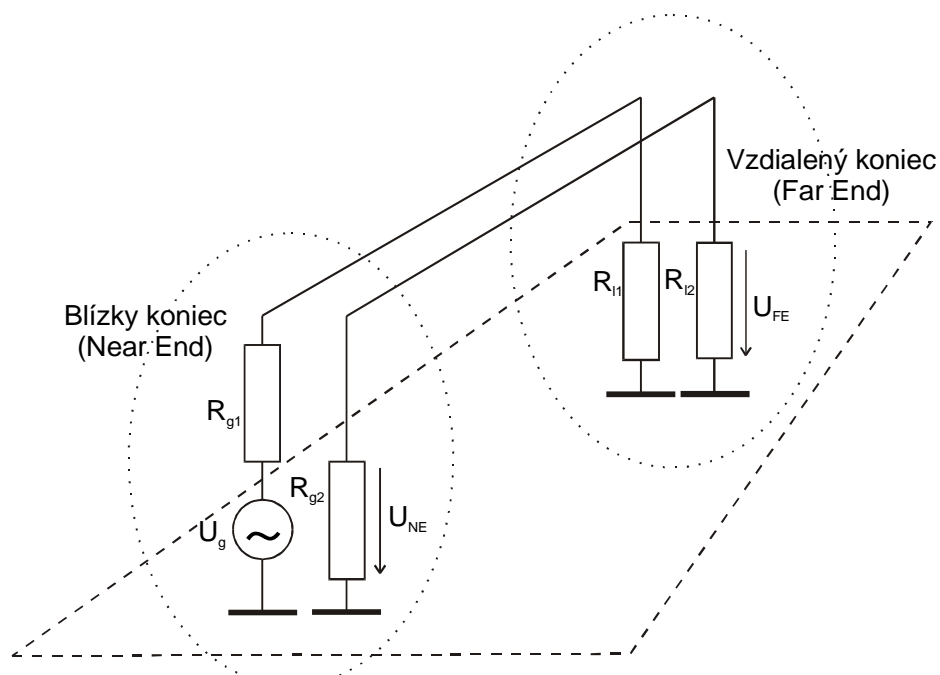


4. Presluchy

Ak zdroj a obeť rušenia sa nachádzajú v tesnej blízkosti (na obeť pôsobí blízke pole vytvorené zdrojom rušenia), ich vzájomnú väzbu nazývame presluchom. Z hľadiska fyzikálneho princípu rozlišujeme :

- presluch na spoločnej impedancii;
- kapacitný presluch;
- induktívny presluch.

Väzba spoločnou impedanciou je takou väzbou dvoch systémov, ktorých prúdové slučky sa uzatvárajú cez spoločné úseky vodivých ciest – cez spoločnú impedanciu. Táto spoločná impedancia môže byť tvorená spoločnými signálnymi prívodmi, alebo impedanciou spoločného napájania resp. zemnenia. Touto spoločnou impedanciou prechádzajú prúdy oboch systémov, takže napätie vznikajúce prietokom prúdu prvého systému predstavuje pre druhý systém napätie rušivé. Odstránením spoločných impedancií sa táto väzba stráca.

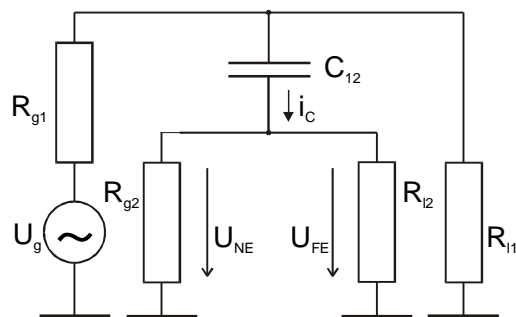


Obr. 1. Dva vodiče nad referenčnou rovinou

Kapacitný presluch je spôsobený existenciou parazitnej kapacitnej väzby medzi dvoma časťami systémov, najmä vodičov (napr. súbežné vedenie dvoch cestičiek na DPS) v situácii, keď medzi vodičmi slučky zdroja existuje potenciálový rozdiel. V prípade dvoch galvanicky spojených slučiek ako na obr. 1 môžeme pre analýzu kapacitného presluchu prekresliť schému podľa obr. 2. Podľa neho, ak uvažujeme $R_{g1}=R_{g2}=R_{l1}=R_{l2}=R$, platí pre presluchové napätia na blízkom konci U_{NE} resp. vzdialenom U_{FE} konci :

