

---

**LEO - Little Embedded Oscilloscope“**  
**prezentace a ukázky**

**Katedra měření, ČVUT – FEL 26.2.2019**  
**J. Fischer,**

## Motivace vývoje laboratorní výukové platformy

---

**Hlavní cíl** – nabídnout cenově **dostupnou alternativu ke standardnímu přístrojového vybavení** používanému v laboratořích, která však bude z hlediska **výuky dostatečně efektivní**

- **Teoretické znalosti** studentů doplnit na řešení konkrétních příkladů a jejich **experimentálním ověřením v laboratoři školy** - nebo ještě lépe - **studenty samotnými i doma** – ale je potřeba **přístrojové vybavení**
- **Jednoduché ovládání** přístrojů (intuitivní)
- Přístroje **nemusí mít špičkové parametry**, ale musí být **cenově dostupné**
- Potřeba – **možnost pořízení záznamu** z experimentu pro případné **dodatečné ujasnění** chování příslušného obvodu
- Použitelnost platformy **i pro fyzikální experimenty** (např. **časový záznam** signálu – snímání pohybu ve spojení s opoel. snímači)
- **Dostupnost** tak, aby si platformu mohl **pořídit i student sám** a současně ji mohl využít **i pro jiné účely a vlastní zájmové projekty**
- **Rychlost nasazení platformy** - bez potřeby dalších úprav a znalostí elektroniky - určeno i pro začátečníky („*Plug and Play*“).
- Možnost **„hraní“** si s věcí, aby platforma byla **funkční i sama o sobě**

## • **Typické přístroje používané při experimentu v laboratořích**

---

- **Napájecí zdroj - stejnosměrné napětí pevné**
- **Nastavitelný zdroj ss. napětí jako vstupu do měřeného obvodu**
- **Voltmetr,**
- **Generátor signálu,**
- **Osciloskop,**
- **Čítač,**
- **Logický analyzátor**

Dostupné **přístroje mají dostatečné (až zbytečné) parametry**, ale prostorově a finančně nákladnější

# Rekapitulace – vhodné vybavení pro laboratorní experimenty

---

## Základní vybavení pro stejnosměrné aplikace

- Napájecí zdroj - stejnosměrné napětí pevné
- Nastavitelný zdroj ss. napětí jako vstup do obvodu
- Voltmetr

## Základní vybavení střídavé \* aplikace

- Generátor signálu (sinus, obdélník, pila, )
- Osciloskop

## Doplňkové vybavení pro číslicovou techniku

- Generátor impulsů
- Vícekanálový osciloskop (4 kanál) – nebo -
- Logický analyzátor
- Čítač

\* pozn. střídavé – zde se spíše míní v čase proměnná napětí

# Jak zjednodušeně nahradit laboratorní přístroje

---

- **Napájecí zdroj + 5 V** – z PC rozhraní USB
- **Voltmetr** – využití ADC
- **Regul. zdroj napětí** – DAC
- **Osciloskop** – ADC + záznam
- **Generátor signálu** – DAC číslicová generace signálu
- **Impulsní generátor** – PWM výstup
- **Čítač** – čítačové perieferie

Všechny tyto perieferie napojit na výkonnou řídicí jednotku

**Zobrazení – na PC** – příslušná aplikace

**Řešení HW dříve** – přístroj obsahující samostatné bloky: **Mikroprocesor**, řídicí logika, paměť **EPROM**, **SRAM**, **ADC**, **DAC**, **DMA** řadič, čítače,..

**Současné možnosti?** Využít **32-bitové mikrořadiče** (microcontroller), kde budou na **čipu integrovány** všechny tyto výkonné bloky.

Využít mikrořadič **STM32F303RE** s procesorovým jádrem **ARM Cortex – M4** ?

# STM32F303RE

64 kB SRAM

16 kB CCM SRAM

4x ADC 12 bit

až 5 MS/s

2 x DAC 12 bit

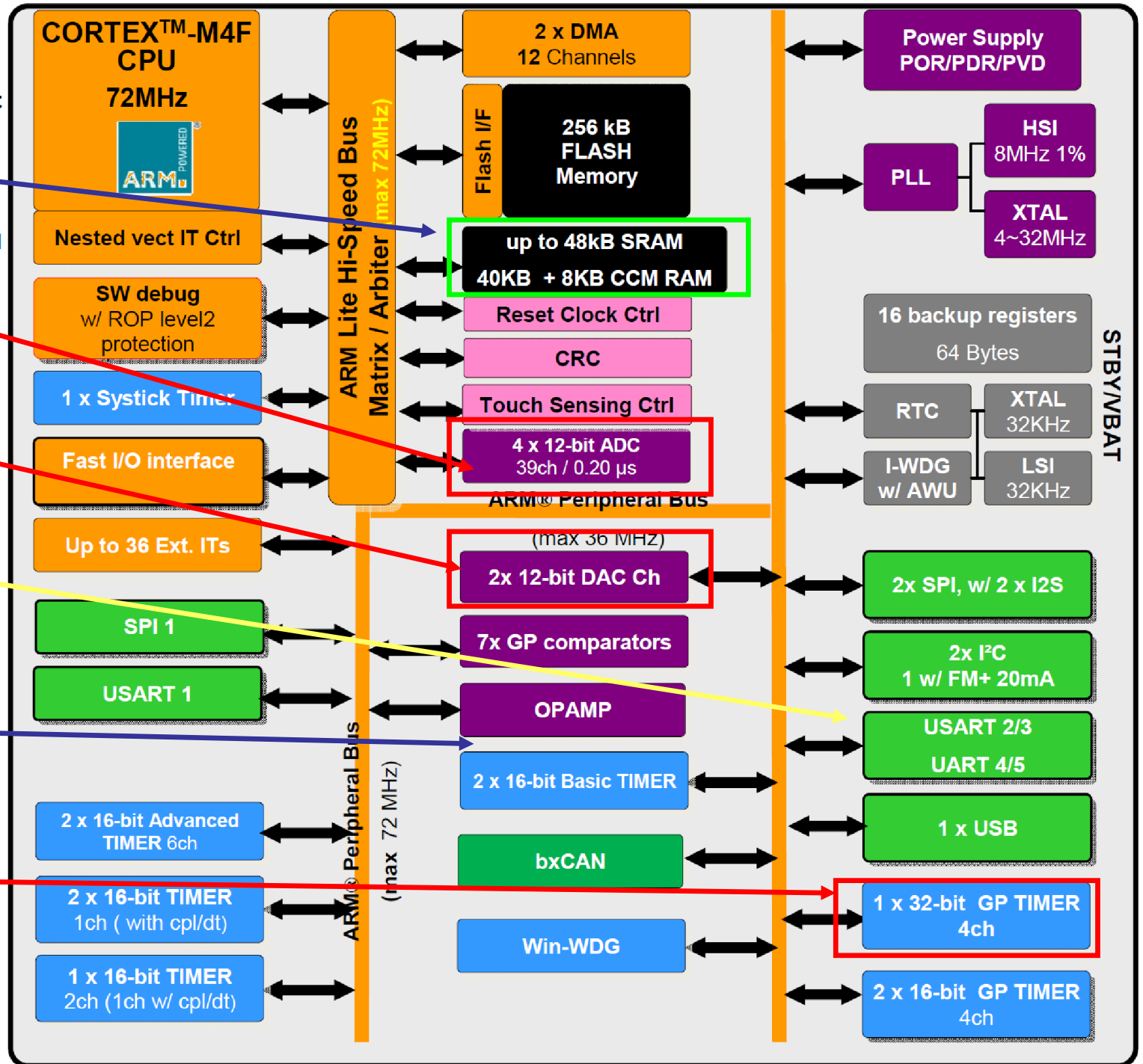
(1 MS/s)

USART2

komunikace

Buffer s OP

Čítače 32 bit



# Využití STM32F303RE pro realizaci přístrojových funkcí

---

Primární motivace **vývoje LEO** – získat **jednoduchou náhradu osciloskopu** pro školní laboratoře a práci studentů.

**Volba mikrořadiče** především z hlediska možnosti **realizace osciloskopu a dosažení maxima** možného s **minimem** nákladů

**Požadavky** na mikrořadič:

**Více nezávislých převodníků ADC**

Dostatečně **rychlé převodníky ADC**

(v **LEO 4** nezávislé **12 bitové** převodníky **ADC**, s rychlostí **až 4,8 MS/s**)

Dostatečně **velká** vnitřní **paměť SRAM** (v STM32F303RE **80 kB** vnitřní SRAM)

**Periferie vhodné pro rychlé vnitřní přenosy dat s využitím DMA** (v LEO v max. konfiguraci probíhá přenos v 6-ti různých kanálech mezi periferiemi a pamětí v celkové rychlosti **až 46 Mbyte/sekundu**)

**Převodníky DAC pro generaci signálu** (v STM32F303RE dva **12-bitové DAC**)

# Kit Nucleo s mikrořadičem STM32F303 RE

Kit Nucleo je určen pro „**evaluační účely**“, t.j. **ověření funkcí vlastního procesoru**, jeho určení

- seznámit se s STM32F303RE  
Není určen pro finální aplikace.

Není plánován pro použití jako přístroj (podmínky použití)

**Osazení- mikrořadič**

**STM32F303RE**

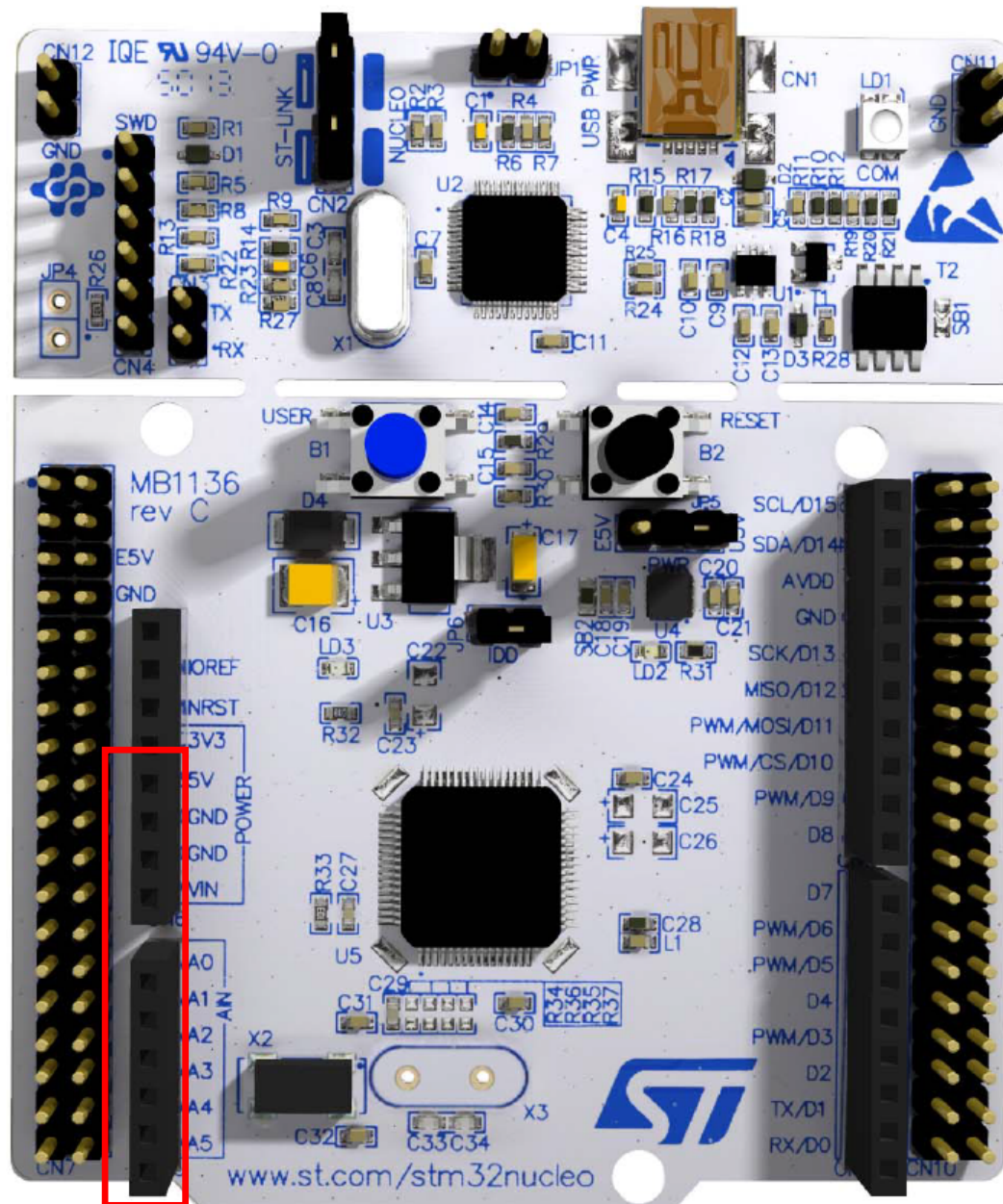
**512 kByte FLASH pam.**

**80 kByte SRAM**

**4 x ADC převodník**

**2 x DAC převodník**

**čítače**





# Kit Nucleo STM32F303 RE a vestavěný STLink 2-1

USB rozhraní  
na STLink 2-1

debug. interface  
ST Link  
+ UART-USB

Možnost:

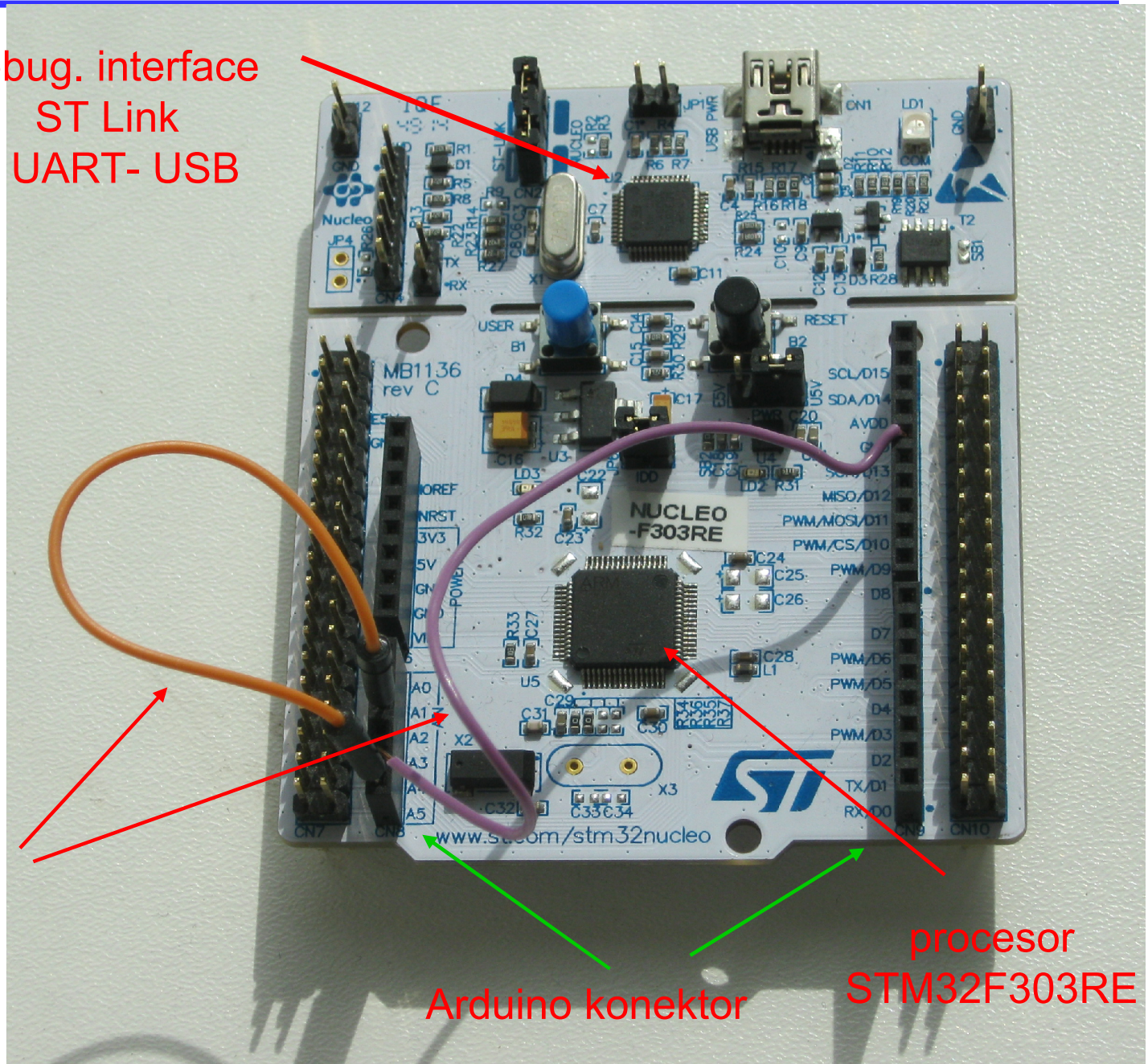
Ladění

Komunikace

USB- UART

Výstup napájecího  
napětí + 5 V

Funkční zapojení  
pro experiment -  
pouze dvě propojky.



# NUCLEO STM32F303RE a rozhraní USB

---

Deska je připojena na **USB** prostřednictvím bloku **bloku ST Link 2-1**  
**ST Link 2-1** je viditelný v **PC** jako **tři zařízení**

- 1) Ladicí rozhraní **ST Link**
- 2) Paměťové zařízení paměť **„Flash“** – pouze pro zápis
- 3) Komunikační rozhraní **COM Port** (funguje jako převodník UART – USB)

Platforma LEO využívá pro komunikaci **UART** v mikrořadiči  
**STM32F303RE** a můstek **UART- USB** v **ST Link 2-1**

Pro spolupráci **Nucleo s PC** – nutno do **PC** nainstalovat **ovládač pro**  
**ST Link -2-1**  
(viz stránky platformy LEO nebo stránky [WWW. ST.COM](http://WWW.ST.COM) )

# NUCLEO F303RE připojení signálů pro LEO

**+5 V výstup, výstup napájení z USB**

**GND zem**

**Osciloskop:**

**CH1, CH2, CH3,  
CH4 vstup. kanály**

**Generátor, výstupy**

**G1 kanál 1 (PA4)**

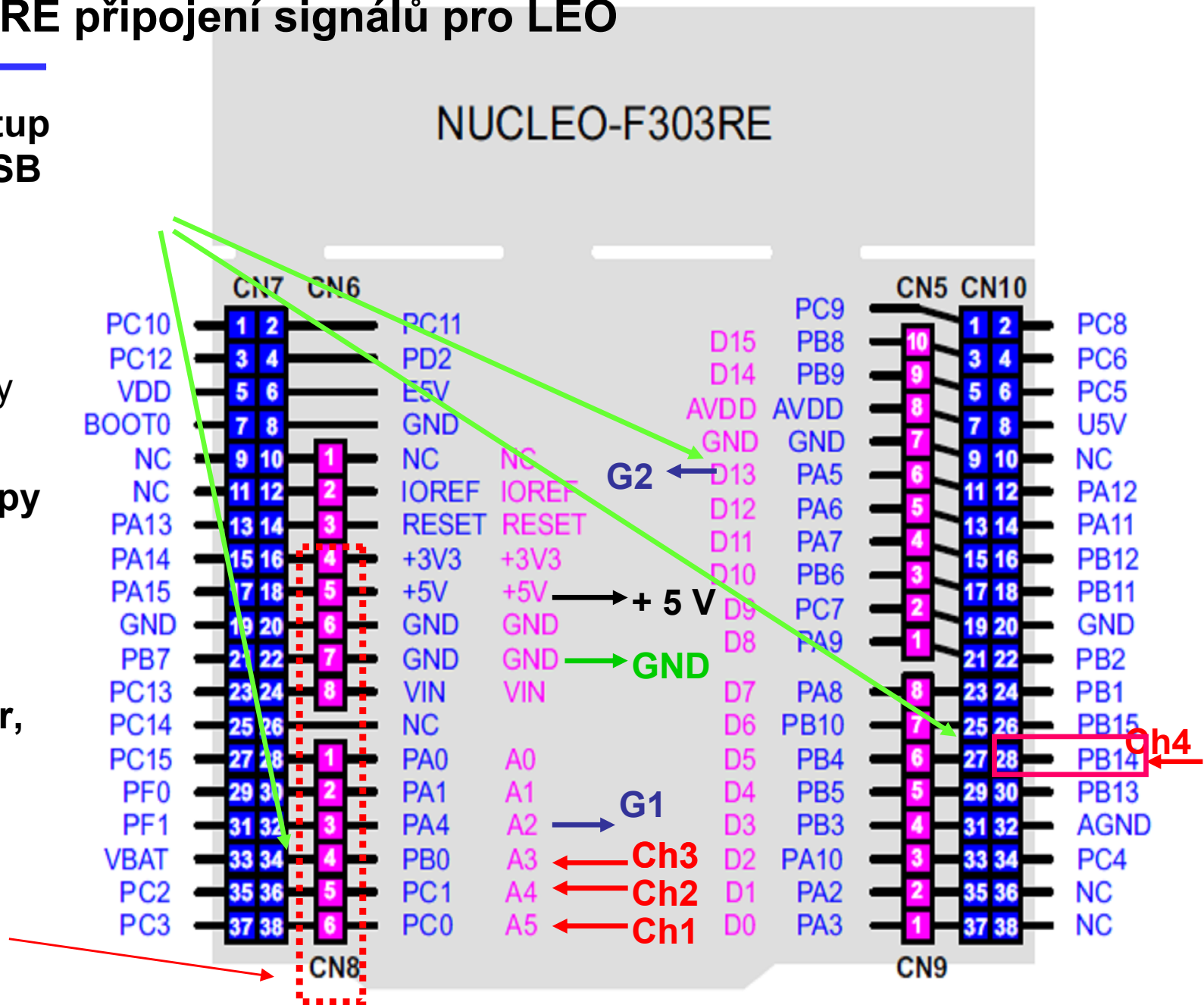
**G2 kanál 2 (PA5)**

**Pro 1-kan. gener,**

**3-kan. oscil.**

**GND, + 5 V**

**postačuje část konektoru CN8**



# NUCLEO F303RE propojení pinů

Vnější dvouřadé konektory

„Morpho“ – header  
CN7, CN10

Vnitřní konektory

„Arduino“ CN8, CN9  
propojení Arduino  
pinů s vedlejšími piny  
„Morpho“ konektoru

