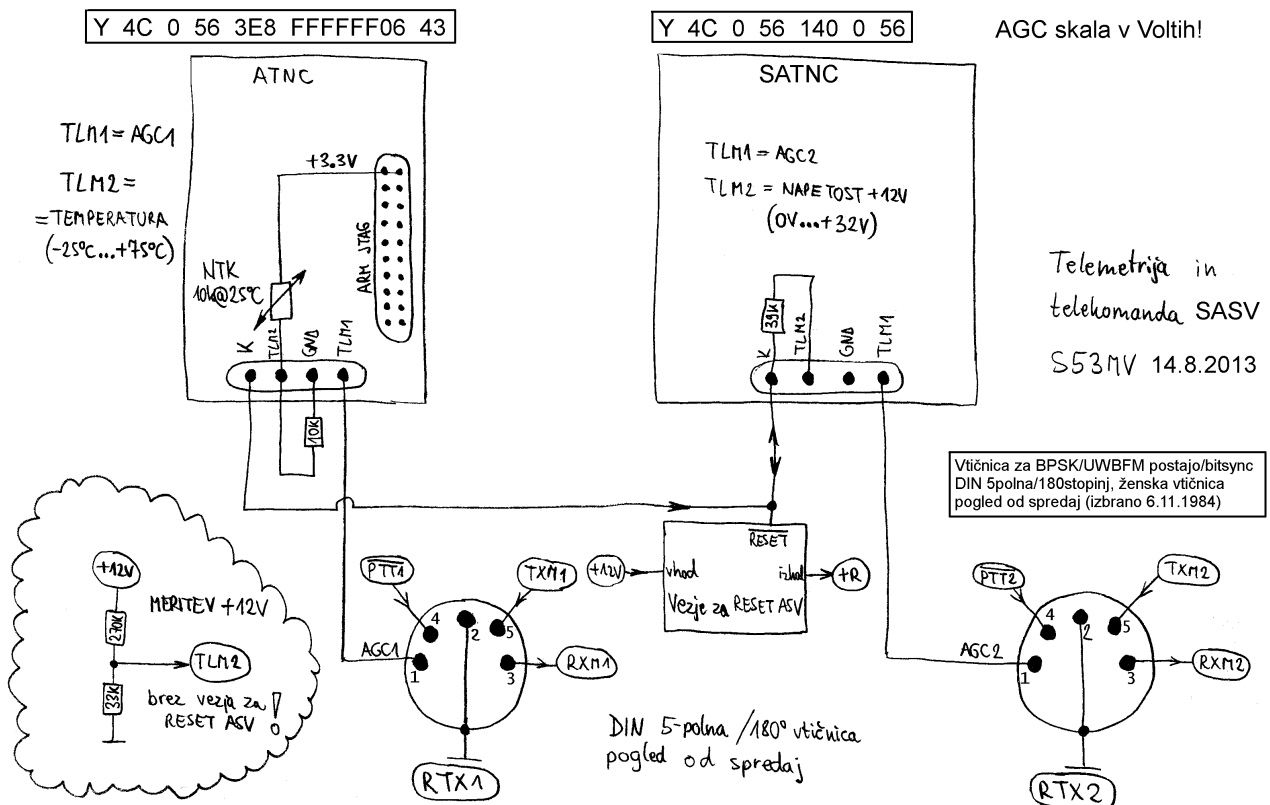
Preklopnik za izbiro RS-232 sklone lokalno zanko v položajih 1 (nadzor ATNC) in 2 (nadzor SATNC). V položaju L se zanka razklene, da lahko vanjo dodamo še zunanje udeležence:



RS-232 preklopnik 3x3 v SASVju

S53MV 14.8.2013

ATNC je vezan za telemetrijo temperature, SATNC pa za telemetrijo napajalne napetosti. Oba ATNC oziroma SATNC lahko prožita daljinski RESET:



