

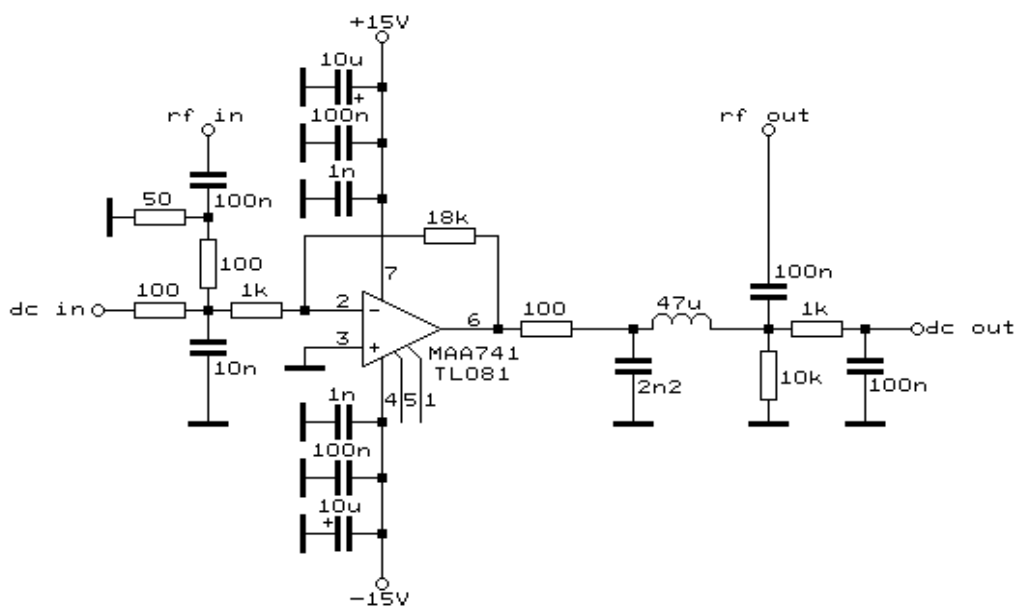
3. Konštrukčné zásady v EMC – odolnosť a emisie

Analógové elektronické obvody

Pri pasívnych elektronických prvkoch sa pri vf signáloch začínajú prejavovať parazitné vlastnosti, vplyvom ktorých môže dôjsť k nežiaducim javom. Pri aktívnych elektronických prvkoch ako dióda, viacvrstvové spínacie prvky, tranzistor atď. dochádza po privedení rušivého vf signálu s dostatočne veľkou amplitúdou vplyvom ich nelineárnej VA charakteristiky k posunu js pracovného bodu.

V prípade operačných zosilňovačov, ktoré pozostávajú z viacerých polovodičových prvkov (práve tranzistory a diódy), sa vplyvom posunu js pracovných bodov vnútorných prvkov mení výstupný js offset. Takýto offset deformuje výstupný signál, dokonca môže spôsobiť saturáciu nasledujúceho stupňa. Ako najneprijemnejší sa v tomto prípade javí amplitúdovo modulovaný rušivý signál, ktorý posúva js pracovný bod resp. výstupný offset v rytme modulácie.

Aby sme zabránili týmto nežiaducim javom, používame odrušovacie prostriedky na vývodoch aktívnych elektronických súčiastok. Pri návrhu a konštrukcii treba dbať nielen na dokonalé odfiltrovanie rušiaceho signálu, ale aj na možné nežiaduce účinky filtračných prvkov ako vznik parazitných rezonančných obvodov.



Obr. 1. Zapojenie odrušeného invertujúceho napätového zosilňovača

Jedným z najčastejšie používaných elektronickým prvkom je ako sme už spomínali operačný zosilňovač (OZ). Na meranie výstupného offsetu máme k dispozícii dva prípravky (pozri obr. 1), na ktorých sú zrealizované invertujúce napätové zosilňovače sa zosilnením 10. Tieto sú skonštruované na báze súčiastok pre povrchovú montáž spôsobom používaným v mikrovlnnej technike tak, aby sa čo najviac obmedzil vplyv rôznych parazitných väzieb na vysokých frekvenciách. Oba prípravky sú kvôli potlačeniu rušenia na napájaní vybavené troma filtračnými kondenzátormi rôznych hodnôt na oboch napájacích vývodoch OZ. Jediným ich rozdielom je, že jeden z nich obsahuje na vstupe RC filter a na výstupe LC filtračný člen.

