

1 Zadání

1. Navrhněte a prakticky realizujte pomocí odporových a kapacitních dekád
integrační obvod se zadanou časovou konstantu: $\tau_1 = 62\mu s$
derivační obvod se zadanou časovou konstantu: $\tau_2 = 320\mu s$

Možnosti návrhu jsou určeny rozsahem jednotlivých dekád, se kterými vás seznámí vyučující. U obou obvodů vyhodnoťte jejich odezvu na jednotkový impuls (při 3 různých frekvencích) a pomocí číslicového osciloskopu a počítače vytiskněte, ocejchujte a popište časové průběhy napětí na výstupu jednotlivých obvodů. V závěru naměřené průběhy zhodnoťte a zdůvodněte.

2. Z naměřených průběhů graficky určete skutečné hodnoty časových konstant jednotlivých obvodů a výsledky porovnejte s teoretickými výpočty (se zadanou t).
3. Změřte a zdůvodněte časové průběhy výstupního napětí vybraného diodového omezovače (bez nebo s pomocným napěťovým zdrojem, se Zenerovou diodou, jednostranné nebo oboustranné). Měření proveďte pro kmitočty 200Hz, 2kHz a pro mezní kmitočet omezovače. U měřeného omezovače zjistěte minimální velikost amplitudy vstupního napětí, při kterém začíná omezovač pracovat a určete, čím je dána. Zdůvodněte závislost jejich funkce na amplitudě a kmitočtu vstupního napětí.
4. Změřte a zdůvodněte časové průběhy výstupního napětí tranzistorového omezovače. Vysvětlete funkci jednotlivých součástí ve schématu omezovače.
5. Změřte a znázorněte převodní charakteristiku napěťového komparátoru s operačním zesilovačem. Vysvětlete funkci jednotlivých součástí ve schématu komparátoru.

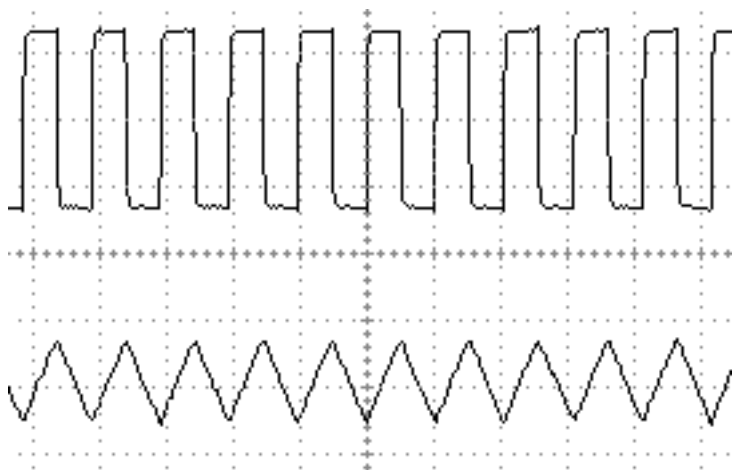
2 Teoretický úvod

2.1 Obdelníkový signál

Tvarování obdelníkového signálu můžeme provádět integračním a derivačním článkem. Tyto obvody mají časovou konstantu τ , která se počítá vztahem $\tau = RC$. Tyto obvody mají také kritickou frekvenci $f_k = \frac{1}{2\pi\tau}$. Tvarování signálu integračním a derivačním článkem můžeme dělit na $\tau < T$ a $\tau > T$.

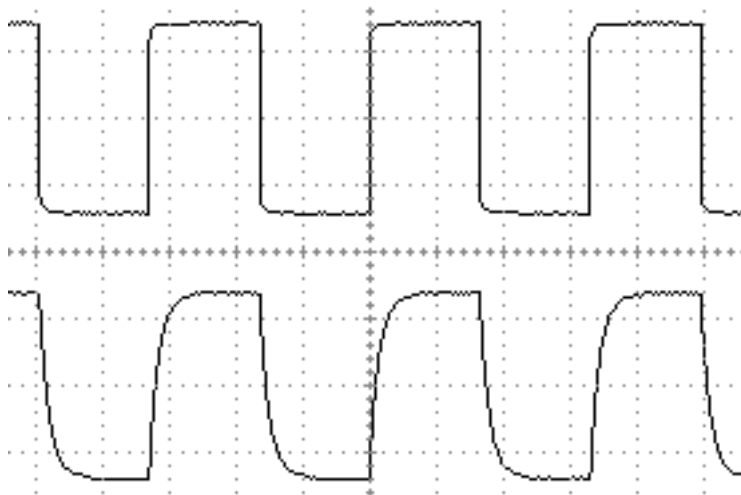
2.1.1 Integrační článek při $\tau > T$

Pokud je časová konstanta obvodu (τ) větší než perioda obdelníkového signálu, kondenzátor se nestací plně nabíjet a proro na výstupu je trojúhelníkový průběh. Amplituda tohoto signálu závisí na poměru časové konstanty a periody obdelníkového signálu.



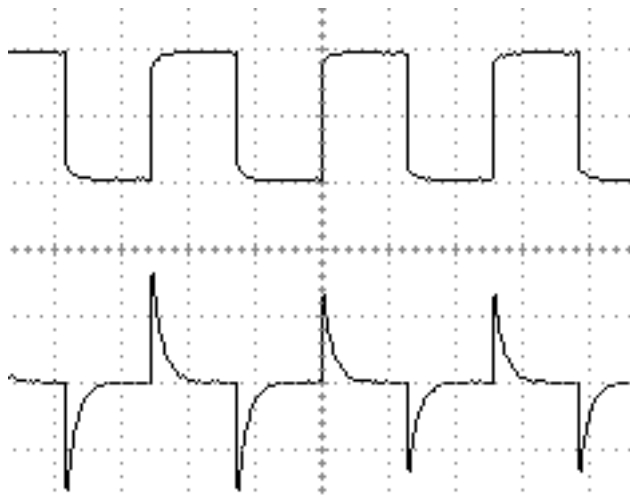
2.1.2 Integrační článek při $\tau < T$

Pokud je časová konstanta obvodu (τ) menší než perioda obdelníkového signálu a kondenzátor se stíhá nabíjet na vyšší napětí. To má za následek jen zaoblení rohů obdelíkového průběhu.



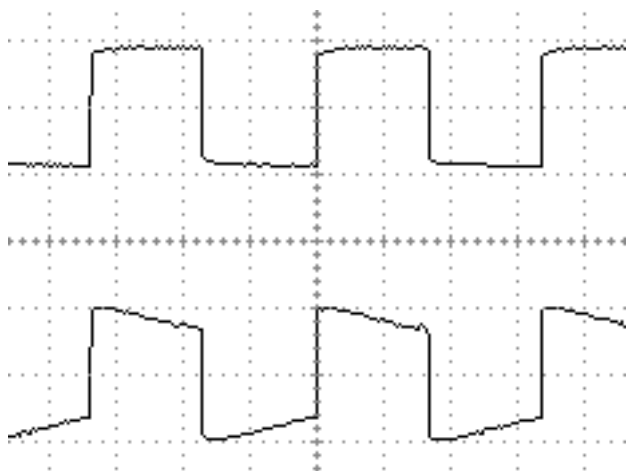
2.1.3 Derivační článek při $\tau < T$

Pokud je časová konstanta obvodu (τ) menší než perioda obdelníkového signálu, kondenzátor se rychle vybije a tvoří úzké pulzy.



2.1.4 Derivační článek při $\tau > T$

Pokud je časová konstanta obvodu (τ) větší než perioda obdelníkového signálu a kondenzátor se nestíhá vybíjet. Proto vznikají sešikmené plochy.



