

# Laboratorní zdroj - 3. část

Publikované: 20.03.2016, Kategorie: Silové části

[www.svetelektro.com](http://www.svetelektro.com)

Měření statických a dynamických vlastností zdroje.

Vývoj zdroje dospěl do fáze, kdy se mi podařilo odladit většinu rychlých přechodových dějů a záskmitů. Nic tedy nebránilo „prvnímu“ měření.

Měření jsem prováděl podle postupně zveřejněném na webu [svetelektro.com](http://svetelektro.com)

Napěťový regulátor našeho laboratorního zdroje je nastavitelný v rozsahu 0,150 – 48,000 V (minimální krok 1mV).

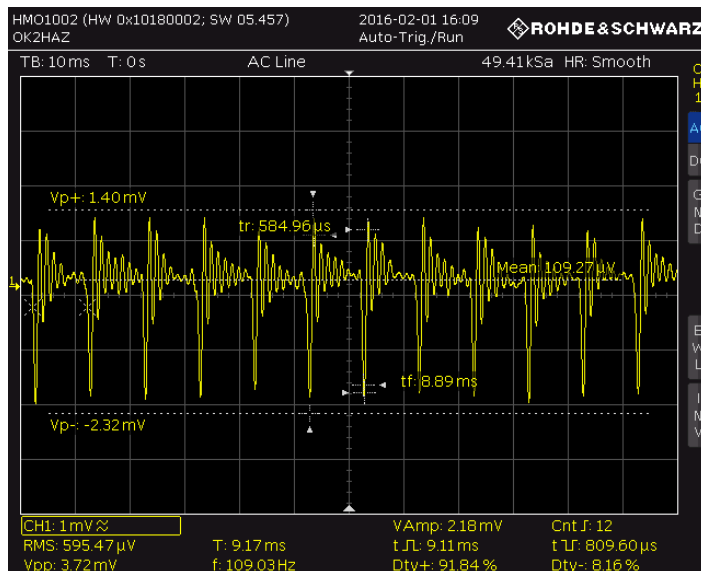
Proudový regulátor je nastavitelný v rozsahu 0,8mA – 2,0000 A / 10mA\* – 10,000A\* (minimální krok 0,2mA / 5mA\* ).

\* - modul s větším proudovým rozsahem (do 10A) nebyl dosud osazen

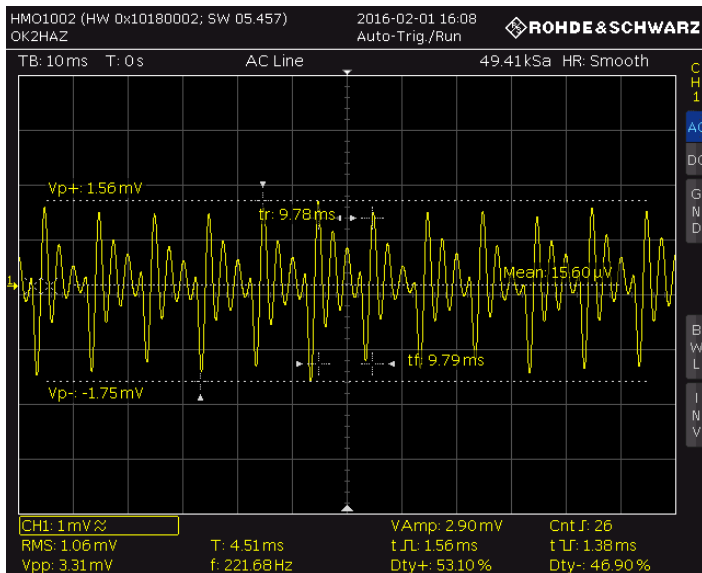
## Zvlnění výstupního napětí v režimu konstantního napětí (CV)

Následující obrázky ukazují průběhy napětí na svorkách zdroje.