Piny pro **LEO**

Arduino - Morpho

CH1 osc. A5 a 38

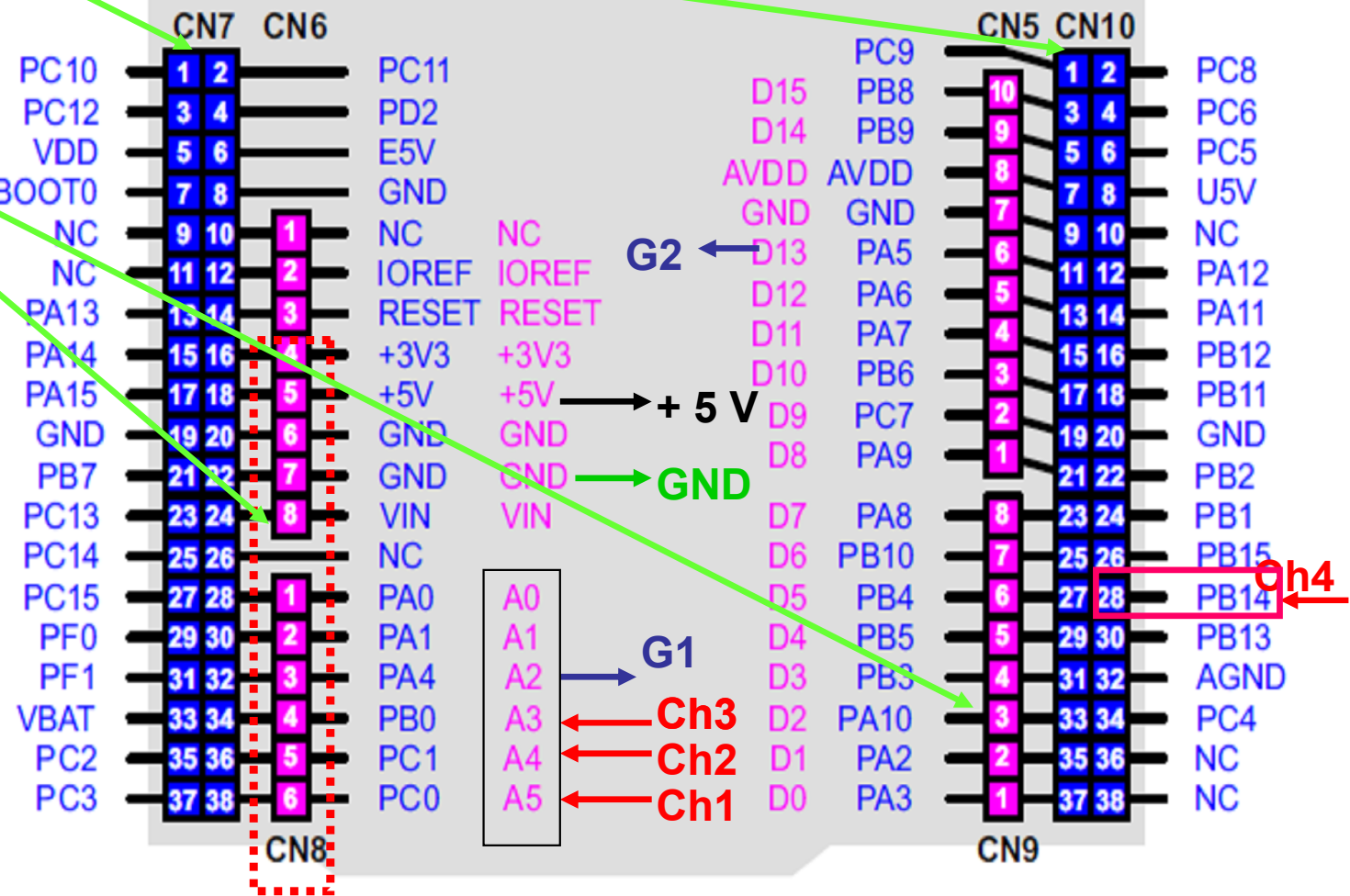
CH2 osc. A4 a 36

CH3 osc. A3 a 34

CH4 osc. *jen* 28

G1 gen. A2 a 32

G2 gen. D13 a 11



# Omezení realizace přístrojů mikrořadičem

Mikrořadič – technologie CMOS

Vstupy ?? !! **Ochranné diody** na vstupech

Unipolární vstup

$U_{imax}$  (- 0,3 V až  $U_{CC} + 0,3$  V) !!!

Při napájení  $U_{imax}$  do + 3,3 V

Pokud je obvod **bez napájení**, odpovídá to stavu  $U_{CC} = 0$   
a **nesmí se na vstup připojit zdroj napětí !!!**

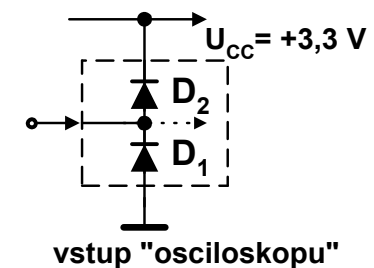
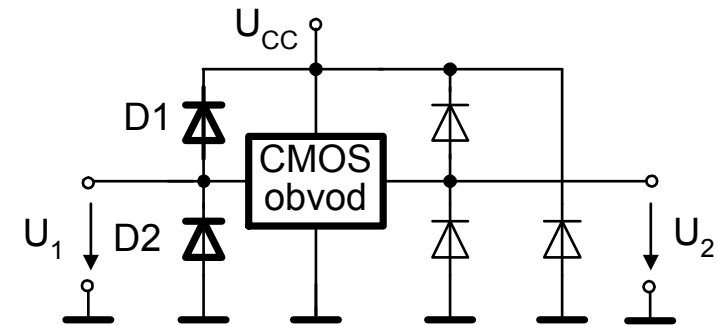
(jako jednocestný usměrňovač, špičkový detektor)

řešení, použít vždy **ochranný rezistor** omezující proud na hodnotu  $< I_{injmax}$

$I_{injmax}$  max. proud injektovaný do vstupu +/- 5 mA

**Riziko projektu - poškození vstupů přepětím (+ 5 V), záporným napětím**

**Ochrana – použít do série se vstupem** vždy ochranný rezistor cca  
470 – 1000 Ohmů pro omezení proudu.



# Nucleo jako zdroj napájecích napětí

---

**Zdroj + 5 V – napájení z USB**

**Zdroj + 3,3 V stabilizátor na desce, napětí použito pro napájení číslicové části procesoru  $V_{DD}$  i napájení „analogové“ části procesoru jako  $V_{DDA}$  procesoru a pro jeho převodníky**

**ADC ( voltmetr, osciloskop) ,**

**DAC ( zdroj. nastavitelného s.s. napětí, generátor)**

**Velké zatížení zdroje +3,3 V , pak snížení napětí  $V_{DDA}$  generátoru, změna zaznamenaného signálu osciloskopem**

**V sadě jsou součástky:**

**Sériový lineární regulátor napětí LM317 – možno z napětí + 5 V vytvořit potřebné nezávislé napájecí napětí v rozsahu + 1,25 V až + 3 V**

**Paralelní stabilizátor TL431 pro vytvoření napětí + 2,5 V**

**Zenerova dioda**

# Sériový regulátor napětí LM317

Vnitřní referenční napětí  $U_{ref} = 1,25 \text{ V}$

Nejmenší možné výst. napětí  $U_{OUT} = 1,25 \text{ V}$

Minimální napěťový spád na regulátoru

„Drop“, „Dropout voltage“ (přibl. 2 V - viz. graf požadavek minimálního proud regulátorem

$I_{Omin} = 10 \text{ mA}$  („minimum load current“)

(použít „tvrdý“ dělič, např. trimr 50 Ohmů)

nebo výstup zatížit pomocí LED (s rezistorem)

$$V_{out} = 1.25 \text{ V} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{Adj} R_2$$

$I_{adj} = \text{typ } 0,05 \text{ až } 0,1 \text{ mA}$

Pozor na funkčnost děliče,

**(Pozor - přerušení R1, plné napětí)**

**pokud  $R_2 = 0$ , pak  $U_{OUT} = U_{REF}$**

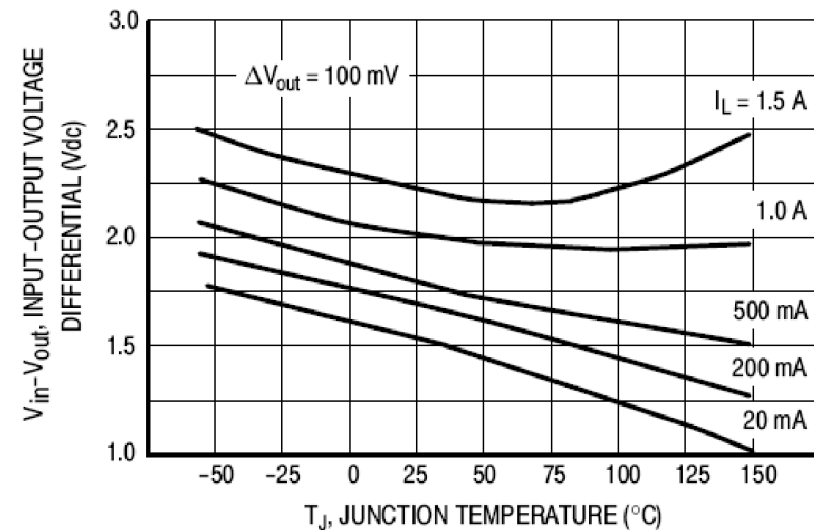
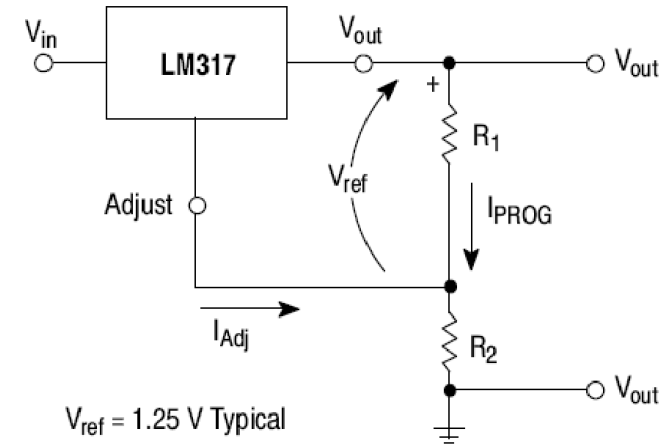
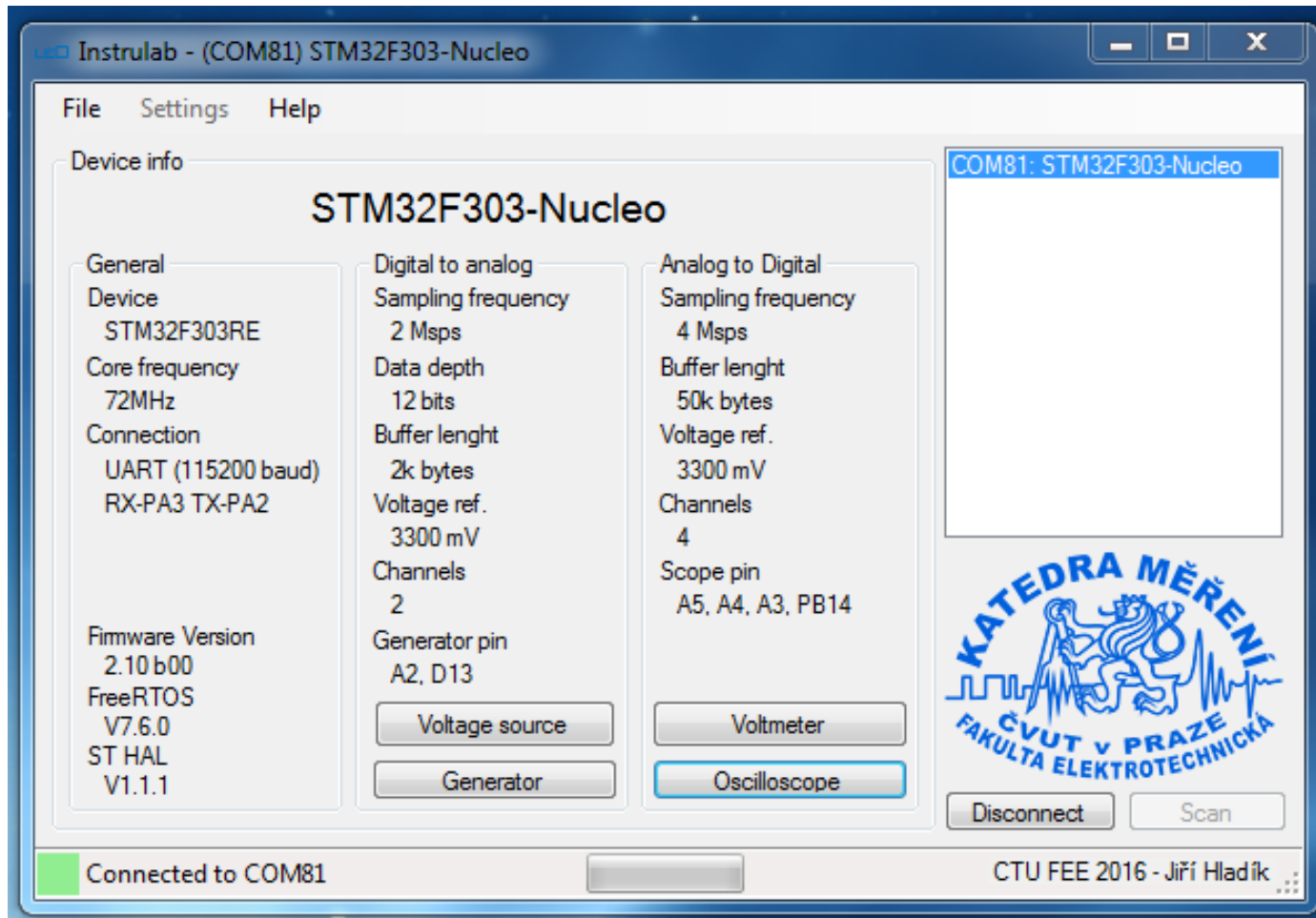


Figure 10. Dropout Voltage

# Úvodní obrazovka LEO





# Funkce platformy LEO

---

## Skupina A – měření a záznam napětí signálu

**OSC** – 1 až 4 kanálový **osciloskop** (rozsah do 3,3 V)

**VOLT** – 1 až 4 kanálový **voltmetr** (rozsah 0 až 3,3 V)

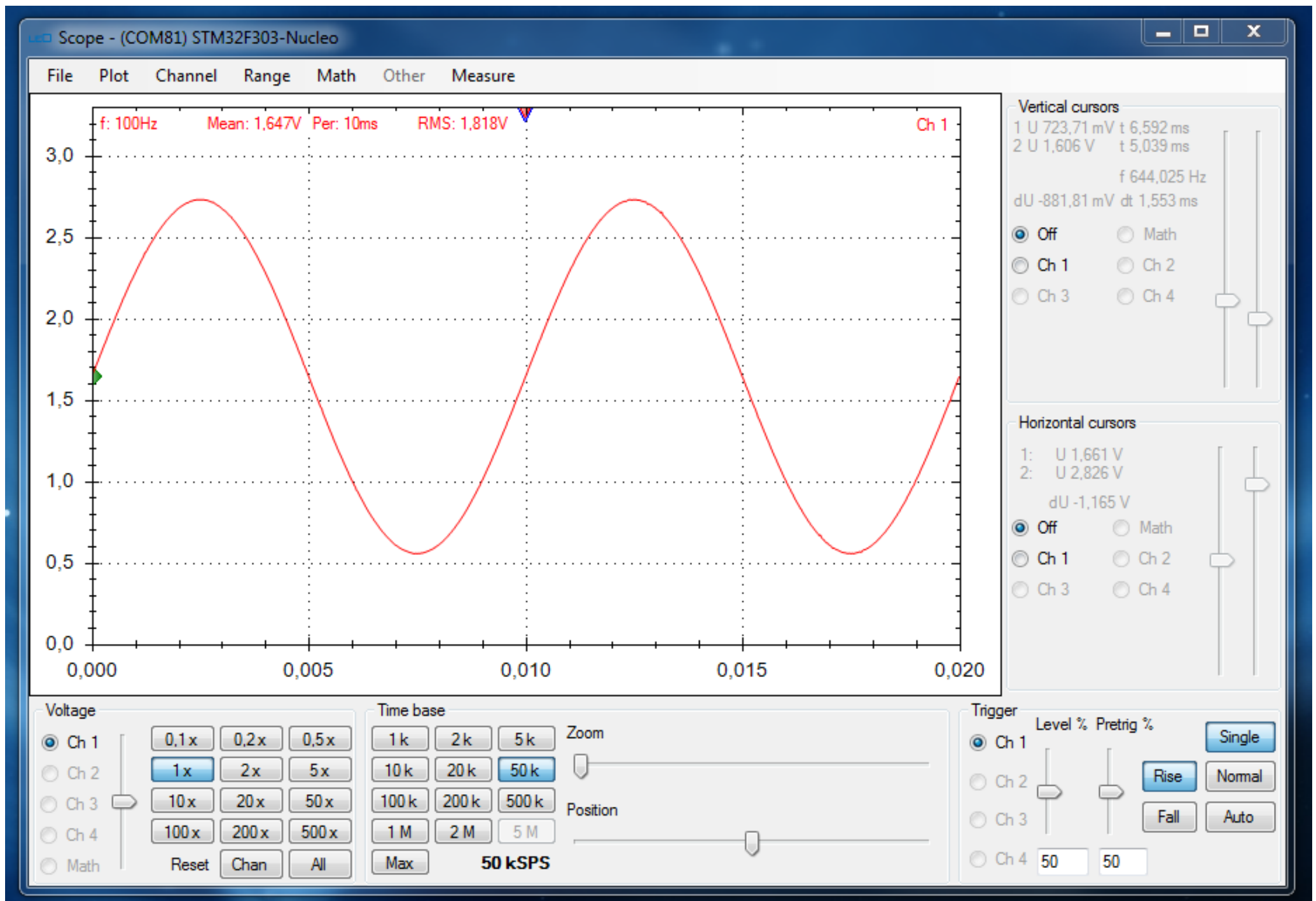
## Skupina B – generace napětí a signálu

**GEN** – 1, 2 kanálový **funkční generátor** (rozsah 0 až 3,3 V)

**ZDR** – 1, 2 kanálový nastavitelný **zdroj měřicího napětí 0 až 3,3 V**

Základními u LEO jsou funkce **OSC** – osciloskop a **GEN** – funkční generátor.

