

stavební návod:

## Televizní víceúčelový modulátor

**Televizní modulátor slouží pro vysokofrekvenční modulaci videosignálu a zvukového doprovodu v širokém rozsahu 21. až 69. televizního kanálu. Vzhledem k poměrně velkému výstupnímu výkonu lze signál přenášet na krátké vzdálenosti i bezdrátově. Modulátor obsahuje vnitřní generátor testovacího obrazce pro správné naladění.**

### Základní technické parametry

Napájecí napětí:	10,8 až 12,8 V.
Proudový odběr:	170 mA.
Frekvenční rozsah oscilátoru:	471,25 až 855,25 MHz (21 až 69 kanál).
Zvuková nosná:	5,5 MHz.
Vstupní napětí videosignálu:	1 V <sub>šš</sub> .
Vstupní napětí audiosignálu:	0,5 V <sub>rms</sub> .
Výkon modulátoru:	4 mW.

### Problematika

Problém první - najít vhodný odvod pro modulaci televizního signálu se zvukovým doprovodem. Problém druhý - najít obvod s přeladitelností v celém čtvrtém a pátém televizním pásmu. Problém třetí - dostatečně zesílit vysokofrekvenční signál pro celé přenášené pásmo.

Problém čtvrtý - jak vyřešit první tři problémy když do vysokofrekvenčních aplikací moc neděláme a nemáme žádné speciální měřicí přístroje.

Začel jsem se do starších amatérských rádií a do další literatury s touto problematikou, ovšem bez uspokojujivých výsledků. Pro modulaci televizního signálu jsem objevil několik zapojení s obvody TDA5660 a TDA5664. Zapojení s oběma obvody má však několik nevýhod. Oba obvody jsou výběhové a nemáme jistotu, že je za rok ještě seženeme. Přeladitelnost oscilátoru je omezená na několik málo televizních kanálů. Použití pro bezdrátový přenos by byl velmi omezen, protože na některých místech naší republiky jsou téměř všechny televizní kanály vedle sebe obsazeny. Například u levnějších videorekordérů je přeladitelnost modulátorů 30 až 39 kanál. V Praze je obtížné naladit modulátor tak, aby nebyl signál rušený některým z místních vysílačů.

Po těchto poznatkách jsem sednul k počítači a napojil se na internetové stránky firmy Philips. Po krátkém prohlížení jsem našel dva vhodné obvody. TDA8722 (který jsem v konstrukci použil [1]) a TDA8822. Oba obvody mají frekvenční syntézu a tudíž přeladitelnost přes celé čtvrté a páté televizní pásmo. Jde o perspektivní součástky, které určitě budou k dispozici na trhu alespoň ještě rok. Frekvenční syntéza zajistí správné naladění kanálu, aniž bychom něco museli měřit nebo složitě nastavovat. Návrh zesilovače pro zesílení signálu na dostatečný výkon, jsem získal od ing. Munzara (vyměnil jsem ho za program pro ovládání inteligentních LCD zobrazovačů).

### Popis zapojení

Schéma je rozděleno do tří částí.

Schéma TVMOD ukazuje zapojení obvodu IO1 a třístupňového zesilovače. Schéma TVMODC ukazuje zapojení obvodu řídicího mikrokontroléru a napájecích obvodů. Schéma TVMODD ukazuje zapojení obvodu externího zobrazovače nastaveného kanálu a nastaveného módu.