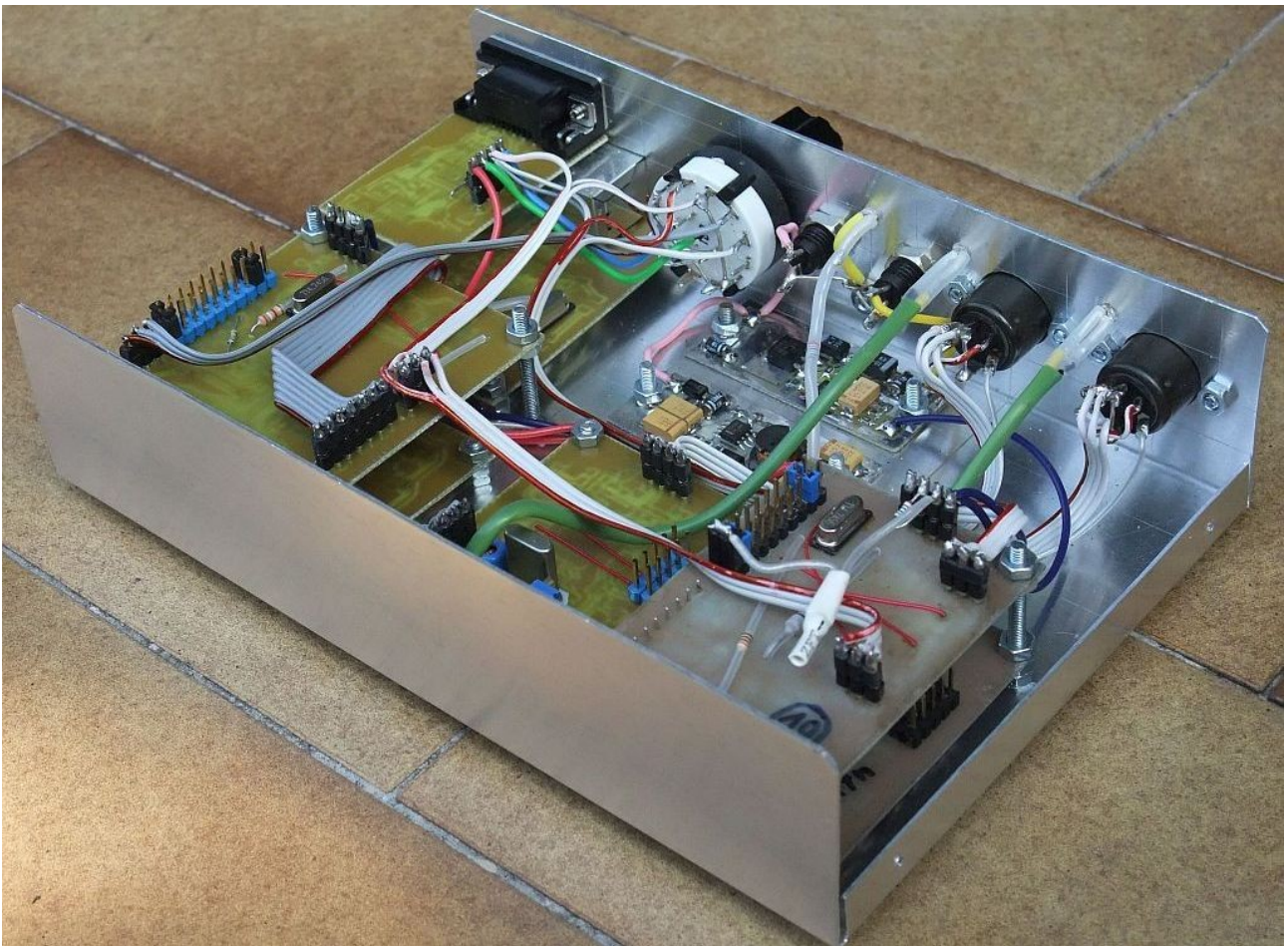
