



# MĚŘENÍ – Laboratorní cvičení z měření

## Měření přenosových vlastností dvojbranu, část 3-12-1

# Výukový materiál

**Číslo projektu:** CZ.1.07/1.5.00/34.0093

**Šablona:** III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

**Sada:** 22

**Číslo materiálu:** VY\_32\_INOVACE\_SPŠ-ELE-6-III2\_E3\_17



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# NÁZEV DUM

**Předmět: MĚŘENÍ**

**Ročník: 3.**

**Jméno autora: Ing. Vít Krňávek**

**Škola: VOŠ a SPŠ Šumperk, Gen. Krátkého 1**

**Anotace : Rozbor přenosových vlastností dvojbranu a jejich měření.**

**Klíčová slova: dvojbran, činitel napět'ového zesílení, zisk, útlum, amplitudová charakteristika, fázová charakteristika**

*Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Ing. Vít Krňávek  
Financováno z ESF a státního rozpočtu ČR.*

# POUŽITÉ ZDROJE

1. DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky - 4.díl, Přenosové charakteristiky elektronických obvodů, tranzistorové zesilovače*. 1. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2006. 296 s. ISBN 80-7300-185-3.
2. EICHLER, Josef a kolektiv autorů. *Elektronická měření*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1977. 485 s. DT 621-38.082(07).

Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Ing. Vít Krňávek  
Financováno z ESF a státního rozpočtu ČR.



# Přenosové vlastnosti dvojbranu

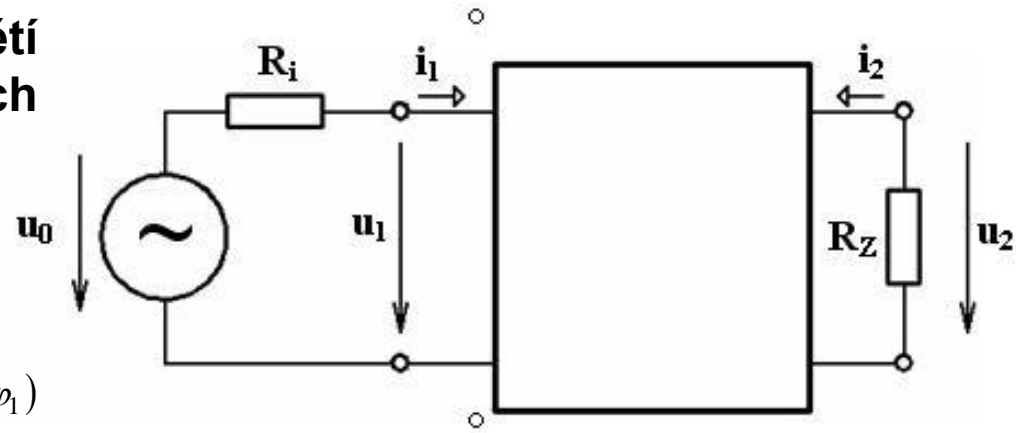
Je-li na vstupní svorky dvojbranu přivedeno vstupní napětí  $u_1$ , projeví se vlastnosti dvojbranu (nahrazuje určitý pasivní nebo aktivní obvod) změnou výstupního napětí  $u_2$  a výstupního proudu  $i_2$ . Přenosové vlastnosti dvojbranu lze popsat charakteristickými rovnicemi, nebo vyjádřit graficky pomocí charakteristik.

Vliv dvojbranu na přenos napětí a jeho fázi při různých kmitočtech vyjadřuje:

Činitel napět'ového zesílení  $A_u$

$$A_u(j\omega) = \frac{\bar{U}_2(j\omega)}{\bar{U}_1(j\omega)} = A_u(\omega) \cdot e^{j(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

při  $f = \text{konst.}$  Závislost modulu  $A_u$  na frekvenci představuje amplitudovou charakteristiku dvojbranu a závislost argumentu  $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$  na frekvenci představuje fázovou charakteristiku dvojbranu.