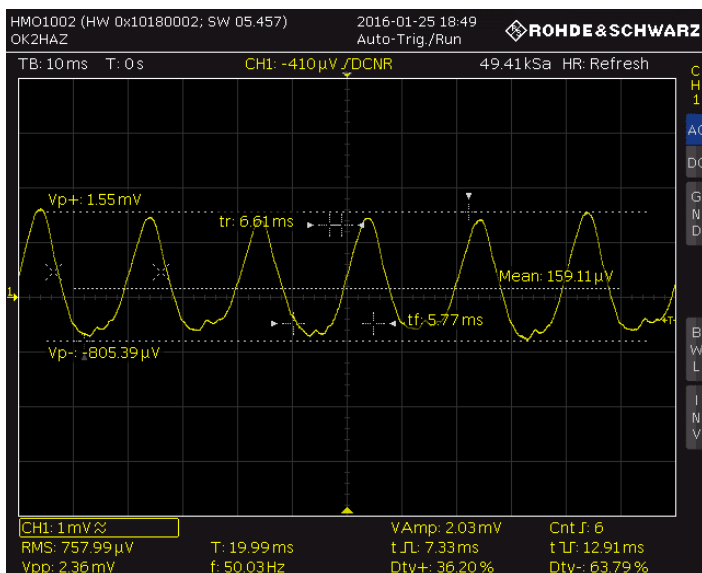
- Při nulovém proudu



CV\_10V\_10uF\_0mA

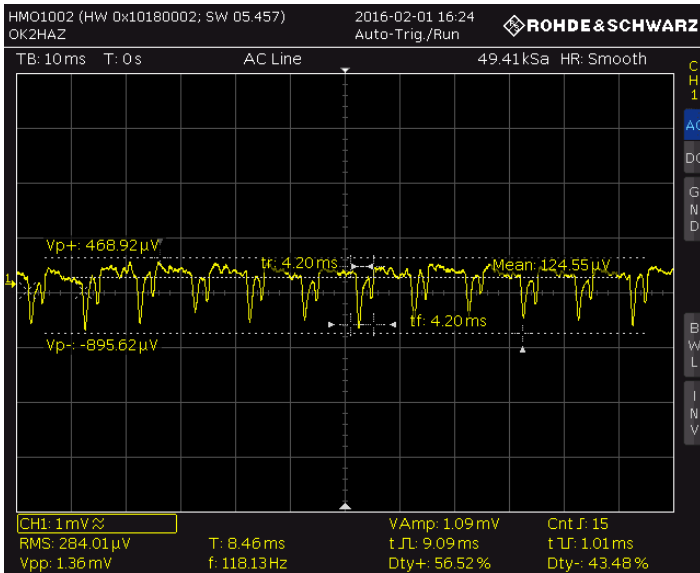


CV\_10V\_47uF\_0mA

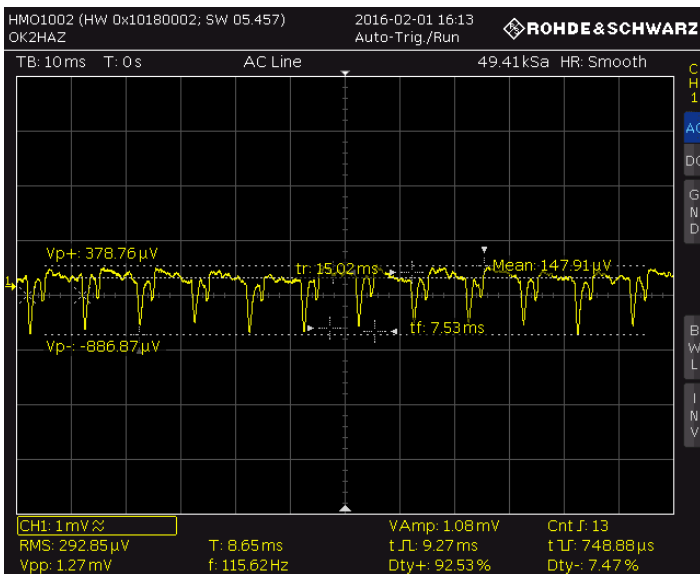


CV\_10V\_100nF\_0mA

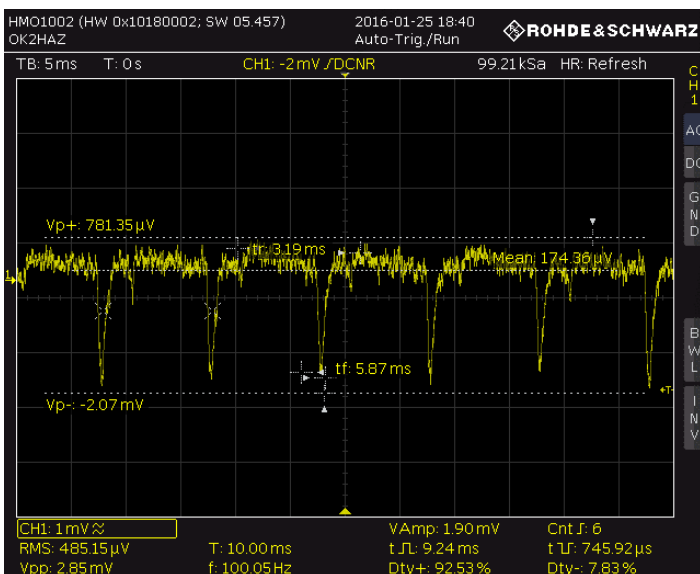
- Při zátěži



CV\_15V\_1364mA

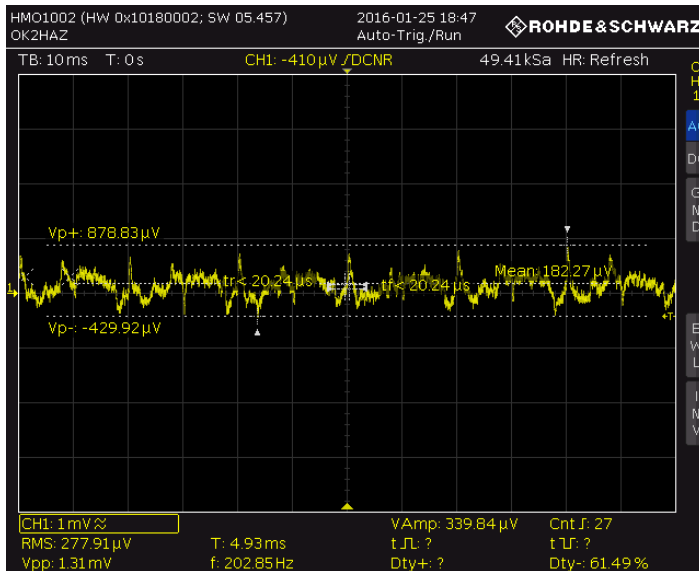


CV\_10V\_1109mA

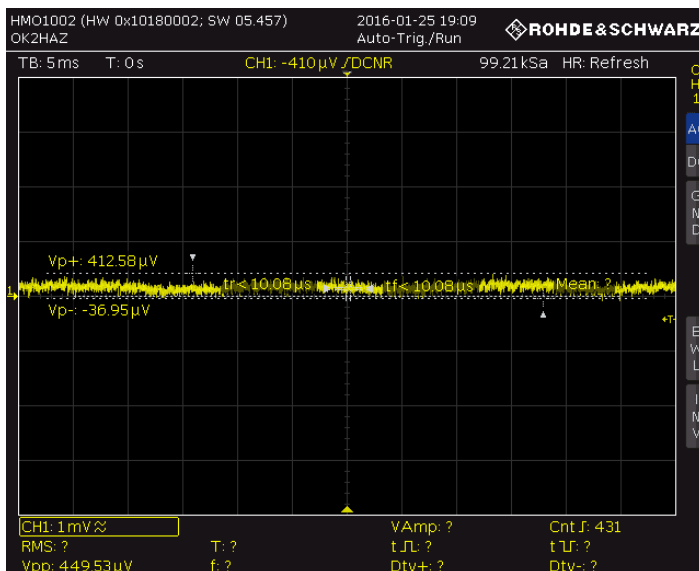


## Zvlnění výstupního napětí v režimu konstantního proudu (CC)

- režim proudu  $I = 1000\text{mA} / 10\text{mA}$
- 



1000mA\_9,54V



0,1V\_10mA

Následující tabulka ukazuje odchylky proti nastavení hodnoty na zdroji, její změřeni 16-ti bitovým AD převodníkem zdroje a kontrolní měření laboratorním stolním 5,5 místným měřidlem Fluke 8842. Jako zátěž sloužily dvě žárovky 12V / 21W v sérii.

Nastavené U	AD zdroj NP	AD zdroj zátěž	U 8842 Fluke na prázdko	U 8842 Fluke zátěž	I žár. 12V/21W	Vnitřní odpor [mΩ]
-------------	----------------	-------------------	----------------------------	-----------------------	-------------------	-----------------------

1,000V	1,002	1,002	0,99236	0,99134	0,443	2,30
5,000V	5,003	5,004	4,9998	4,9979	0,792	2,40
10,000V	10,004	10,005	10,0082	10,0056	1,11	2,34
15,000V	15,006	15,007	15,0148	15,0117	1,364	2,27
20,000V	20,008	20,009	20,02	20,016	1,594	2,51

### Vliv zátěže na výstupní napětí v režimu CV

Výst. Napětí zdroje naprázdno [V]	Výst. Napětí zdroje pod zátěží [V]	Akt. Proud [A]	Pokles napětí [mV]	Vnitřní odpor [mΩ]	Napěťová odchylka [%]
10,0077	10,005	1,102	2,7	2,45	0,03
10,0077	10,0039	1,589	3,8	2,39	0,04
15,0142	15,011	1,361	3,2	2,35	0,02
15,0143	15,0096	1,977	4,7	2,38	0,03

### Vliv zátěže na výstupní proud v režimu CC

Výst. Proud zdroje [A]	Nastavené napětí [V]	Změna výst. Proudů [mA]	Vnitřní odpor [kΩ]	Proudová odchylka [%]
0,99999	5	0,0000	500	
0,99998	10	0,01	1000	0,0010
0,99997	15	0,02	750	0,0010
1,99500	5	0	55,55555556	
1,99496	10	0,04	250	0,0020
1,99487	15	0,13	115,3846154	0,0045