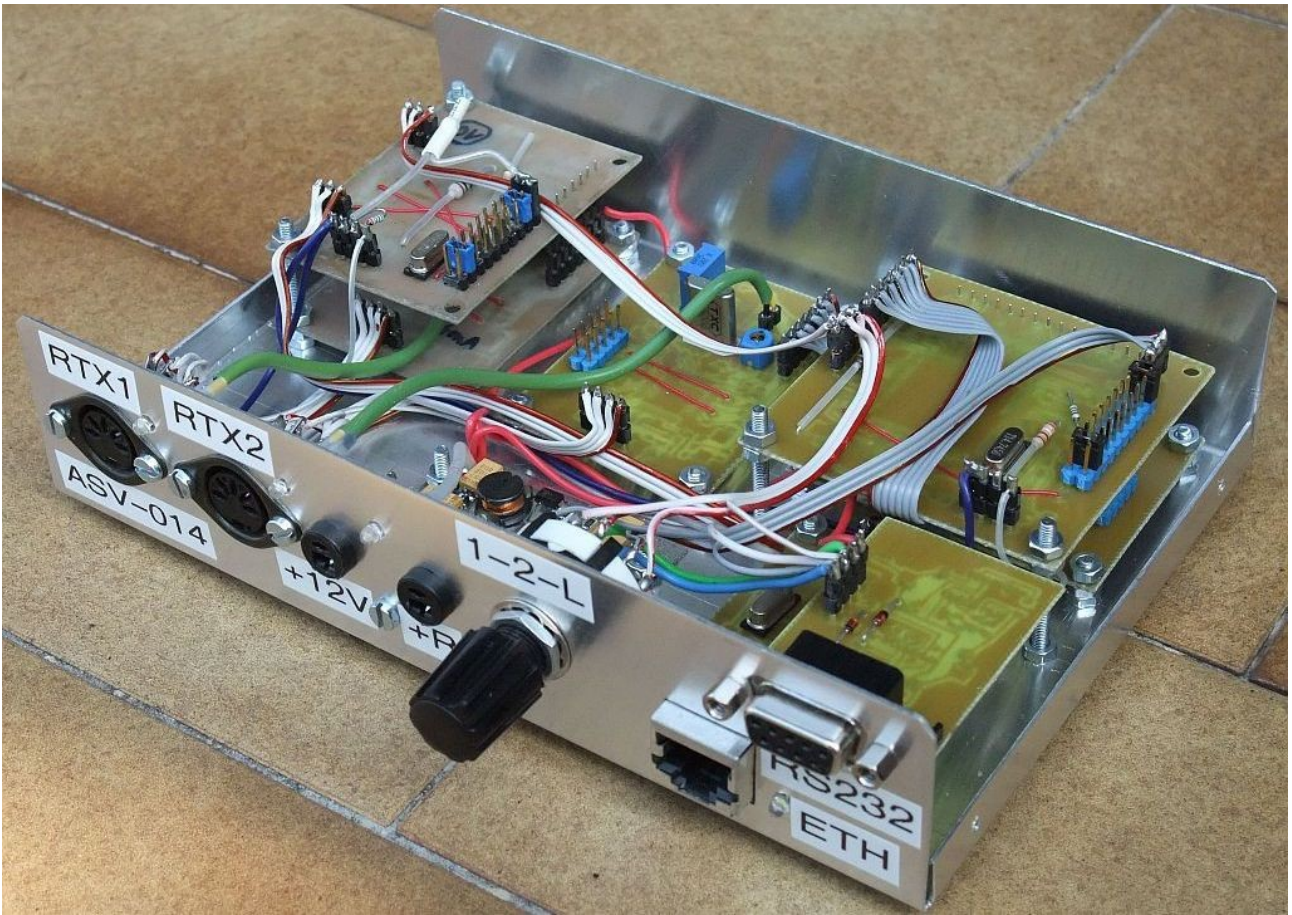
AGC skala v Voltih!