Na schématu TVMOD je zapojení obvodu modulátoru IO1 a třístupňového zesilovače s tranzistory T2 až T4. Videosignál je přiváděn přes odporový dělič R4, R5 a kondenzátor C5 na vstup IO1. Audiosignál je veden přes obvod preemfáze na vstup IO1. Cívka L1 s kondenzátorem C2 je zapojena v obvodu oscilátoru zvuku. Cívka L1 má 50 závitů (5 x 10 závitů) smaltovaného vodiče Ø 0,1 mm na kostřičce MT263, cívku lze přeladit od 11,0 až 23,0 µH. Oscilátor obvodu fázového závěsu tvoří součástky L2, kondenzátory C3, C4 a varikap D1. Cívka L2 je vzduchová a má 1,5 závitů na Ø 2 mm. Přeladitelnost oscilátoru zapojeného na plošném spoji je 468 až 857 MHz. Trimrem P1 lze nastavit hloubku modulace mezi 70 až 90%. Signál o velikosti asi -26 dBm je veden z výstupu IO1 na vstup třístupňového zesilovače. Každý ze tří stupňů má zesílení asi 10 dB. Na výstupu zesilovače získáme signál o velikosti 6 dBm (4 mW). Velikost signálu je však závislá na frekvenci. Pro frekvence kolem 550 MHz je výstupní výkon kolem 4 mW k nižším frekvencím až 8 mW, pro frekvence kolem 800 MHz klesá výkon na 1 až 2 mW. Zapojení všech tří stupňů zesilovače je téměř stejné. Diody D2 až D10 nastavují pracovní body tranzistorů, odpory R15, R17 a R19 určují kolektorový proud tranzistorů. Přes vstupy SDA a SCL se programuje frekvence oscilátoru a režim obvodu IO1. Integrovaný obvod IO1 můžeme nastavit do 8 pracovních režimů. Z hlediska funkce jsou zajímavé první tři.

Režim	Funkce
0	normální funkce
1	testovací obrazec(dva svislé bílé pruhy)
2	oscilátor nosné obrazu vypnut
3	nosná obrazu bez modulace
4	na portu P0 f ref

5	řízení fázového závěsu vypnuto
6	na portu P0 f DIV
7	videosignál přemostěn přímo na výstup

Režim 0 normální stav, nastavuje se automaticky po zapnutí napájení. Režim 1 způsobí generování testovacího obrazce v podobě dvou svislých vodorovných pruhů. Tento obrazec se používá při hledání televizního kanálu na televizoru. Režim 2 se používá pro vypnutí oscilátoru.

Schéma TVMODC je zapojení obvodu řídicího mikrokontroléru IO4 (PIC16C54LP/P s obslužným programem S210) a napájecích obvodů. Pro napájení mikrokontroléru, eeprom a obvodu TDA8722 pět voltů je použito stabilizace napětí stabilizátorem IO5. Pro napájení varikapu je potřebný rozsah napětí asi do 33 V. Napětí získáme usměrněním napěťových štiček na cívce L6 a stabilizací stabilizátorem IO2. Do eeprom IO3 se ukládají sice pouze dva byte, ale musí zde být aby se při přerušení napájecího napětí nemusel znovu nastavovat požadovaný kanál. Pro mikrokontrolér byla zvolena pracovní frekvence 32,768 kHz která je dostatečně vysoká a současně slouží jako zdroj střídavého napětí pro měnič s tranzistory T5 a T6. Tlačítka S1 až S5 nastavujeme požadovaný televizní kanál, jemně doladíme frekvenci a nastavujeme režim.

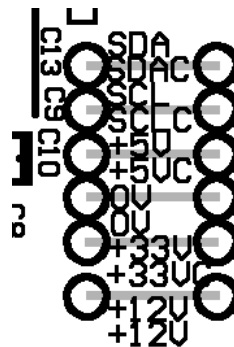
Tlačítko	Funkce
S1	nastavení módu
S2	jemné doladění -1 MHz
S3	jemné doladění +1 MHz
S4	ladění - kanál
S5	ladění + kanál

Při prvním zapojení modulátoru se nastaví 36. kanál, mód 0 a jemné doladění na 0 MHz. Jemné doladění lze provést v rozsahu 0 až -7 MHz. Tedy vždy k nižší frekvenci po 1 MHz max. o 7 MHz. Kanály lze nastavit v rozsahu 21. až 69. kanálu. Čítač kanálu nepřetéká. Stiskávejte-li tlačítko S2 dostanete se ke kanálu 21, při dalším stiskávání tlačítka se již nic nestane. Totéž o přetékání platí i pro tlačítka S3 až S5. Nastavení kanálu a jemné doladění frekvence je průběžně s každým stisknutím tlačítka ukládáno do eeprom. S každým stisknutím tlačítka jsou též vyslána přes porty PA0 a PA3 data do externího zobrazovače.

Schéma TVMODD je zapojení obvodu externího zobrazovače. Pro zobrazení lze použít i zobrazovač publikovaný v [2] systém přenosu dat je stejný. Na zobrazovačích LD1 a LD2 je zobrazeno číslo nastaveného kanálu a na zobrazovači LD3 je zobrazen nastavený mód. Údaje se obnovují po tisknutí libovolného tlačítka. Vzhledem k tomu, že je zobrazovač pouze doplňkový přístroj a není součástí konstrukce, není pro něj navržen ani plošný spoj.