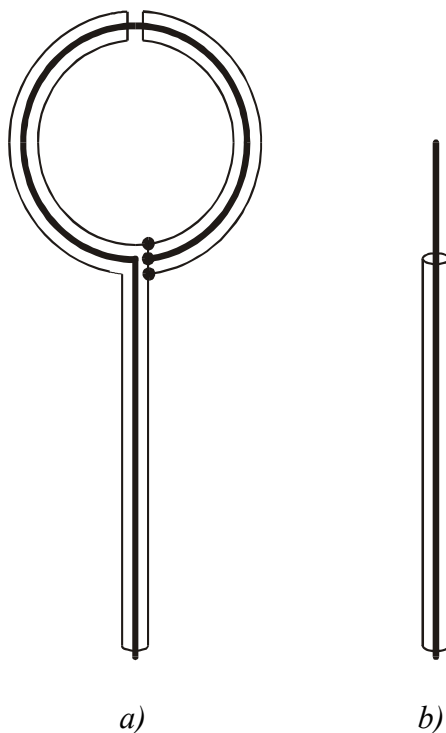
Vyžarovanie z DPS

Mechanizmus vzniku elektromagnetickej vlny v elektrických zariadeniach je pomerne zložitý proces, a preto si v elektromagnetickej kompatibilite vopomáhame zidealizovanými modelmi typu vodič - elementárny elektrický dipól (zdroj elektrického poľa E) a slučka – elementárny magnetický dipól (zdroj magnetického poľa H). V skutočnosti oba druhy antén sú zdrojom elektrického aj magnetického poľa, avšak kým vo vzdialenej zóne sú zložky elektrického resp. magnetického poľa navzájom úmerné, t.j. platí vzťah :

$$\frac{E}{H} \approx 377\Omega$$

v blízkej zóne určuje dominantnú zložku typ žiariča (elektrický dipól $\rightarrow E$, magnetický dipól $\rightarrow H$). Vyžarovanie sa všeobecne meria pomocou antény ako transformátora vyžiarenej elm. vlny na elm. vlnu šíriacu sa po vedení a meracieho zariadenie. Najvýhodnejším meracím zariadením je spektrálny analyzátor, pretože dáva predstavu o meranom spektre, najpresnejším zas merací prijímač (teoreticky možno použiť aj osciloskop). Ako antény sa používajú ladené rezonančné dipóly, slučkové, prútové, bikónické, logaritmicko-periodické, kónicko-logaritmické a ihlanové antény. Pri vývoji a diagnostike elektronických zariadení, kde je dôležité sledovať nežiaduce vyžarovanie jednotlivých obvodov alebo blokov a nájsť zdroj (miesto vzniku) rušivého signálu sa využívajú najmä špeciálne meracie sondy elektrického alebo magnetického poľa.

Meracia sonda blízkeho magnetického poľa (*obr. 2a*) je tvorená malou slučkou z tieneneho vodiča, kde na malom úseku je tienenie prerušené. Základom meracej sondy blízkeho elektrického poľa (*obr. 2b*) je odtienený koniec koaxiálneho vodiča. Meranie pomocou sond však nie je príliš dobre reprodukovateľné, pretože výsledok závisí na množstve neurčitých faktoroch. Dávajú nám však relatívnu predstavu o intenzite rušivého vyžarovania v danom mieste, či na kontrolu tieniacich krytov.