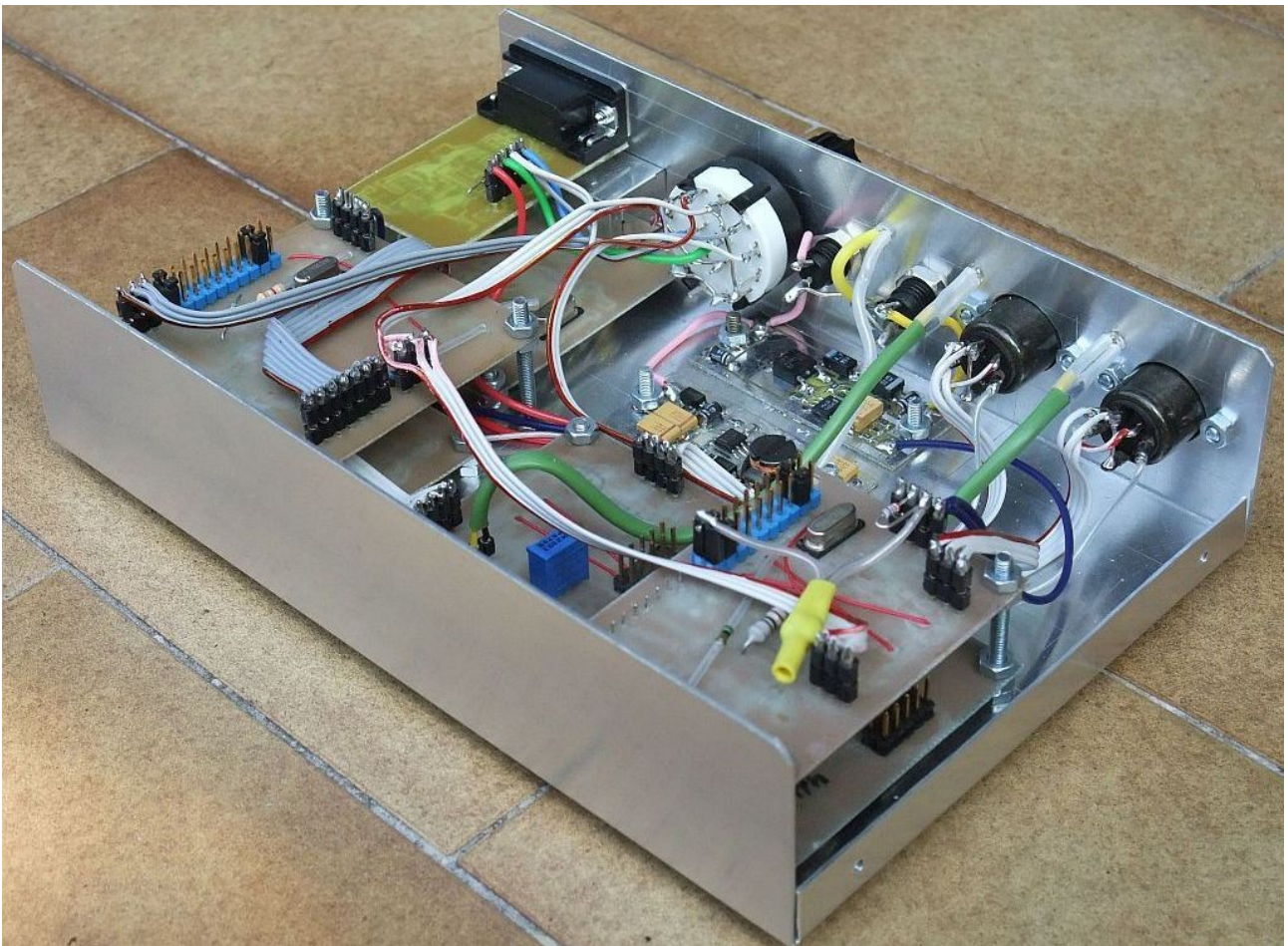