- Funkce **VOLT** – **voltmetr** a funkce **ZDR** – **zdroj napětí** a funkce jsou odvozeny
- Funkce **OSC** a **GEN** byly v platformě LEO vyvíjeny jako zásadní od samého počátku, funkce **VOLT** a **ZDR** byly doplněny pro rozšíření použitelnosti LEO i pro oblast stejnosměrných aplikací.
- **VOLT** – provede **200 odměrů** vzorkovací frekvencí 5 ks/s za dobu 40ms a určí střední hodnotu napětí
- **ZDR** – nastaví generaci napětí s nulovou amplitudou s daným posunem



# Funkce osciloskop

---

## Realizace funkcí osciloskopu

- vzorkování a digitalizace signálu synchronně na vstupech ADC
- neustálé ukládání do paměti typu kruhový buffer ,
- hledání spouštěcí podmínky „trigger“
- po nalezení podmínky trigger – kompletace záznamu podle hloubky „pretrigger“
- Po kompletaci záznamu- přenos do PC

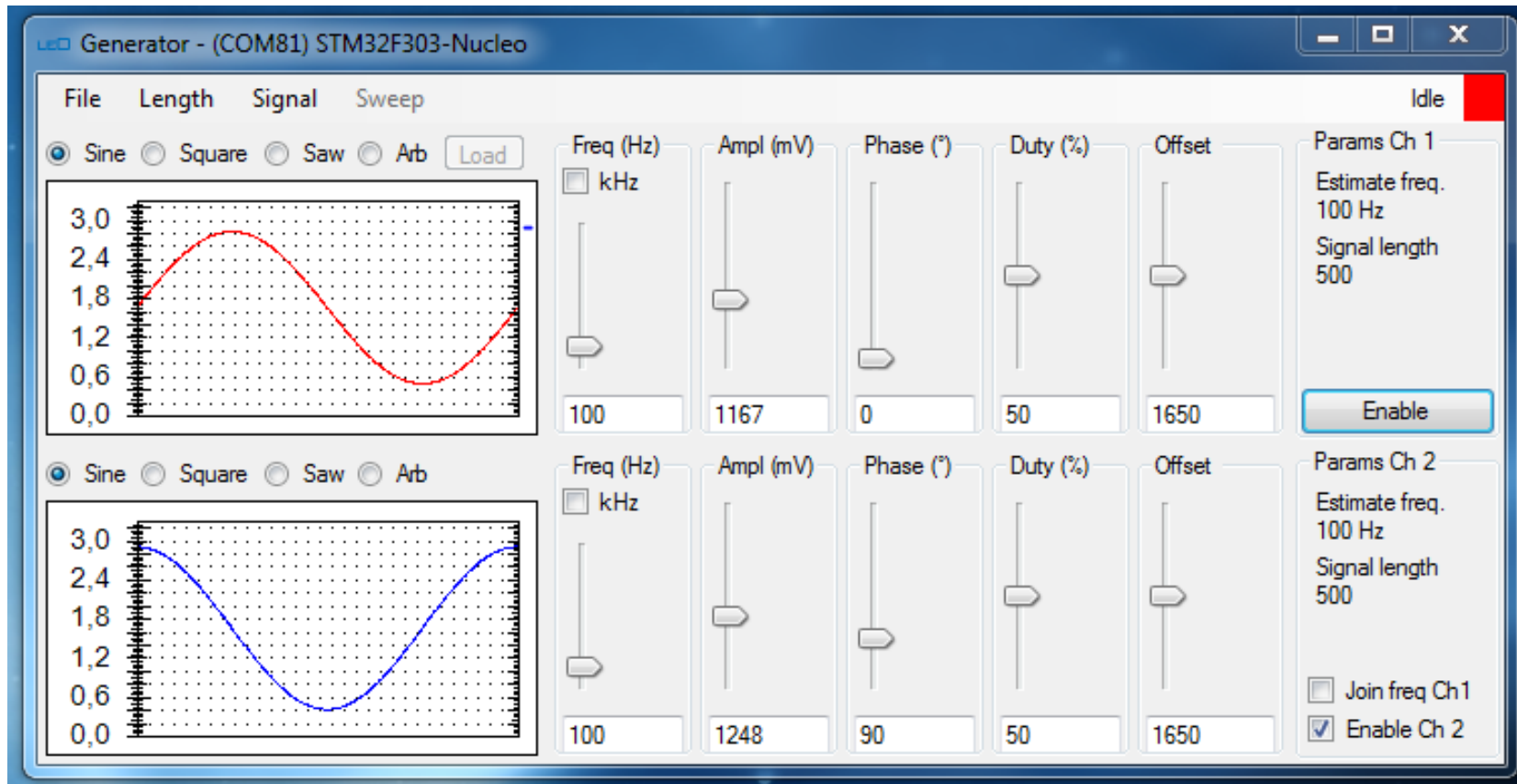
PC slouží pro nastavení funkcí osciloskopu a zobrazení výsledků

Rozsah vstupního napětí ADC 0 až + 3,3 V

## Změna rozsahu vstupního napětí osciloskopu

- unipolární vstup ( – pro kladná napětí) pomocí odpor. děliče se dvěma rezistory
- bipolární vstup (+ 6,6 V až -3,3 V) pomocí odpor. děliče se třemi shodnými rezistory
- bipolární vstup – obecný rozsah – odpor. dělič se třemi vhodnými rezistory

# Obrazovka nastavení generátoru



# Funkční generátor

---

## Realizace funkce generátor

**Generace** periodického signálu – s využitím **dvou** interních **12-** bitových **DAC**

- Výpočet **funkčních hodnot jedné periody** signálu zadaného **průběhu a amplitudy** (v PC)
- **Určení frekvence** – nastavením **předděliček hodinového** signálu pro DAC a volbou počtu bodů v periodě – volba „**Length**“ a „**Best Frequency fit**“ .
- **Nahrání dat z PC do Nucleo** pomocí **USB, generátor** – tlačítko „**Enable**“
- **Generace** periodického signálu

**Nastavení nového signálu** – pouze zastavením generace „**Disable**“, **nastavit signál**, v PC výpočet nových hodnot, **nové nahrání dat** do Nucleo a „**Enable**“.

Výjimka – **je možná změna frekvence („za běhu“)** pomocí **posuvníku** nebo **zadáním čísla** ,pokud je možno nové frekvence dosáhnout se shodným nastavení tabulky dat generátoru. (Při pokusu o **překročení max.** možné frekvence pro daný počet vzorků na per. – generace **chybového hlášení.**)

Výhodné pro měření **frekvenčních charakteristik**

# Funkční generátor

---

## Maximální frekvence vzorků 2 MS/s

Max. počet vzorků pro jediný kanál = 1000 vzorků, pro dvoukanálový režim je 2 x 500 vzorků

Pro generaci s plným rozlišením (1000 vzorků na periodu) je  $f_{\max} = 2 \text{ kHz}$

Pro vyšší frekvence – automatické **snížení** počtu vzorků na periodu.

Pro 20 kHz je 100 vzorků, pro 40 kHz je 50 vz., pro 100 kHz je 20 vzorků

Změna počtu vzorků – výpočet nových hodnot pro nové nahrání signálu.

**Změna frekvence „za běhu“** je možná pouze **změnou** nastavení **předděličky** hodinového signálu pro DAC **při stálém počtu vzorků na periodu.**

## Nastavení generátoru

„*Length*“ a volby

- *Best Frequency fit*
- *Maximum possible*
- *Custom* + počet vzorků na periodu

**Minimální frekvence** generovaného signálu **1Hz**

# Funkční generátor

---

**Signály:** sinus, obdélník, trojúhelník, arbitrary

**Sinus** nastavení **frekvence, amplitud, ss. posun (offset)**

**obdélník** - nastavení frekvence, amplitud, ss. posun (offset), **střída**

**Pila** – frekvence, ampl., offset, **střída** ( pila rostoucí, klesající, trojúhelník)

**Dvoukanál. gener.-** pro CH2 lze „**Join freq CH1**“ + fázový posun mezi kanály

Možné **různé frekvence** signálů v kan. 1 a kan. 2.

**Arbitrary funkce** – možno definovat vlastní signál – soubor **.CSV a nahrát jej.**

Připraven arbitrary **signál sinc to je  $\sin(x) / x$**

**Omezení rozkmitu** signálu v krajních mezích- zabudovaný (buffer) s **operačním zesilovačem** typu RAIL-to RAIL, cca pod 100 mV od mezí GND, napájení 3,3V). Kanál **2 zatížen** zelenou LED, omezení max. rozkmitu.  
Omezení generátoru:, není možno nastavit max. napětí 3,3 V.

Možnost vypnout vnitřní buffer volba **Signal, Output Buffer**,

Při **vypnutí bufferu DAC-** vnitřní odpor generátoru cca desítky kiloohmů, potřeba externí buffer.

**Operační zesilovač** – omezená rychlost přeběhu – pomalé hrany pro obdélníkový signál

# Osciloskop

---

**Synchronní vzorkování** ve všech aktivních kanálech, rozlišení **8** nebo **12 bitů**

**Vzorkování 1 ks/s až 2 MS/s standardní**

doplňk **volba Max.** (pro rozlišení ADC 12 bitů 4,8 MS/s, pro 8 bitů 6 MS/s)

**Pro volbu „Max“**, není garantován spolehlivý záznam všech vzorků, jednotlivé **vzorky mohou vypadnout**, což se může projevit při měření frekvence signálu.

**Délka záznamu – určena záznamovou pamětí 50 kByte**

**1 kanál, 8- bit ADC až 50 ks**

**2 kanály 8- bit ADC až 20 ks / kanál**

**3 kanály 8- bit ADC až 10 ks / kanál**

**4 kanály 8- bit ADC až 10 ks / kanál**

**1 kanál, 12- bit ADC až 20 ks**

**2 kanály 12- bit ADC až 10 ks / kanál**

.....

Vhodné **používat délku záznamu cca 1 až 2 Ks, rostoucí délka, rostoucí čas** potřebný pro přenos do PC, pro 40 kByte, cca 3,5 sekundy



# Osciloskop a volba délky záznamu

---

**Dlouhý záznam-** především pro **záznam komunikace** nebo záznam **přechodového děje**.

**1 kanál, 8-bit ADC 50 ks**, vzorkování **1MS/s** doba záznamu **50 ms**

**1 kanál, 8-bit ADC 50 ks**, vzorkování **1kS/s** doba záznamu **50 s !!**

**2 kanály 8-bit ADC 20 ks vzorkování 1kS/s** doba záznamu **25 s !!**

Např. experiment **kmitavý pohyb**, pohyb **kyvadla** - ve spojení s optickými závory, určení **periody kyvů a rychlosti kyvadla**

Volba **rozlišení ADC** , volba **počtu kanálů osciloskopu a délky záznamu v**  
*Channel* , *Data length*

## Možnosti funkce osciloskopu

---

Volba vzorkovací frekvence, spouštěcí úrovně **Level**, druhu spouštěcí hrany, **Rise**, **Fall**,

Volba počátku záznamu vůči spouštěcí události **Pretrig**,

50 % pretrig – spouštěcí událost ve středu záznamu

0 % pretrig – záznam po spouštěcí události

100 % pretrig – záznam před spouštěcí událost

**ZOOM** roztažení záznamu

**Position** – posun při prohlížení roztaženého záznamu

Režim spouštění záznamu

**Single** –jednorázový odměr, **Stop** zastavení spouštění

**Normal** – normální režim spouštění. čeká na spouštěcí událost

**Auto** Autotrigger , automatické spuštění, pokud nepřijde spouštěcí událost do čtyřnásobku doby normálního záznamu

**Kurzory**

# Možnosti zobrazení osciloskopu

---

Posun jednotlivých kanálů při zobrazení – vertikální **posuvník** vlevo dole.

**2x, 5x,...** digitální napěťový ZOOM

**.Plot Interpolate** - interpolace pomocí číslicového dolnoproústného filtru typu sinc (vhodné pro spojité signály, sinus,..) pro impulsní a logické signály je vhodné vypnout.

efekty interpolačního filtru na hranách- předvedení

(interpolační filtr raději nepoužívat pro impulsní signály a PWM signál)

**Plot X-T plot** standardní zobrazení

**Plot X-Y plot** zobrazení X-Y kanály 1 a 2, délka záznamu 1 ks

**File save signal-** uložení signálu do souboru CSV.

**Export signal image** - uložení snímku obrazovky do grafického souboru typu PNG

**Range** (-3300 + 6600 mV)– změna měřítka pro rozsah -3,3 V až + 6,6 V  
zobrazení pro vnější odporový dělič se třemi shodnými rezistory pro bipolární signál.

**Math** matematické operace s kanály 1 a 2

**Measure** . měření parametrů signálu ve vybraných kanálech

# Omezení rozsahů napětí signálů

**Nastavitelné zdroje měřicích napětí DAC 0 - + 3 V,  $I_{OUT}$  cca 1 mA (5 mA)**

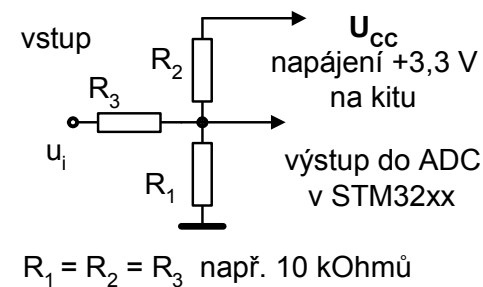
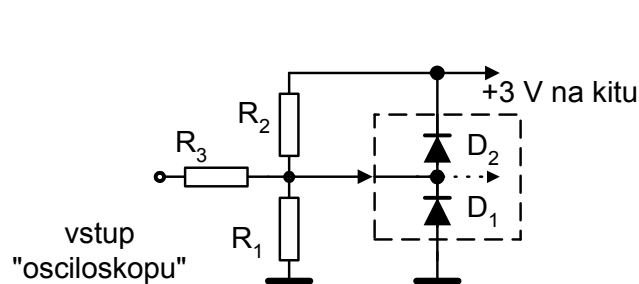
**ADC unipolární vstup + až + 3,3 V**

**Bipolární vstup – doplnit posouvací obvod se třemi shodnými rezistory rozsah -3,3 V, + 6,6 V. Rezistory mají též funkci ochrany**

**Volba velikosti odporů**

- **Malé odpory - zátěž měřeného obvodu**
- **Velké odpory – zhoršení dynamiky**

**Vnitřní odpor zdroje napětí s připojeným odporovým děliče (dle schématu níže) z hlediska vstupu ADC je  $R_V = 15 \text{ k}\Omega$**



## Dynamické chování vstupu ADC v STM32F303RE

---

Vzorkovací kondenzátor  $C_S = 5 \text{ pF}$  na vstupu ADC (na kanálech 1 až 3) se musí **vždy znovu nabít na měřené napětí z výchozí hodnoty cca 200 mV**

Přechodový děj, čas. konstanta  $R_V \times C_S$ , kde  $R_V$  je vnitřní odpor zdroje signálu s připojeným posouvacím obvodem (v obvodu níže např. 15 k)

$$R_V \times C_S = 75 \text{ ns}$$

Doba odběru vzorku = (perioda vzorkování – 0,2 uS) pro 12 bit ADC,

Tedy pro 100 ks/s je pod 10 us

Volit periodu vzorkování s ohledem na vnitřní odpor zdroje signálu.

Volit dobu odběru vzorku alespoň =  $5 \times R_V \times C_S$

# Chování vstupu ADC z hlediska vstupního proudu

---

**ADC SAR v technologii CMOS - z podstaty funkce zabudován vzorkovač**

***Vzorkovací kondenzátor*** – nabití při každém odběru vzorku na měřené napětí  $U_1$ , vybití resp. „přenabití“ na výchozí napětí  $U_p$  (zde cca 220 mV)

Vstupní proud ***střední hodnota***  $I_{vst} = (U_1 - U_p) f_{sampler} \cdot C_{sampler}$  ( $C_{sampler} = 5 \text{ pF}$ )

**Přechodový děj 100 ns a kratší ?? - vnitřní odpor vnějšího zdroje signálu ??**

**Problém periodického nabíjení  $C_{sampler}$**

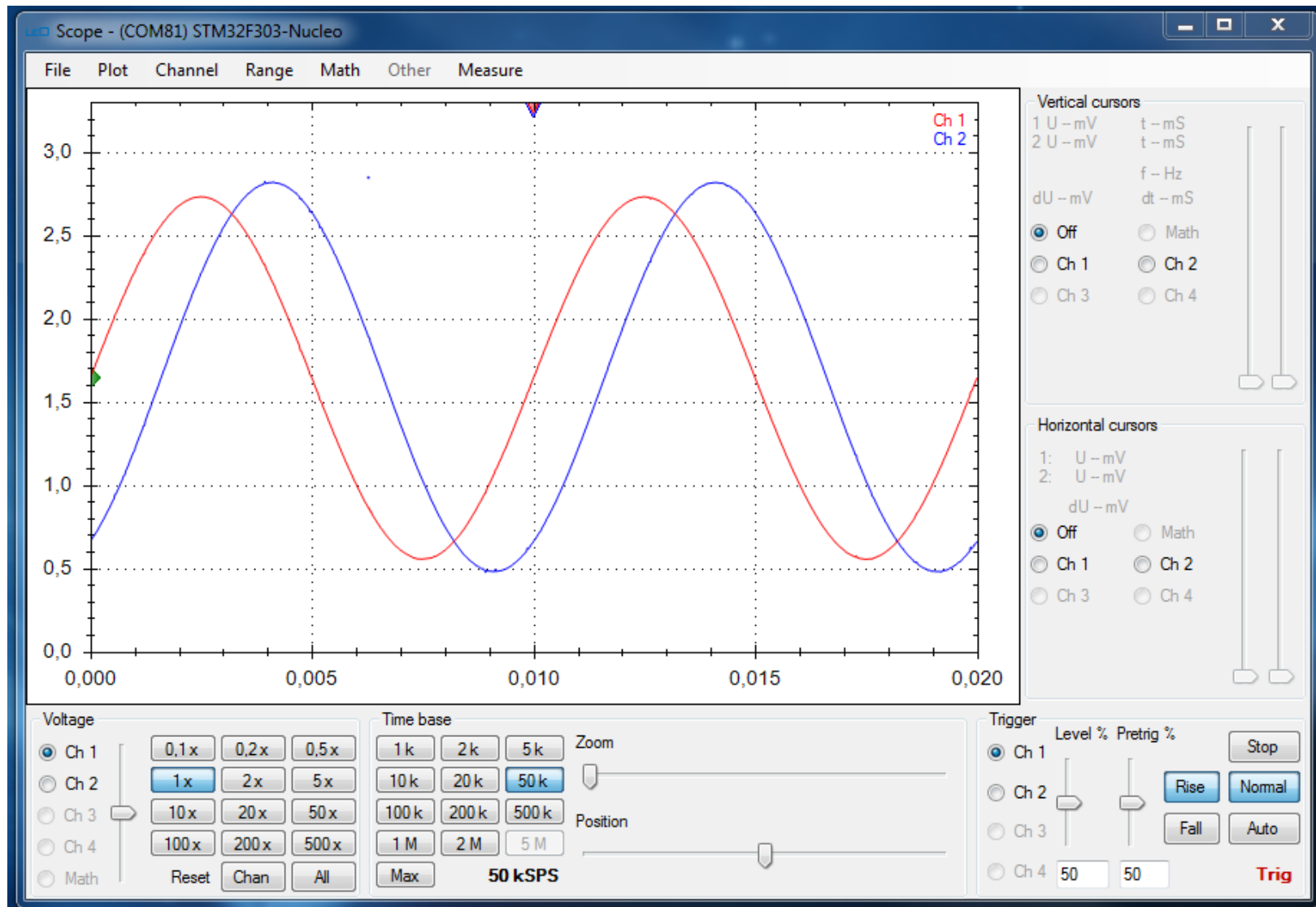
Ale - možnost **využití periodického nabíjení vzorkovacího kapacitoru**  
***pro měření malých proudů.***

$I_x = (U_{MER} - U_p) f_{sampler} \cdot C_{sampler}$  např.  $U_{MER} = 1,22 \text{ V}$ ,  $I_x = 5 \text{ nA}$  při  $f = 1000 \text{ Hz}$

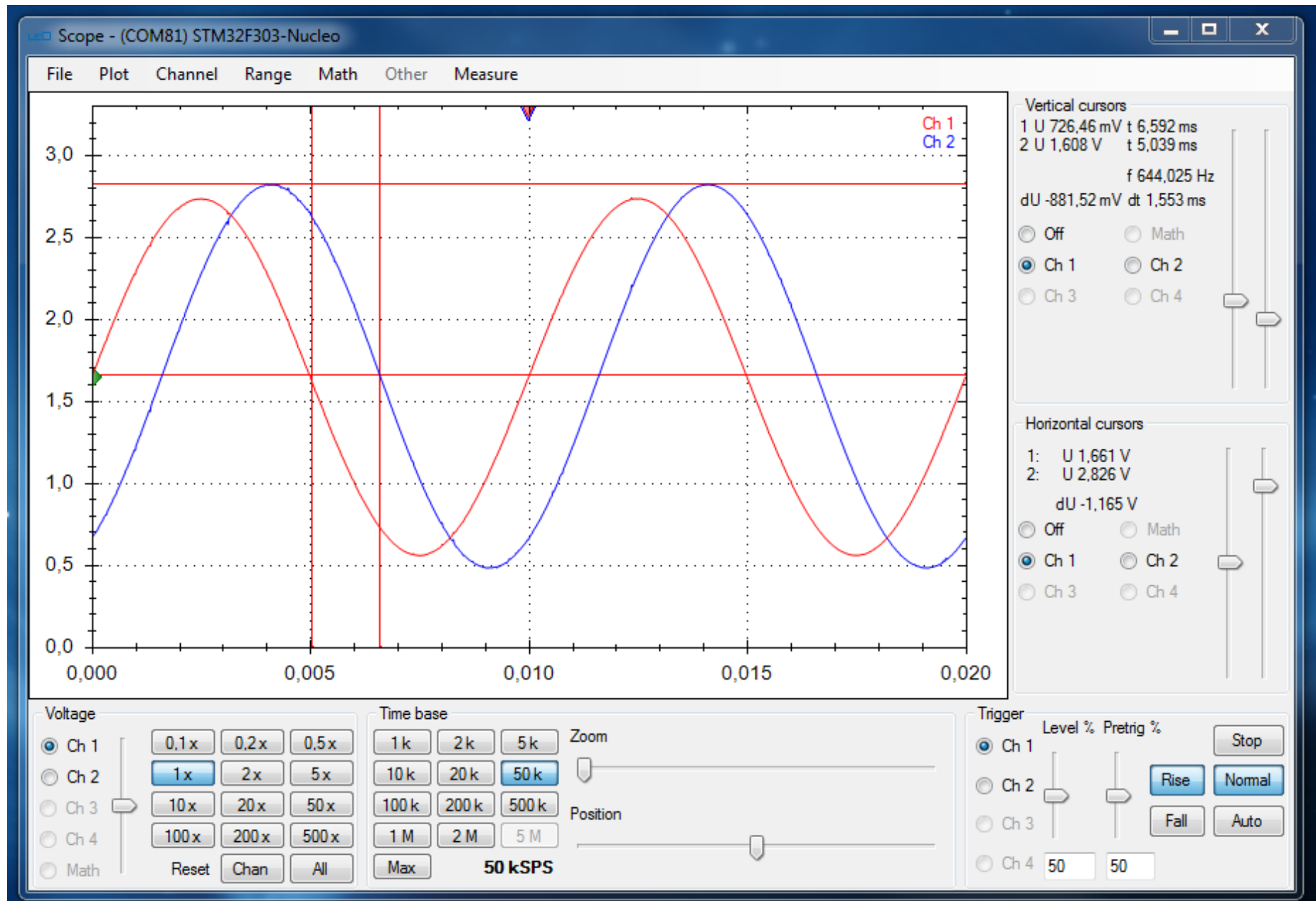
Má význam při měření **použitím funkce Voltmetr**