Obr. 2. Príklad meracej sondy magnetického poľa a) a elektrického poľa b)

Pri meraní elm. poľa prijíma meracia anténa intenzitu elektrického poľa E alebo magnetického poľa H a premieňa ju na napätie U . Prevod medzi veľkosťou intenzity elm. poľa a získaným napätím udáva anténny faktor AF :

$$\text{resp. } AF = \frac{H}{U}$$

alebo v logaritmickom merke (v decibeloch):

$$AF = E - U \quad \text{resp.} \quad AF = H - U$$

Potom pre veľkosť intenzity poľa dostávame na základe zmeraného napätia a výrobcom udávaného anténneho faktora:

$$E = U + AF \quad \text{resp.} \quad H = U + AF$$

V prípade, že teda meriame sondami magnetického poľa, intenzitu poľa získame už spomenutým vzťahom:

$$H(\text{dB}\mu\text{A/m}) = AF(\text{dB}) + U(\text{dB}\mu\text{V})$$

kde anténny faktor je daný:

$$AF(\text{dB}) = K - 20 \log_{10} f$$

Tab. 1. Hodnoty K pre jednotlivé typy sond fy. EMCO

Typ meracej sondy	Konštanta K (dB)
sonda H s priemerom $\phi 6\text{cm}$	75
sonda H s priemerom $\phi 3\text{cm}$	98
sonda H s priemerom $\phi 1\text{cm}$	115
sonda E	90

V prípade, že použijeme aj predzosilňovač fy. EMCO, od hodnoty K treba odpočítať 18dB.

Tab. 2. Závislosť jednotlivých zložiek vyžiareného poľa od vzdialenosti

	Zóna	E	H	Z_w
pole vybudené zdrojom E	blízka	$E_{\Theta} \sim r^{-3}$	$H_{\phi} \sim r^{-2}$	$Z_E \sim r^{-1}$
	vzdialená	$E_{\Theta} \sim r^{-1}$	$H_{\phi} \sim r^{-1}$	$Z_0 = 377\Omega$
pole vybudené zdrojom H	blízka	$E_{\phi} \sim r^{-2}$	$H_{\Theta} \sim r^{-3}$	$Z_H \sim r$
	vzdialená	$E_{\phi} \sim r^{-1}$	$H_{\Theta} \sim r^{-1}$	$Z_0 = 377\Omega$

Ktorá zložka poľa je dominantná, určíme ľahko porovnaním, ak môžeme zmerať elektrickú aj magnetickú zložku poľa. V prípade, že môžeme merať len jednu zložku poľa, meranie musíme uskutočniť v dvoch vzdialenostiach r_1 a $r_2 = 2 \times r_1$. Ak je pokles úrovne nameraného signálu vo vzdialenosti r_2 o 18dB menší ako vo vzdialenosti r_1 , dominujúcou zložkou poľa je tá, ktorú meriame. V prípade, že pokles je 12dB, dominujúcou zložkou poľa je druhá zložka. Zväčša sa však hodnota poklesu pohybuje medzi 12 a 18dB, vtedy dominujúcu zložku určíme podľa toho, či nameraný pokles je bližšie k hodnote 12 resp. 18dB.

Konštrukčné zásady v EMC – odolnosť a emisie (praktická časť)

1. Odmerajte napät'ovú závislosť výstupného offsetu operačného zosilňovača od úrovne rušivého vf signálu na vstupe operačného zosilňovača pri konštantnej frekvencii rušivého signálu.
2. Odmerajte napät'ovú závislosť výstupného offsetu operačného zosilňovača od úrovne rušivého vf signálu na výstupe operačného zosilňovača pri konštantnej frekvencii rušivého signálu.
3. Odmerajte frekvenčnú závislosť výstupného offsetu operačného zosilňovača od úrovne rušivého vf signálu na vstupe operačného zosilňovača pri konštantnom napätí rušivého signálu.
4. Odmerajte frekvenčnú závislosť výstupného offsetu operačného zosilňovača od úrovne rušivého vf signálu na výstupe operačného zosilňovača pri konštantnom napätí rušivého signálu.
5. Na predložených doskách plošných spojov :
 - odmerajte spektrá intenzít vyžarovaných polí vo vzdialenosti $r = 20\text{cm}$;
 - určite charakter zdroja vyžarovania meraním intenzít aspoň v troch vzdialenostiach od zdroja.
6. Úlohu 5 zopakujte pre jeden typ plošného spoja pri postupnom umiestňovaní blokovacích kondenzátorov smerom od zdroja napájania k číslicovému obvodu.