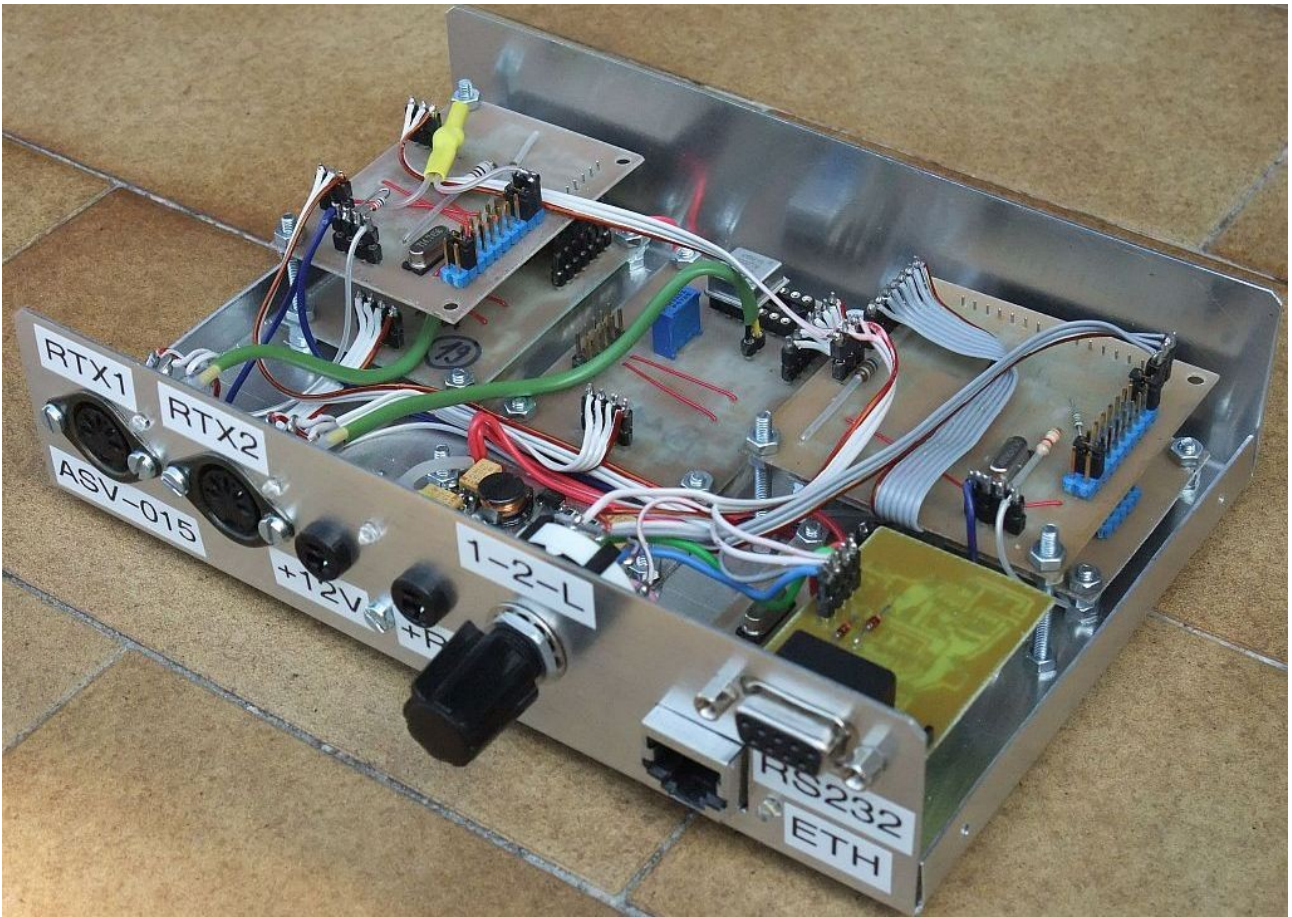
Telemetrija in telekomanda SASV