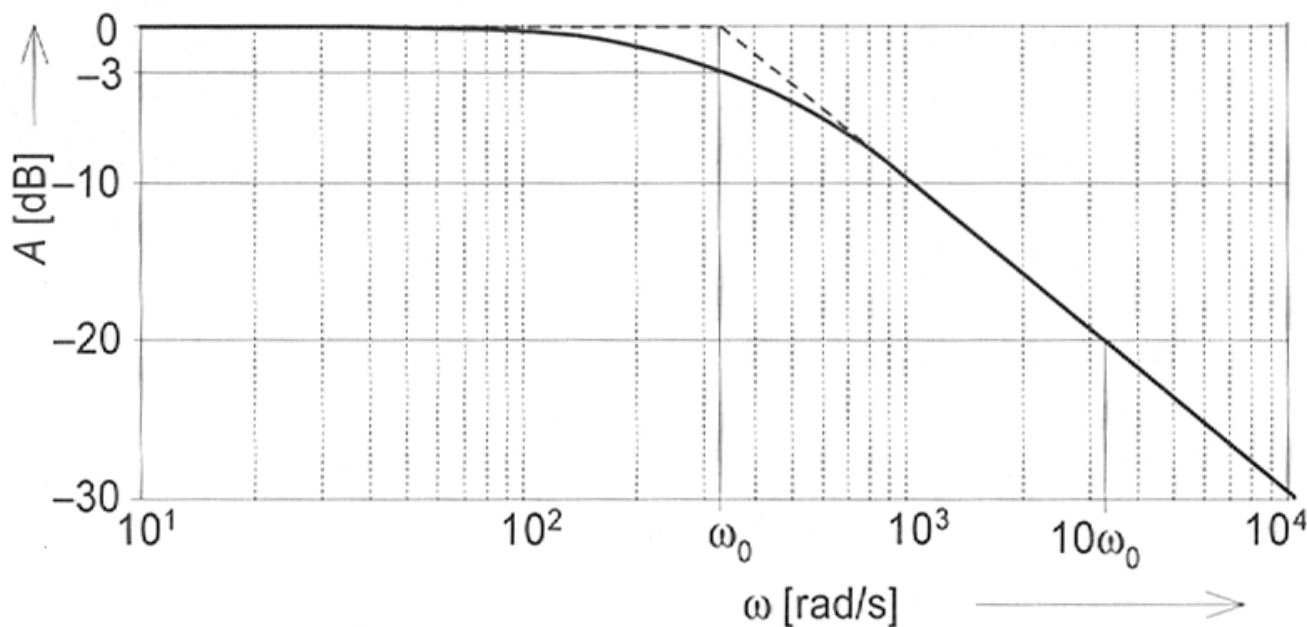


Přenosové vlastnosti dvojbranů se častěji vyjadřují v přenosových jednotkách zvaných decibely [dB] a činitel napět'ového zesílení se pak nazývá zisk.

$$a_u = 20 \cdot \log \frac{u_2}{u_1} \quad [ \text{dB}, \text{V}, \text{V} ]$$

U pasivních dvojbranů, kde činitel napět'ového zesílení je menší jak 1 se používá záporně vyjádřená hodnota zisku  $b_u = -a_u$ , která se nazývá útlum a vyjadřuje se vztahem

$$b_u = 20 \cdot \log \frac{u_1}{u_2} \quad [ \text{dB}, \text{V}, \text{V} ]$$



Příklad modulové  
(amplitudové)  
charakteristiky

## **Měření útlumové frekvenční charakteristiky:**

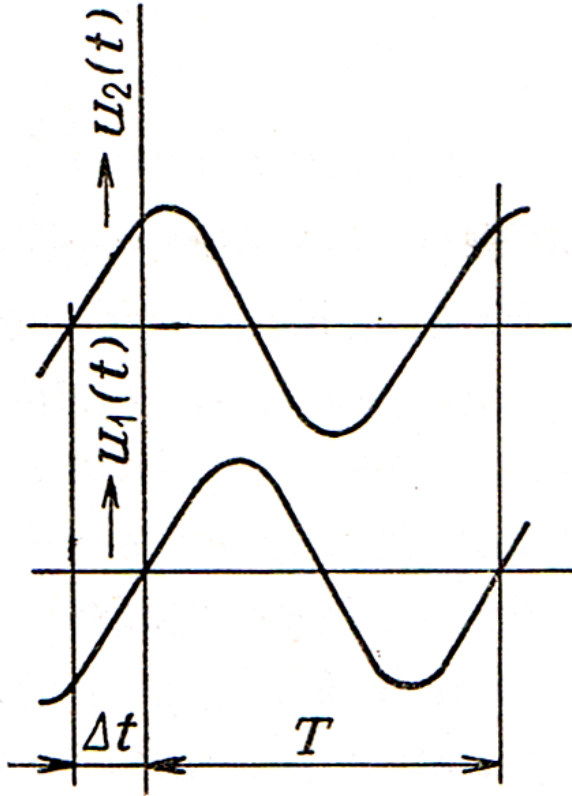
**Měření frekvenční charakteristiky útlumu  $b_u = f(f)$  se provádí měřením vstupního a výstupního napětí dvojbranu, nejčastěji pomocí osciloskopu, při změně frekvence vstupního signálu v požadovaném rozsahu a při konstantním vstupním napětí.**