**Voltmetr 5ks/s 200 odměrů (40 ms) prodleva cca 80 až 120 ms**

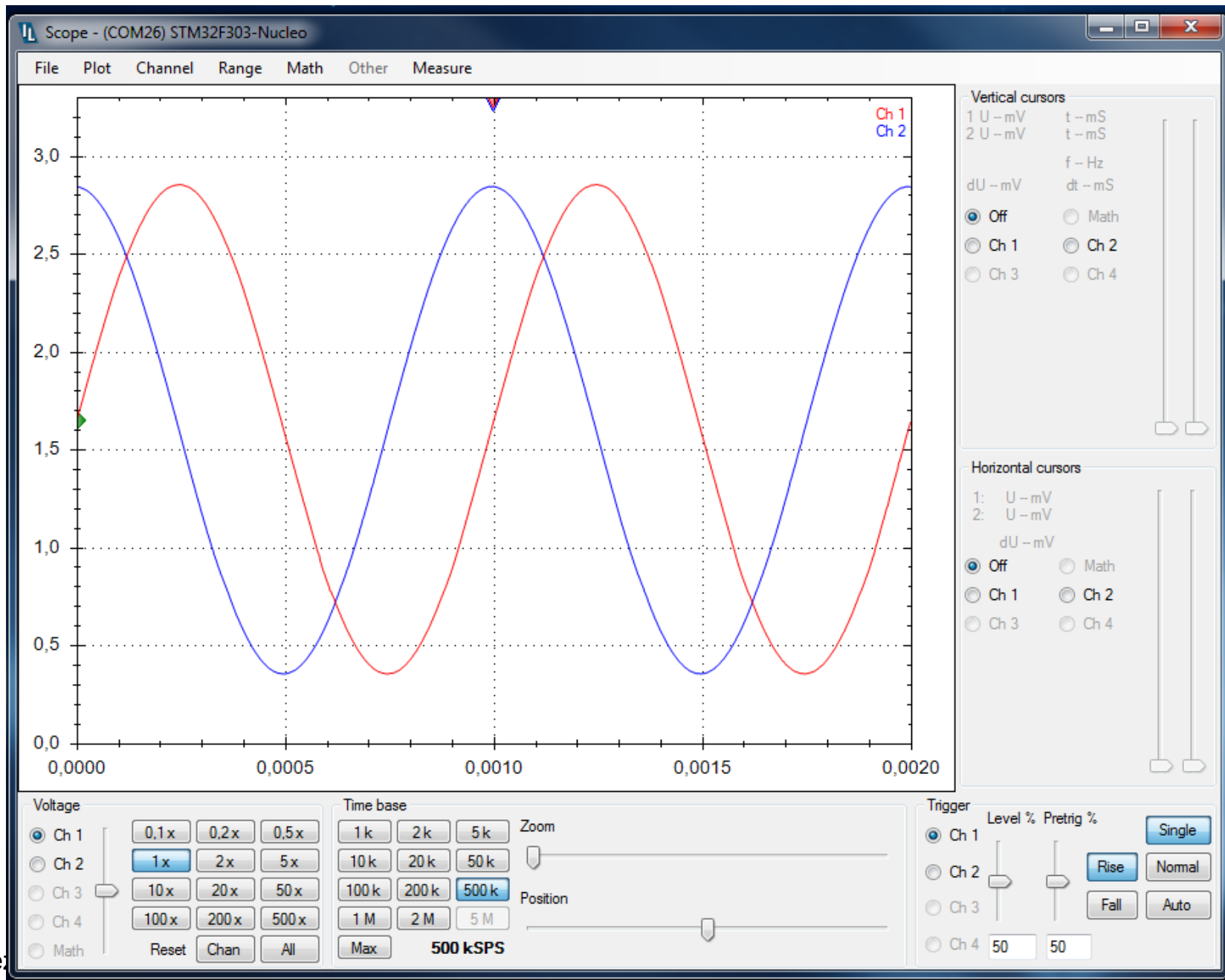
# Osciloskop – dvoukanálový režim záznamu



# Funkce kurzorů

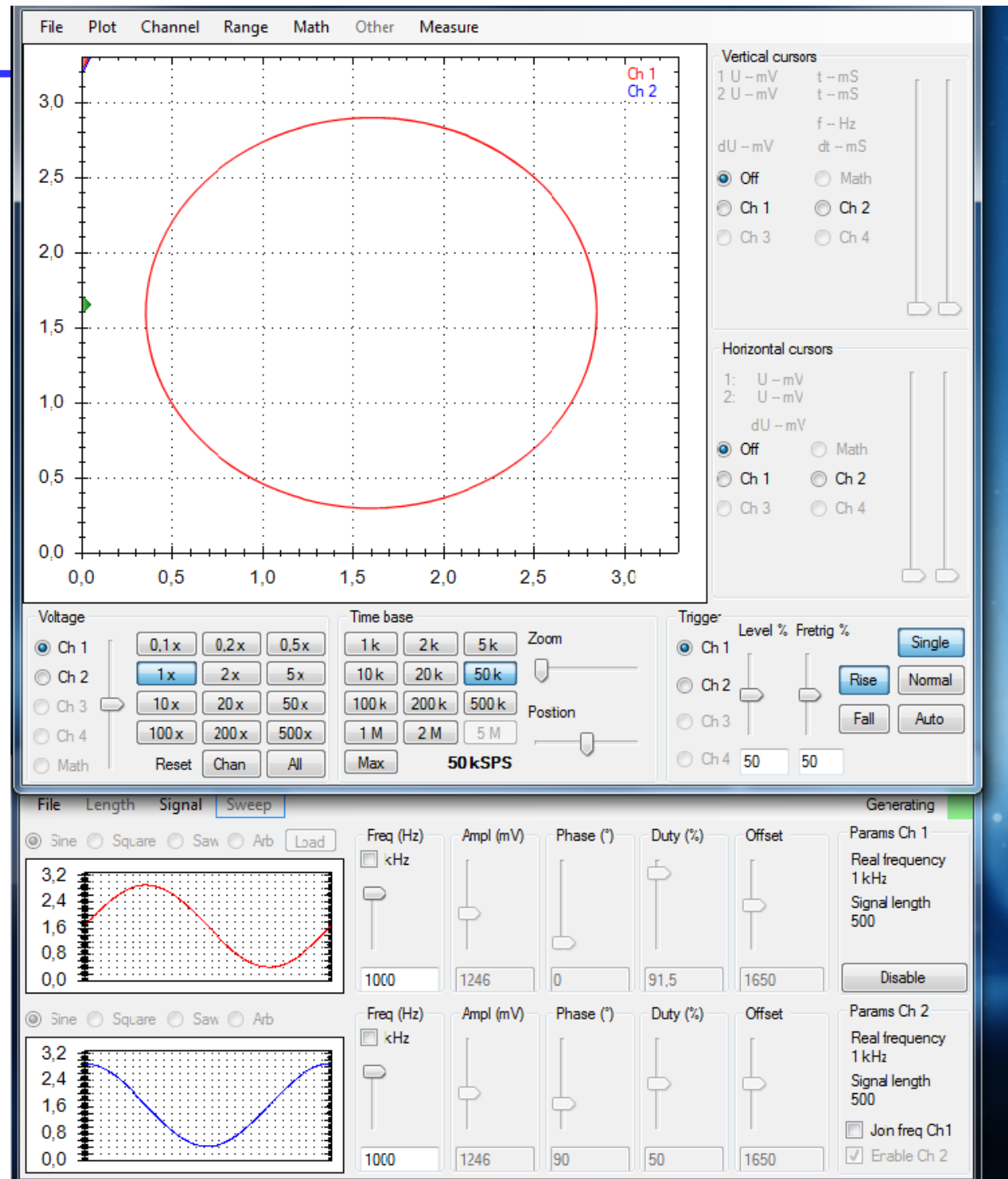




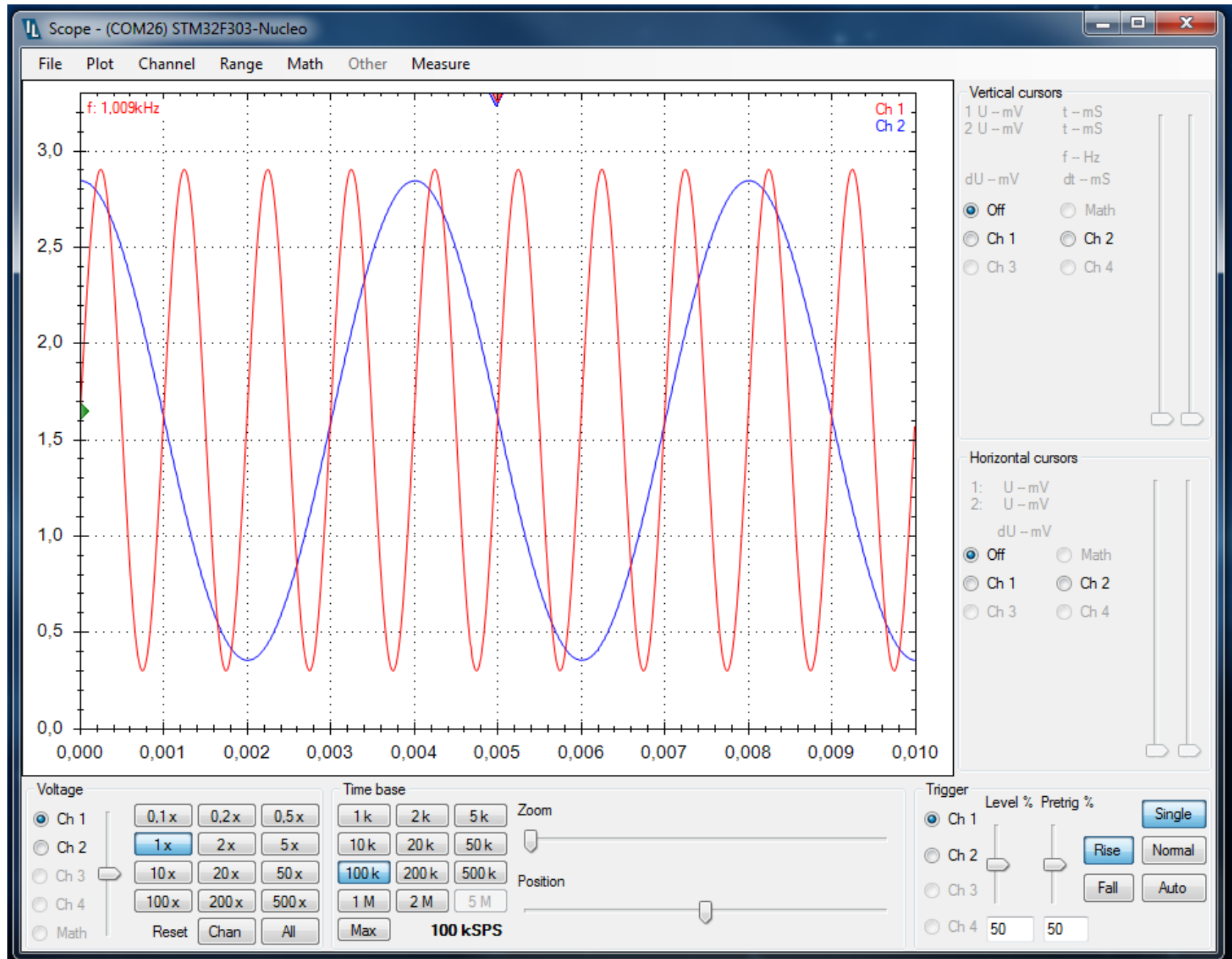


# Zobrazení

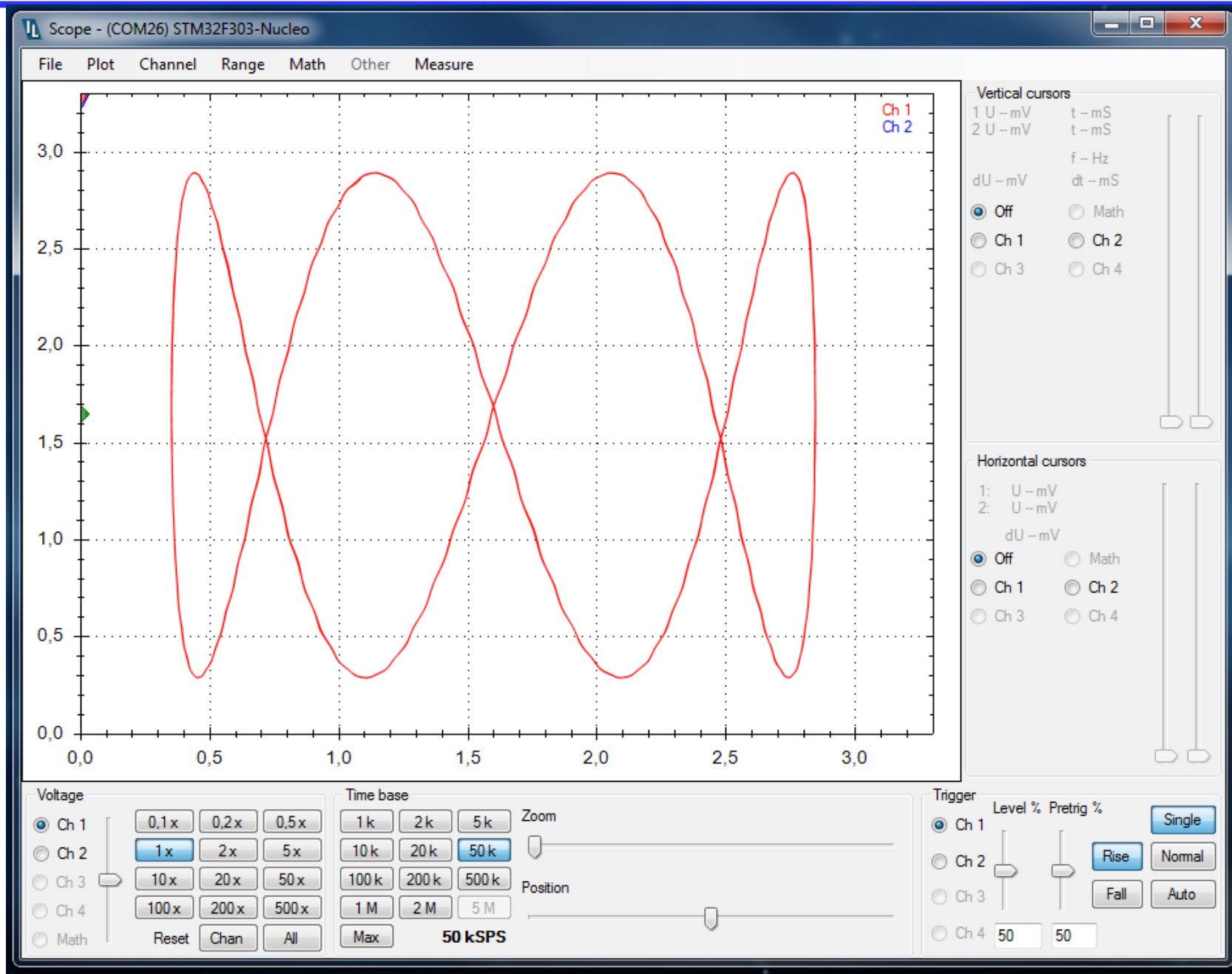
## Plot X-Y mód



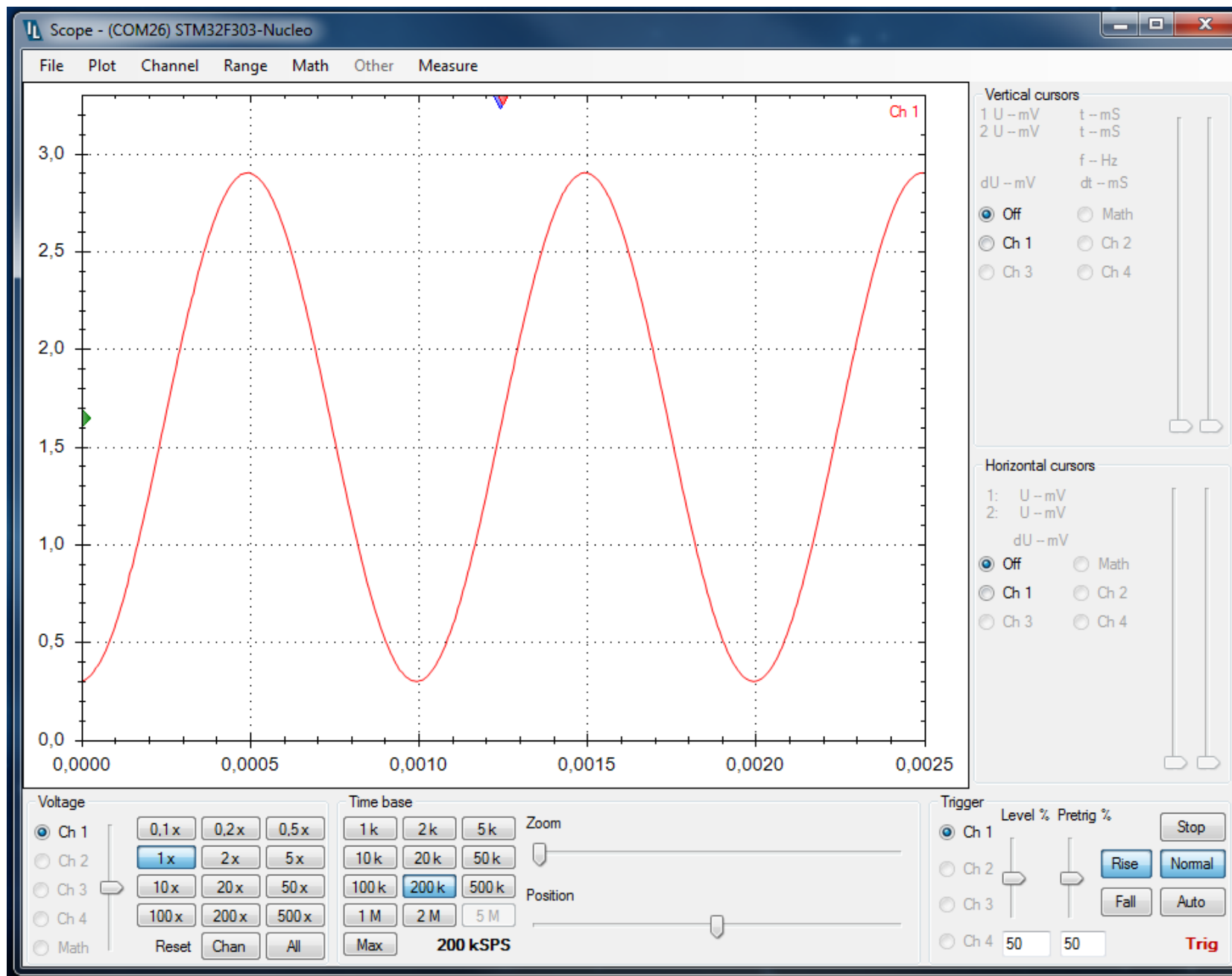
# Časový záznam harm. signálů, poměr frekvencí 5:1