Napät'ová závislosť výstupného offsetu operačného zosilňovača typu ...x... ...y... filtra od úrovne rušivého vf signálu na ...z... operačného zosilňovača pri $f = \dots\dots\dots$ MHz :

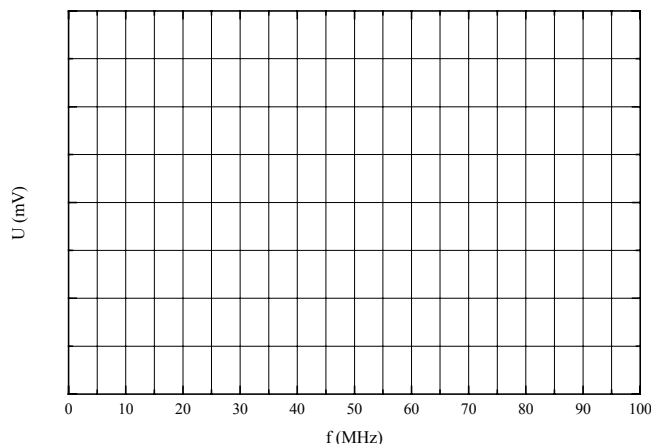
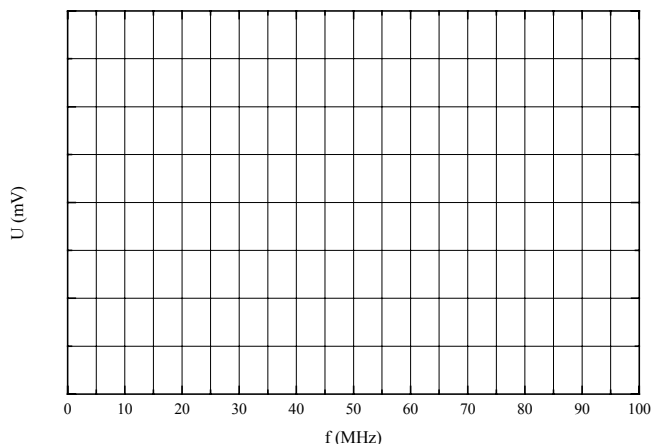
U _{ruš} (dBm)					x	y	z
	bez	0	10	20	-	-	-
U _{offset} (mV)					MAA741	bez použitia	vstup
U _{offset} (mV)					MAA741	bez použitia	výstup
U _{offset} (mV)					MAA741	s použitím	vstup
U _{offset} (mV)					MAA741	s použitím	výstup
U _{offset} (mV)					TL081	bez použitia	vstup
U _{offset} (mV)					TL081	bez použitia	výstup
U _{offset} (mV)					TL081	s použitím	vstup
U _{offset} (mV)					TL081	s použitím	výstup

Porovnanie frekvenčnej závislosti výstupného offsetu operačného zosilňovača pri prítomnosti resp. neprítomnosti prídavných filtračných prvkov pri napätí rušivého signálu $U_{ruš} = \dots\dots\dots$ dBm :