**Z naměřené charakteristiky lze učit tzv. mezní kmitočet, při kterém dochází ke zvýšení útlumu o +3 dB.**

## **Měření fázové frekvenční charakteristiky:**

**Měření frekvenční charakteristiky fázového posunu výstupního napětí proti vstupnímu signálu  $\varphi = f(f)$  provádíme za stejných podmínek jako měření frekvenční charakteristiky útlumu a můžeme je provádět buď sledováním obou signálů na osciloskopu se společnou časovou základnou, nebo pomocí tzv. Lissajousova obrazce.**

**Při první metodě porovnáváme dva průběhy přibližně tvarově shodné a z časového posunu signálů na obrazovce dvoukanálového osciloskopu stanovíme fázový posun  $\varphi$ .**



Fázový posun lze nahradit údajem časového posunu  $\Delta t$ , vyjádřený buď absolutně, nebo relativně v poměru k době jedné periody průběhu  $T$ . Tento údaj násobený  $2\pi$ , odpovídá formálně fázovému posunu harmonického průběhu:

$$\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} \quad [\text{rad, s, s}]$$

nebo 
$$\varphi = 360 \frac{\Delta t}{T} \quad [^\circ, \text{s, s}]$$

Zdroj: EICHLER (2), str. 360.

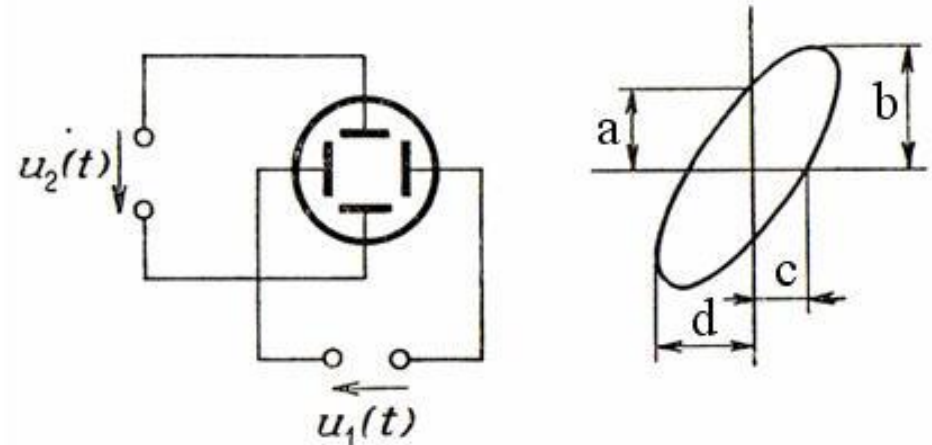


Metoda fázového posunu pomocí Lissajousova obrazce (elipsy) je založena na porovnávání dvou napět'ových signálů, které jsou současně přiváděny na oba navzájem kolmé vychylovací systémy obrazovky osciloskopu.

Na stínítku obrazovky se vytvoří elipsa, z jejíchž rozměrů lze určit fázový posun podle vztahů:

$$\varphi = \arcsin\left(\pm \frac{a}{b}\right) = \arcsin\left(\pm \frac{c}{d}\right) \quad [^\circ, \text{d}, \text{d}]$$










kde  $a$  až  $d$  jsou úseky vytknuté elipsou na osách vedených jejím středem ve směrech vychylování.



Zdroj: EICHLER (2), str. 361.

Popsaná metoda má však určité úskalí, které plyne z toho, že řešení obecné elipsy, když se omezíme na interval fázového úhlu  $\langle -\pi, \pi \rangle$  tj.  $\langle -180^\circ, 180^\circ \rangle$ , má obecně čtyři řešení. Jednoznačným se stává jen v rozsahu jednoho kvadrantu. Proto v případech, kdy kvadrant fázového úhlu není znám, je nezbytnou součástí vyhodnocení fázového posunu určení i jeho kvadrantu.

Připojíme-li vztažné napětí k horizontálně vychylujícímu systému tak, aby kladná hodnota vychylovala paprsek doprava a měřené napětí k vertikálně vychylujícímu systému tak, aby kladná hodnota vychylovala paprsek nahoru, lze určit kvadrant z orientace elipsy a směru oběhu paprsku po jejím obvodu jak je uvedeno v tabulce níže.

	III. kvadrant		IV. kvadrant		I. kvadrant		II. kvadrant	
								
$\phi = -180^\circ$	$-180^\circ < \phi$ $\phi < -90^\circ$	$\phi = -90^\circ$	$-90^\circ < \phi$ $\phi < 0$	$\phi = 0$	$0 < \phi$ $\phi < 90^\circ$	$\phi = 90^\circ$	$90^\circ < \phi$ $\phi < 180^\circ$	$\phi = 180^\circ$

Zdroj: EICHLER (2), str. 362.