# X-Z záznam harm. signálů, poměr frekvencí 5:1

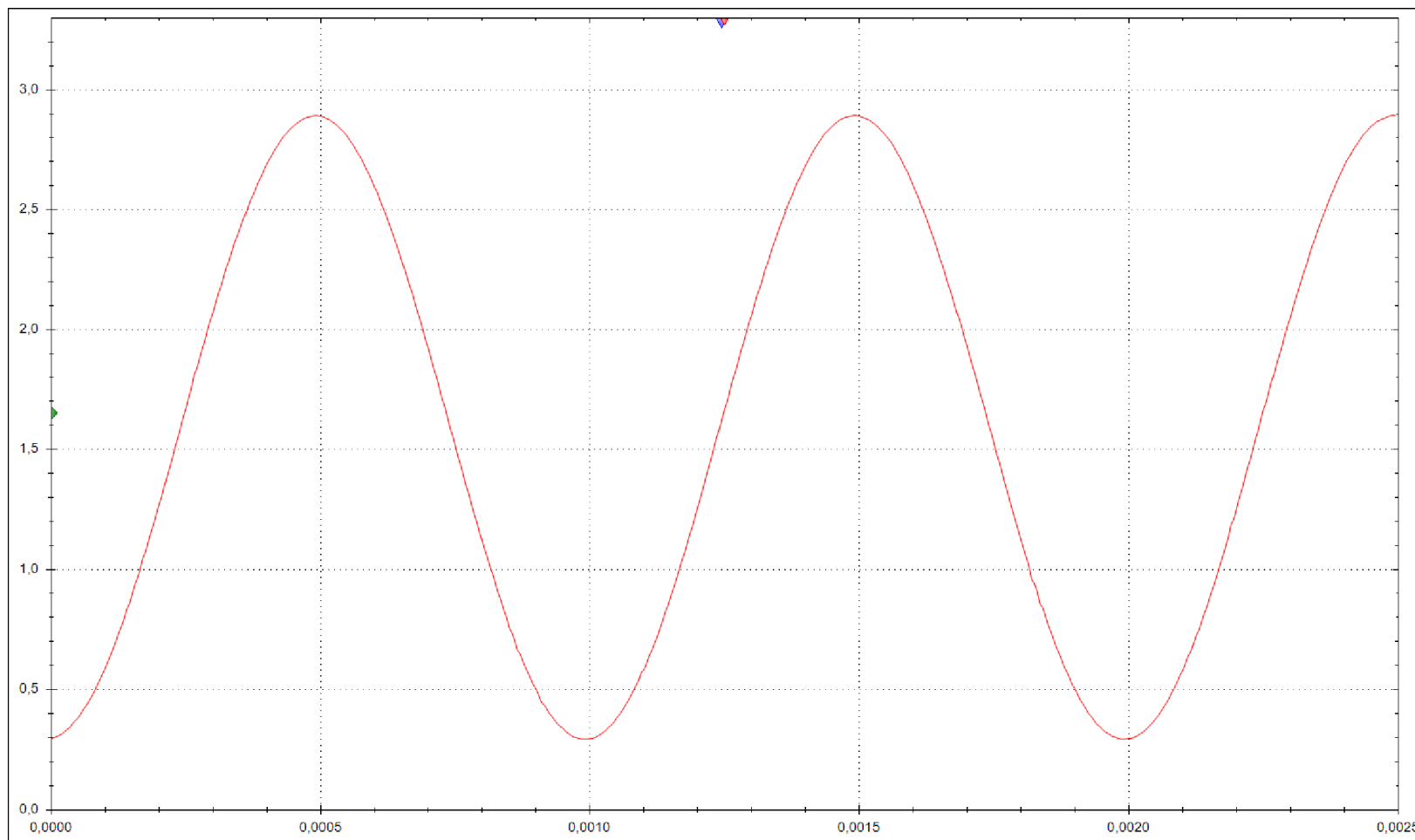


# Záznam průběhu signálu a jeho grafický export

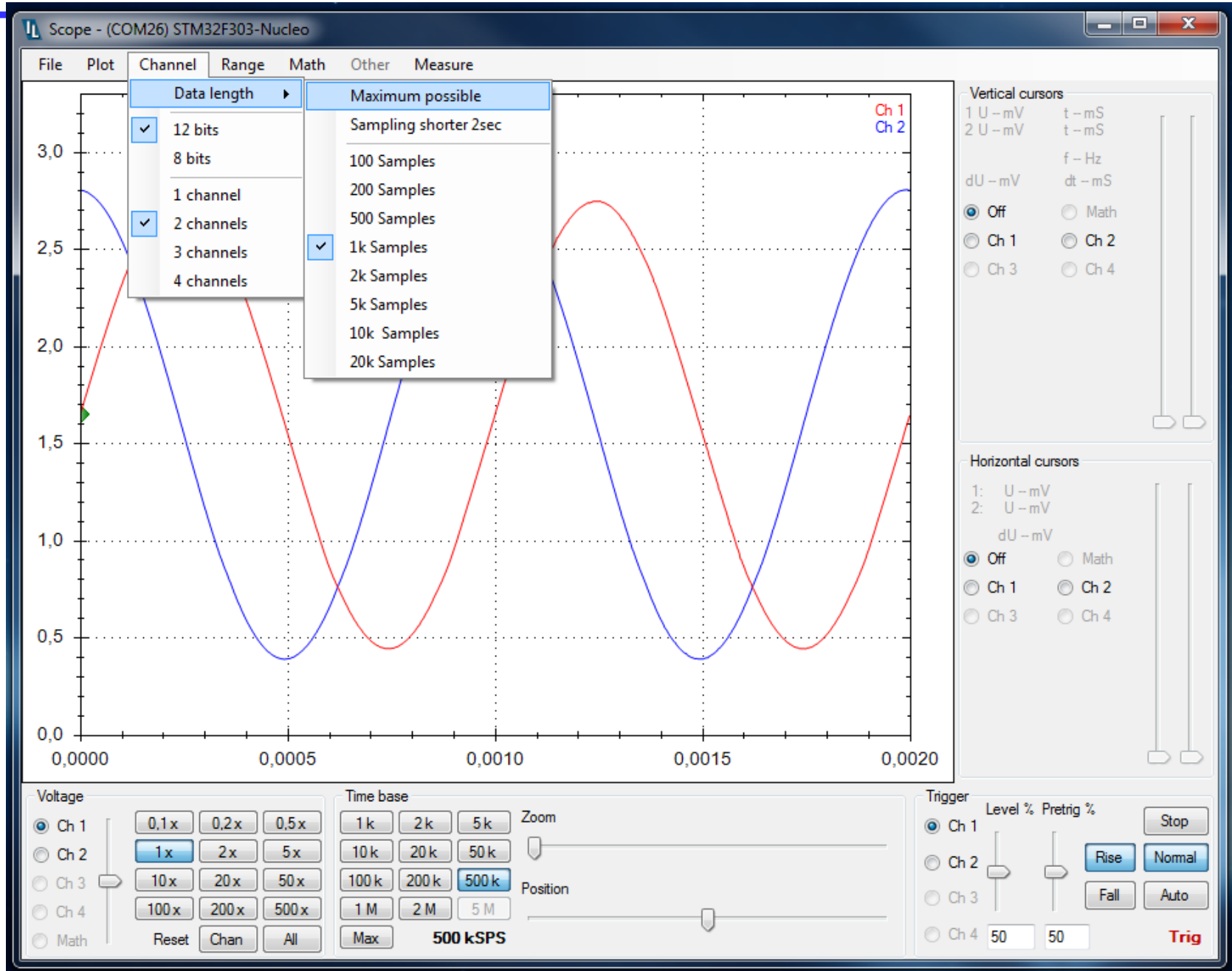


# Záznam průběhu signálu a jeho grafický export

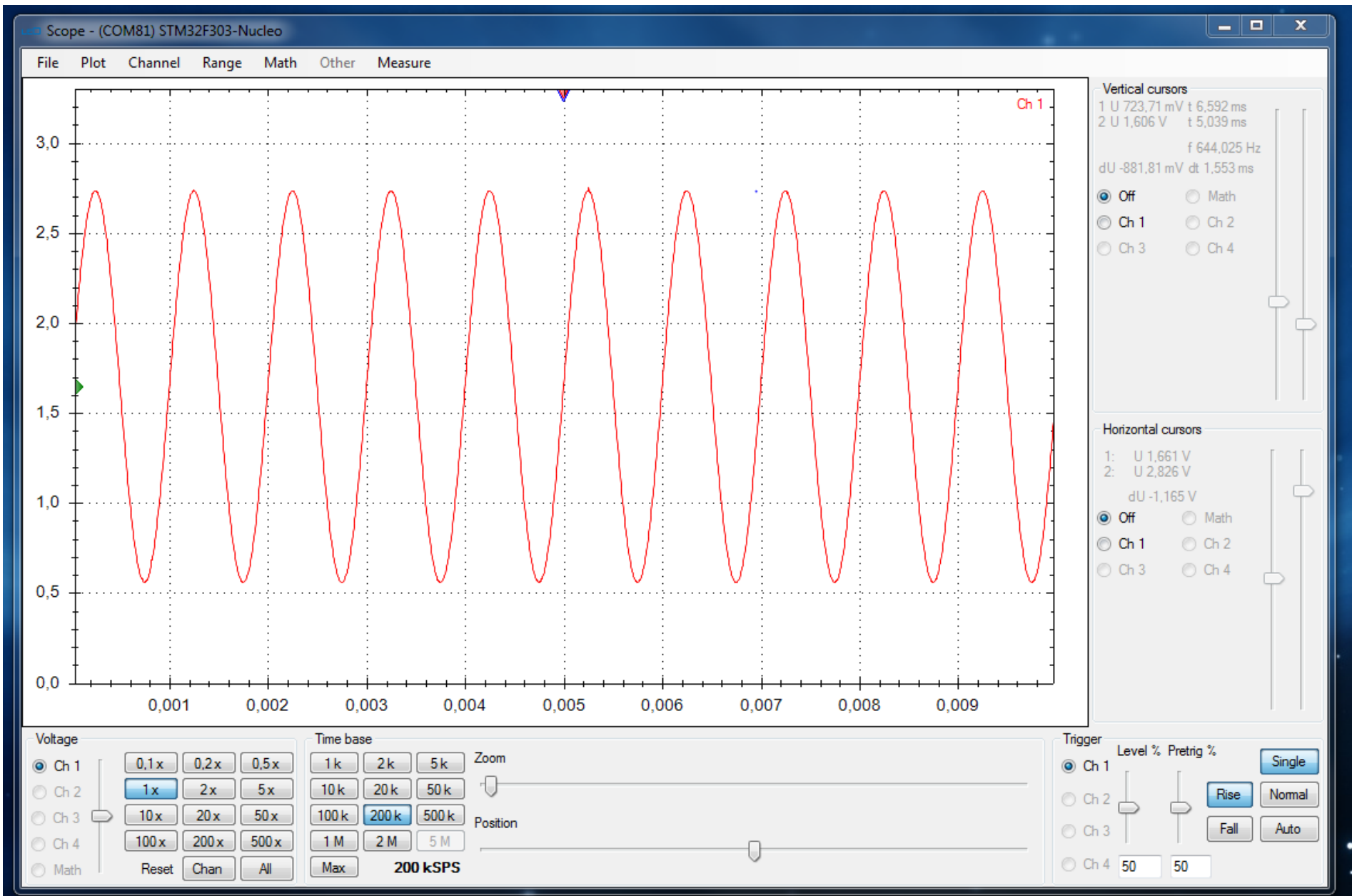
## Archivace záznamu signálu, obr. ve formátu PNG