### Výsledné parametry:

- zvlnění v režimu napětí  $I=0$  je cca **2mV**
- zvlnění v režimu proudu je **1,5mV**
- vnitřní odpor zdroje v režimu napětí je ~ **2,4mΩ** !!!
- vnitřní odpor zdroje v režimu proudu je ~ **250kΩ** !!!
- odchylka napětí při zátěži je maximálně **0,038%**
- odchylka proudu při zátěži je maximálně **0,0045%**
- 

**Dosažené hodnoty výrazně převyšují naše očekávání. Po umístění do plechové krabice, doplnění síťových filtrů a feritových filtrů na vedení předpokládáme ještě další mírné zlepšení parametrů.**

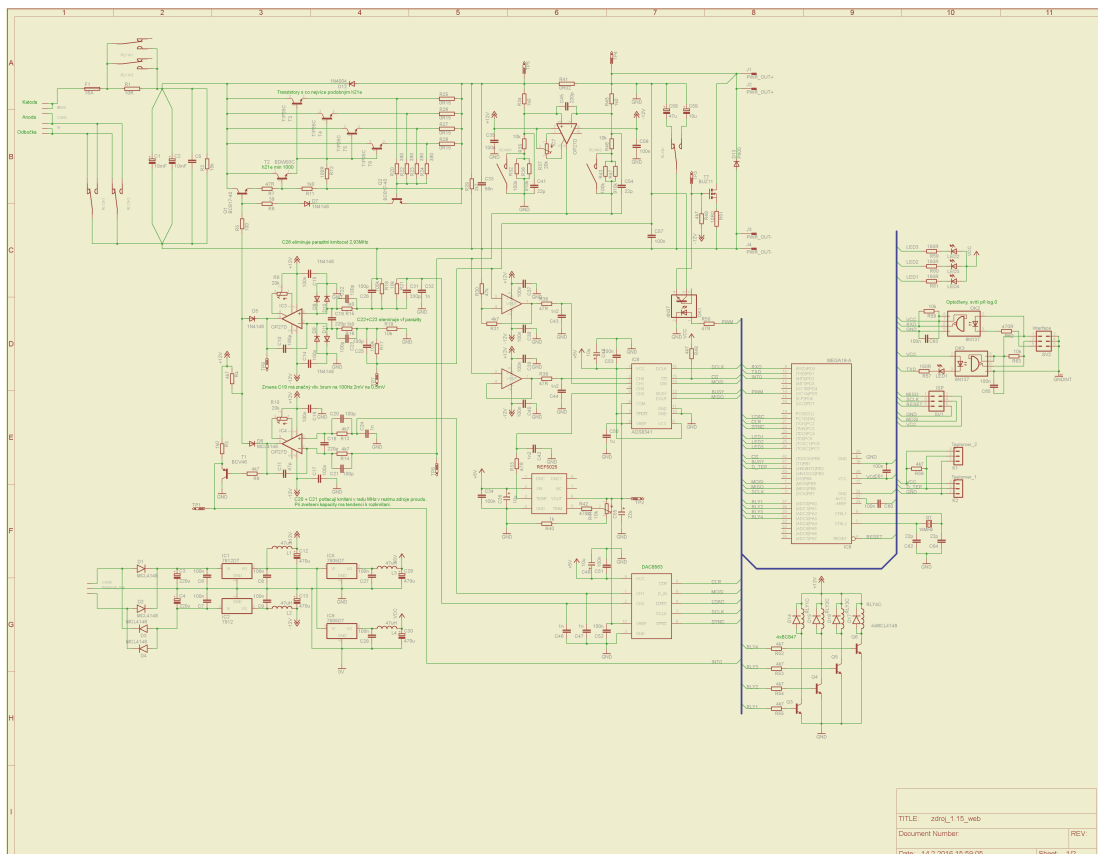


Schéma modulu zdroje

Dále budu popisovat dynamické vlastnosti zdroje, opět jsem postupoval podle podmínek v článku na [svetelektro.com](http://svetelektro.com)

### Meřící přístroje:

Multimetr – Fluke 8842 (5,5 místný)

Osciloskop – Rohde&Schwarz – HMO1002

Při ožiování se vyskytnul problém s rozkmitáváním zdroje, to jsme ale očekávali. Zlobila napěťová i proudová stabilizace. Konkrétně pak situace vypadala takto:

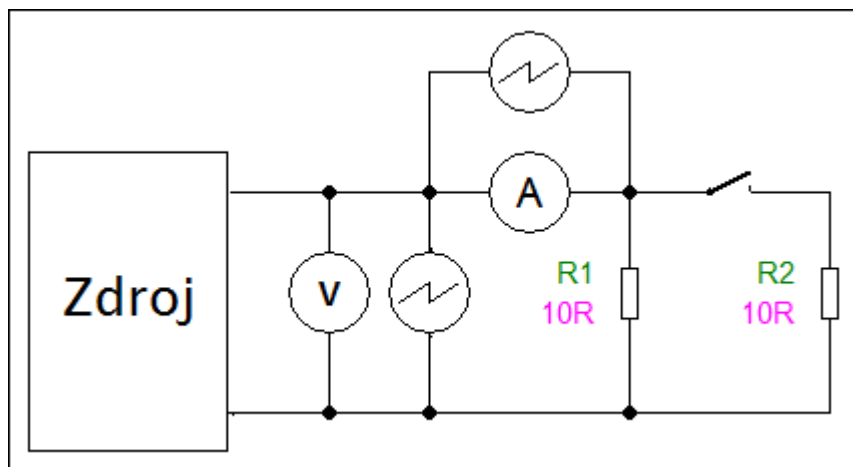
- Zdroj při změnách napětí zakmitává v oblasti cca 330kHz
  - vyřešeno přidáním 100pF blokovacích kondenzátorů k rezistorům R17 a R18, změnou C31 na 330pF
- Nutná výměna původních silových tranzistorů BD911 => TIP35C. BD911 nedokázaly kvůli malému povrchu pouzdra dostatečně dobře odvádět teplo do chladiče. TIP35C mají menší tepelný odpor (1°K/W 40%zlepšení)
- „brum“ zdroje na 100Hz
  - C19 se musel zvýšit z původních 10pF na 220pF, brum spadnul z 2mV na 0,5mV
- Výměnou silových tranzistorů se začal přetěžovat předchozí řetězec Q1, T2
  - T2 původně BD439 nahrazen darlingtonem **BDW93C**
- Při velkém napěťovém rozsahu zdroje (vinutí sériově) se přehřívá Q1
  - R11 změněn z 100R na 1kΩ – zesílení koncového stupně jsme snížili, to omezilo i zakmitávání.
- Chování zdroje v blízkosti nuly se dá dobře upravit trimrem R37 u proudového OZ
- Přidán blokovací kondenzátor 220p mezi vstupy proudového OZ (IC7), bez něj pojistka zakmitává v oblasti 2,3MHz, s kondenzátorem potlačeno.

### Měření v dynamickém režimu

Zdroj byl zatěžován v pulzním režimu při kmitočtu **1000Hz** s délkou pulzu **20μs** a při kmitočtu **30Hz** s délkou pulzu **1ms**.

