

Laboratoře z průmyslové elektroniky a senzorů

**Katedra měření, ČVUT – FEL, Praha, letní semestr
2017/18**

J. Fischer, V. Petrucha, T. Drábek

Úvod

**Tento materiál je určen pouze pro studenty ČVUT- FEL,
účastníky předmětu
B3B38LPE Laboratoře z průmyslové elektroniky a senzorů**

Vyučující:

Ing. Vojtěch Petrucha, Ph.D.

doc. Ing. Jan Fischer, CSc.

Ing. Tomáš Drábek

Náplň a cíle předmětu

- **Prakticky** ověřit **teoretické poznatky** z přednášek odbor. předmětů
- **Vytvořit laboratorní přístroj „F0 – Lab“** s mikroprocesorem STM32F042F6P6 realizujícím (ve zjednodušené formě) **funkce impulsního generátoru, voltmetru a osciloskopu** a využívat je **při experimentech**
- Ukázat možnost tvorby vlastních **programů pro mikroprocesory** s jádrem **ARM Cortex M**, konkrétně **STM32F042F6P6** s využitím **on-line** vývojového prostředí „mbed“
- **Umožnit sestavit a zapájet na univerzální desce** úspěšným absolventům předmětu základní modul s mikroprocesorem STM32F042F6P6, „F0 – Lab“ pro další **domácí přípravu a experimenty** v oblasti elektroniky, senzorů a měřicí techniky při studiu na ČVUT-FEL
- Naučit postupy při návrhu, realizaci a testování elektroniky a obvodů

Náplň a cíle předmětu – 2

- **Sestavit a naprogramovat základní bloky s mikroprocesorem a senzory**
- **Vytvořit řešení funkčního bloku s procesorem**
- **Vytvořit regulátor s procesorem**
- **Navrhnout a sestavit robota pro sledování čáry**

Harmonogram

Místnosti: **A3 – 318** zasedací místnost (blok A3 – tento blok)
 úvodní část, výklad
 A3 – 326 laboratoř

Termín: **středa 14.30 – 17.30** **Ing. Petrucha**
 čtvrtek 14.30 – 17.30 **doc. Fischer**
 pátek 8.30 – 11.30 **doc. Fischer**
 pátek 12.45 – 15.45 **Ing. Drábek**

Doporučení, vlastní vybavení

- Mít **vlastní počítač s podporou OS Windows** (Linux- řešení individuálně, některý SW je jen pod Windows)
- Mít – **kabel mini- USB**
- **Doporučení – mít sešit A4 čtverečkovaný, tužka, pravítko, guma, na kreslení schémat a výpočty, kreslit vlastní schémata, dělat výpočty**
- Dělat si samostatně **písemné poznámky** k experimentům, připravovat se doma na úlohy

Bezpečnost práce, pravidla práce v laboratoři

Manipulovat pouze s určenými zařízeními

Nemanipulovat s připojením síťových napájecích rozvodů 230 V
případné připojování vlastních notebooků – podle pokynů
dozoru

Bezpečnostní tlačítko pro vypnutí, v případě zasažení el. proudem,
vypnutí rozvodu stiskem bezpečnostního tlačítka, kdokoliv ze
studentů

Zapínání rozvodů – pouze vyučující

Postup při neznatelném dýchání – uvolnění dýchacích cest,
zaklonění hlavy, zahájení resuscitace. **Defibrilátor** (přístroj pro
„nahození“ běhu srdce po jeho zástavě) – umístěn vpravo od
vchodu na FEL naproti vrátnici

Místo pro ohlášení požáru – na vrátnici

Hasicí přístroj - umístění

Bezpečnost práce, pravidla práce v laboratoři

Tašky a břemena odložit (např. pod stůl) tak, aby nehrozilo zakopnutí, nehoupat se na židlích, dohlížet na své věci

Kabáty - do šatny, pozor při procházení laboratoři mezi židlemi

Pokud možno sedět na stejném místě po dobu kurzu v laboratoři

Věnovat se určené práci, **neohrozit** sebe ani ostatní

Okamžitě **hlásit vyučujícímu problémy** s bezpečností práce

Při nejasnostech se vždy neprodleně zeptat

Při **štípání drátu** kleštěmi – stínit rukou konec drátu tak, aby případně nemohl odletět mimo pracovní prostor

Chránit oči, nemít oči blízko manipulovat s nářadím a dráty pouze v dané pracovní oblasti, práce se šroubovákem

Při práci s nářadím se věnovat výhradně této činnosti a neotáčet se kolem

Dbát, aby při štípání kusy drátu a izolace nezapadly do klávesnic

Bezpečnost práce při pájení

Věnovat se určené práci, neotáčet se s pájedlem v ruce (nebezpečí popálení, poškození oblečení), **neohrozit** sebe ani ostatní.