# Volba rozlišení, počtu kanálů a délky záznamu

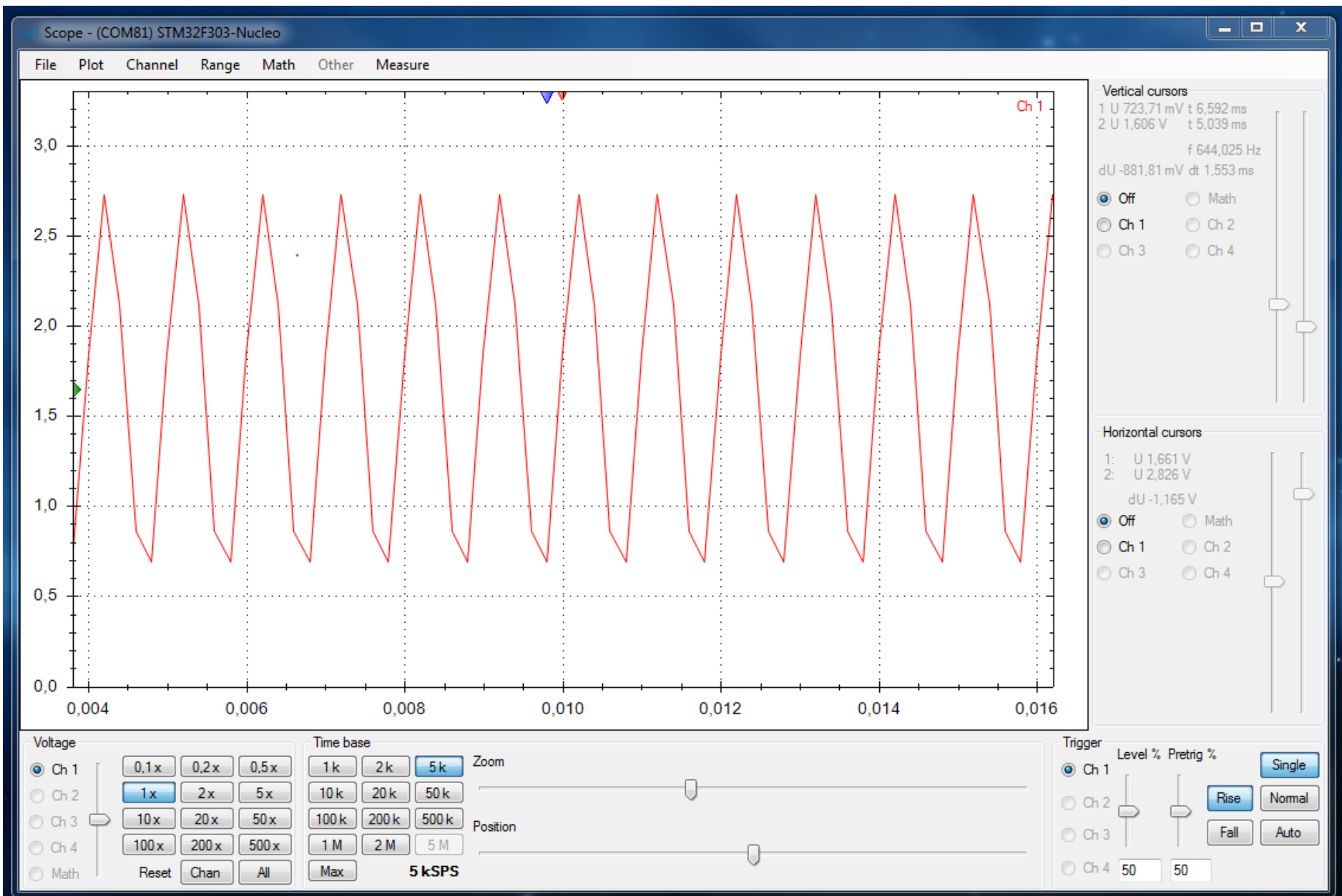


# Sinus 1 kHz, vzork. 200 ks/s, 200 vz./per. **zobraz. bez interpolace**

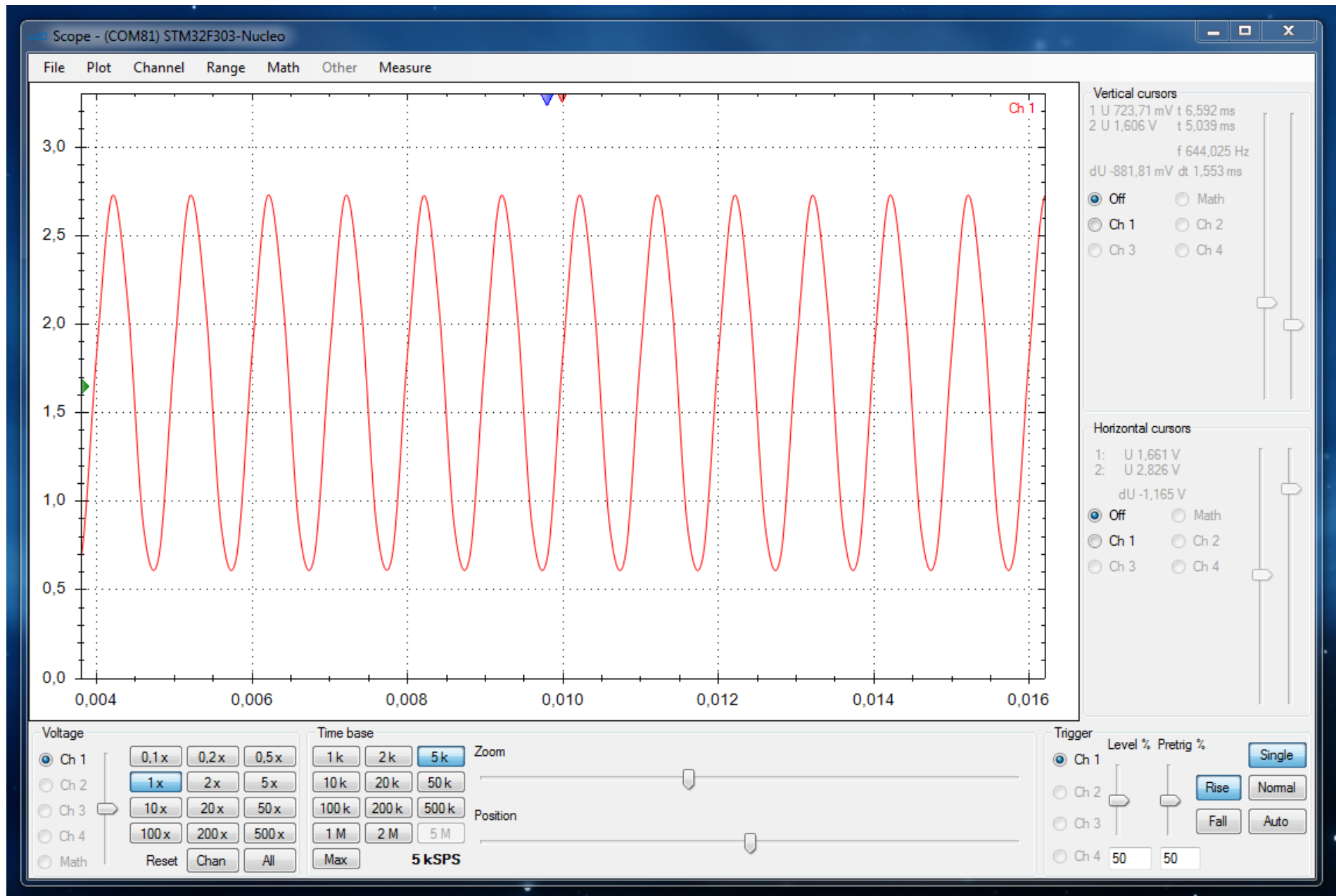




# Sinus 1 kHz, vzorkování 5 ks/s, 5 vzorků/per, zobrazení bez interp.

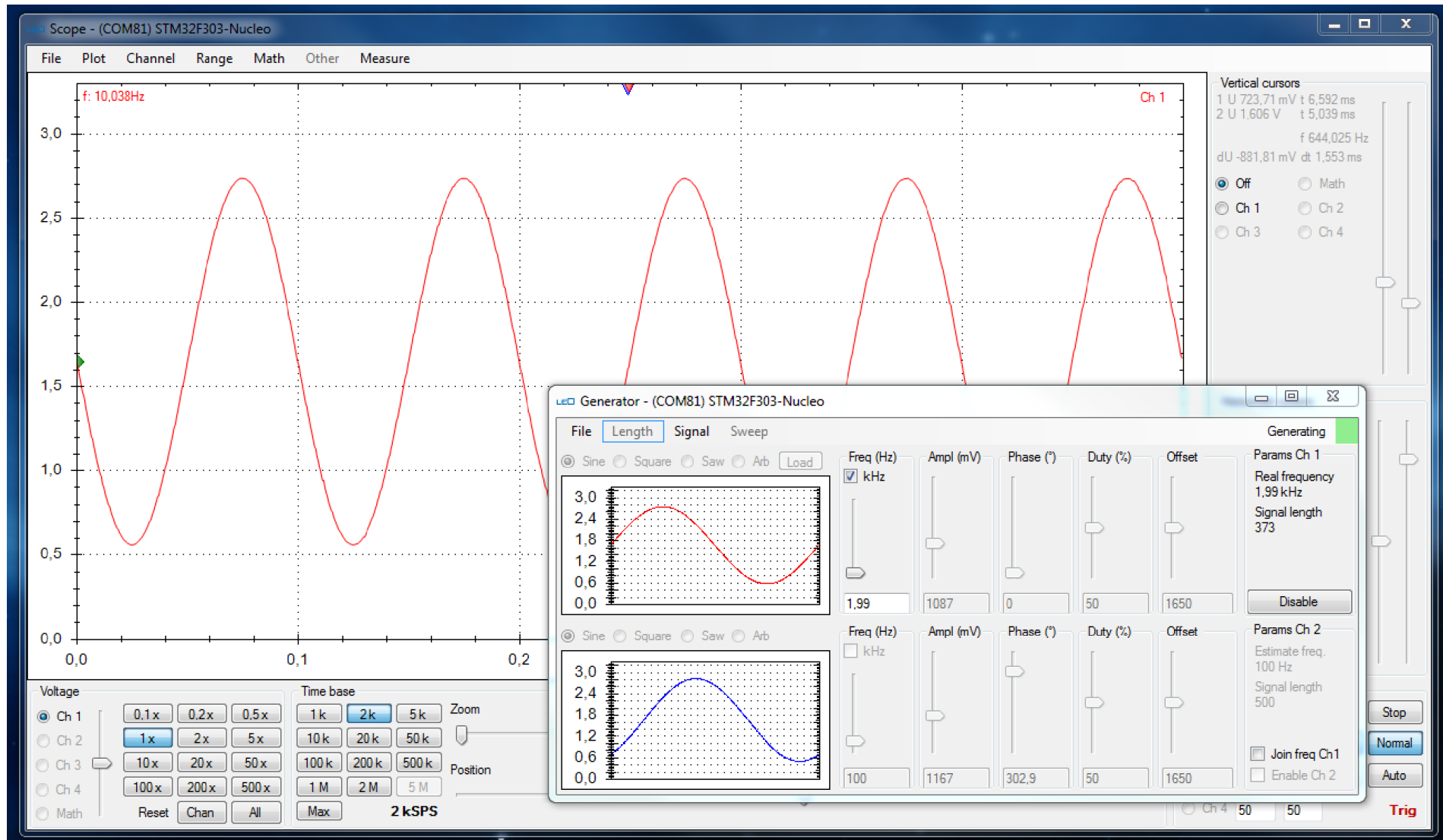


# Sinus 1 kHz, vzork. 5 ks/s, 5 vzorků/per, **zobrazení s interpolací**



# Porušení vzorkovacího teorému - Aliasing

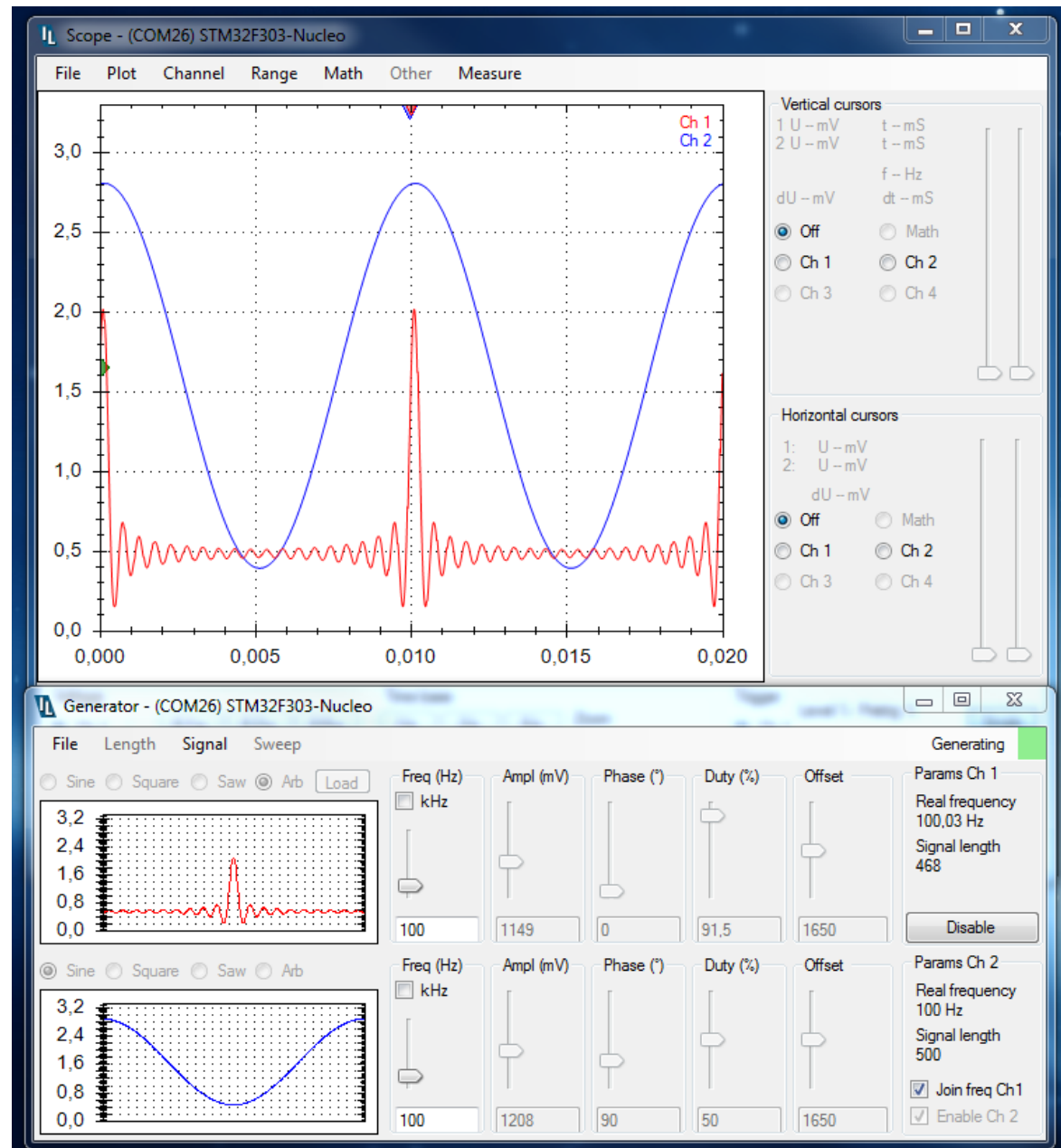
Generace sinus 1,99 kHz, vzork. 2 ks/s, zobrazení - zdánlivého signálu s rozdílovou frekvencí 10 Hz



# Generace arbitrary signálu

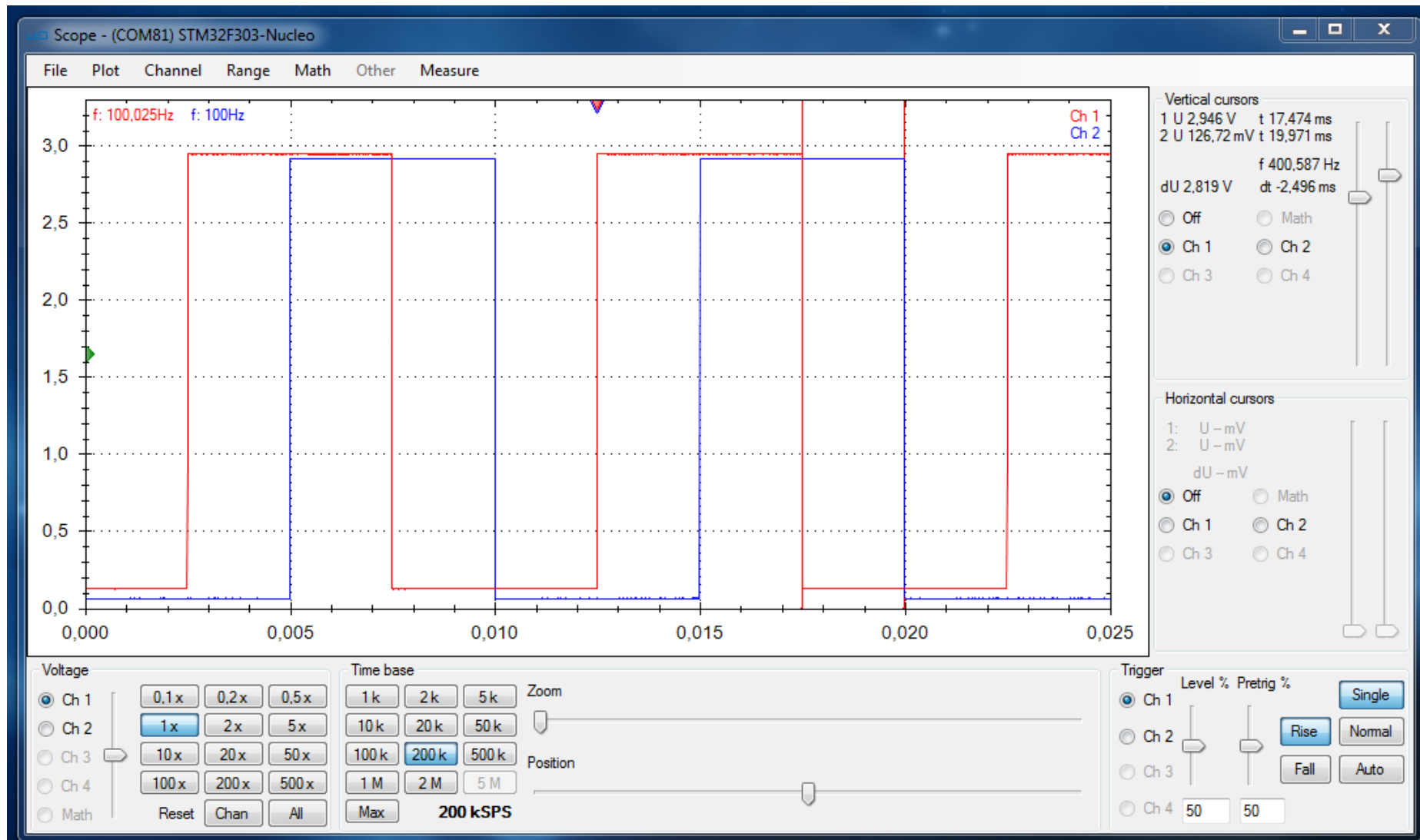
**Příklad- signál sinc**  
 $\sin(x) / x$

**Možno připravit soubor typu .CSV s uživatelsky definovanými hodnotami napětí v průběhu signálu**



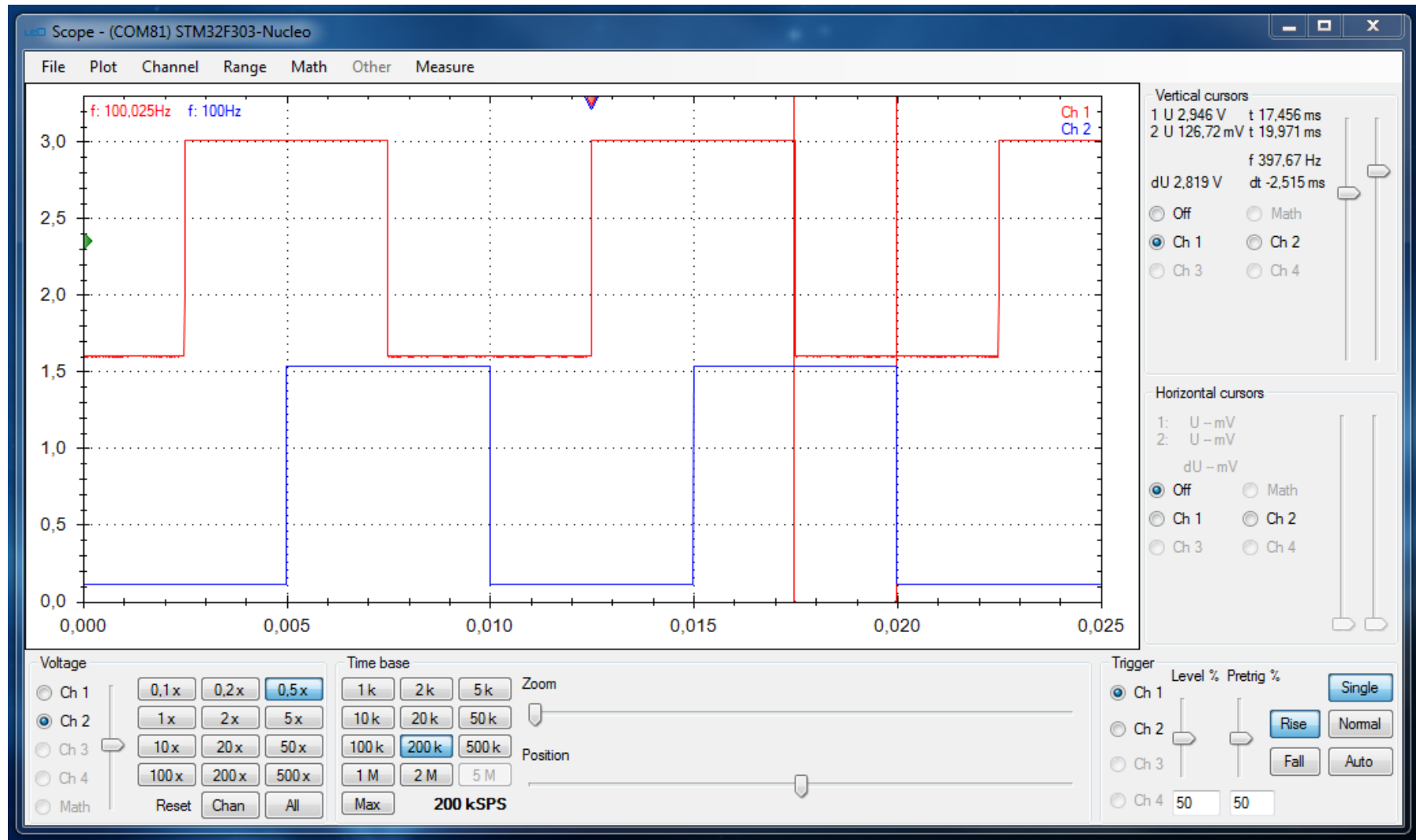
# Kvadrurní signál - Enkodér

Simulace signálu optoelektrického inkrementálního snímače, pro ověření funkce čítačů (v režimu *encoder interface mode*) v mikrokontroléru



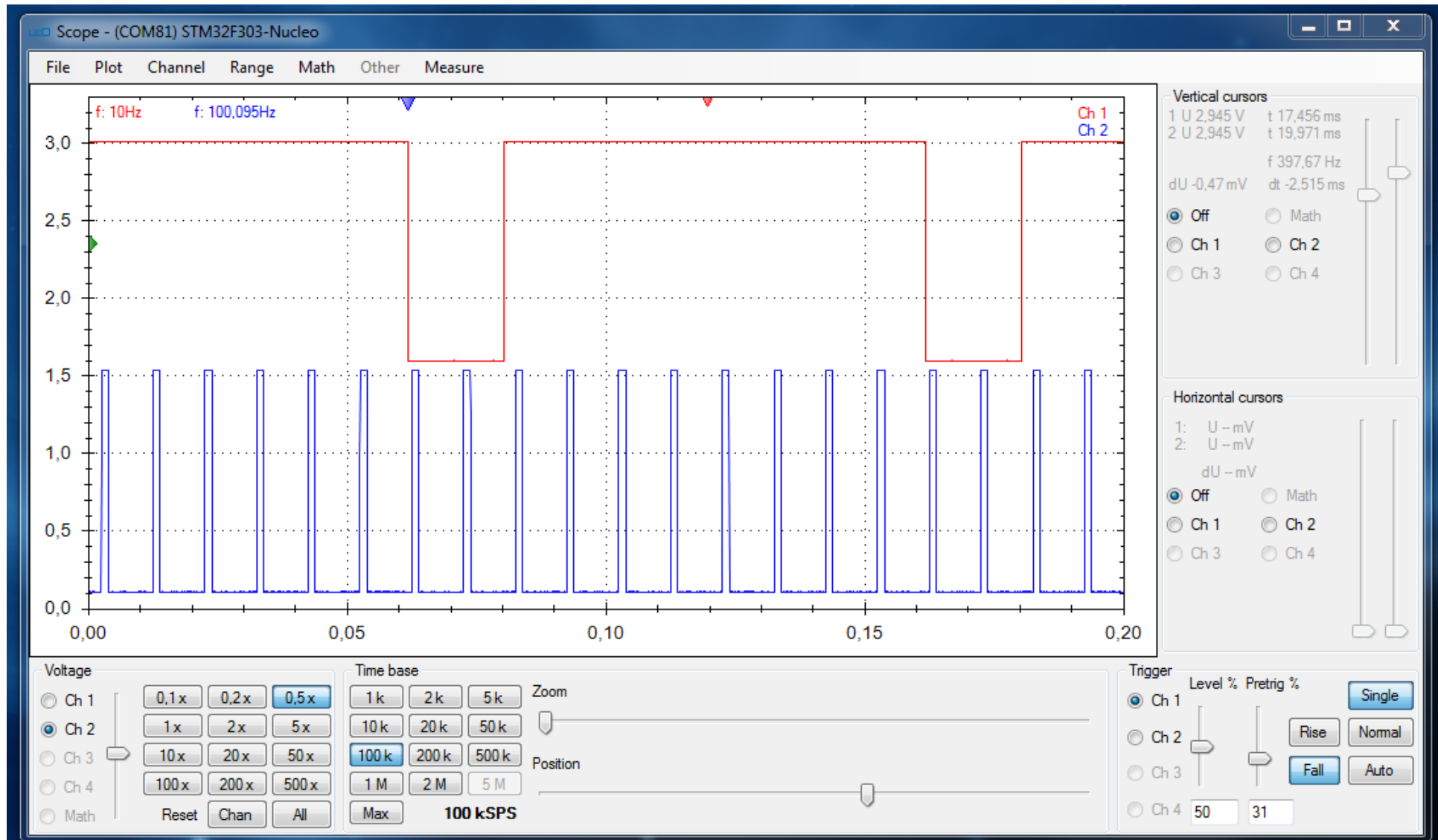
# Kvadrurní signál - Enkodér , posun

Posun stopy 1 ve směru Y pro přehlednější zobrazení

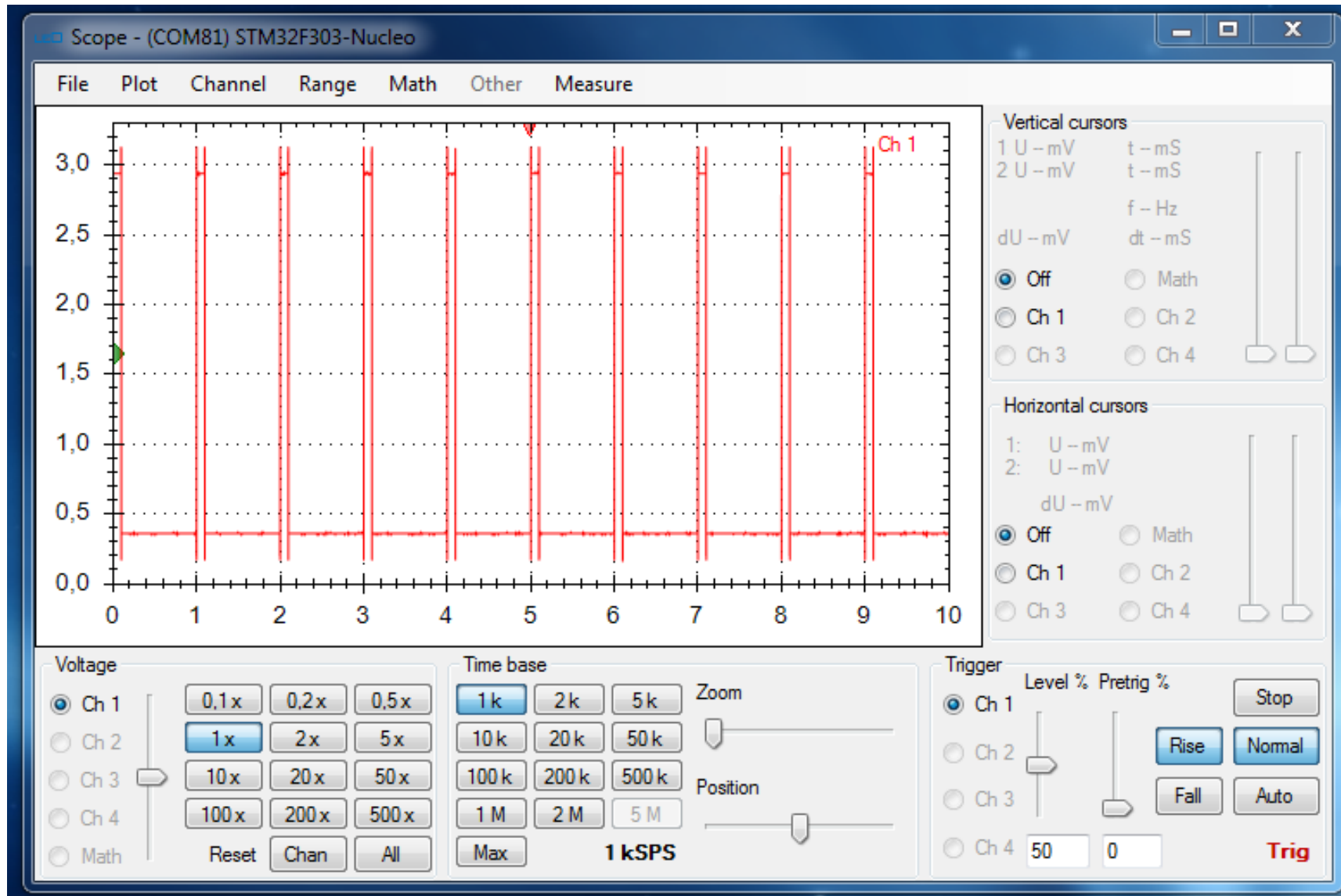


# Generace impulsních signálů s poměrem frekvencí 1:10

## Signály pro testování funkce čítačů, měření poměru frekvencí



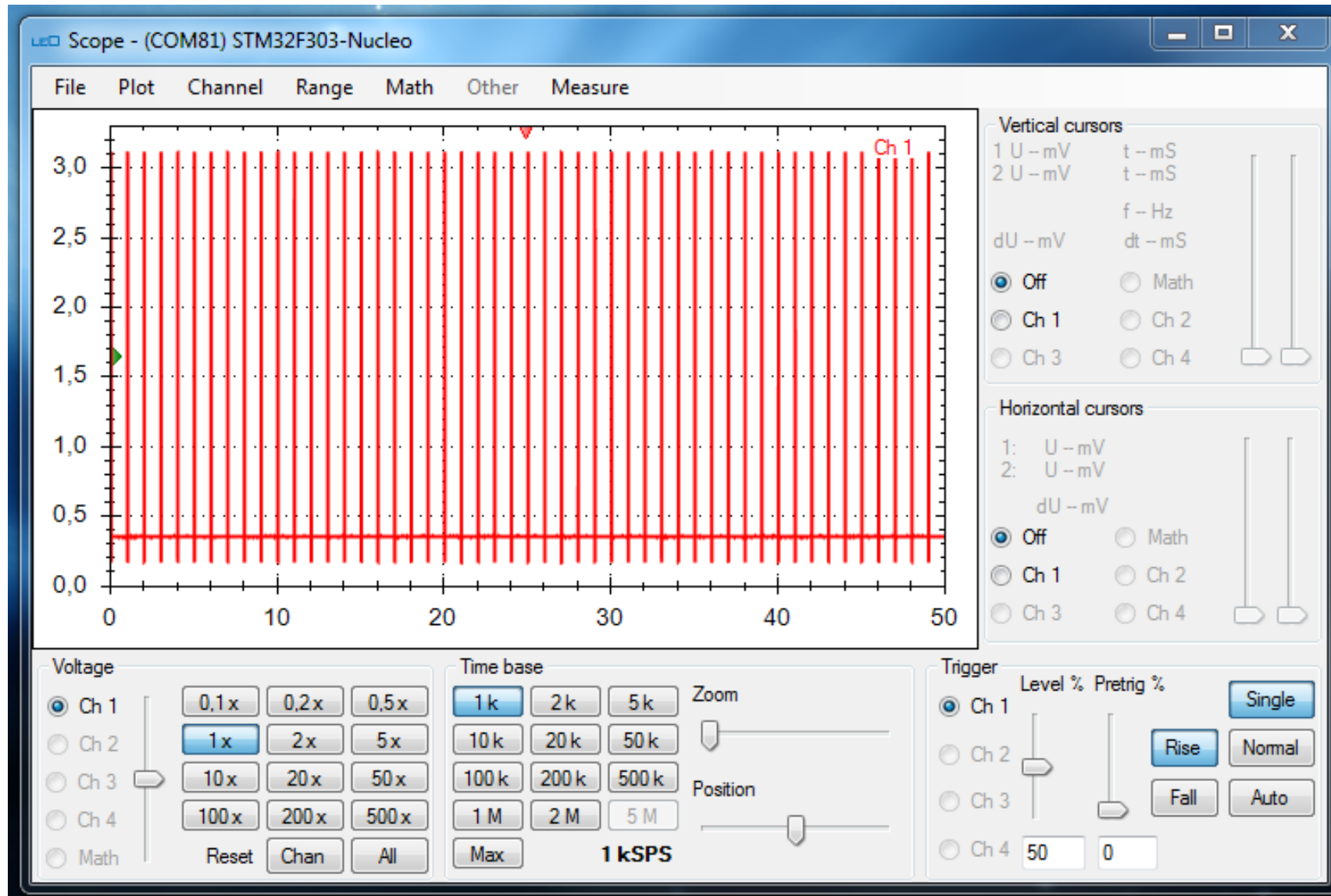
# Demonstrace časového záznamu- 10 sekund