### Osazení plošného spoje a montáž do krabičky

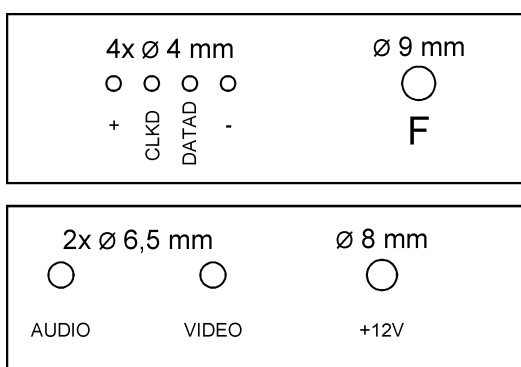
Nejprve zaletujeme SMD součástky a všechny drátové propojky kromě těch, které propojují napájení a řídicí signály (SDA, SCL, +5V, 0V, +33V a +12V obrázek vpravo). Kondenzátor C14 zaletujeme na výšku pouze na stranu výstupu z IO1. U tranzistorů T2 až T4 odštípeme nezapojený vývod (druhý emitor). Trimr P1 před zaletováním nastavíme na hodnotu 38 kΩ. Cívku L2 vytvoříme tak, že se zbytku vývodu od odporu navineme 1,5 závitů na vrtáku o průměru 2 mm. Cívku přiletujeme ze strany SMD součástek a mírně přihneme k integrovanému obvodu IO1.



Varikapu ohneme vývody těsně u pouzdra a v rovině s obvodem pouzdra odštípeme, varikap zaletujeme těsně k plošnému spoji. Cívky L3 a L4 vyrobíme navinutím 15 závitů smaltovaného vodiče Ø 0,3 mm na vrták o průměru 2 mm. Cívku L1 vyrobíme navinutím 50 závitů (5 x 10 závitů) smaltovaného vodiče Ø 0,1 mm na kostičce MT263. Cívky L1, L3, L4 a krystal X1 zaletujeme z opačné strany než SMD součástky.

Dále zaletujeme odpory, kondenzátory, diody, objímky pod IO3 a IO4, krystal X2 a cívku L6. Před přiletováním stabilizátoru IO5 a tranzistoru T5 do plošného spoje odřízneme pilkou na kov část chladicího křídla podle obrázku vpravo.

Do krabičky vyvrtáme a vypilujeme otvory podle obrázku vlevo dole. Do otvorů zašroubujeme konektory CINCH, F a konektor pro napájení. Plošný spoj vložíme do krabičky a zaletujeme po obvodě ke krabičce podle obrázku vpravo dole. Do pinu +12VNAP na plošném spoji zasuneme katodu diodu D12 a zaletujeme, anodu zaletujeme ke střednímu kolíku napájecího konektoru. Plošný spoj propojíme s konektory CINCH a F zbytky vývodů s odporů.



### Oživení

Do objímky vložíme naprogramovaný mikrokontrolér PIC a připojíme napájecí napětí +12 V. Proudový odběr by se měl pohybovat kolem 70-80 mA. Zkontrolujeme napětí +5 V na výstupu stabilizátoru IO5 a napětí +32,7 až 32,8 V na kondenzátoru C25. Je-li vše v pořádku odpojíme napájení, zapojíme propojky SDA, SCL, +5V, 0V, +33V a +12V a vložíme do objímky paměť IO3. Do konektoru K1 připojíme anténu (drát o délce asi 9 až 16 cm). V žádném případě nezapínáme modulátor bez připojené antény. Mezi volný vývod kondenzátoru C14 a zem připojíme vstup televizoru naladěného na 36 kanál (591,25 MHz). Do video vstupu (pin VIDEO) připojíme zdroj videosignálu, do audio vstupu (pin AUDIO) připojíme zdroj audiosignálu. Připojíme napájecí napětí +12 V. Proudový odběr by měl být asi 170 mA. Pokud jsme pracovali pečlivě se správnými součástky bez zkratů a studených spojů máme na připojeném televizoru obraz. Naladíme cívku L1 tak, aby jsme měli i kvalitní čistý zvuk. Tlačítka S1 až S5 můžeme změnit kanál, jemně doladit frekvenci kanálu a změnit režim.