MAA741

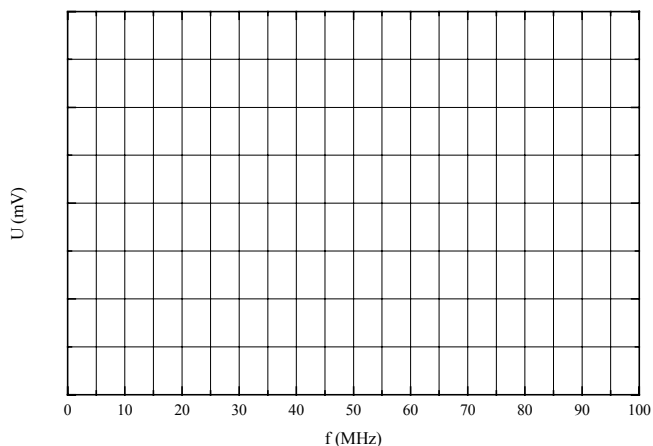
rušenie na vstup

rušenie na výstup

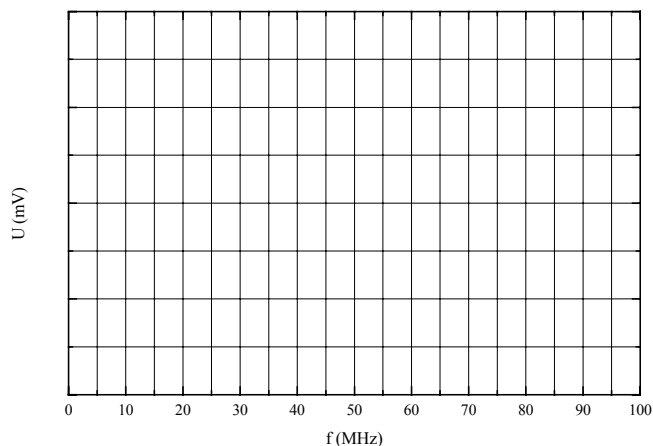


TL081

rušenie na vstup

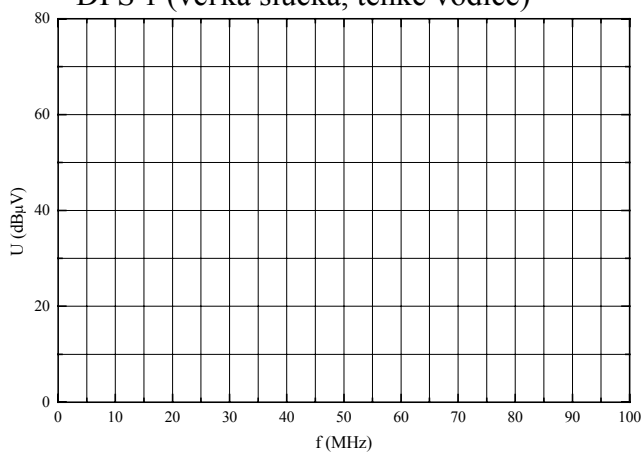


rušenie na výstup

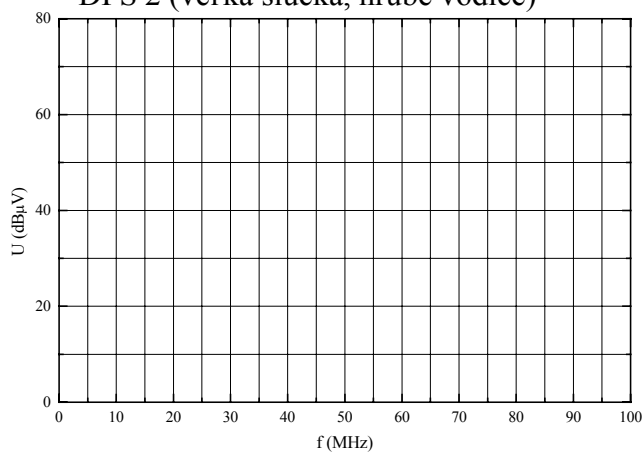


Namerané spektrá intenzít vyžarovaných polí sondou vo vzdialenosti $r = 20\text{cm}$ pre rôzne typy dosiek plošných spojov :

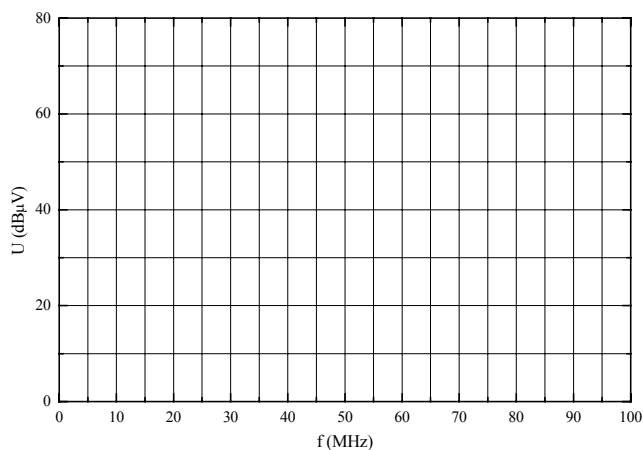
DPS 1 (veľká slučka, tenké vodiče)