Pájedlo mít v ruce pouze přímo při pájení

Nemávat pájedlem v ruce – nebezpečí odletu kapky cínu

Pájedlo odkládat pouze do určeného stojánu, nikdy nepokládat na stůl.

Pájedlo držet pouze za plastovou rukojeť, nikdy se nedotýkat rukou kovových částí pájedla.

Chránit oči, nemít oči blízko pájedla

Pájecí kapalinu nebo žele – používat pouze potřebném množství, a na určeném místě, pozor na nebezpečí znečištění oděvu.

Po ukončení pájení vypnout nahřívání pájky.

Pravidla, podmínky zápočtu

Předmět B3B38LPE – v rozvrhu jsou pouze cvičení, nutný výklad. přímo na cvičení + domácí příprava podle materiálů Moodle

Předpokládají se znalosti z předcházejících předmětů, fyzika, elektronika a obvody, roboti,

Rozsah 0 + 4, dle předpisů se předpokládá stejný čas na domácí přípravu, jako ve výuce ve škole (viz info. garant prog. KyR)

Domácí příprava na úlohy, příp. dopracování úloh, písemné zpracování výsledků experimentů

Řešení a zpracování úloh – průběžně podle harmonogramu, bez odkládání !

Zápočet – v zápočtovém týdnu (absolvované úlohy a projekty dle zadání a pokynů), navrácení zapůjčeného materiál

Výhodné – používat vlastní notebook

Počítače v učebně jsou k dispozici, uložení a zachování souborů na nich není garantováno. Windows – plocha – po každém restartu se uživatelské soubory smažou

Pravidla, účast

B3B38LPE je povinně volitelný, cvičení jsou povinná
omluvená nepřítomnost – domluva

Náhrada – po domluvě se „svým“ cvičícím – v pátek na
odpoledním cvičení

Řešení úloh s předstihem, dohoda.

Přístrojové vybavení v laboratoři – číslicové multimetry

Základním přístrojem pro měření napětí a odporu v laboratoři **B3B38LPE** jsou číslicové bateriové 3 a ½ místné multimetry.

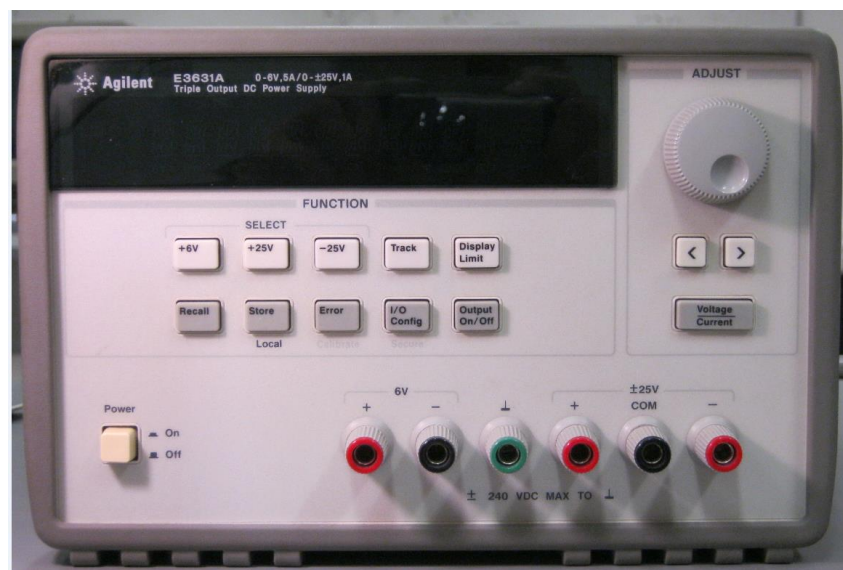
Pro přesnější měření jsou k dispozici stolní 5 a ½ místné číslicové multimetry firmy Agilent 34405A



Přístrojové vybavení v laboratoři – napájecí zdroje

Pro **napájení experimentu** se využívá **napětí + 5 V z USB** rozhraní počítače. V případě potřeby **proudu do cca 1 A** jsou v laboratoři k dispozici **zdroje BK125 (příp. BK126) s výstupem + 5 V / 1 A**. Pozor na záměnu s výstupy +15 V a -15 V.