Vypneme napájecí napětí. Kondenzátor C14 zaletujeme za oba vývody. Na krabičku nasadíme obě víčka (bez víček může docházet ke zpětné vazbě a zesilovač s T2 až T4 může kmitat). K televizoru připojíme pokojovou anténu. Připojíme napájecí napětí k modulátoru. Na obrazovce televizoru vidíme modulátorem vysílaný obraz. V zesilovači jsou použity 3 stupně. Zesílení je asi 30 dB. Může se stát, že bude obraz deformovaný, zkreslený, zašuměný a podobně. Nemáme-li potřebné zkušenosti pro odstranění případného kmitání zesilovače (především při provozu na vyšších kmitočtech) je lepší třetí stupeň vynechat a použít pouze první dva stupně. Výkon nám však klesne asi o 10 dB.

Na co si dáváme pozor:

- aby se nám vzájemně nedotýkali chladicí křídélka IO5 a T6,
- aby se nedotýkaly chladicí křídélka IO5 a T6 víčka krabičky,
- aby se cívka L2 nedotýkala víčka krabičky ani jiných vývodů IO1,
- nezapínáme modulátor bez připojené antény.

### Závěrem

Vyzkoušel jsem televizní modulátor v bezdrátovém provozu. Vysílač byl naladěn na 28. kanál (527,25 MHz,  $\lambda = 0,57$  m). Vysílací anténa byla zhotovena z měděného pocínovaného drátu průměru 2,5 mm délky 14,2 cm ( $0,25 \lambda$ ). Jako přijímací anténu jsem použil jednoduchý celovlnný dipól délky 48 cm ( $0,85 \lambda$ ). Přenosný televizor jsem umístil (v dosti omezených podmínkách) do různých vzdáleností. Modulátor jsem připojil k výstupům videosignálu a audiosignálu videorekordéru na kterém jsem pustil přehrávání videokazety aby bylo zřejmé, že nepřijímám žádný pozemský vysílač. Výsledky ukazuje tabulka.

Vzdálenost vysílač - přijímač	překážky na trase	kvalita přenášeného obrazu
4 m	1 železobetonová přepážka 7 cm	obraz bez šumu

7 m	1 železobetonová přepážka 7 cm 1 železobetonový panel 20 cm	velmi jemný, téměř nepozorovatelný šum v obraze
11 m	1 železobetonová přepážka 7 cm 2 železobetonové panely 2 x 20 cm	v obraze již velmi dobře pozorovatelný šum
38 m	1 železobetonová přepážka 7 cm 3 železobetonové panely 2 x 20 cm	velký šum v obraze, černobílý sotva rozpoznatelný obraz

Na přímou viditelnost a s lepšími anténami nebyl přenos vyzkoušen. Můžeme však předpokládat, že při přenosu na přímou viditelnost za použití kvalitních antén pro vysílání i příjem by bylo možné dosáhnout dobrého příjmu až na vzdálenost sto metrů. Pokud by jsme na přijímací straně použili kvalitní anténní laděný zesilovač s velkým zesílením bylo by asi možné dosáhnou přenosu na vzdálenost několika set metrů.

Pro oblast Prahy - Libeň, Kobylisy, Trója bych doporučoval nastavit modulátor na 48 kanál (687,25 MHz  $\lambda = 0,436$  m). Délka vysílací antény 10,9 cm (0,25  $\lambda$ ). Délka přijímací antény 37 cm (0,85  $\lambda$ ).

Pokud je to možné doporučuji využít vysílání na nižších kanálech kde je výkon modulátoru vyšší.

Ani na prototypovém vzorku se mi nepodařilo stoprocentně odstranit náchylnost k rozkmitání při vysílání na vyšších frekvencích nad 767 MHz (nad 58 kanál).