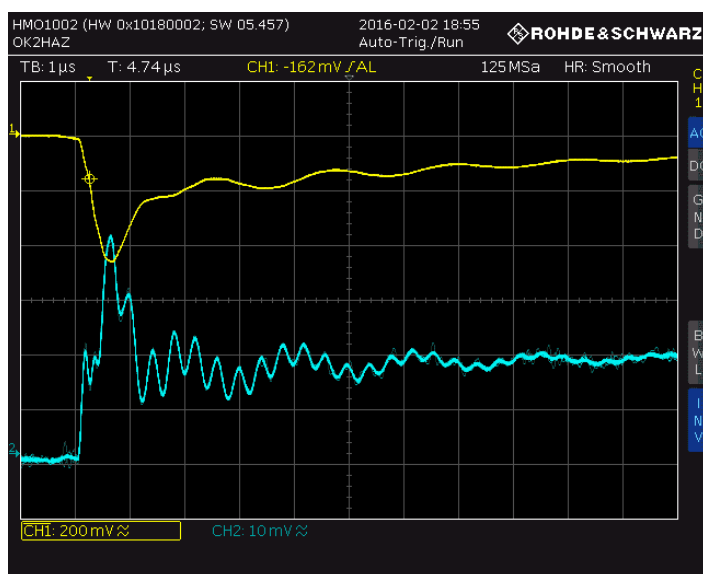
- žlutě napětí - na svorkách zdroje
- modře proud - úbytek na 20mΩ bočníku, takže 10mV odpovídá 0,5A

### Schéma zapojení

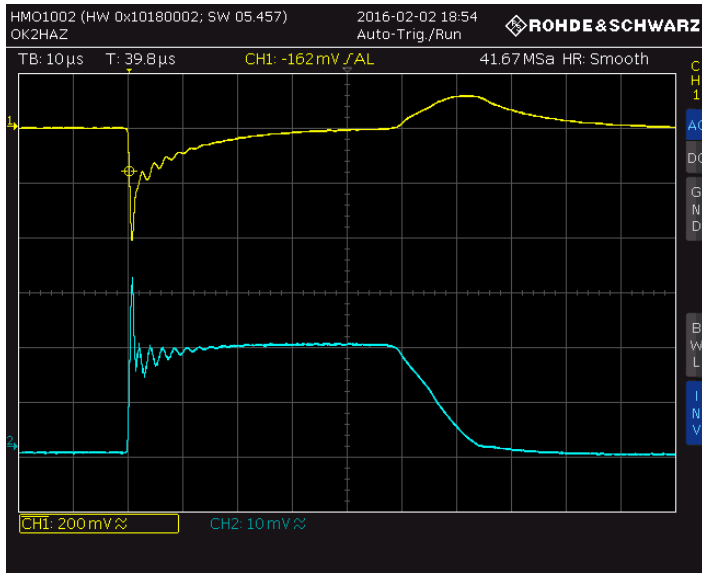


### Dynamická odezva na změnu zátěže v režimu (CV)

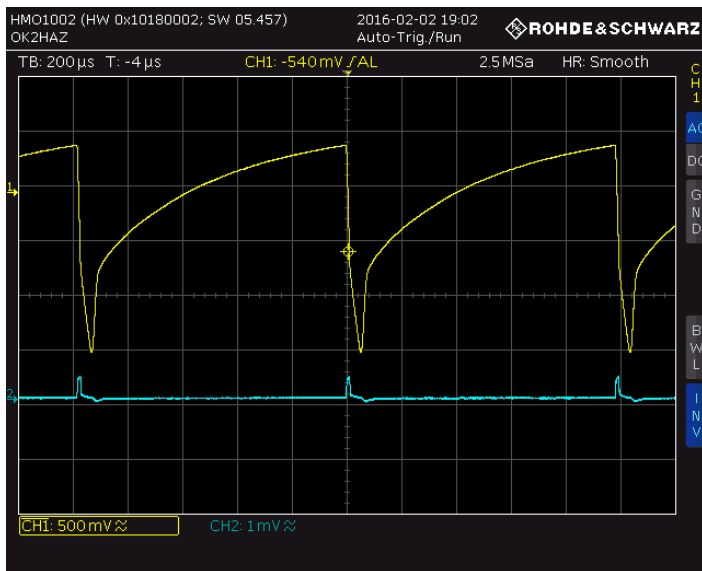
Napětí na zdroji nastaveno na 10,000V, proudová pojistka na maximum (2,7A). Na svorkách trvale odporová zátěž 10Ω, v pulzu se pomocí FETu paralelně připojí druhý odpor 10Ω/5W.