2.2 Rovnice přechodových jevů

Výstupní napětí při vybíjení kondenzátoru je dáno vztahem:

$$u_t = U_M * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

při nabíjení je to:

$$u_t = U_M * e^{-\frac{t}{\tau}}$$

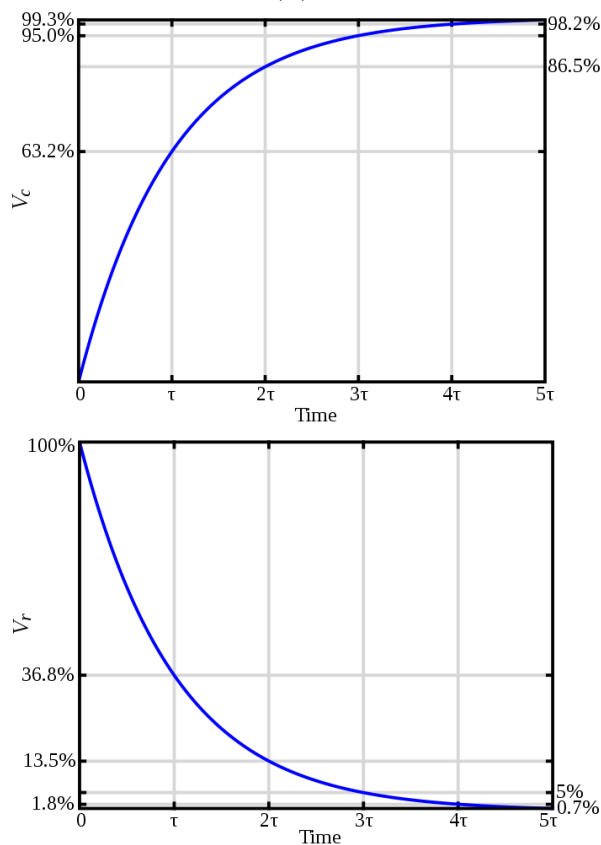
2.3 Určení časové konstanty obvodů

2.3.1 Výpočtem

$$\tau = R * C$$

2.3.2 Z grafu

Časová konstanta (τ) je dána změnou o 63%.



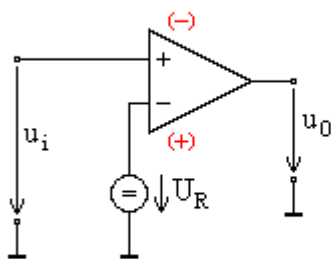
2.4 Podmínky pro ustálený stav výstupního napětí

U integračního článku je považováno výstupní napětí za ustálené dosáhne-li 95% napájecího napětí.

U derivačního článku je považováno výstupní napětí za ustálené dosáhne-li 5% napájecího napětí.

2.5 Napěťový komparátor

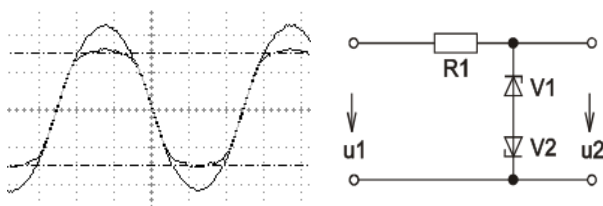
Na vstupu má dvě různá napětí, která vzájemně porovnává. Jedno ze vstupních napětí je tzv. referenční a na druhé připojujeme napětí, které chceme porovnávat či sledovat. Výstup je jednobitová hodnota, která je dána rozdílem vstupních napětí. Pokud je tento rozdíl kladný, na výstupu bude logická jedna (U_{CC}), pokud bude jejich rozdíl záporný, bude na výstupu logická nula ($-U_{CC}$ nebo 0). Realizovat tyto komparátory můžeme například rozdílovým zesilovačem. Tyto komparátory lze použít jako A/D převodník, pro regulaci, sledování či stabilizaci napětí nebo jiných veličin, které na napětí můžeme převádět.



2.6 Omezovač amplitudy

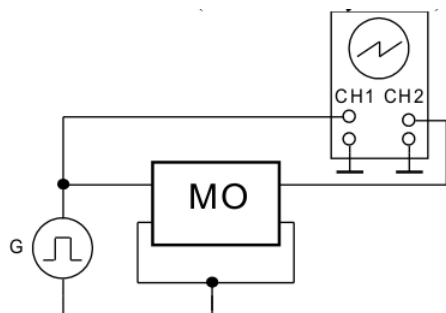
Jde o obvod, který nám omezuje vstupní napětí na určitou hodnotu tak, že na jeho výstupu se objeví stejný průběh jako má vstupní signál, pouze všechny napěťové úrovně, které překračují určitou mez, jsou oříznuté. Tato mez je dána diodami v obvodu, ale dá se také nastavit pomocí referenčního napětí pomocného zdroje.

V těchto omezovačích, jejichž výhodou je současné zesílení signálu, dochází k omezení vlivem poklesu zesílení při přechodu pracovního bodu tranzistoru do oblasti nasycení a při přechodu z aktivní oblasti do oblasti závěrné. Pokud je okamžitá hodnota napětí záporná, tranzistor je uzavřen a napětí na kolektoru, tj. výstupní napětí U_2 , je rovno napětí zdroje U_{cc} . Když napětí U_1 převyší prahové napětí přechodu báze-emitor, začne se tranzistor otevírat a proud do báze je zesilován, kolektorový proud zvětšuje úbytek na rezistoru R_c , napětí U_2 klesá.

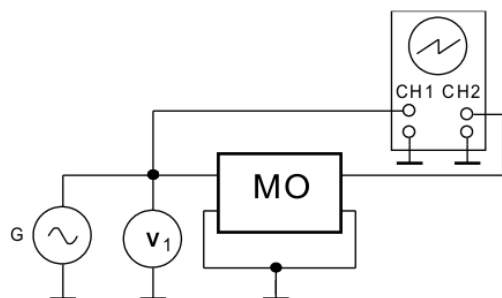


3 Schéma zapojení

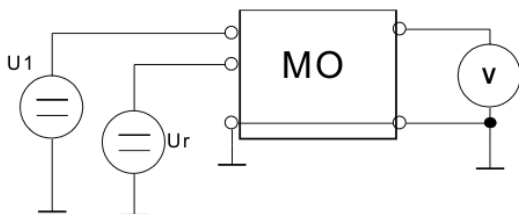
3.1 Měření na integračním a derivačním článku