Pro větší proudy lze využít zdroje Agilent E3631.



Přístrojové vybavení v laboratoři – Osciloskop

Digitální osciloskop Megazoom.



Přístrojové vybavení v laboratoři

Pro seznámení a vybraná měření jsou sice k dispozici osciloskopy Megazoom firmy Agilent, ne však pro každého studenta najednou.

Pro řadu experimentů však bude postačovat jednoduchý **SDI** (Software Defined Instrument) **LEO** (Little Embedded Oscilloscope) s kitem **NUCLEO 303RE** (využívající výkonný **procesor s jádrem ARM Cortex – M4**), připojeným prostřednictvím rozhraní USB k PC.

STM32F303RE

64 kB SRAM

16 kB CCM SRAM

4x ADC 12 bit

až 5 MS/s

2 x DAC 12 bit

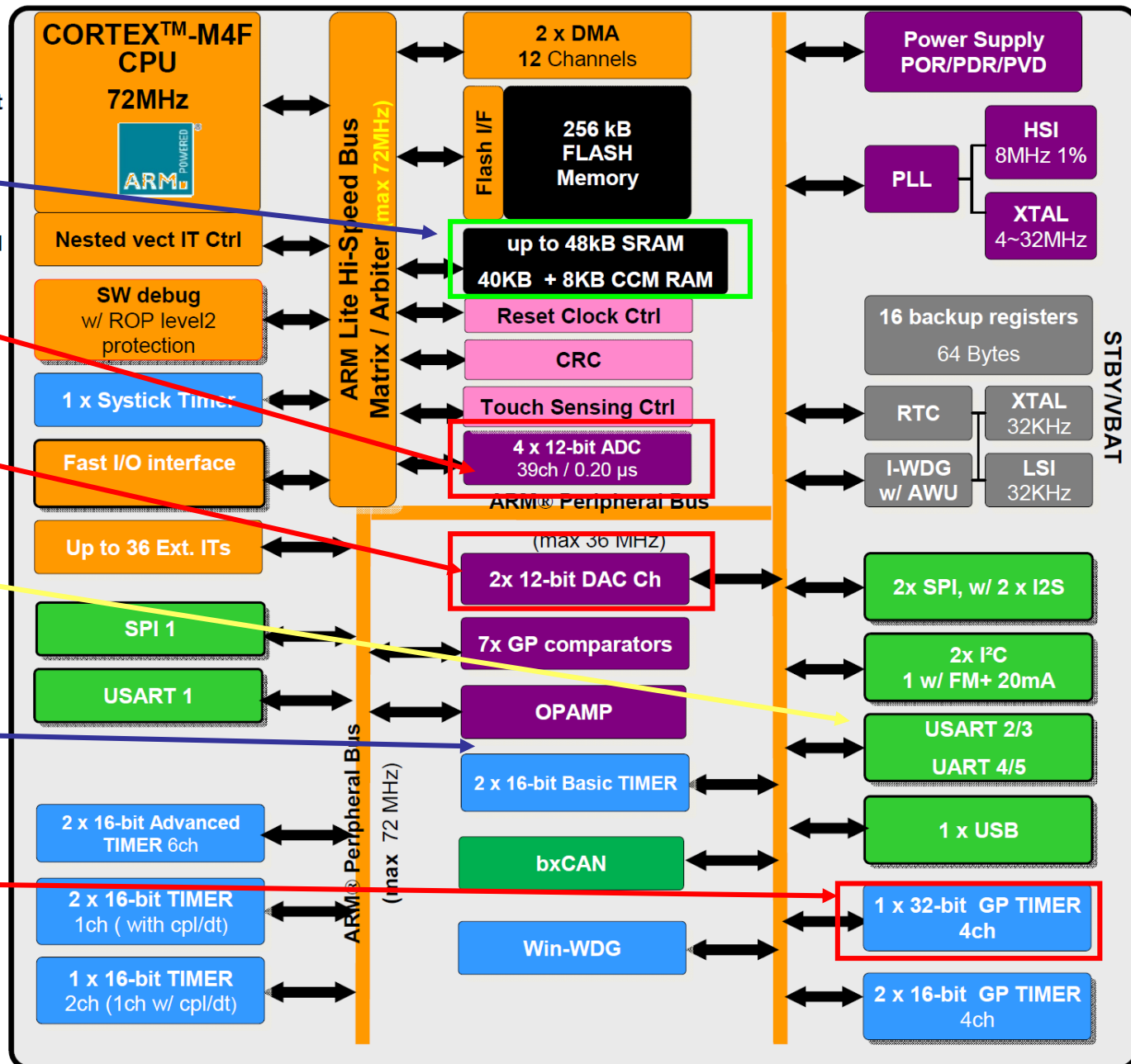
(1 MS/s)