CV\_1000Hz\_20us\_10R/10R

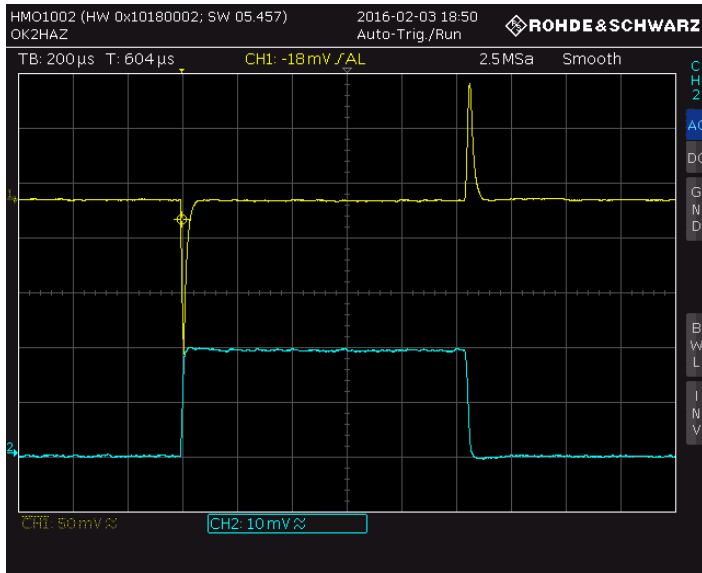


CV\_1000Hz\_20us\_10R/10R\_detail

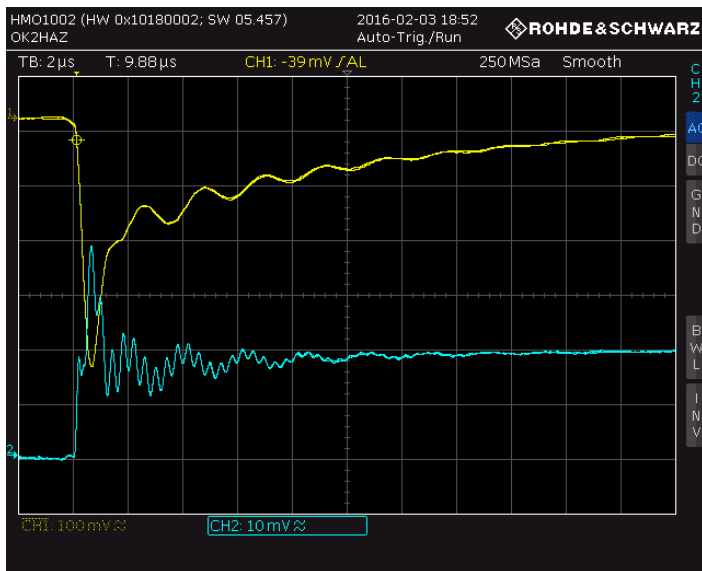


CV\_1000Hz\_20us\_10R/10R\_detail2

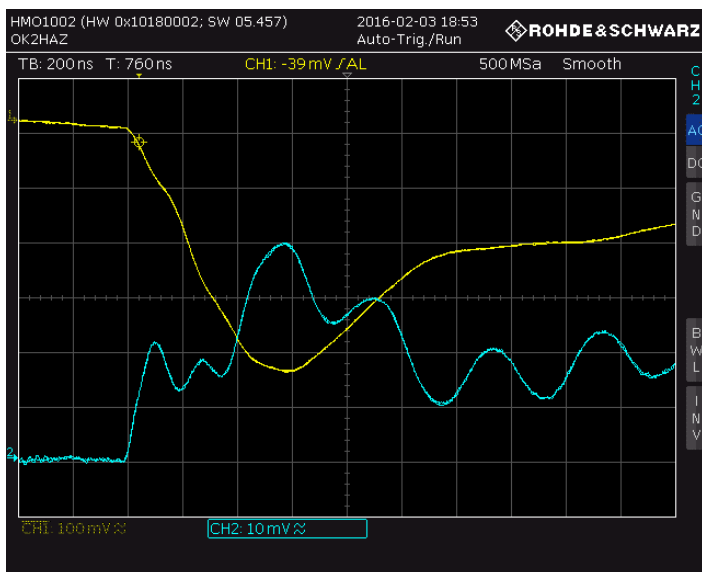




CC\_32Hz\_1ms



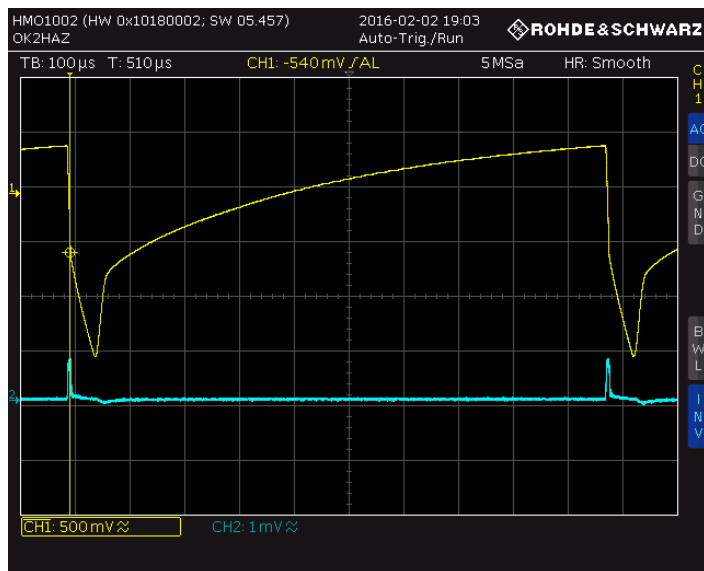
CC\_det2\_on\_32Hz\_1ms



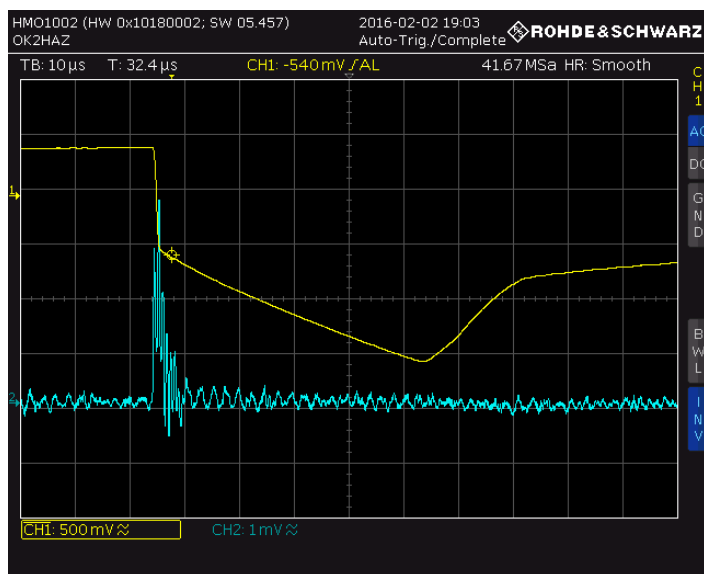
CC\_det\_on\_32Hz\_1ms

## Dynamická odezva na změnu zátěže v režimu (CC)

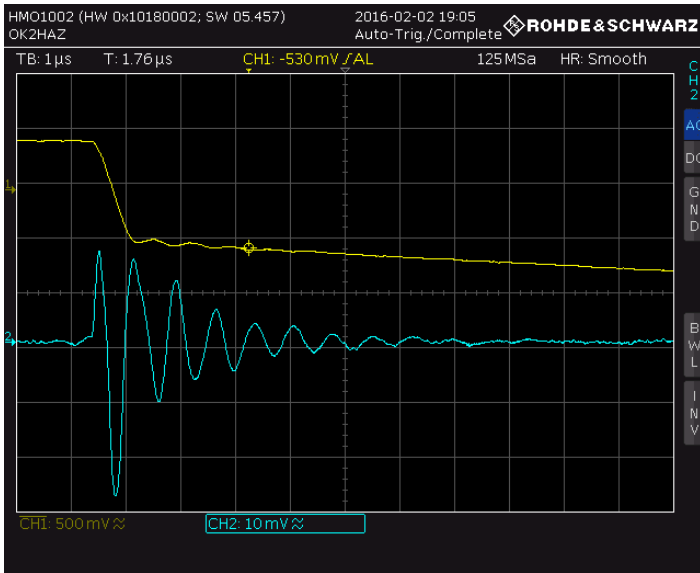
Napětí na zdroji nastaveno na maximum, proudová pojistka na nominální proud (1A). Na svorkách trvale odporová zátěž  $10\Omega$ , v pulzu se pomocí FETu paralelně připojí druhý odpor  $10\Omega/5W$ .