#### Seznam součástek části s obvodem TDA8722 s třístupňovým zesilovačem

2	C1,C10	CTS 4M7/16V
1	C2	56p 1206
2	C3,C4	33p 1206
1	C5	100n 1206
1	C6	27p 1206
3	C7,C8,C9	10n 1206
1	C11	150n 1206
1	C12	15p 1206
1	C13	100p 1206
1	C14	10p 1206
7	C15,C17,C18,C20,C21,C22,C23	1n 1206
2	C16,C19	3,3p 1206
1	C24	220p 1206
1	D1	BB405
9	D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9,D10	L-HSMG-C650
1	IO1	TDA8722
1	K1	CVP-272D
1	L1	15 $\mu$ H 50 závitů (5 x 10 závitů) smaltovaného vodiče $\varnothing$ 0,1 mm na kostřičce MT263
1	L2	1,5 závitů vzduchová cívka na průměru 2 mm
2	L3,L4	15 závitů smaltovaného vodiče $\varnothing$ 0,3 mm na průměru 2 mm
1	P1	4315-SMD100K
1	R1	220k 1206
1	R2	15k 1206
1	R3	82 1206
2	R4,R5	470 1206
3	R6,R9,R10	12k 1206
3	R7,R8,R11	22k 1206
1	R12	82k 1206
1	R13	75 1206
4	R14,R16,R18,R31	1k 1206
1	R15	560 1206
1	R17	330 1206
1	R19	150 1206
6	R20,R21,R22,R32,R33,R34	10 1206
1	T1	BC846A
3	T2,T3,T4	AT41586
1	X1	QM 4MHz

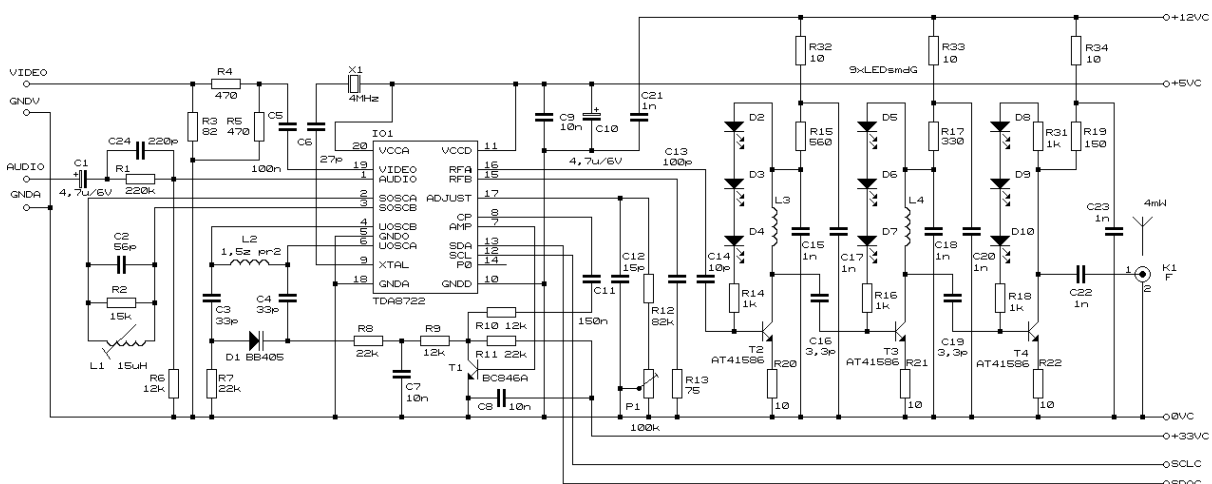
#### Seznam součástek řídicího mikrokontroléru a napájecích obvodů

1	C25	CT 6,8u/35V
1	C26	CT 4,7u/50V
2	C27,C30	4,7u/16V
2	C28,C29	33p
1	C31	47n
1	C32	47u/16V
1	C33	4,7p
1	C34	10n
1	D11	1N4148
1	IO2	TL431
1	IO3	ST93C46
1	IO4	PIC16C54LP/P S-210
1	IO5	7805
1	L6	TL.1000μH
1	R23	10k
1	R24	820
1	R25	680
1	R26	8k2
1	R27	820k
1	R28	22k
1	R29	100
1	R30	RR 8x22k
5	S1,S2,S3,S4,S5	P-B1720D
1	T5	BUZ10
1	T6	BC550C hFE>500
1	X2	32,768kHz
1	H1	SOKL18
1	H2	SOKL8