USART2

komunikace

Buffer s OZ

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

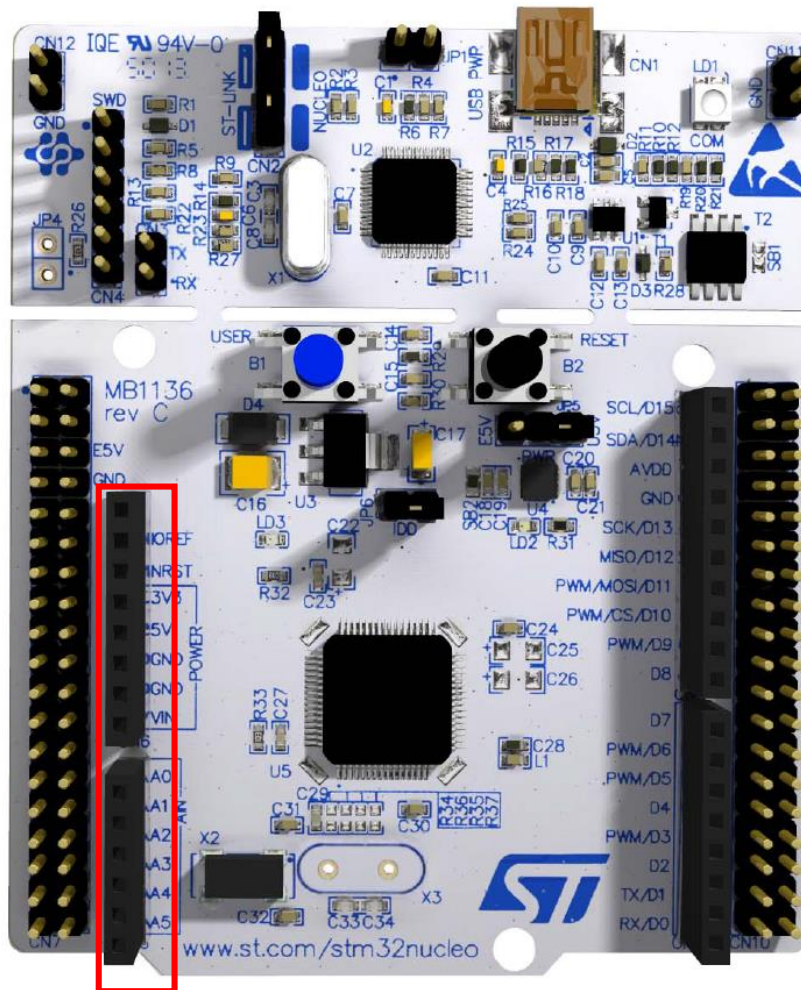
512 kByte FLASH pam.