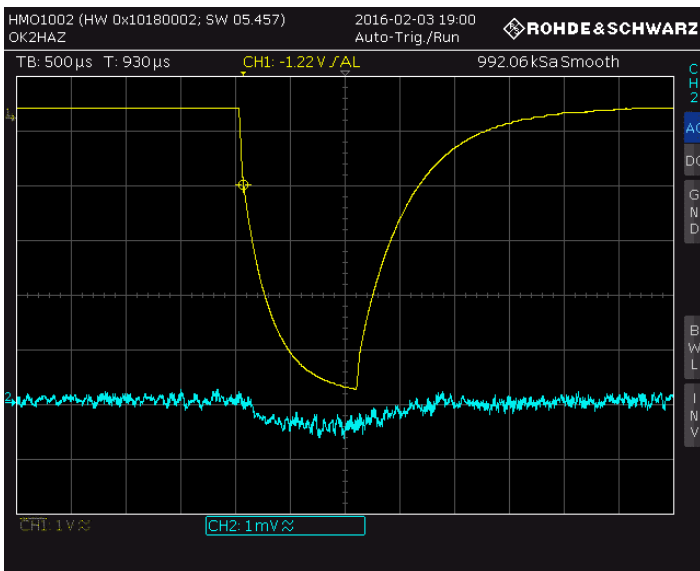
CC\_1000Hz\_20us



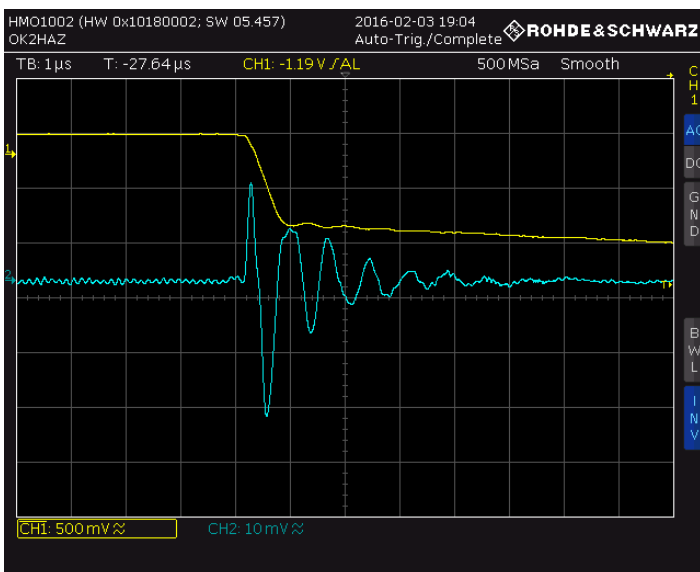
CC\_1000Hz\_20us\_detail1



CC\_1000Hz\_20u\_detail2

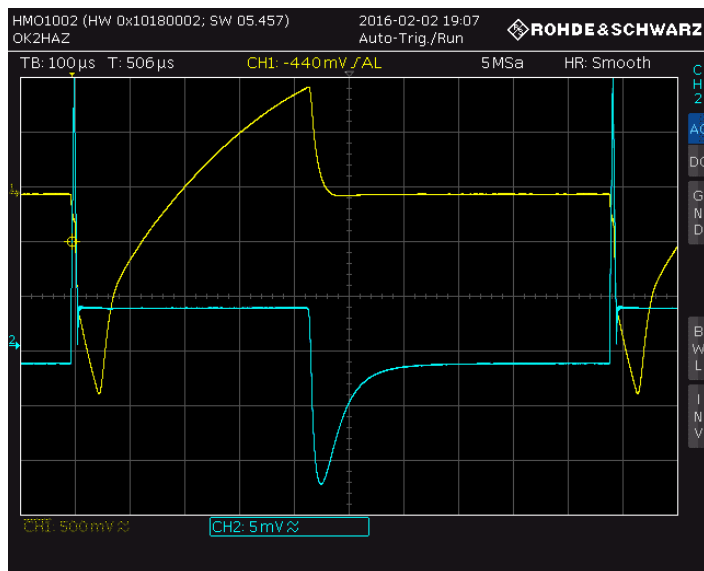


CC\_32Hz\_1ms

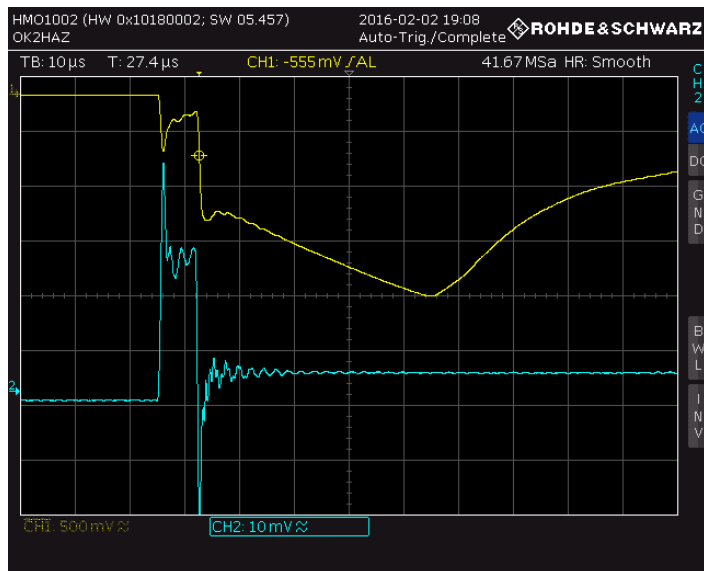


## Odezva zdroje na změnu zátěže při přechodu z režimu CV do režimu CC a zpět

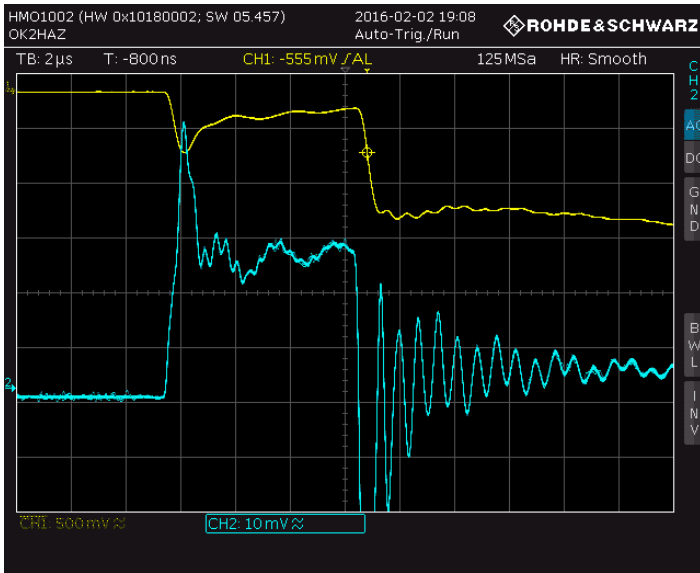
Napětí na zdroji nastaveno na 10V, proudová pojistka na nominální proud (1A). Na svorkách trvale odporová zátěž 10Ω, v pulzu se pomocí FETu paralelně připojí druhý odpor 10Ω/5W.