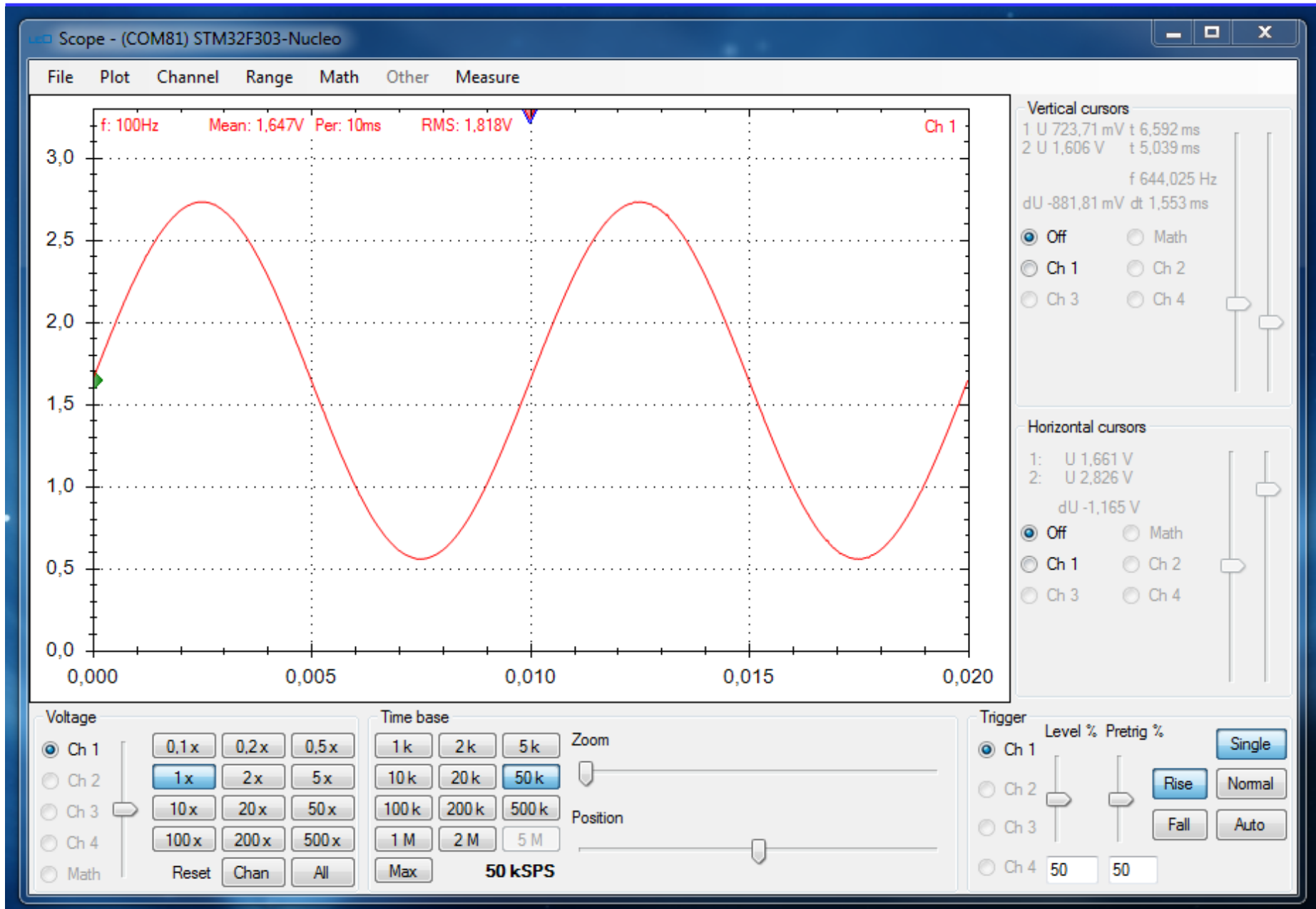


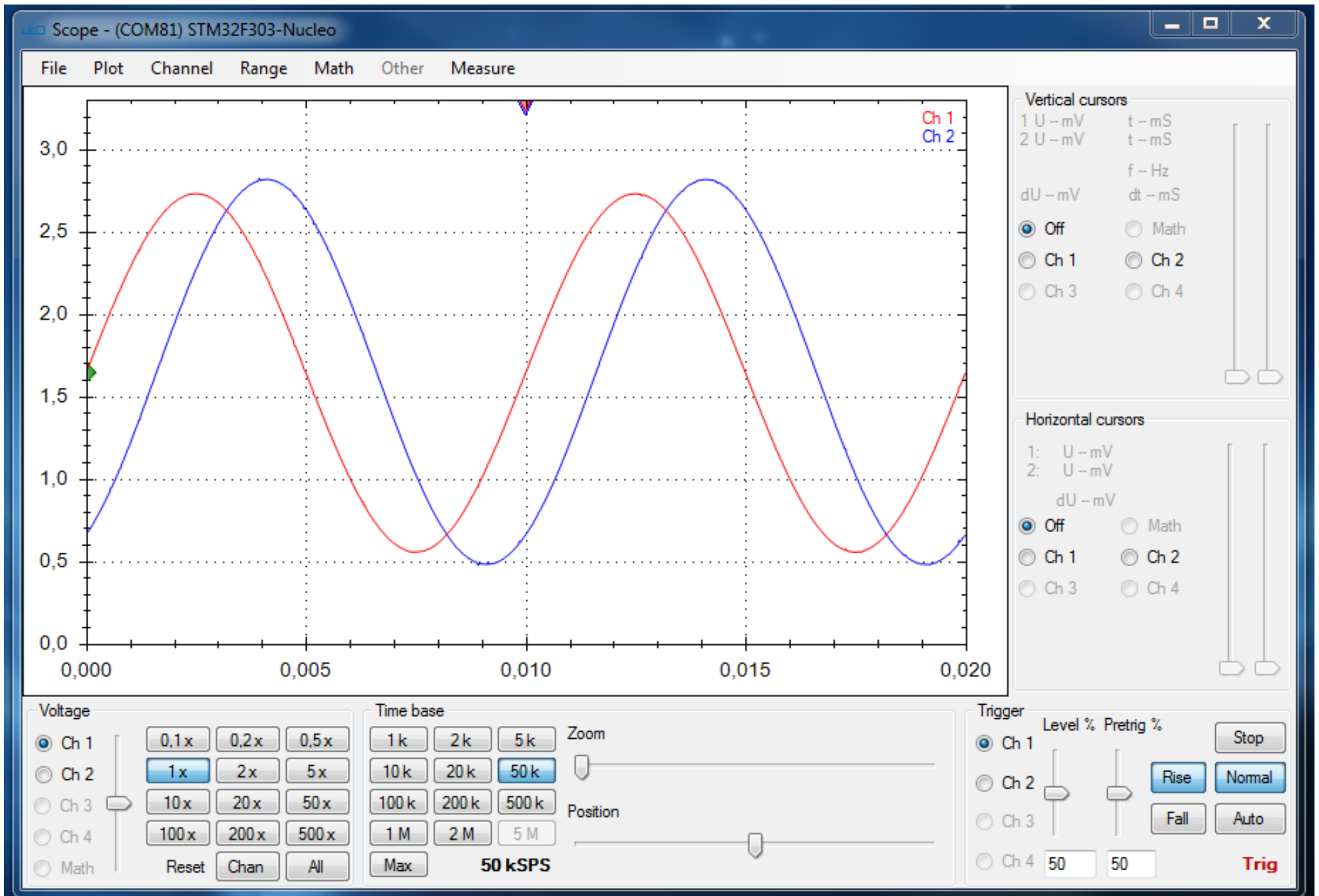
# Demonstrace časového záznamu- 50 sekund

Záznam 40 kB, s rozlišením ADC 8 bitů, rozlišení času 1ms

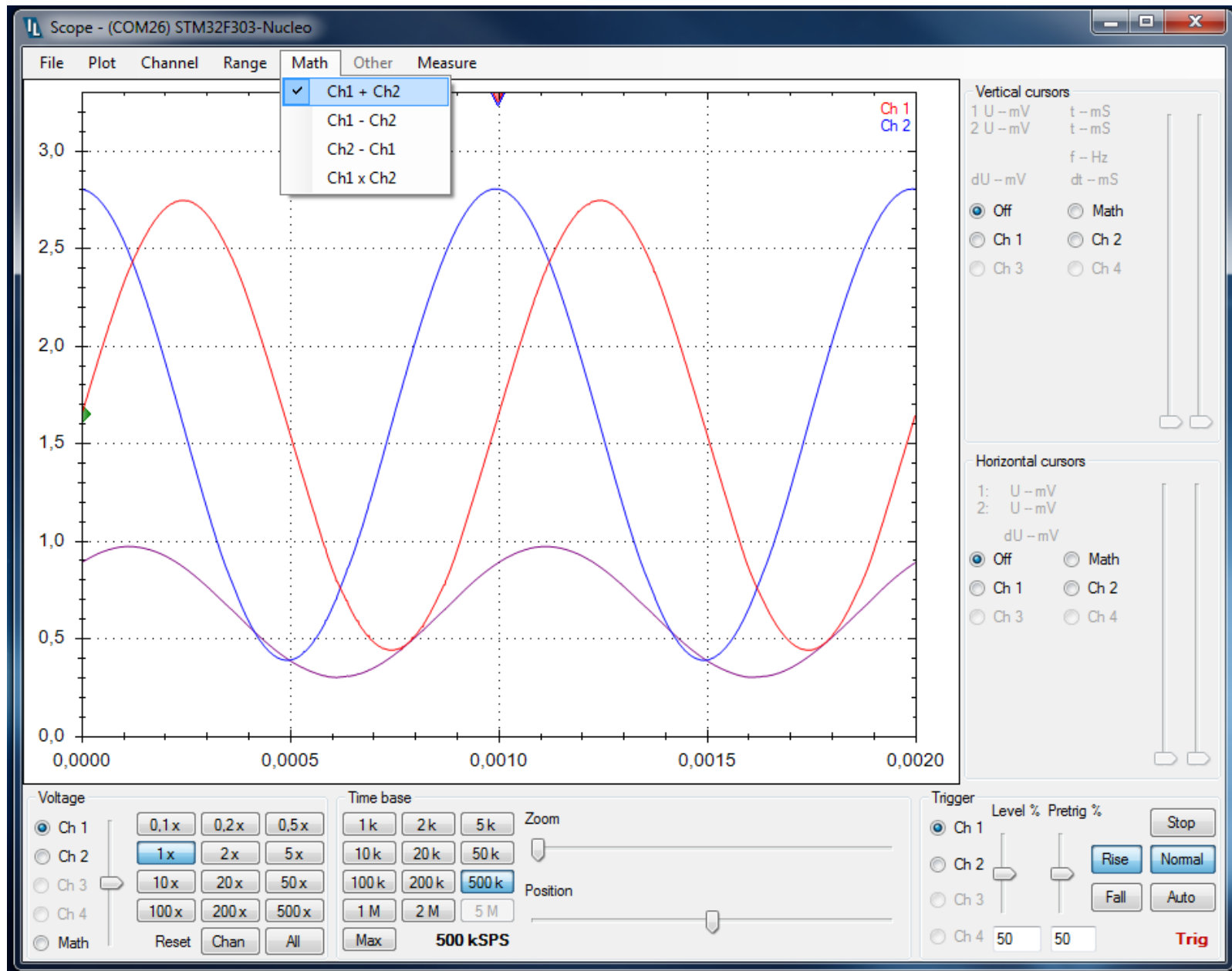


# Atomické měření parametrů signálu

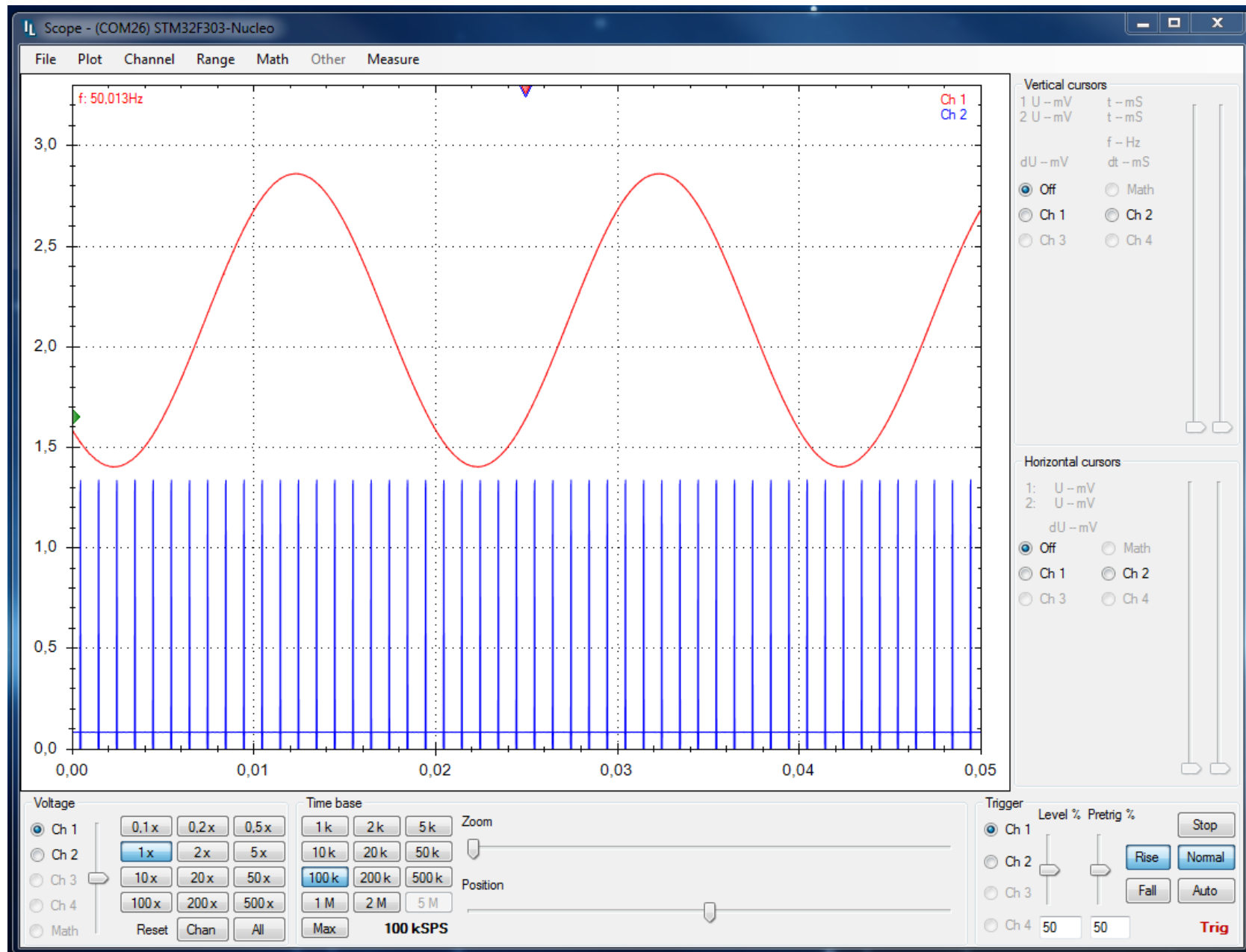




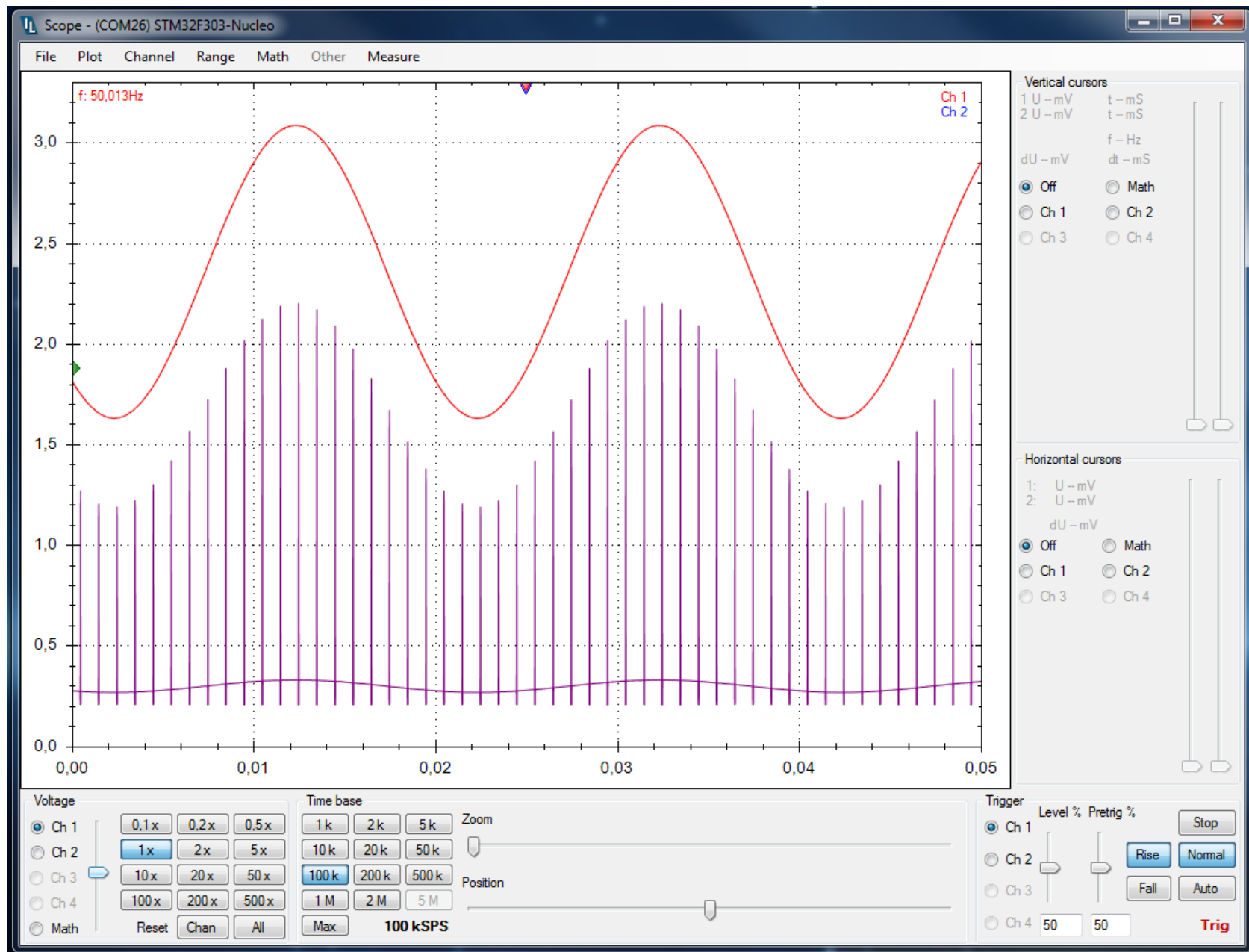
# Funkce - matematické operace se signály (různá měřítká pro math)