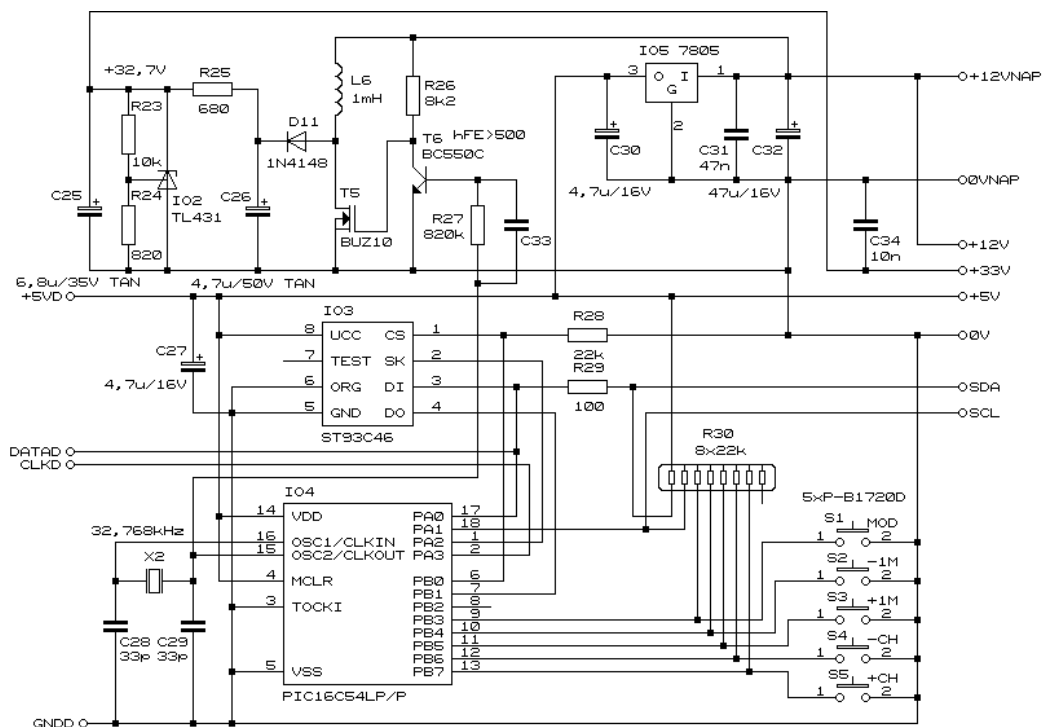
### Seznam ostatních součástek

1	D12	1N4001
1	SK1	U-AH102
1	PS1	plošný spoj TVM-1 S-210
2	K2,K3	SCJ-0363
1	K4	K3716A

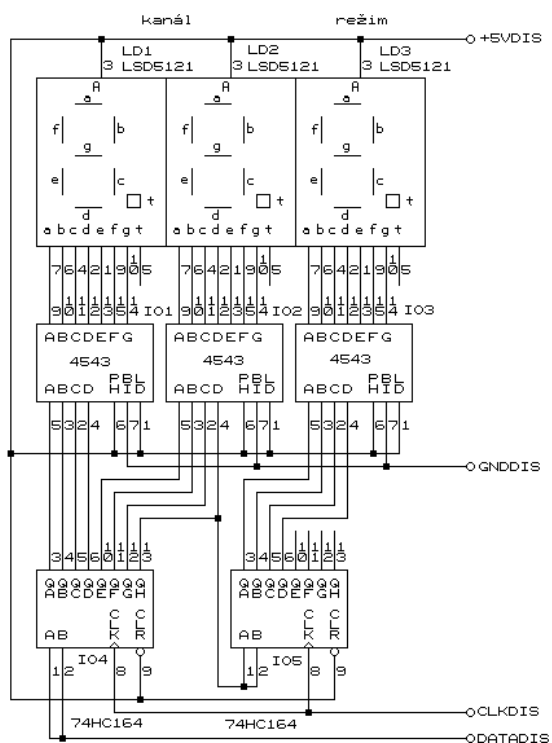
### Schéma TVMOD



## Schéma TVMODC



## Schéma TVMODD



## Literatura

- [1] Katalogové listy TDA8722 Philips Semiconductors.
- [2] Kubín St. : Odčítací hodiny pro konec roku 1999 a 2000 řízené DCF77. PE 10/99.

Sledujte aktuální informace na: <http://web.iol.cz/sct> nebo <http://web.telecom.cz/sct>.

# Osazovací plánek