S53MV 14.8.2013

Vtičnica za BPSK/UWBFM postajo/bitsync
DIN 5polna/180stopinj, ženska vtičnica
pogled od spredaj (izbrano 6.11.1984)

DIN 5-polna /180° vtičnica
pogled od spredaj





7. Dosežki SATNC

Uporabniški vmesnik oziroma ukazi SATNC (inačica programa "s21") so zasnovani tako, da bi bil SATNC čimbolj podoben svojemu predhodniku EATNC. Povsem jasno, vsi časovni parametri SATNC, izraženi v mikrosekundah, so pri 10Mbps za en velikostni razred krajši kot pri EATNC:

```
V
*** SATNC - S53MV 21.05.2013 ID=1800FF35:00008872 ***
A 2
B 5529600
C 2
D 0.0.0.0 0.0.0.0 255.255.255.255
E 0 00-23-88-33-33-33
G 0.0.0.0 0.0.0.0 660 3
H 0
I SATNC2
J: preizkus satnc#3
K 0
L SATNC3
M SATNC3
N *
O 0
P 22 1500 15
Q 14745600 6 88473600
S 50 50 10
T 10000 0
U 0
W 33333
X 0
Y 0000004C 00000000 00000056 00000140 00000000 00000056
Z 0
*** RAM(RTCK)=1 /Bootloader(P2.10)=1 CLK=88473600Hz ***
```

NASTAVITVE SATNC

SATNC ob vklopu prečita dve heksadecimalni ID številici: 32-bitni ID mikrokrmilnika in 16-bitni ID SPI<>Ethernet. 1800FF35 označuje LPC2388. 887x označuje KSZ8851SNL, kjer je x inačica čipa. Če SATNC ob vklopu ne najde veljavnega podpisa KSZ8851SNL, izključi vsakršno nadaljnje delo s SPI<>Ethernet in se obnaša kot RATNC.

Podatkovni list KSZ8851SNL predpisuje delovanje SPI v načinu CPOL=0,CPHA=0 (Clock POLarity, Clock PHase) in priporoča 8-bitni SPI prenos. Poskusi so pokazali, da pride v tem načinu KSZ8851SNL SPI kvečjemu do 30Mbps in še to samo s kratkim povezovalnim kablčkom. Ozko grlo je v zakasnitvi izhoda SO. Čudežno dela KSZ8851SNL dosti boljše v načinu CPOL=0,CPHA=1 in pride do 36Mbps tudi s pol metra ploščatega kabla do LPC23xx. Žal pri 44Mbps ne dela več.

Da dela KSZ8851SNL pri vseh možnih urah mikrokrmilnika, je v programski opremi "s21" hitrost SPI nastavljena na eno četrtno ure mikrokrmilnika. To se pravi 15Mbps pri uri 59MHz oziroma 22Mbps pri uri 88MHz. Pri taki nastavitvi deluje predpisani CPOL=0,CPHA=0 tudi s pol metra ploščatega kabla.

SPI1 LPC23xx deluje večinoma v 16-bitnem načinu, saj so vsi

dostopi do notranjih registrov KSZ8851SNL 16-bitni. Prenos podatkov iz sprejemnega FIFO oziroma v oddajni FIFO KSZ8851SNL je celo 32-biten. Žal določeni ukazi KSZ8851SNL zahtevajo tudi 8-bitni način, kar pomeni zamuden preklon SPI1 med 8-bitnim in 16-bitnim načinom delovanja.

KSZ8851SNL sicer lahko proži prekinitve, vendar v SATNC te prekinitve niso napeljane do mikrokrmilnika. Prekinitve lahko prožitudi SPI1, vendar te v sedanji inačici programske opreme niso uporabljene. Zahvaljujoč se FIFO vmesnem pomnilniku 8x16bit v samem SPI1 (SSP1) LPC23xx, procesor ARM preprosto, a zelo učinkovito prazni sprejemni FIFO SPI1 oziroma polni oddajni FIFO SPI1 kar iz glavne zanke programa.

Učinkovitost 10Mbps zveze sem meril s FTP prenosom preko dveh SATNCjev in dveh UWBFM radijskih postaj. Na obeh koncih zveze sem skrbno izbral dva računalnika, ki preverjeno obvladata vse zahteve IEEE 802.3x vključno z nadzorom pretoka v obeh smereh. Torej brez starih gonilnikov za windows niti nezanesljivih pingvinov.