3.2 Měření na omezovačích



3.3 Měření na komparátoru



4 Postup měření

1. Pomocí kapacitních a odporových dekád sestavte postupně integrační a derivační obvody dle vašeho předchozího návrhu. Na vstup obvodů připoj zdroj obdélníkových impulsů s možností změn periody výstupního napětí. Periodu těchto impulsů zvolte tak, aby se vámi navržený obvod dostal do ustáleného stavu před změnou stavu obdélníkového průběhu. Pomocí číslicového osciloskopu sejměte časové průběhy výstupního napětí jednotlivých obvodů tak, aby každý graf obsahoval maximálně jednu periodu výstupního signálu (kvůli přesnému vyhodnocení časové konstanty obvodů). V grafických závislostech pak podle teoretických předpokladů uvedených v Teoretickém úvodu graficky vyznačte časovou konstantu obvodu a její hodnotu porovnejte s hodnotou použitou při návrhu.
3. Na vstup diodového omezovače připojte zdroj sinusového napětí s daným kmitočtem - přesnou hodnotu kmitočtu kontrolujte čítačem. Postupně zvyšujte amplitudu vstupního signálu až do doby, kdy omezovač začne plnit svoji funkci. Určete amplitudu vstupního napětí v tomto okamžiku a zdůvodněte v závěru vaší práce její velikost. Poté ještě zvýšte velikost amplitudy vstupního signálu - na osciloskopu se objeví výrazný vliv omezovače na tvar výstupního napětí. Tento průběh vytiskněte nebo jiným způsobem sejměte ze stínítka osciloskopu. Poté udržujte konstantní amplitudu vstupního signálu a změňte jeho kmitočet na vyšší - na osciloskopu by se měla projevit nedostatečná rychlost reakce součástek na změny vstupního napětí. Při třetím měření nastavte hodnotu kmitočtu vstupního napětí až na mez funkce omezovače (stále při konstantní hodnotě amplitudy). Hodnotu kmitočtu pak uveďte v závěru jako mezní parametr použití omezovače.
4. Na vstup tranzistorového omezovače přiveďte trojúhelníkový signál z funkčního generátoru. Při volbě amplitudy vstupního signálu musíte vycházet z katalogových hodnot typu tranzistoru použitého v omezovači! Ověřte chování tohoto typu omezovače opět pro tři průběhy trojúhelníkového vstupního napětí s rozdílným kmitočtem, ale s konstantní amplitudou - stejně jako v případě diodových omezovačů. Zjistěte velikost vstupního napětí, při kterém začíná omezovač plnit svoji funkci. Tuto hodnotu uveďte v závěru práce a zdůvodněte její velikost.
5. Na vstup napěťového komparátoru s OZ přiveďte dvě různá stejnosměrná napětí z nezávislých zdrojů. Jeden ze zdrojů může být pevný, jeho napětí pak volte jako referenční hodnotu. Při volbě velikosti vstupního napětí vycházejte z katalogových hodnot uváděných pro daný typ OZ. Zjistěte chování komparátoru minimálně pro tři rozdílné úrovně vstupního napětí při konstantní hodnotě referenčního napětí. Určete, zda použitý komparátor má napěťovou hysterezi.

5 Naměřené a vypočtené hodnoty

5.1 Integrační článek

Vypočítané hodnoty pro $U_M = 14V$, $R = 20k\Omega$, $C = 3,1nF$

t [τ]	0	1	2	5
t [μs]	0	62	124	310
u(t) [V]	0	8.84	12.10	13.9

Příklad výpočtů:

$$u(t) = U_M * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = 14 * (1 - e^{-\frac{\tau}{\tau}}) = 8.84V$$

$$u(t) = U_M * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = 14 * (1 - e^{-\frac{2\tau}{\tau}}) = 12.1V$$

$$\tau_{nam} = 66\mu s$$

5.2 Derivační článek

Vypočítané hodnoty pro $U_M = 14V$, $R = 8k\Omega$, $C = 40nF$

t [τ]	0	1	2	5
t [μs]	0	320	640	1600
u(t) [V]	14	5.15	1.89	0.09

Příklad výpočtů:

$$u(t) = U_M * (e^{-\frac{t}{\tau}}) = 14 * (e^{-\frac{\tau}{\tau}}) = 5.15V$$

$$u(t) = U_M * (e^{-\frac{t}{\tau}}) = 14 * (e^{-\frac{2\tau}{\tau}}) = 1.89V$$

$$\tau_{nam} = 340\mu s$$

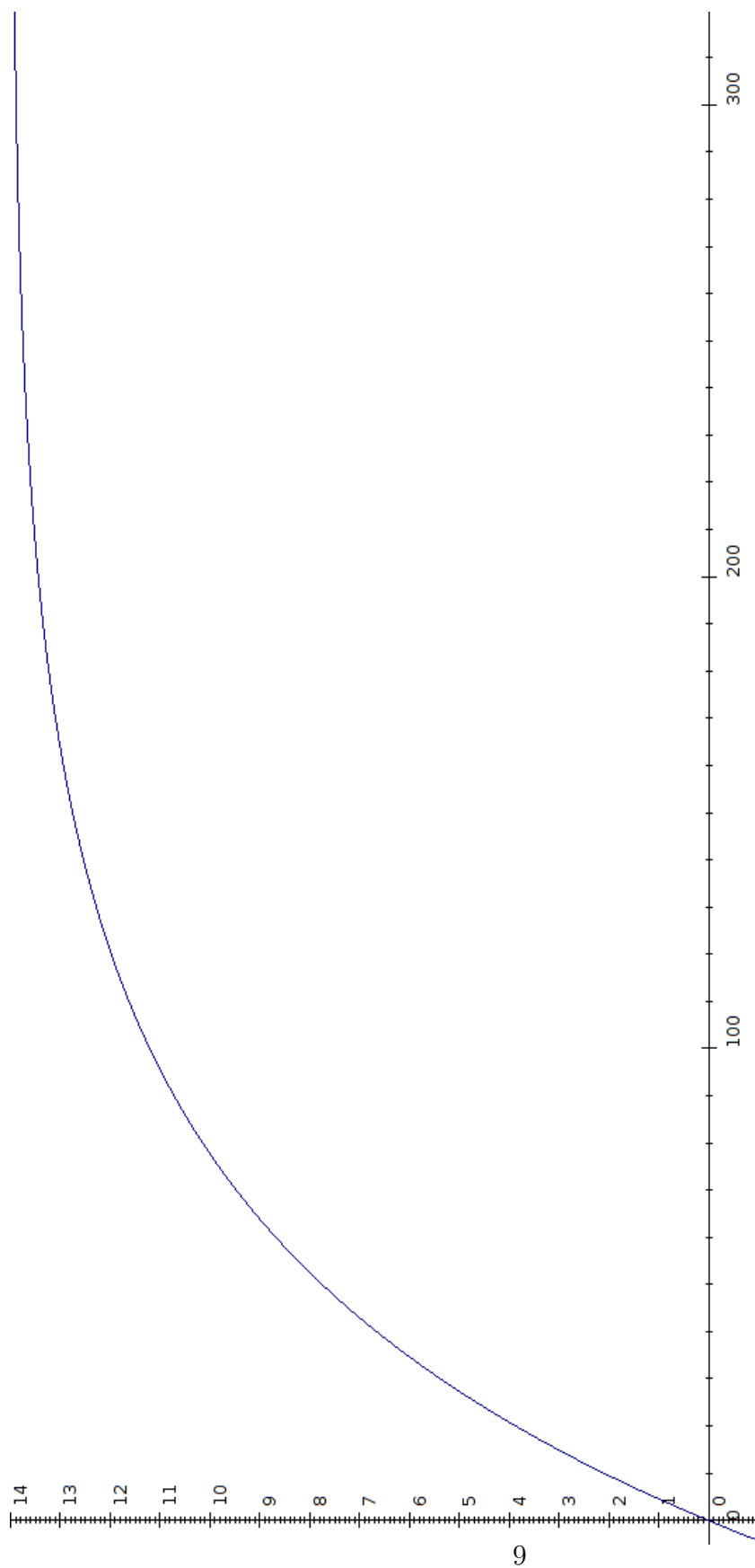
5.3 Komparátor

$U_R = 3V$

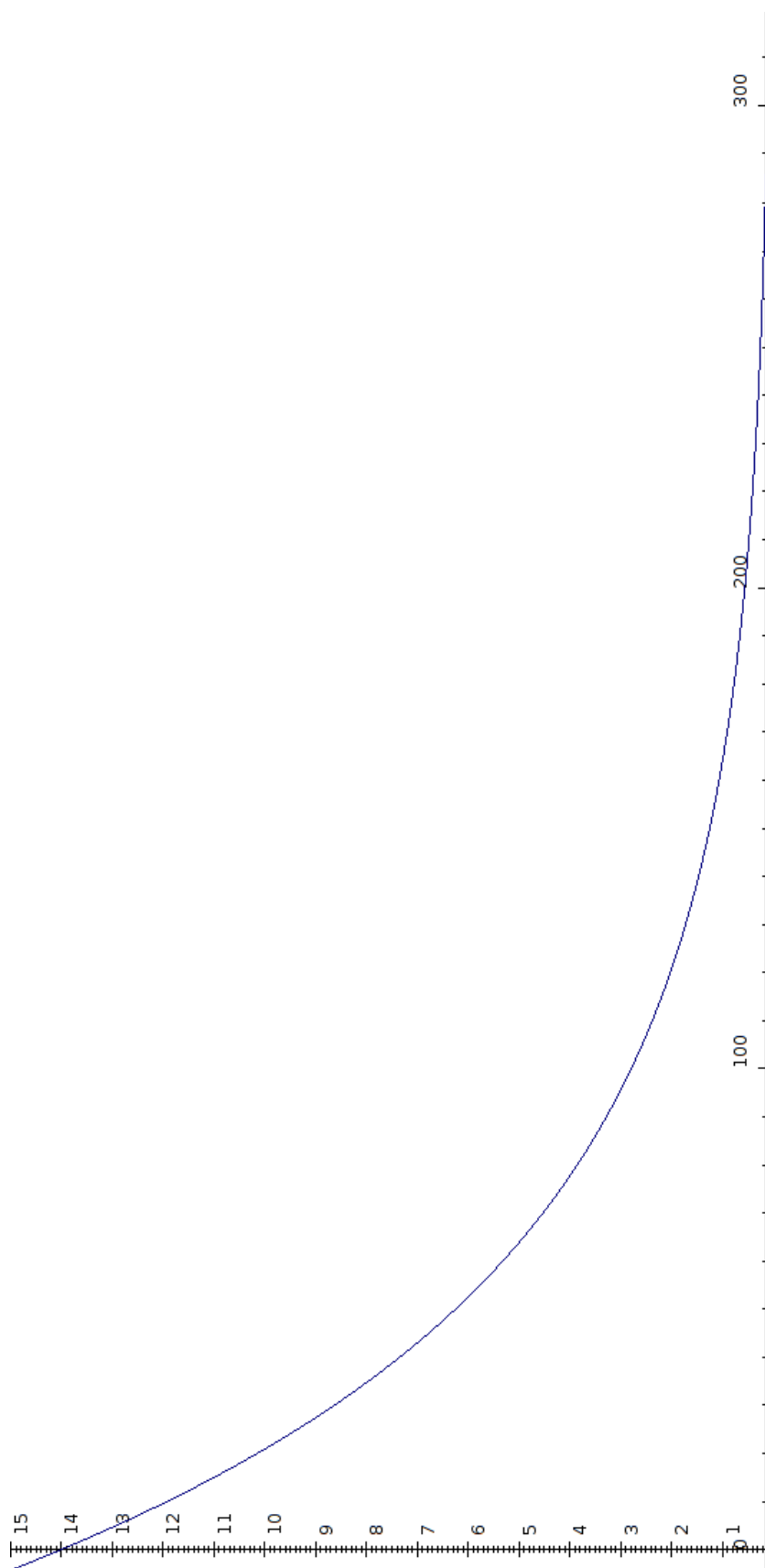
U_1 [V]	1.5	3	4
U_2 [V]	4.63	4.63	-0.67

6 Grafy

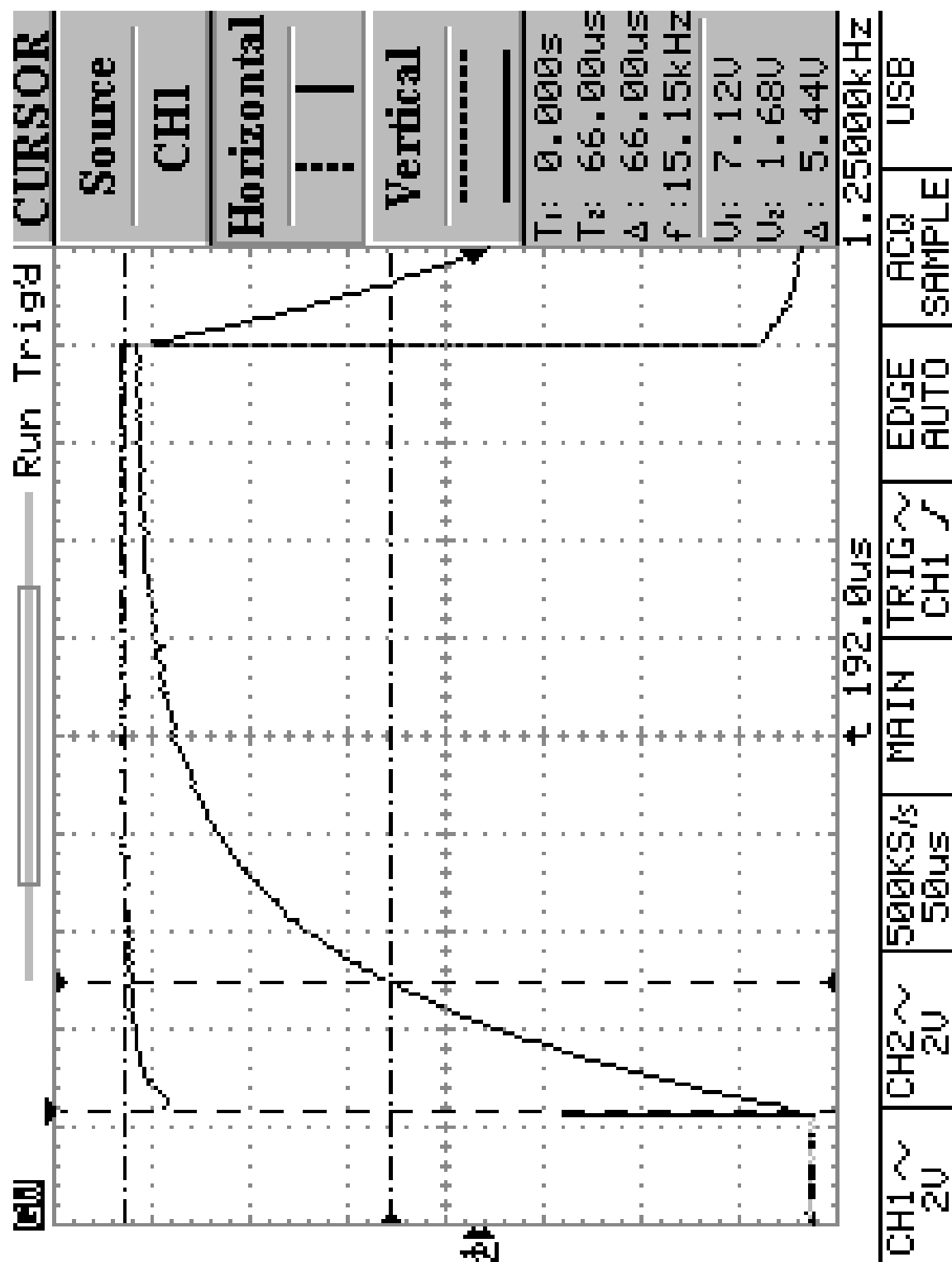
6.1 Průběh napětí na integračním článeku (teoreticky)