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:

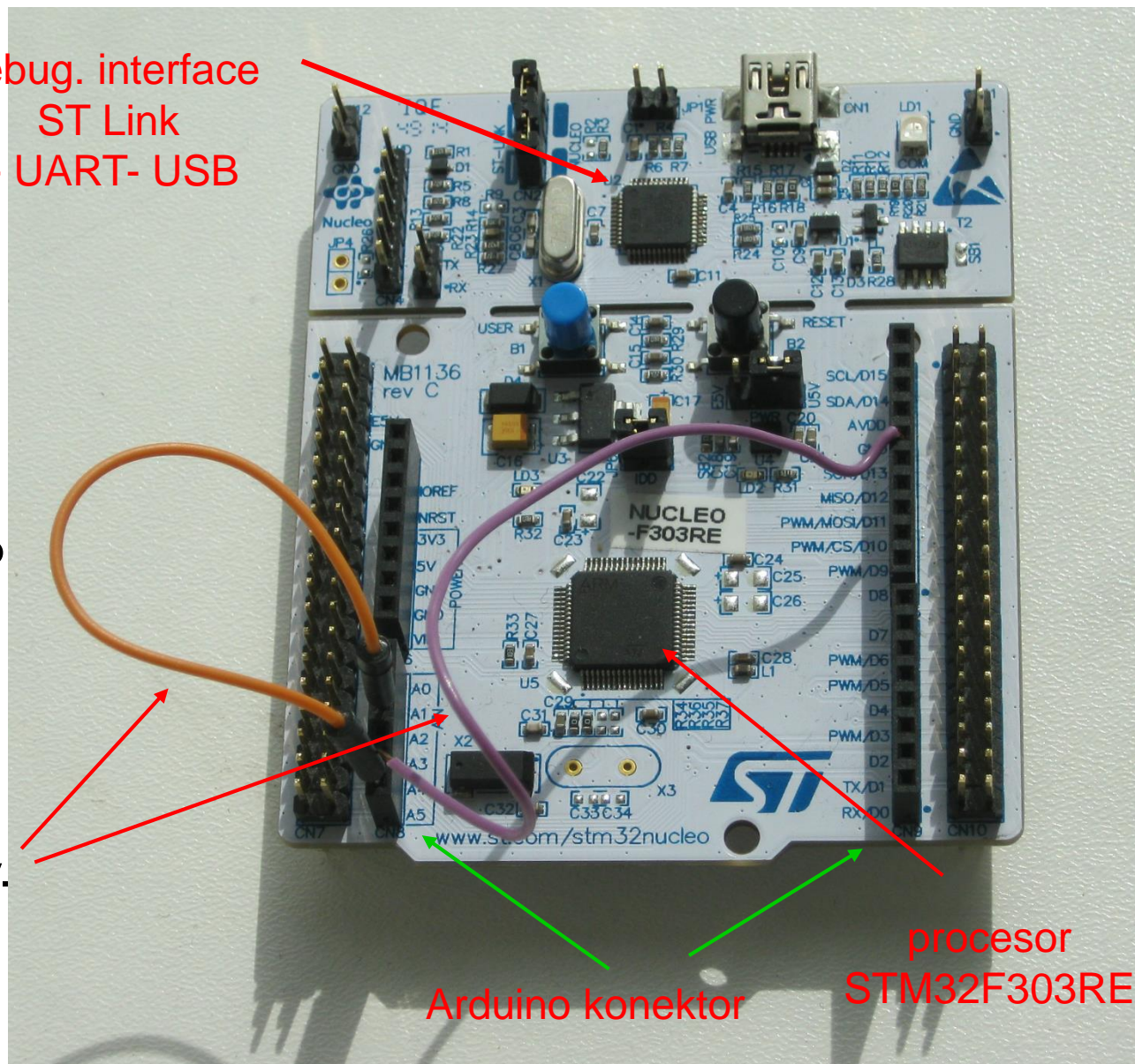
Ladění

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

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)