DPS 2 (veľká slučka, hrubé vodiče)



DPS 3 (malá slučka, hrubé vodiče)

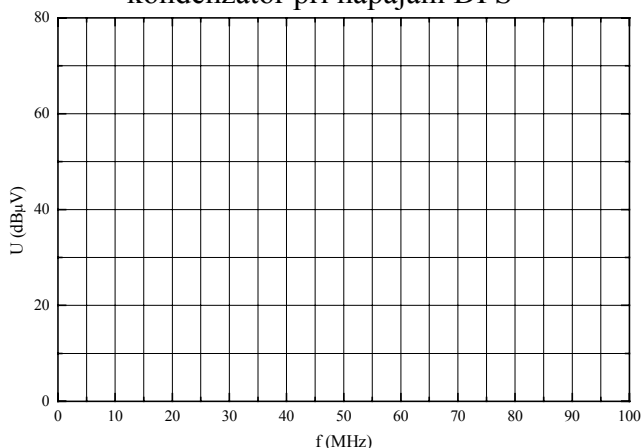


Určenie charakteru vyžarovania u analyzovaných dosiek plošných spojov :

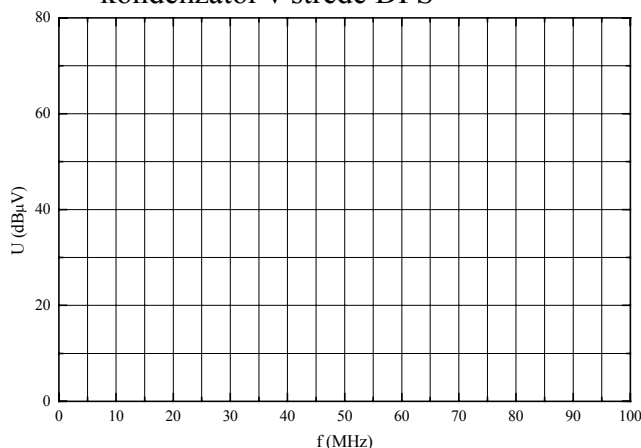
DPS	slučka	vodiče	r = cm	r = cm	r = cm	Charakter vyžarovania
			U (dB μ V)	U (dB μ V)	U (dB μ V)	
1	veľká	tenké				
2	veľká	hrubé				
3	malá	hrubé				

Namerané spektrá intenzít vyžarovateľných polí sondou vo vzdialenosti r = 20cm pre rôzne polohy blokovacích kondenzátorov pre DPS ... (.....slučka, vodiče):

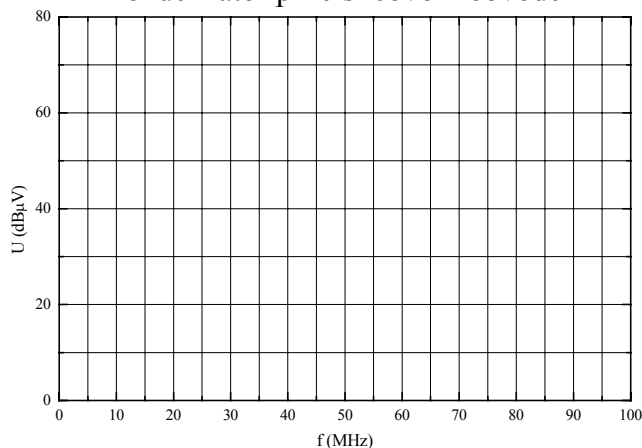
kondenzátor pri napájaní DPS



kondenzátor v strede DPS



kondenzátor pri číslicovom obvode



Určenie charakteru vyžarovania u dosky plošných spojov DPS ... pri rôznych polohách blokovacích kondenzátorov :

C	poloha kondenzátora	r = cm	r = cm	r = cm	Charakter vyžarovania
		U (dB μ V)	U (dB μ V)	U (dB μ V)	
1	pri napájaní				
2	v strede DPS				
3	pri IO				

Poznatky pre budúcnosť :