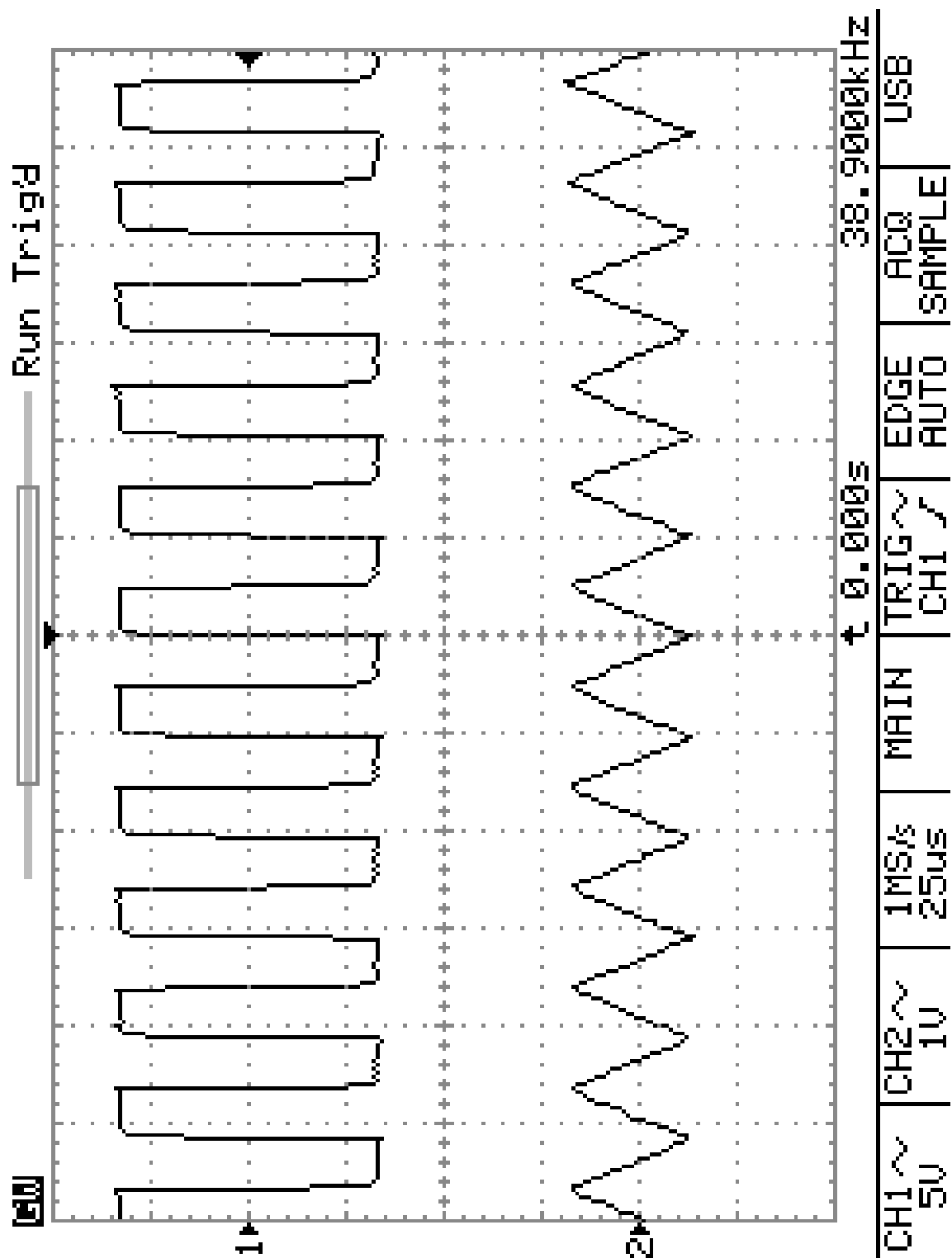


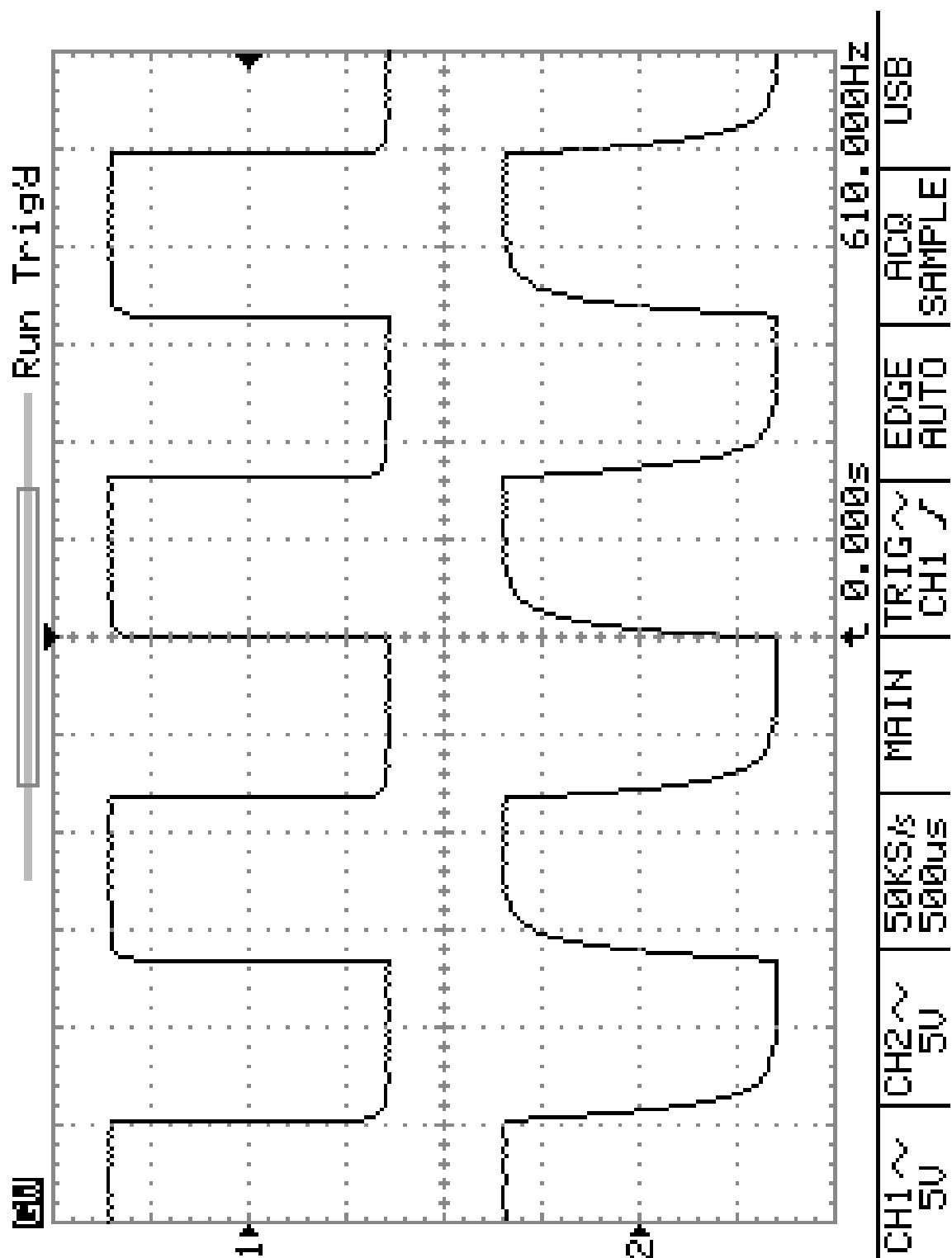
6.2 Průběh napětí na derivačním článku (teoreticky)