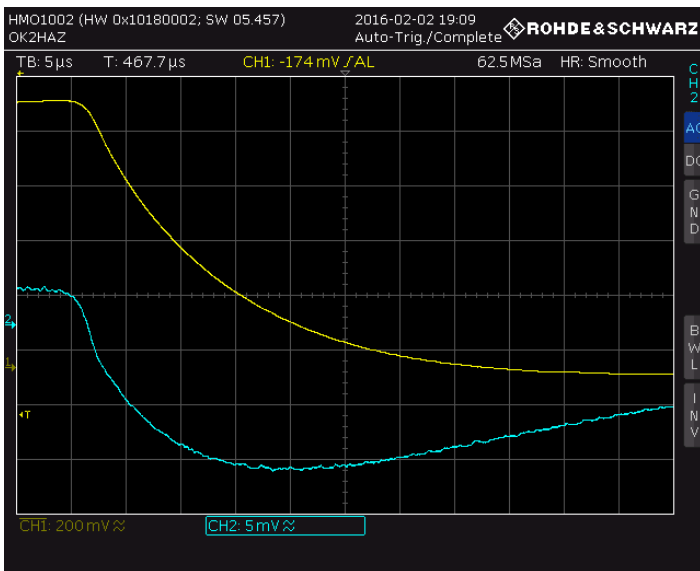
CC => CV cely pulz 1000Hz\_20us



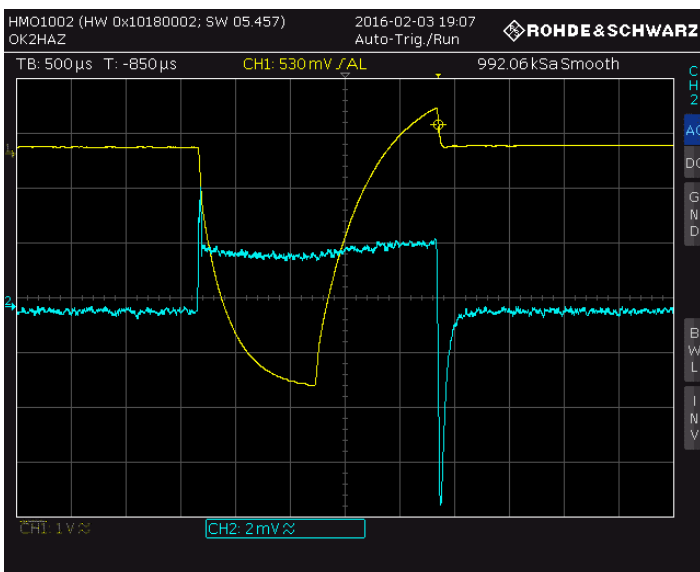
CC => CV detail1 on 1000Hz\_20us



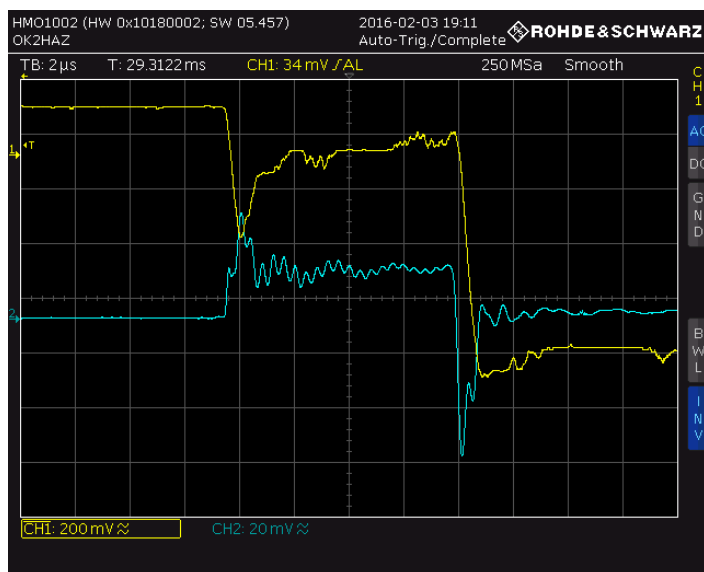
CC => CV detail2 on 1000Hz\_20us



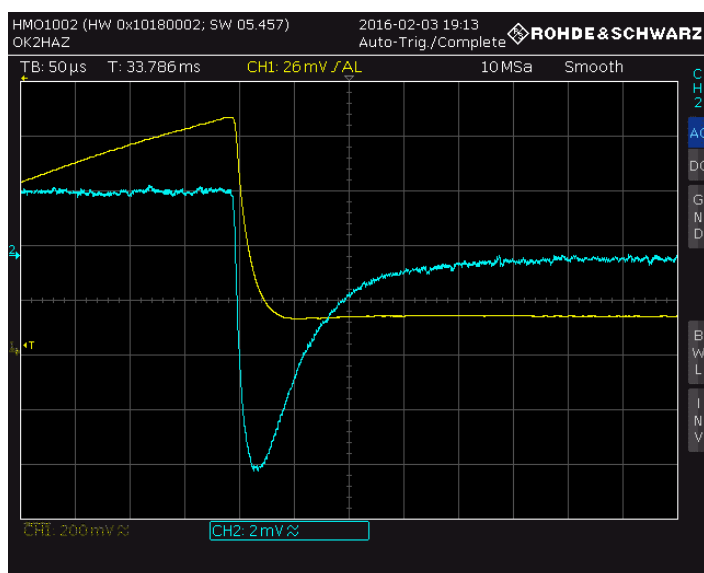
CC => CV detail off 1000Hz\_20us



CC\_to\_CV\_cely\_pulz\_32Hz\_1ms



CC\_to\_CV\_det\_on2\_32Hz\_1ms

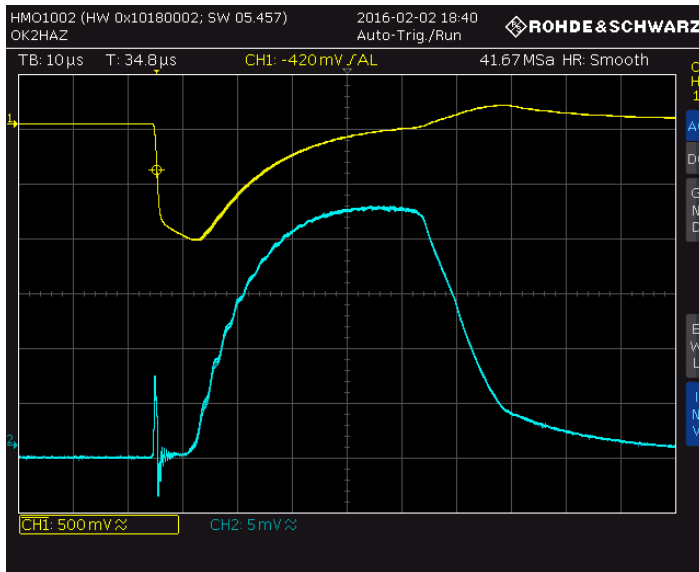
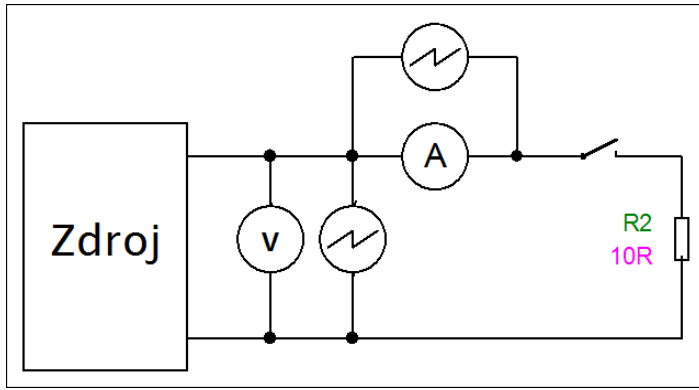