Ukaz X deluje pri SATNC nekoliko drugače kot pri EATNC, ker je Ethernet PHY drugačen. Ukaz X naj bi pokazal tudi sposobnost sogovornika za nadzor pretoka "FLOW". Lažnivim Oknom in sleparskim pingvinom tu ne gre verjeti! Zanesljiv preizkus nadzora pretoka je edino to, kako dolg ping se prebije skozi celotno verigo?

FTP prenos datoteke velikosti 400Mbyte izgleda takole:

The screenshot displays a Windows XP desktop environment. The main window is CuteFTP 3.5, showing a successful file transfer of 'test.mp4' (388,020 bytes) from a remote host to the local desktop. The transfer speed was 898.19 KBytes/s. A Windows Task Manager window is open, showing the 'Performance' tab with a network utilization graph for the 'Local Area Connection' showing 25% usage. A file explorer window is also open, showing the local file system with the transferred file 'test.mp4' visible in the 'C:\Documents and Settings\cefzelj\Desktop' directory.

Adapter Name	Network Utilization	Link Speed	State
Local Area Co...	0 %	100 Mbps	Operational

Local	Size	Remote	Host	Status

Časovne parametre obeh SATNC sem za ta preizkus zmogljivosti jasno navil za najhitrejši prenos, kar ni najprimernejša niti zanesljiva rešitev v pravem omrežju. Uri obeh mikrokontrolerov sem navil na 88MHz, kar pomeni 22Mbps na SPI1. Kar se je za rekordni prenos izkazalo zelo pomembno, tečnobo brez DCD (ki rešuje zvezo v primeru motenj oziroma zataknenega DCD) je bilo treba nastaviti na nič!

CuteFTP je nameril čisti prenos 919751byte/s. Surova zmogljivost 10Mbps prenosne poti je 1250000byte/s, kar pomeni izredno dober izkoristek prenosne poti 73.6% ob upoštevanju naslednjih izgub, kjer vsaka odnese nekaj odstotkov:

- 1) HDLC uokvirjanje, glave in repi,
- 2) HDLC vrivanje ničel,
- 3) NBP glave z naslovi,
- 4) NBP potrditve sprejema,
- 5) IP glave z naslovi,
- 6) TCP glave s števci,
- 7) TCP potrditve sprejema in
- 8) vsa ponavljanja na NBP in TCP ravneh!

Preprosto povedano, SATNC je dvakrat hitrejši od svojega predhodnika RATNC. RATNC ovira predvsem ozko grlo SLIP. WiFi naprave na podobni prenosni poti in s podobnimi močmi oddajnikov ne dosegajo tako visokih izkoristkov. Zasluga visoke učinkovitosti SATNC gre brezhibnemu in učinkovitemu nadzoru pretoka v KSZ8851SNL, kar pomeni malo ponavljanj in veliko TCP okno.

Takšne zmogljivosti SATNC zagotovo ne bi mogli doseči z ENC28J60 oziroma drugimi zastarelimi SPI<>Ethernet vmesniki, ki ne dosegajo potrebnih hitrosti na SPI niti ne izpolnjujejo zahtev IEEE 802.3x. Nadzor pretoka bi bilo zelo težko vgraditi v EATNC, kjer bi moral procesor ARM sestaviti zahtevo za upočasnitev zveze ravno v trenutku, ko mu zmanjka časa pri prepisovanju pomnilnika.

Ozko grlo omrežja ostaja lokalna zanka ASV, ki je vezana na RS-232. Pot naprej naj bi bila jasna: zamenjati SLIP zanko v vozlišču ASV z Ethernet povezavo med SATNCji. To naj bi razrešilo ozko grlo vozlišča. NBP okvirji imajo daljše glave in so zato nekoliko daljši od tistega, kar predpisuje Ethernet. Na srečo sodobno čipovje vključno s KSZ8851SNL že podpira daljše Ethernet okvirje vse do dolžine najmanj 2kbyte.

* * * * *