$$U_{NE} = U_{FE} = \frac{1}{2} RC_{12} \frac{du}{dt}$$

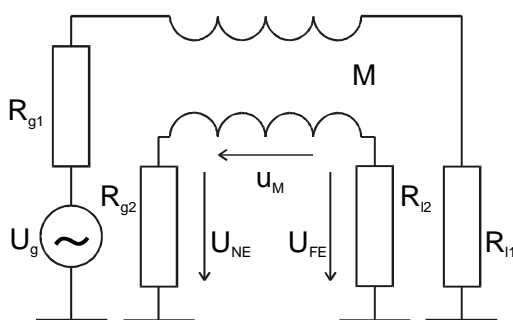
t. j. tieto presluchové napätia sú rovnaké a sú vo fáze. Sú úmerné parazitnej kapacite C_{12} , odporom R a rýchlosti zmeny napätia du/dt , čiže pri odstraňovaní kapacitného presluchu treba minimalizovať tieto veličiny.



Obr. 2. Náhradná schéma pre kapacitný presluch

Induktívny presluch vzniká pri prietoku prúdu vodičom zdroja, čím vzniká v jeho okolí magnetické pole. Časovo premenlivé magnetické pole indukuje vo vodičoch slučky obeť rušivé presluchové napätie. Situáciu na obr. 1, môžeme prekresliť za pomoci diskretných prvkov podľa obr. 3, kedy platí :

$$U_{NE} = -U_{FE} = \frac{1}{2} M \frac{di}{dt} = \frac{1}{2} \frac{M}{R} \frac{du}{dt}$$



Obr. 3. Náhradná schéma pre induktívny presluch

Presluchové napätia na oboch koncoch sú rovnaké, avšak sú v protifáze, a sú úmerné vzájomnej indukčnosti M a rýchlosti zmeny prúdu di/dt a nepriamoúmerné hodnote odporov R .

Kombinovaný presluch vzniká, ak sa medzi vodičmi zdroja nachádza potenciálový rozdiel a taktiež nimi preteká prúd. Tento prípad sa v praxi vyskytuje najčastejšie, pričom je tvorený kombináciou kapacitného a induktívneho presluchu. Keďže pri kapacitnom presluchu sú presluchové napätia na blízkom resp. vzdialenom konci obeť vo fáze a u induktívneho presluchu v protifáze, dá sa očakávať, že na vzdialenom konci sa tieto napätia môžu kompenzovať, ale na blízkom konci sa rušivé napätia sčítavajú. Na blízkom konci vodiča obeť sa vytvára napätie :

$$U_{NE} = \frac{1}{2} \left(RC_{12} + \frac{M}{R} \right) \frac{du}{dt}$$

a na vzdialenom konci:

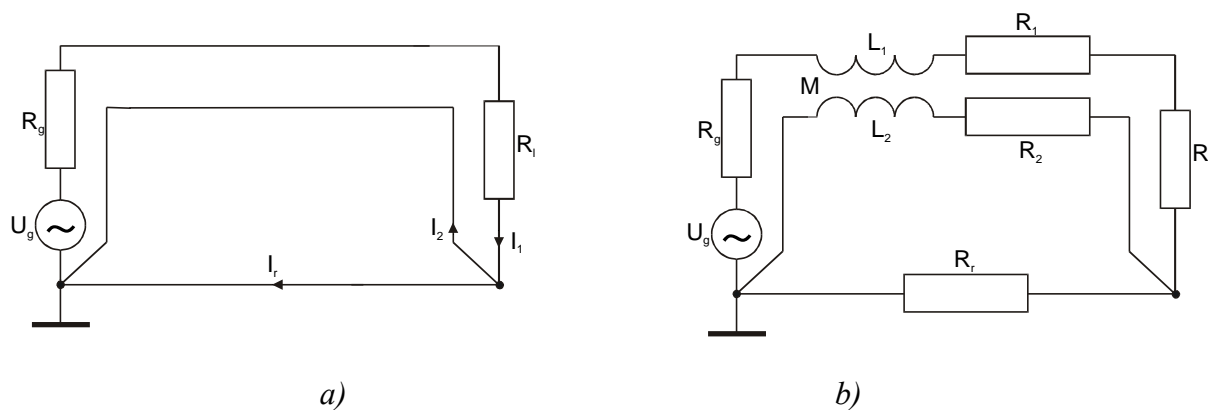
$$U_{FE} = \frac{1}{2} \left(RC_{12} - \frac{M}{R} \right) \frac{du}{dt}$$

Ak uvažujeme, že $R_{g1}=R_{g2}=R_{11}=R_{12}=R$, platí, že zdroj aj obeť sú zakončené charakteristickými impedanciami R .

Magnetické tienenie

Princíp magnetického tienenia spočíva v pridaní ďalšej slučky na základe princípu minimálneho indukčného toku, ktorý hovorí, že prúd si nájde vždy takú cestu, aby výsledný magnetický tok

bol minimálny. Pri nízkych frekvenciách je vplyv prídavnej slučky malý, pri vysokých frekvenciách začína prúd I_2 spätnou slučkou narastať. Pre vysoký frekvenciách je pomer prúdov I_2/I_1 vyjadrený koeficientom induktívnej väzby k . Jeho maximálna hodnota je 1, čo určuje, že medzi priamym a spätným vodičom je dokonalá väzba, t.j. $I_1=I_2$ a vyžarovanie je minimálne.



Obr. 4. Princíp magnetického tienenia a) a náhradná schéma b)

Presluchy (praktická časť)

1. Meraním na predloženom modeli krátkeho káblového vedenia odmerajte veľkosť presluchu z jednoduchého vodiča do jednoduchého vodiča zaťaženého na oboch stranách 50Ω :
 - kapacitnou väzbou;
 - induktívnou väzbou;
 - kombináciou kapacitnej a induktívnej väzby.
2. Zistite, aký má vplyv na veľkosť presluchu :
 - čas trvania nábežnej, resp. dobežnej hrany zmenou z 50ns na 5ns;
 - zmena zaťažovacích odporov na obeti zmenou z 50Ω na ∞ ;
 - vzdialenosť zdroja od obeť zmenou z 2,5cm na 5cm.
3. Porovnajte úroveň presluchového napätia pre rôzne typy obeť :
 - jednoduchý vodič;
 - dvojlinka;
 - koaxiálny kábel;
 - twistovaná dvojlinka;
 - semirigid.
4. Na prípravku modelujúcom cesty na doskách plošných spojov odmerajte frekvenčnú závislosť väzby pre kombinácie :
 - vodič zdroja interferencie – nezaťažený / skratovaný / zaťažený odporom;
 - väzobná slučka zdroja – veľká / malá;
 - prijímací vodič – nezaťažený / zaťažený odporom;
 - väzobná slučka obeť – veľká / malá;
 - tienenie DPS – so zemniacou rovinou / bez zemniacej roviny.
5. Odmerajte závislosť pomeru prúdov tečúcich spätným a referenčným vodičom pre dvojlinku a koaxiálny kábel. Odmerané závislosti znázorníte graficky a pomocou nich určíte koeficienty induktívnej väzby a frekvencie zlomu amplitúdovo-frekvenčnej charakteristiky.