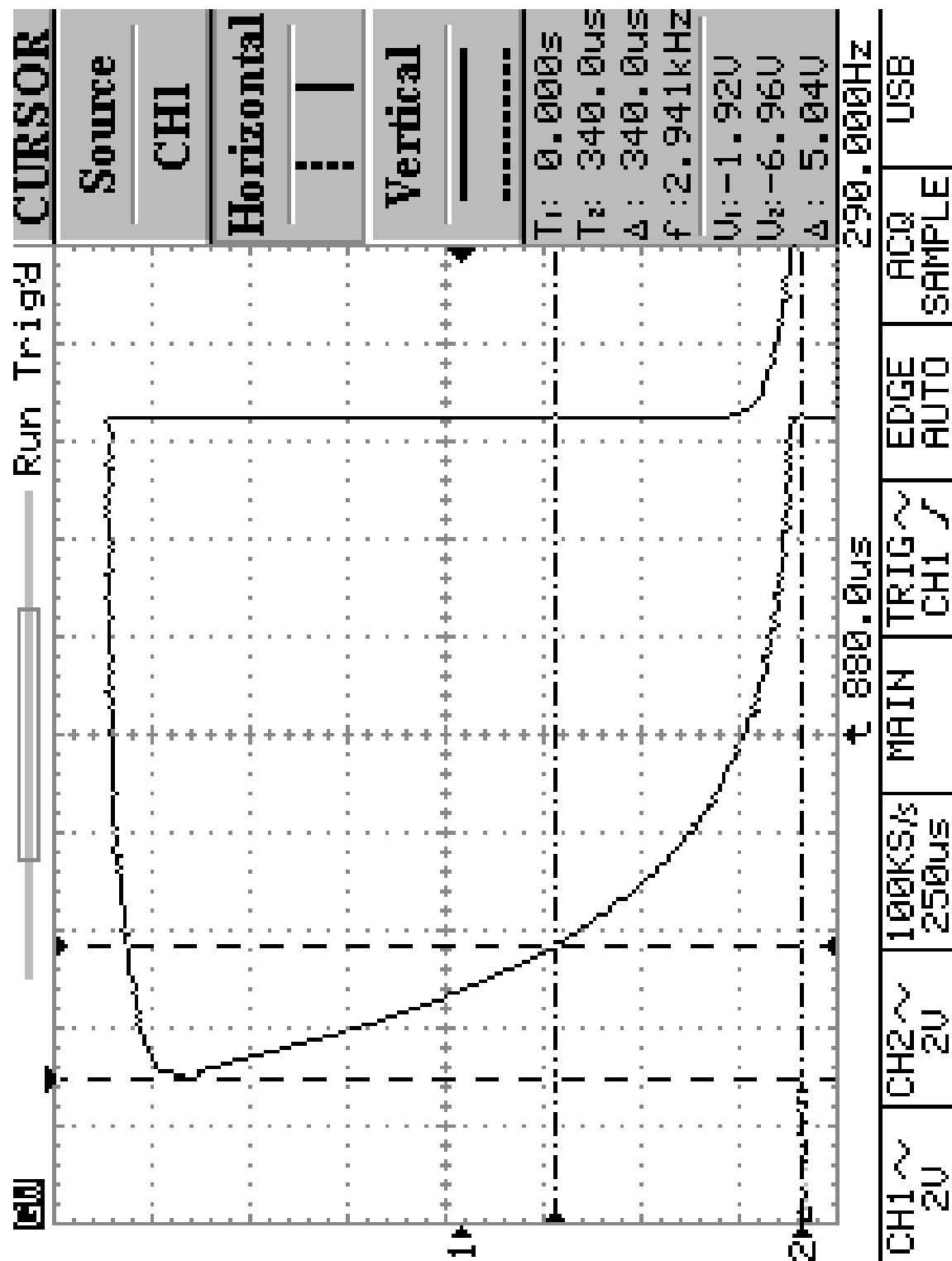
6.3 Integroční čálnek (zjištění τ z grafu)



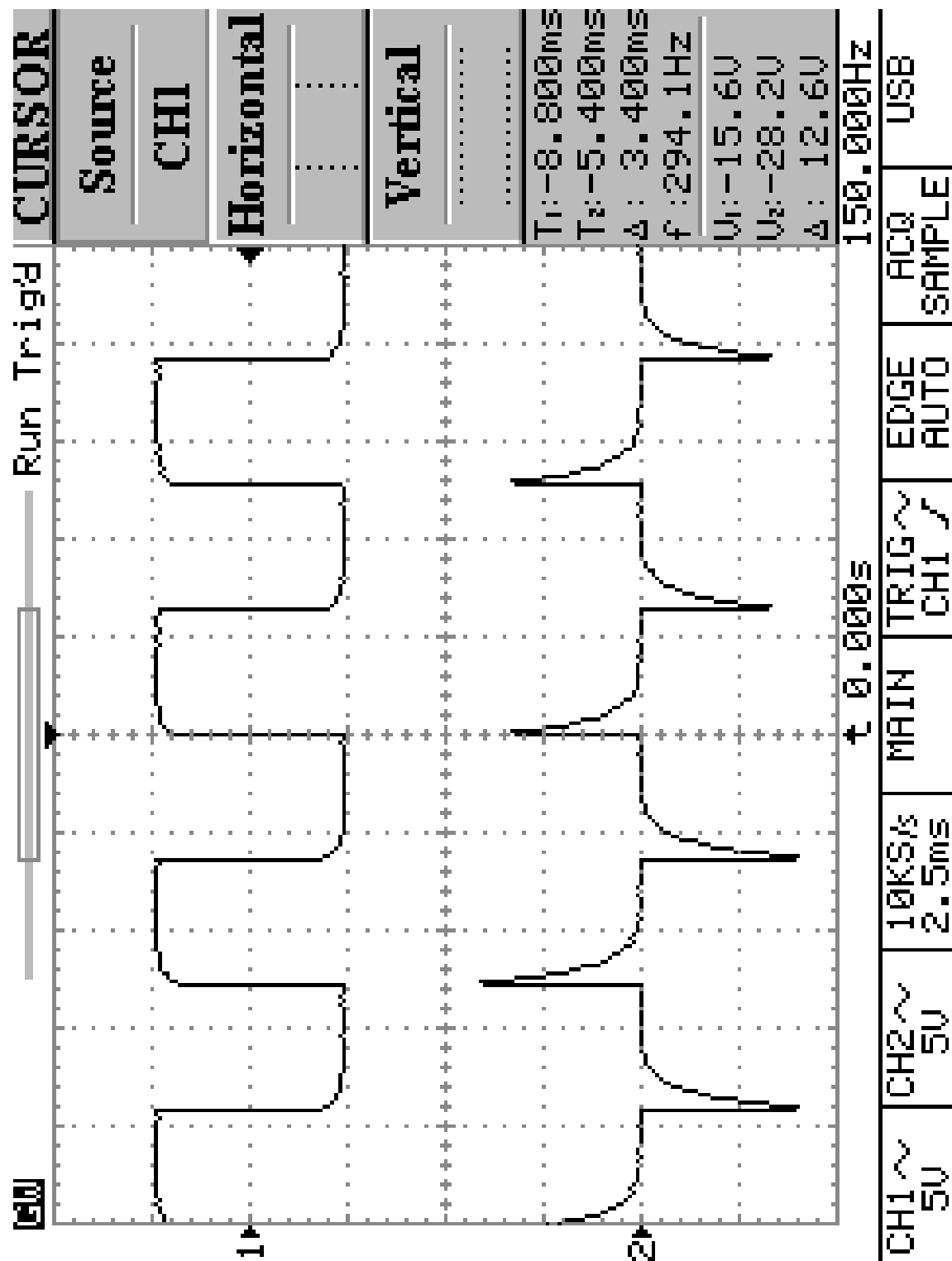
6.4 Zkreslení integračním článkem při $\tau > T$ 