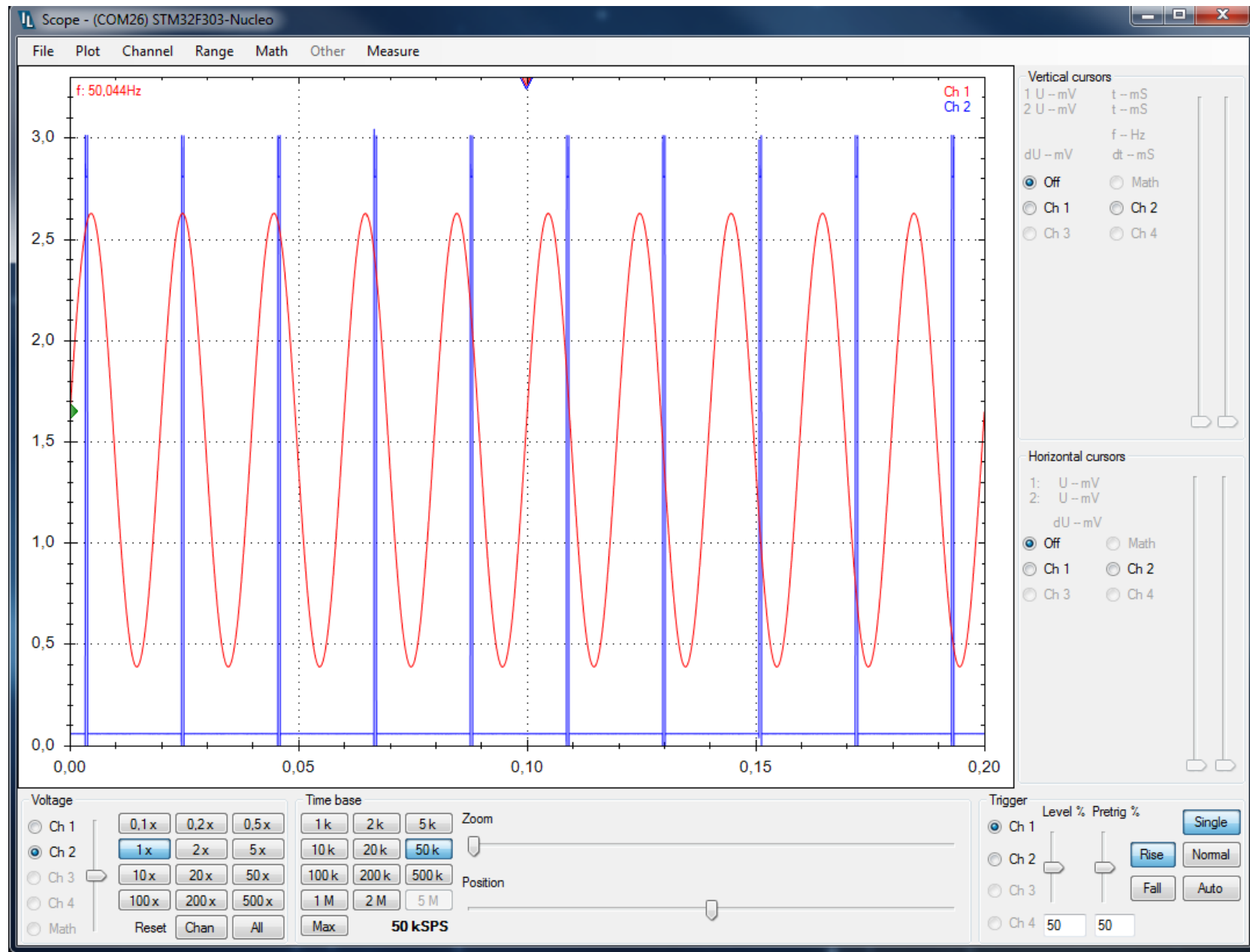
# Demonstrace vzorkování



# Demonstrace vzorkování (násobení)



# Demonstrace „stroboskopické vzorkování“



# Použití LEO pro měření charakteristik obvodu

---

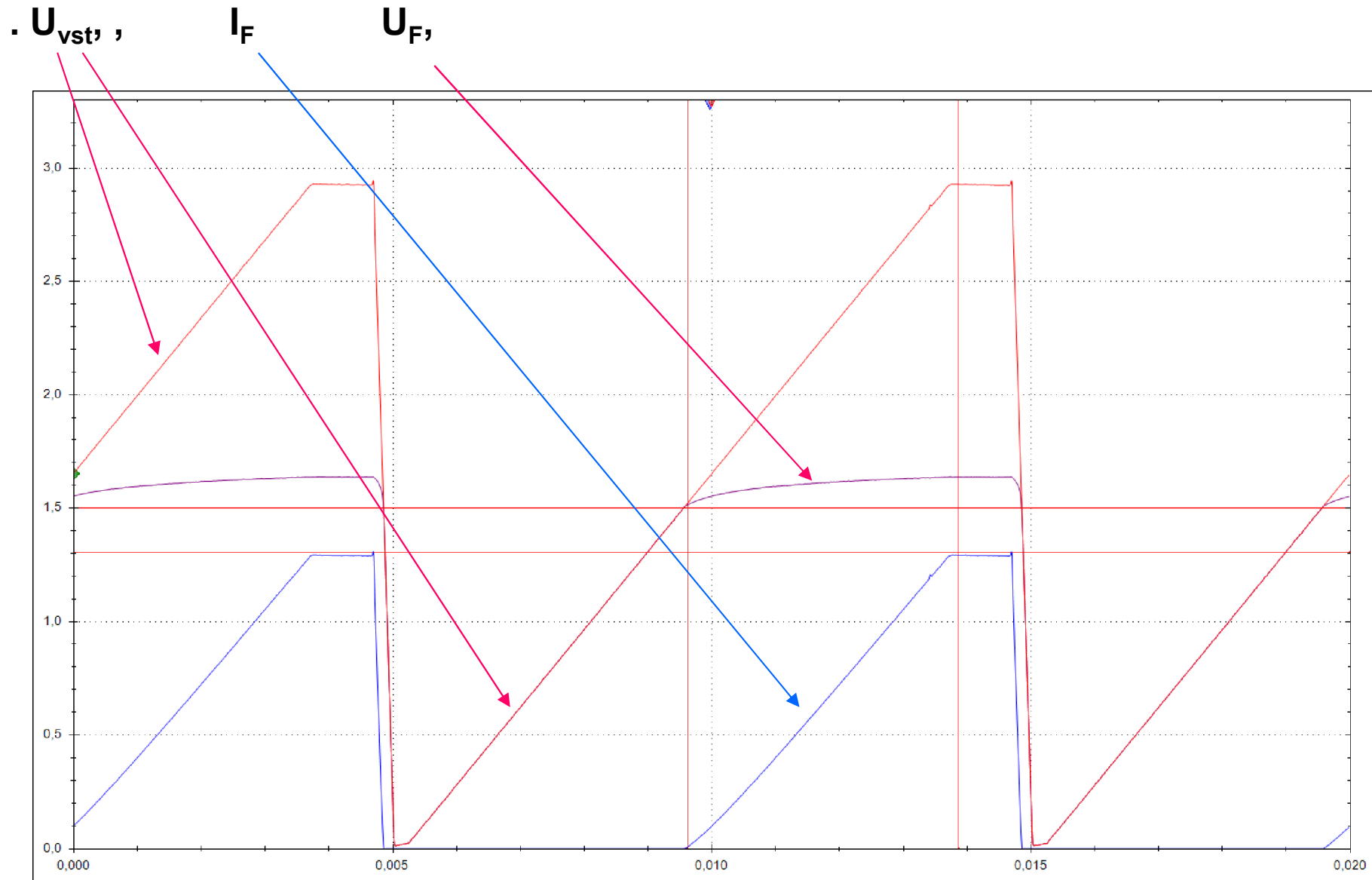
**LEO je možno využít i pro měření charakteristik obvodů**

**Generátor- rampa, osciloskop- záznam, využití funkcí rozdílu napětí-  
měření proudu, jako rozdílu napětí na rezistoru**

- **VA charakteristika LED**
- **Převodní charakteristika zesilovače – tranzistor. sledovač, zapojení SK**
- **Převodní charakteristika zesilovače – zapojení SE**

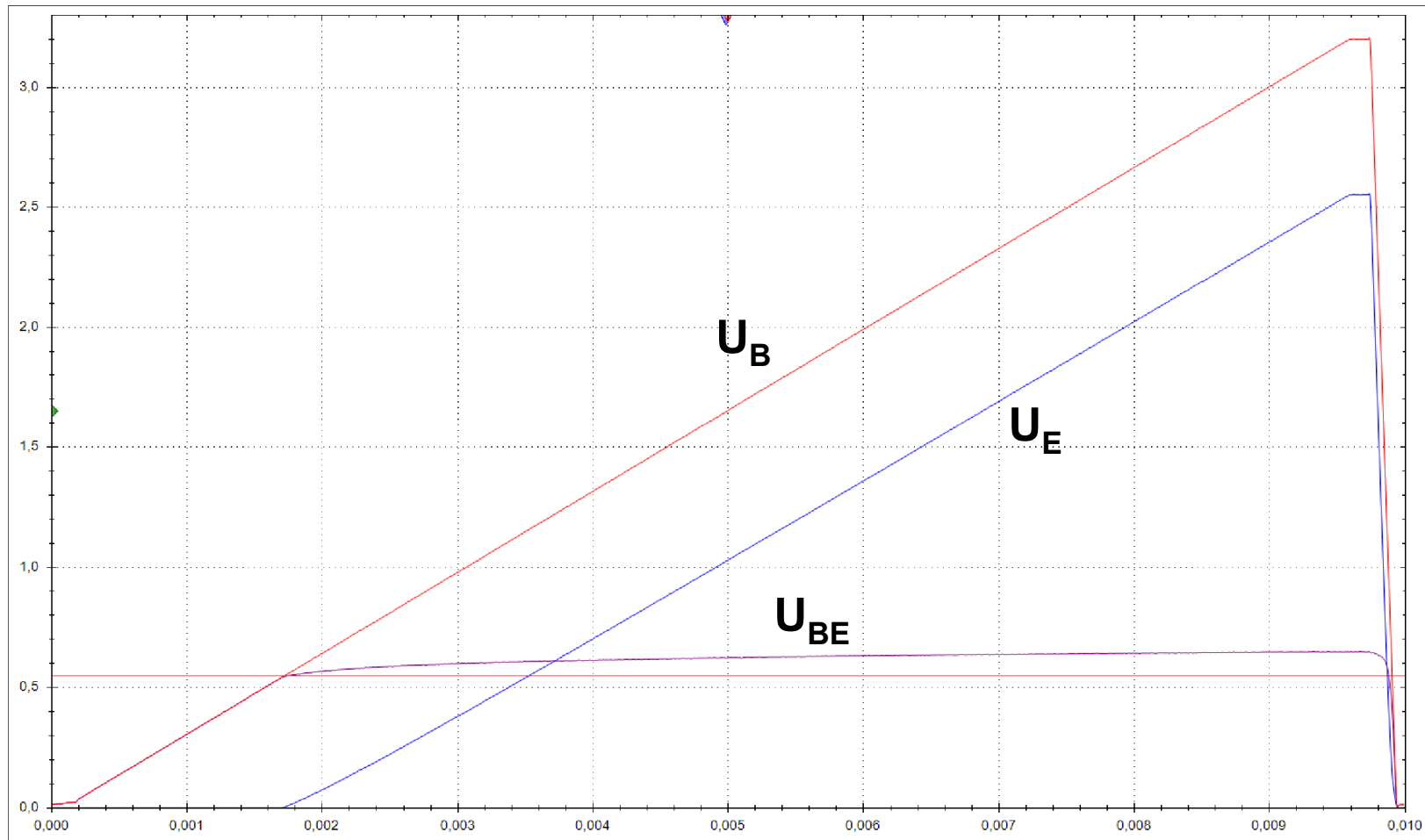


# Měření na červené LED



# Měření na tranzist. stupni zapoj SK, sledovač

## Napět'ový sledovač s BC546



# Měření na tranzistorovém zesilovači, zapojení SE

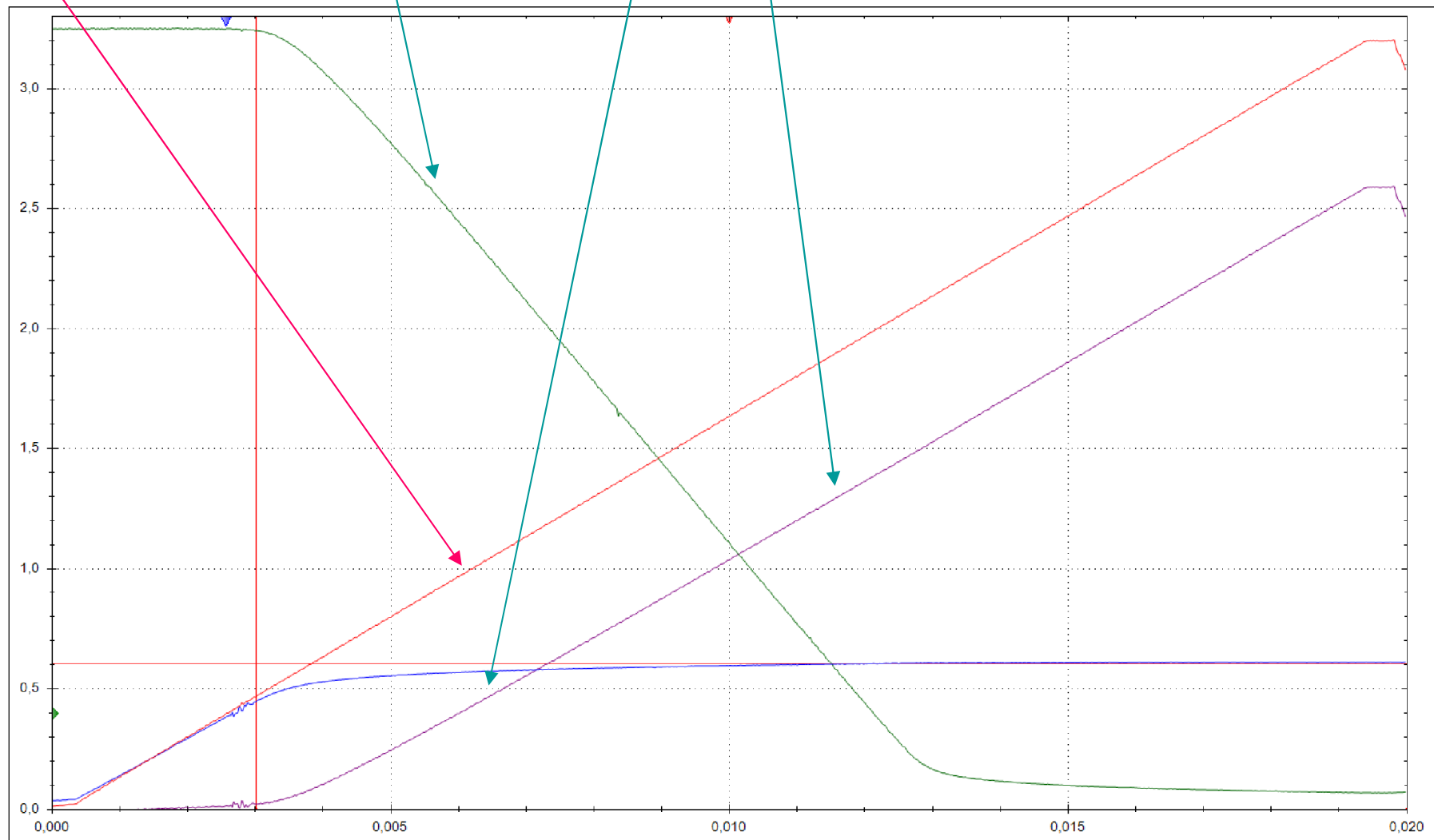
BC546,  $R_B = 200 \text{ k}$ ,  $R_K = 15 \text{ k}$

$U_{vst'}$

$U_{CE'}$

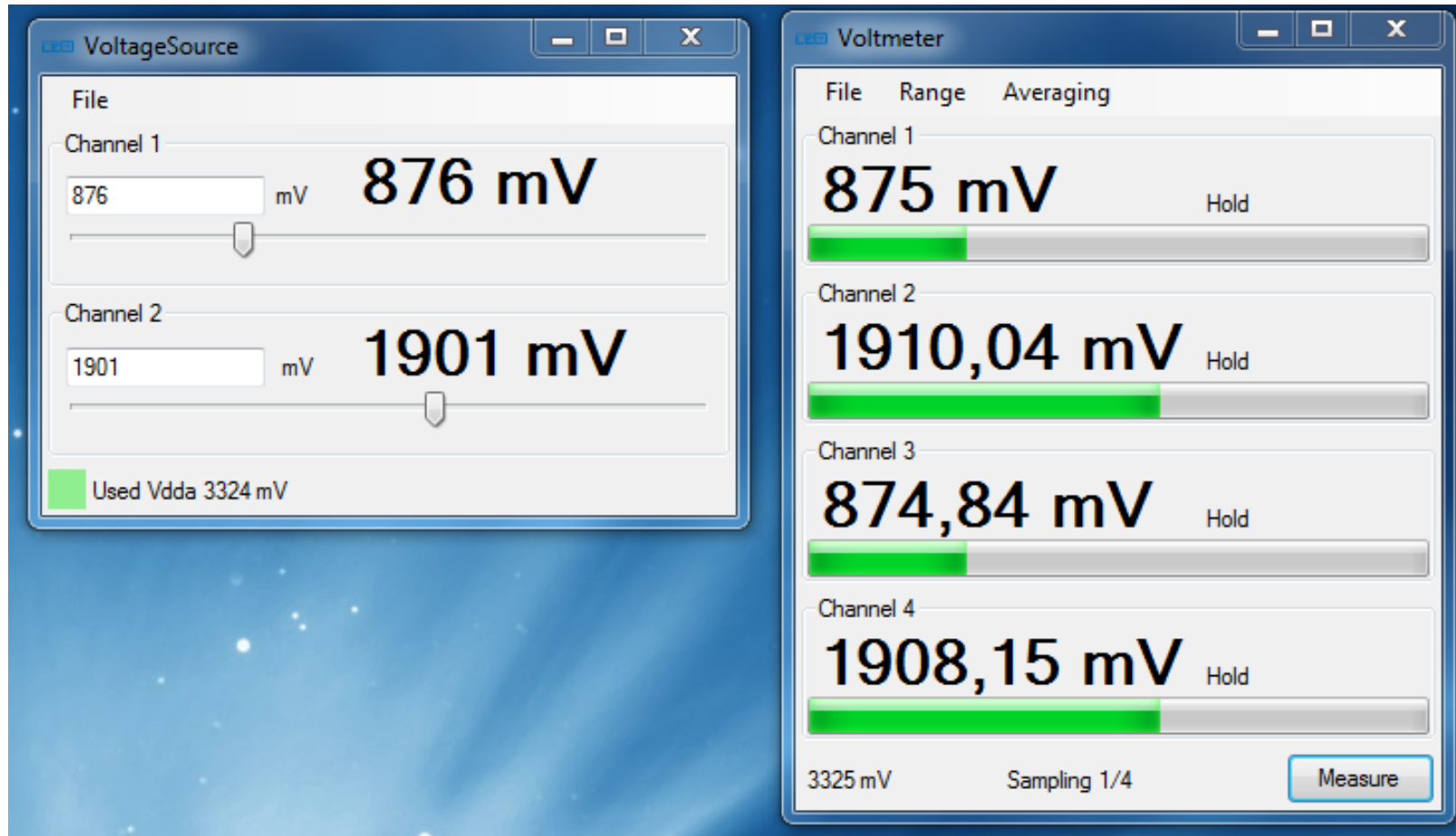
$U_{BE'}$

$I_C'$



# LEO, funkce zdroj napětí a voltmetr

Možnost **průměrování** a nastavení **rozsahu** s ohledem na vnější napět'. **dělič**.



# Připojení snímačů pro experimenty

---

**Potenciometrický odporový snímač – poloha**

**Fototranzistory – optická závora – vyhodnocení pohybu kyvadla**

**Světelný záblesk**

**Fotodiody, proměnlivost osvětlení**

**Měření odporu - odporové snímače – termistor, fotoodpor,**

**Polovodičové snímače teploty**

**Polovodičové snímače s výstupem ve formě PWM**

# Instalace LEO

---

**Mít nainstalované na PC .NET 4.0 ( Microsoft, volné)**

**Nainstalovat ovladač ST link 2-1**

**Nahrát (nakopírovat) program xxx.bin do NUCLEO STM32F303 RE**  
(jako nahrání souboru do Flash paměti)

**Spustit program LEO, (Instrulab) bez instalace**

# Pořízení kitu NUCLEO F303RE

Aktuální stav Farnell

Náplup přes farnell.cz

(<http://www.rothsware.cz/> )

na fakturu

posílat číslo dle Farnell

Dostupnost	
Dostupnost:	49
49 připraveno k doručení následujícího dne (Sklad v UK)	
<a href="#">zobrazit časové limity</a>	
▶ Zjistěte, zda je zboží skladem a jaké jsou dodací lhůty	
Cena za:	Každý 1
Minimální objednávací množství:	1
Objednat větší množství:	1
Cena:	255,596 Kč
Množství	<input type="text" value="1"/> <a href="#">Koupit</a>

STMICROELECTRONICS NUCLEO-F303RE DEV BOARD, STM32F303RET6 ST-LINK NUCLEO

★ Přid



Výrobce: [STMICROELECTRONICS](#)  
Objednávací kód: 2467271  
Č. dílu výrobce NUCLEO-F303RE

[Technical Data Sheet \(233.45KB\) EN](#)

🔍 Kliknutím zvětšíte

Obrázky mají pouze ilustrativní charakter. Prosím projděte si popis produktu.

Dostupnost	
Dostupnost:	49
49 připraveno k doručení následujícího dne (Sklad v UK)	
<a href="#">zobrazit časové limity</a>	
▶ Zjistěte, zda je zboží skladem a jaké jsou dodací lhůty	
Cena za:	Každý 1
Minimální objednávací množství:	1
Objednat větší množství:	1
Cena:	255,596 Kč

## · Nucleo kity, možnost pořízení, použitelnost

---

např. na dobírku přes <http://www.rothsware.cz/web/farnell/>  
dle objednáčího čísla z [www.farnell.com](http://www.farnell.com)