Veľkosť presluchového napätia pre jednotlivé druhy reaktančných väzieb pre $U_{ruš} = \dots V$:

	blízky koniec U_{NE} (V)	vzdialený koniec U_{FE} (V)
kapacitná väzba		
induktívna väzba		
kombinovaná väzba		

Závislosť presluchového napätia od trvania nábežnej, resp. dobežnej hrany pre $U_{ruš} = \dots V$:

	blízky koniec U_{NE} (V)		vzdialený koniec U_{FE} (V)	
trvanie hrany (ns)	5	50	5	50
kapacitná väzba				
induktívna väzba				
kombinovaná väzba				

Závislosť presluchových napätí od zaťažovacej impedancie vodiča obeť pre $U_{\text{ruš}} = \dots V$:

impedancia zakončenia obeť		blízky koniec			vzdialený koniec		
blízky koniec	vzdialený koniec	U_{NE} (V)			U_{FE} (V)		
väzba		kap.	ind.	komb.	kap.	ind.	komb.
50 Ω	50 Ω						
50 Ω	∞						
∞	50 Ω						
∞	∞						

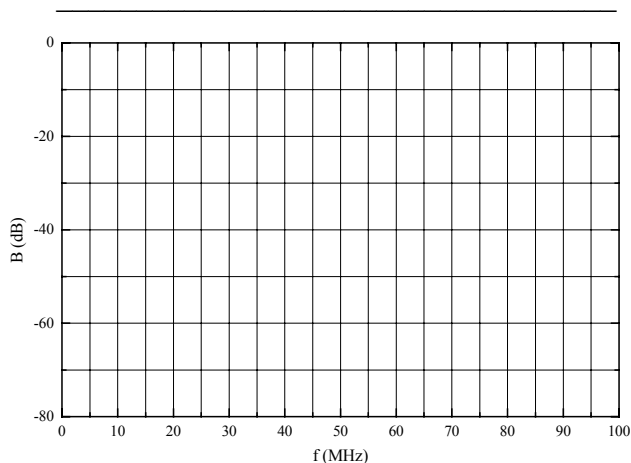
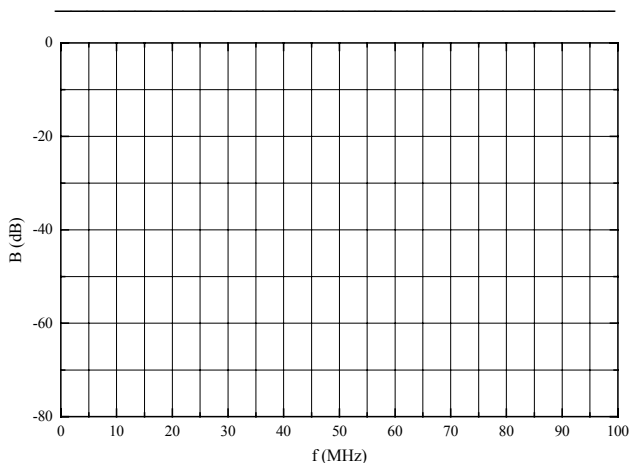
Závislosť presluchových napätí od vzdialenosti medzi vodičmi pre $U_{\text{ruš}} = \dots V$:

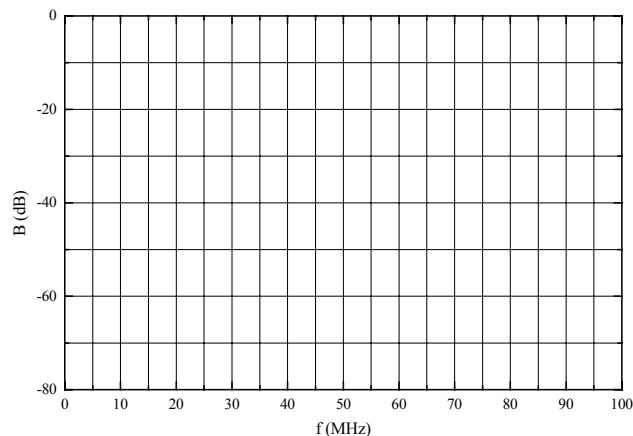
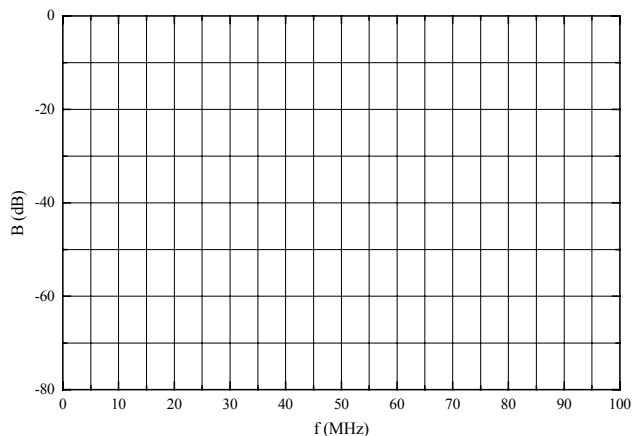
	blízky koniec		vzdialený koniec	
	U_{NE} (V)		U_{FE} (V)	
vzdialenosť (cm)	2,5	5	2,5	5
kapacitná väzba				
induktívna väzba				
kombinovaná väzba				

Závislosť presluchových napätí od typu vodiča obeť pre $U_{\text{ruš}} = \dots V$:

	blízky koniec			vzdialený koniec		
	U_{NE} (V)			U_{FE} (V)		
väzba	kap.	ind.	komb.	kap.	ind.	komb.
jednoduchý vodič						
dvojlinka						
koaxiálny kábel						
twistovaná dvojlinka						
semiridgid						

Frekvenčné závislosti niektorých väzieb na doske plošných spojov pri napätí zdroja rušenia $U_{\text{ruš}} = \dots \text{dBm}$:





Namerané hodnoty pomeru indukovaných napätí na vodičoch pri magnetickom tienení :

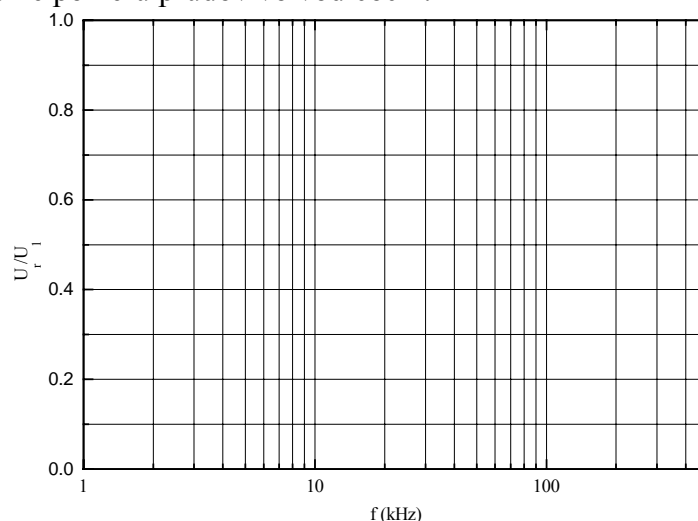
- pre dvojlinku

f (kHz)									
U_1 (mV)									
U_r (mV)									
U_r/U_1									

- pre koaxiálny kábel

f (kHz)									
U_1 (mV)									
U_r (mV)									
U_r/U_1									

Grafické zobrazenie pomeru prúdov vo vodičoch :



Koeficienty indukívnej väzby a frekvencie zlomu pre analyzované vodiče :

typ kábla	k	f (kHz)
dvojlinka		
koaxiálny kábel		

Poznanky pre budúcnosť :