6.5 Zkreslení integračním článkem při $\tau < T$ 

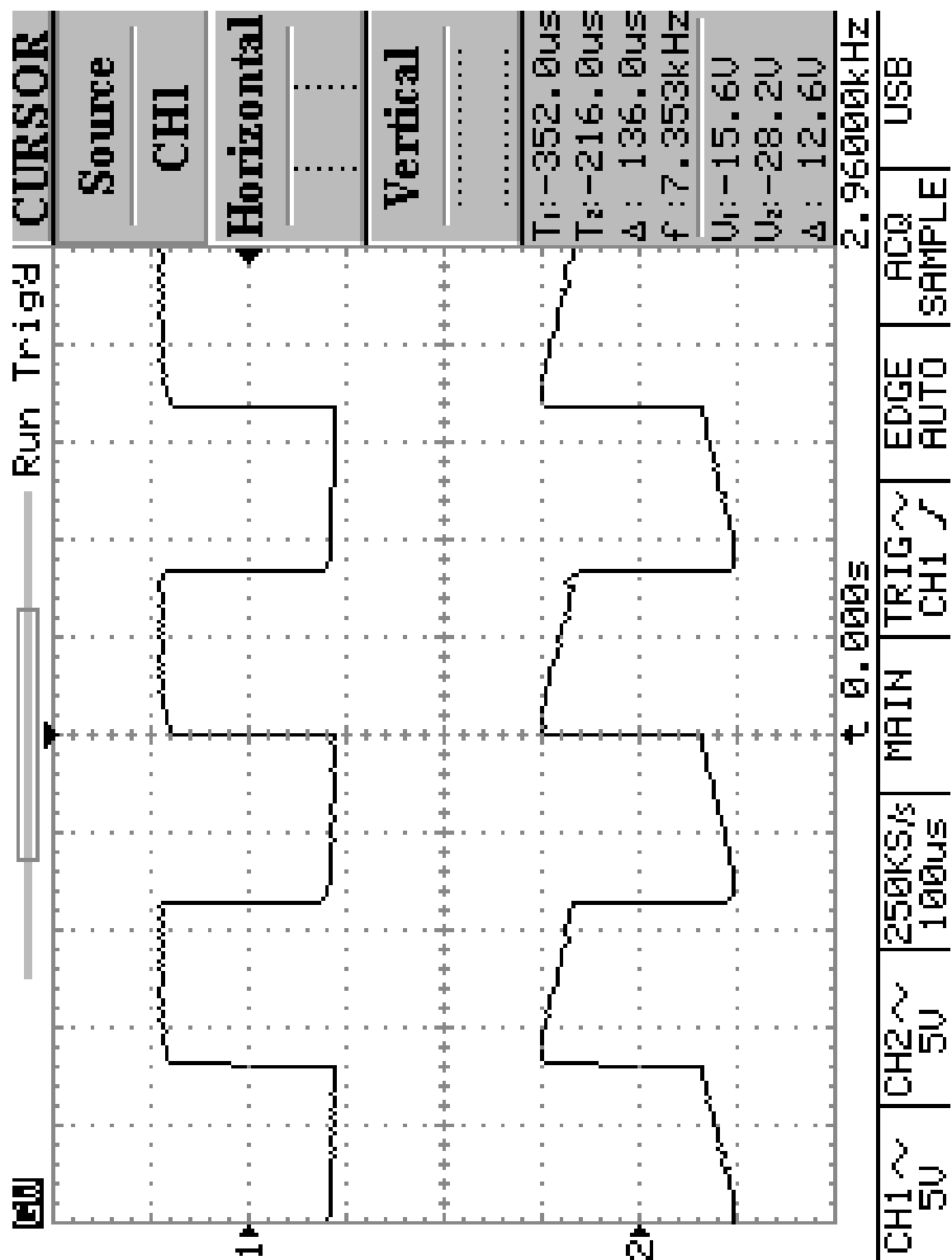
6.6 Derivační článek (zjištění τ z grafu)



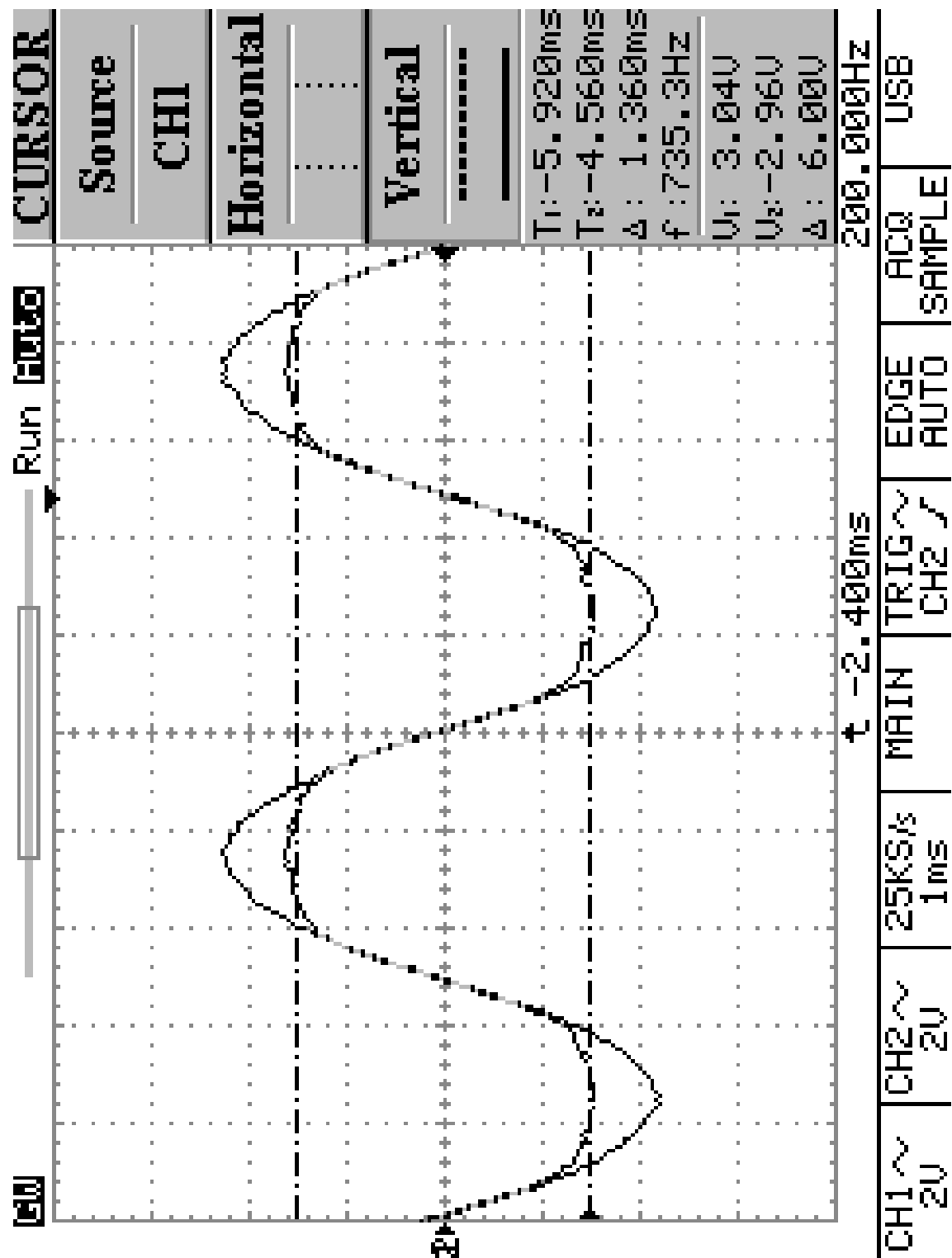
6.7 Zkreslení derivačním článkem při $\tau > T$