CC\_to\_CV\_det\_off\_32Hz\_1ms

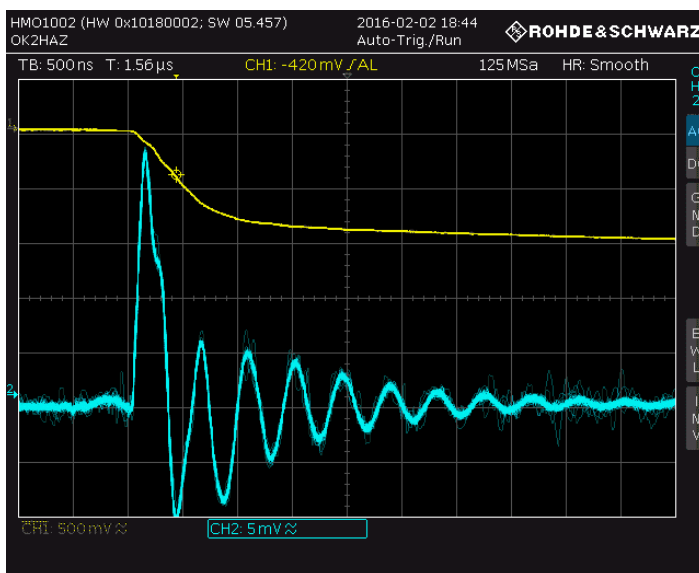
## Odezva zdroje na změnu zátěže do vysoké impedance v režimu CV

Napětí na zdroji nastaveno na 10V, proudová pojistka na maximum. Svorky zdroje jsou v normálním stavu ve vysoké impedanci, v pulzu se pomocí FETu připojí odporová zátěž 10Ω/5W.

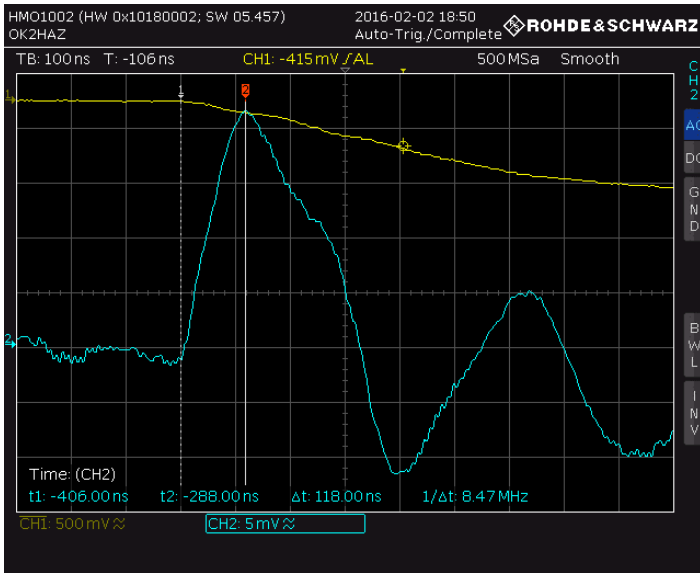
## Schéma zapojení



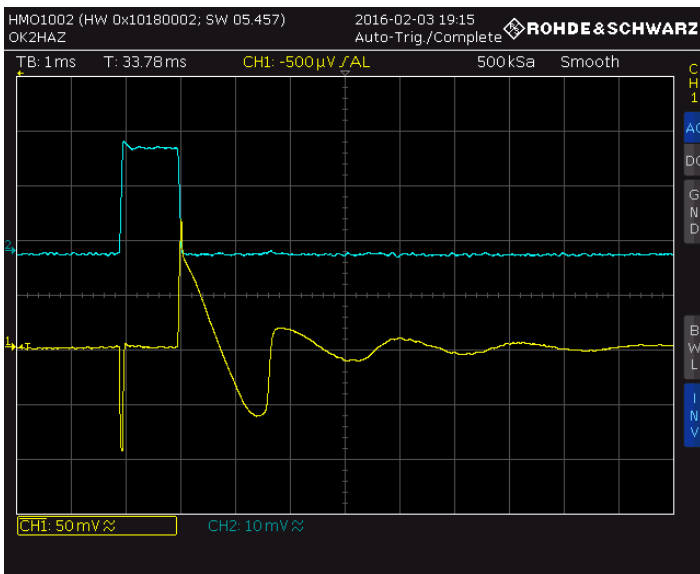
CV\_1000Hz\_20us\_10R/M



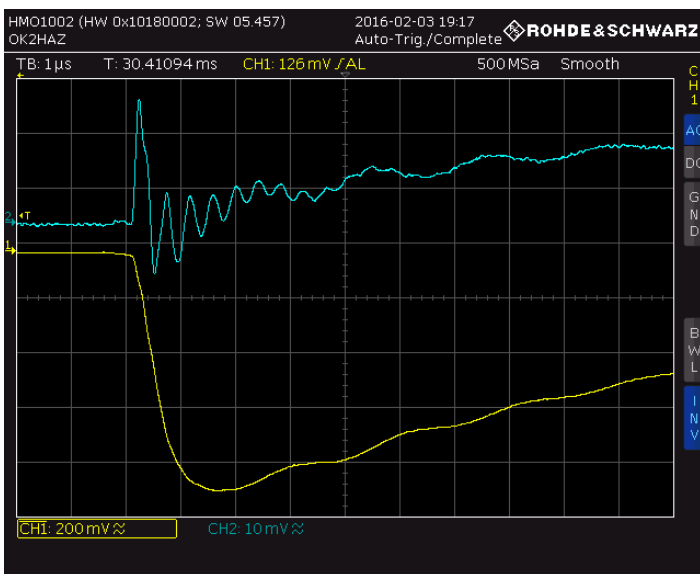
CV\_1000Hz\_20us\_10R/M\_detail\_on



CV\_1000Hz\_20us\_10R/M\_detail2\_on

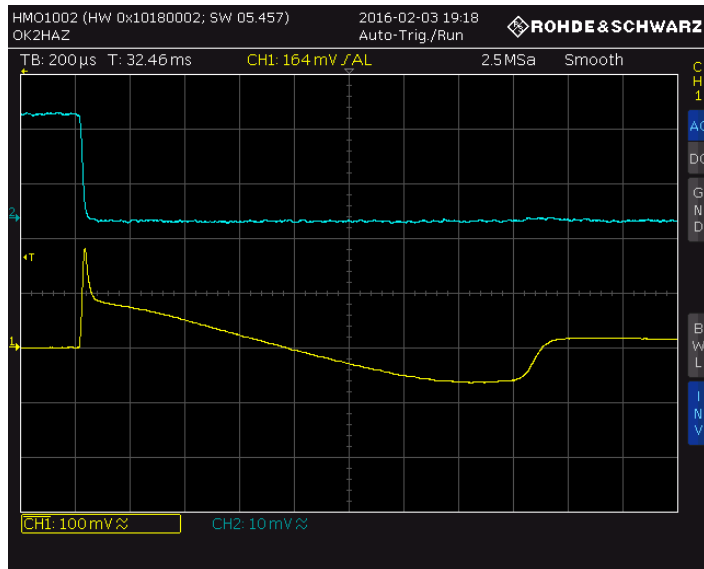


CV\_to\_HI\_30Hz\_1ms\_cely\_pulz





CV\_to\_HI\_30Hz\_1ms\_detail\_on2



CV\_to\_HI\_30Hz\_1ms\_detail\_off

Seznam součástek - [zdroj\\_1.15\\_BOM](#)

Autori článku: František OK2JNJ a Michal OK2HAZ