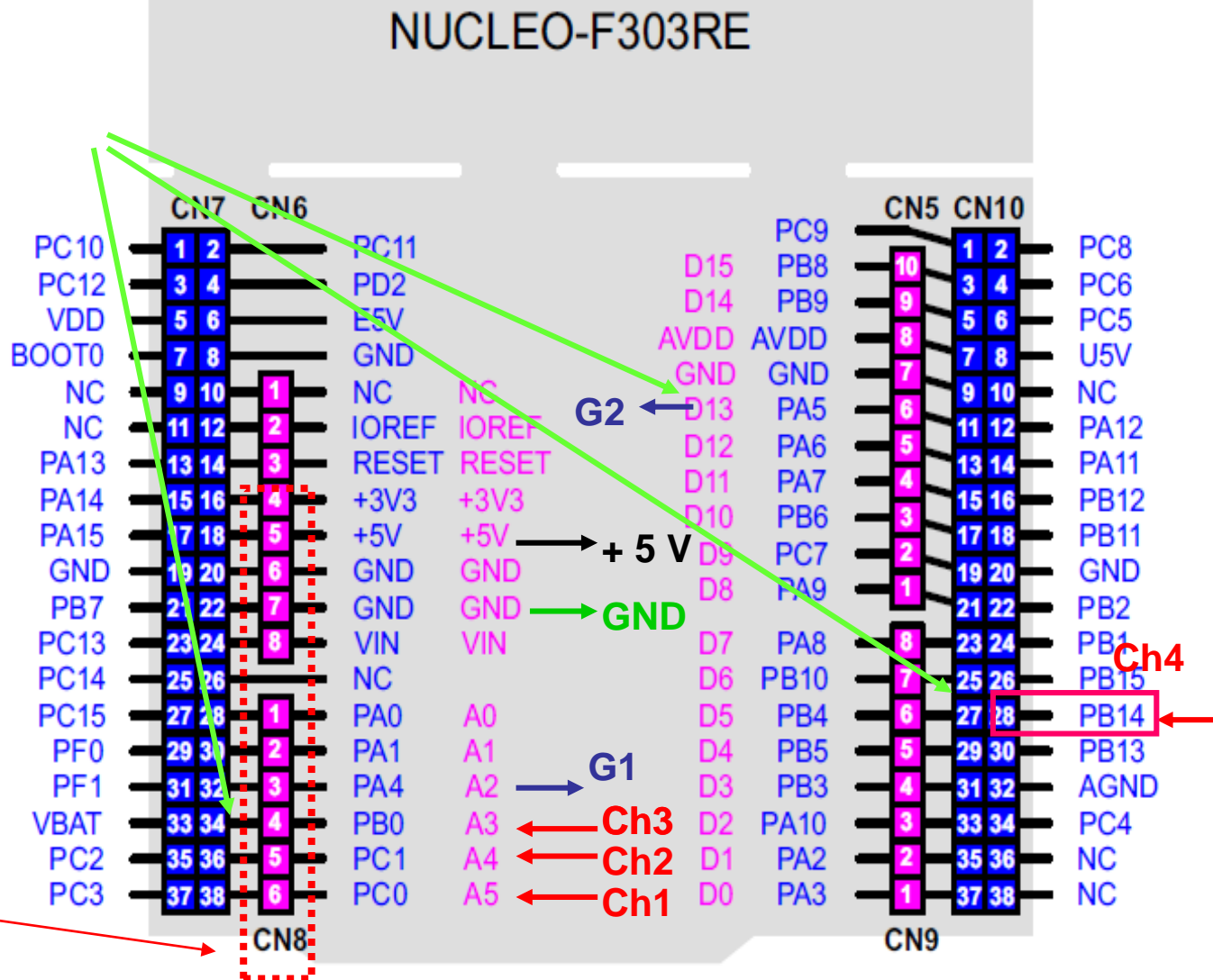
G2 kanál 2 (PA5)