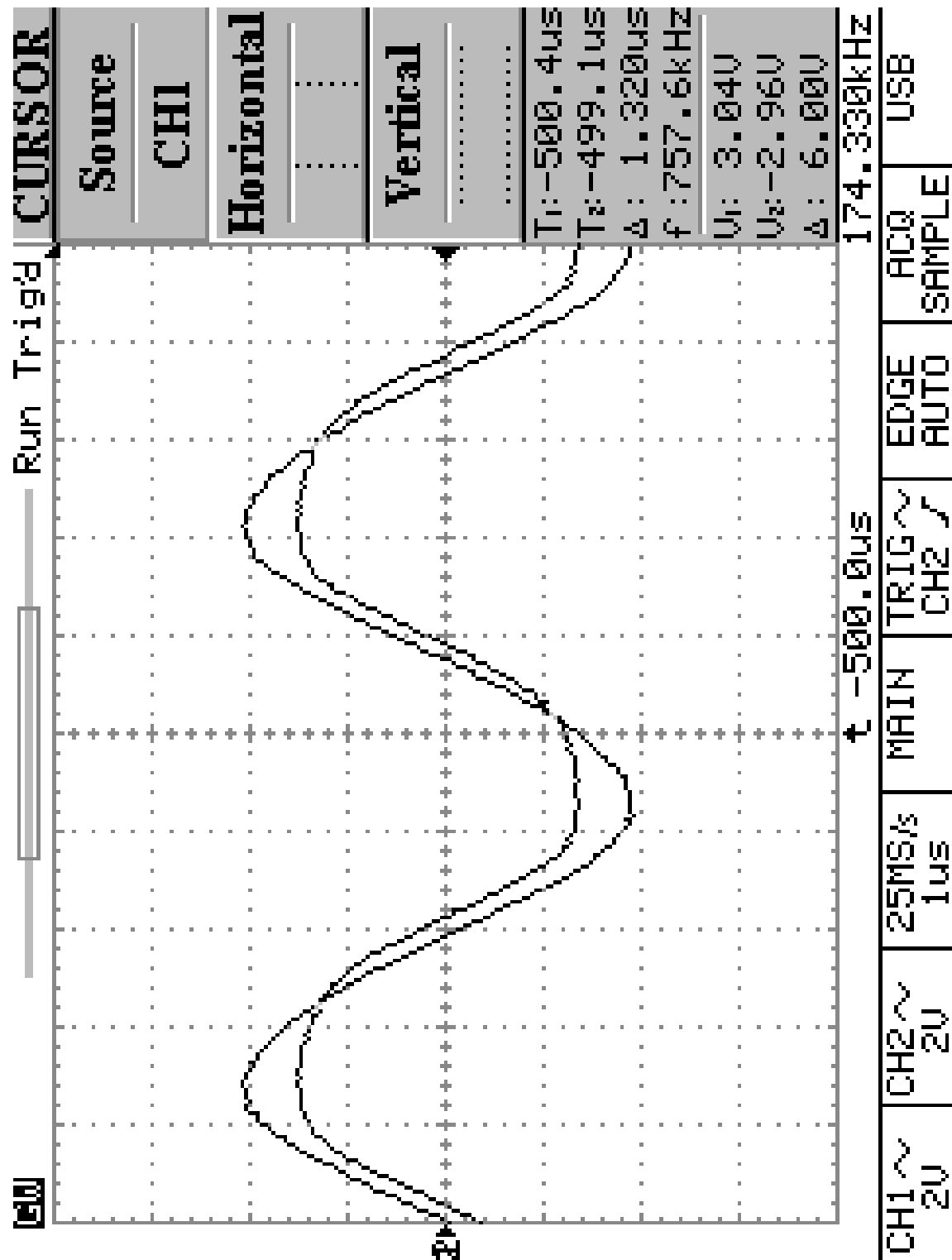
6.8 Zkreslení derivačním článkem při $\tau < T$



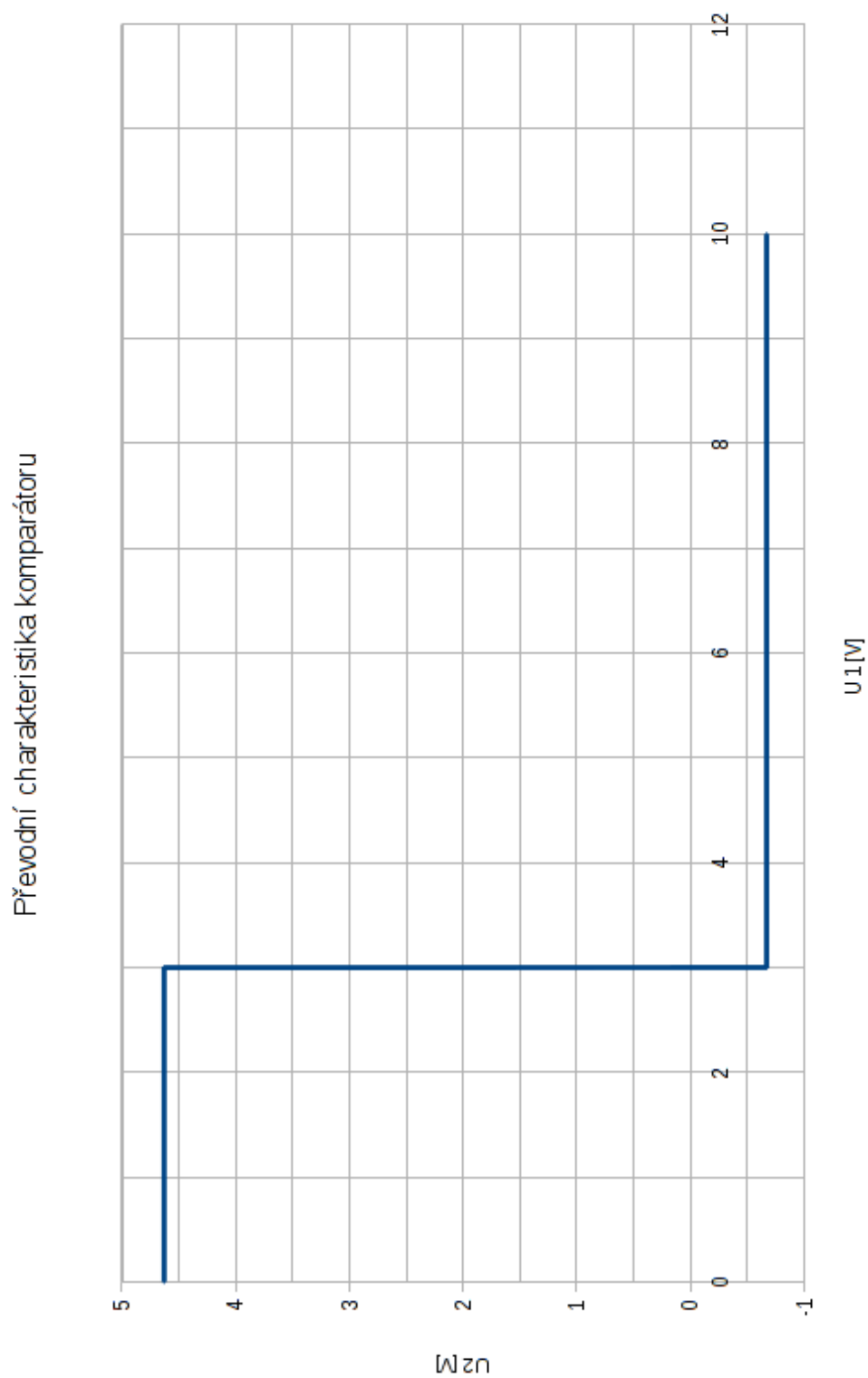
6.9 Diodový omezovač



6.10 Mezní frekvence diodového omezovače



6.11 Převodní charakteristika komparátoru



7 Závěr

Při měření časové konstanty z grafu měla vyjít u integračního článku $\tau = 62\mu s$, vyšla $\tau = 66\mu s$. U derivačního článku měla vyjít $\tau = 320\mu s$ a vyšla $\tau = 340\mu s$.

Zkreslení při různých poměrech τ a T se shodují s teoretickými předpoklady.

Diodový omezovač začal omezovat amplitudu od 3V. To že amplituda nebyla konstantní (se zvětšováním napětí pořád nepatrně rostla), je dáno nelinearitou charakteristiky diod. Mezní frekvence diodového omezovače je 46kHz, při vyšších frekvencích je mezi vstupem a výstupm fázový posuv. Ten je způsoben vnitřní kapacity diod.