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**

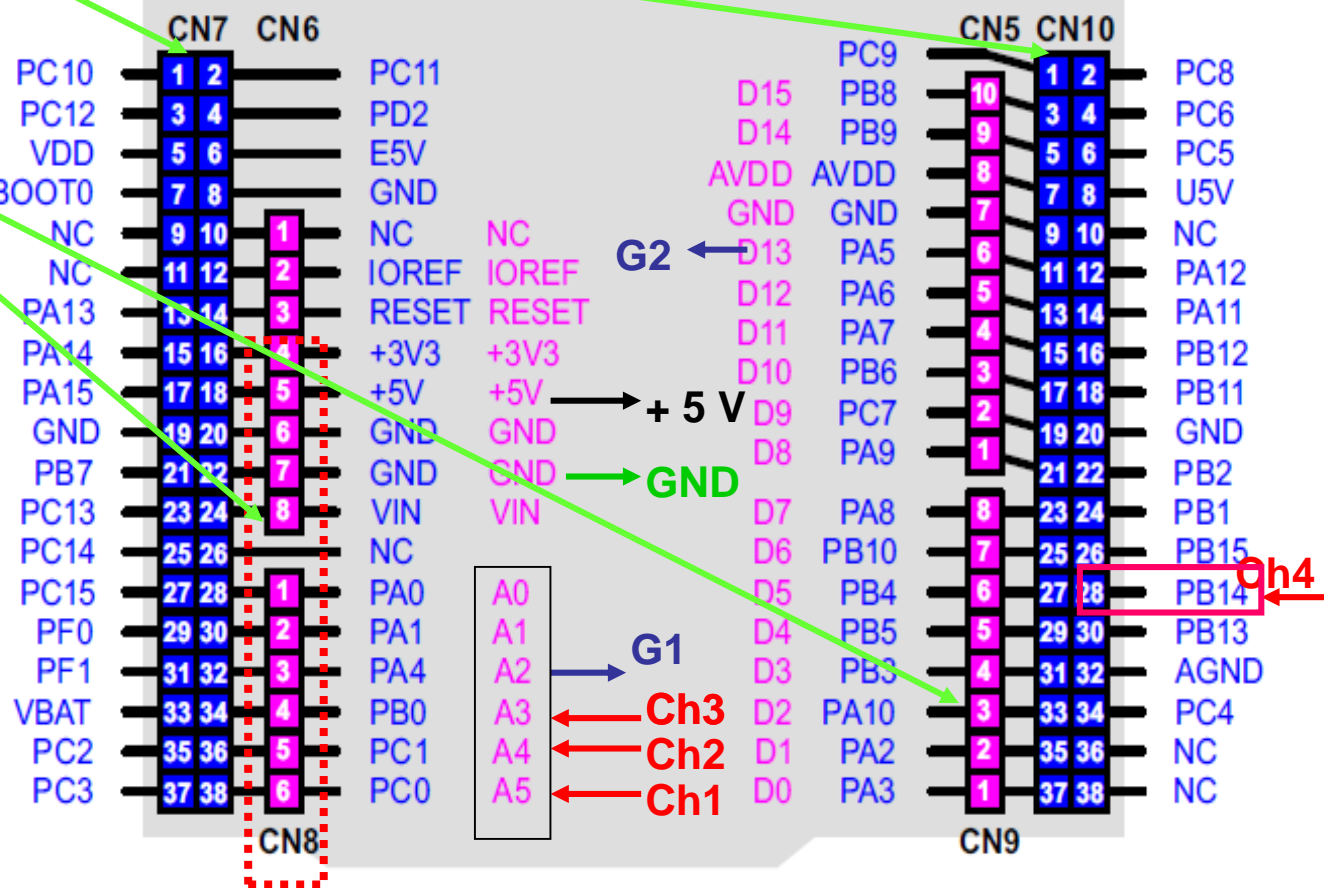
CH2 osc. **A4** a **36**

CH3 osc. **A3** a **34**

CH4 osc. **jen 28**

G1 gen. **A2** a **32**

G2 gen. **D13** a **11**



Arduino

Morpho

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)

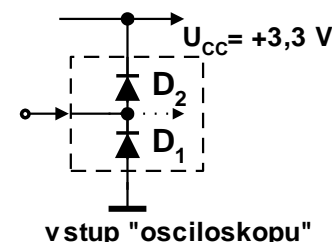
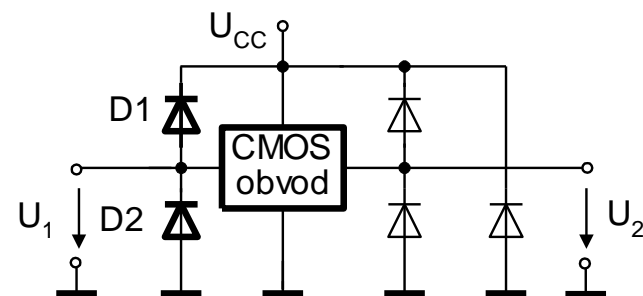
řešení, použít vždy **ochranný rezistor** omezující proud na hodnotu $< I_{njmax}$

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

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

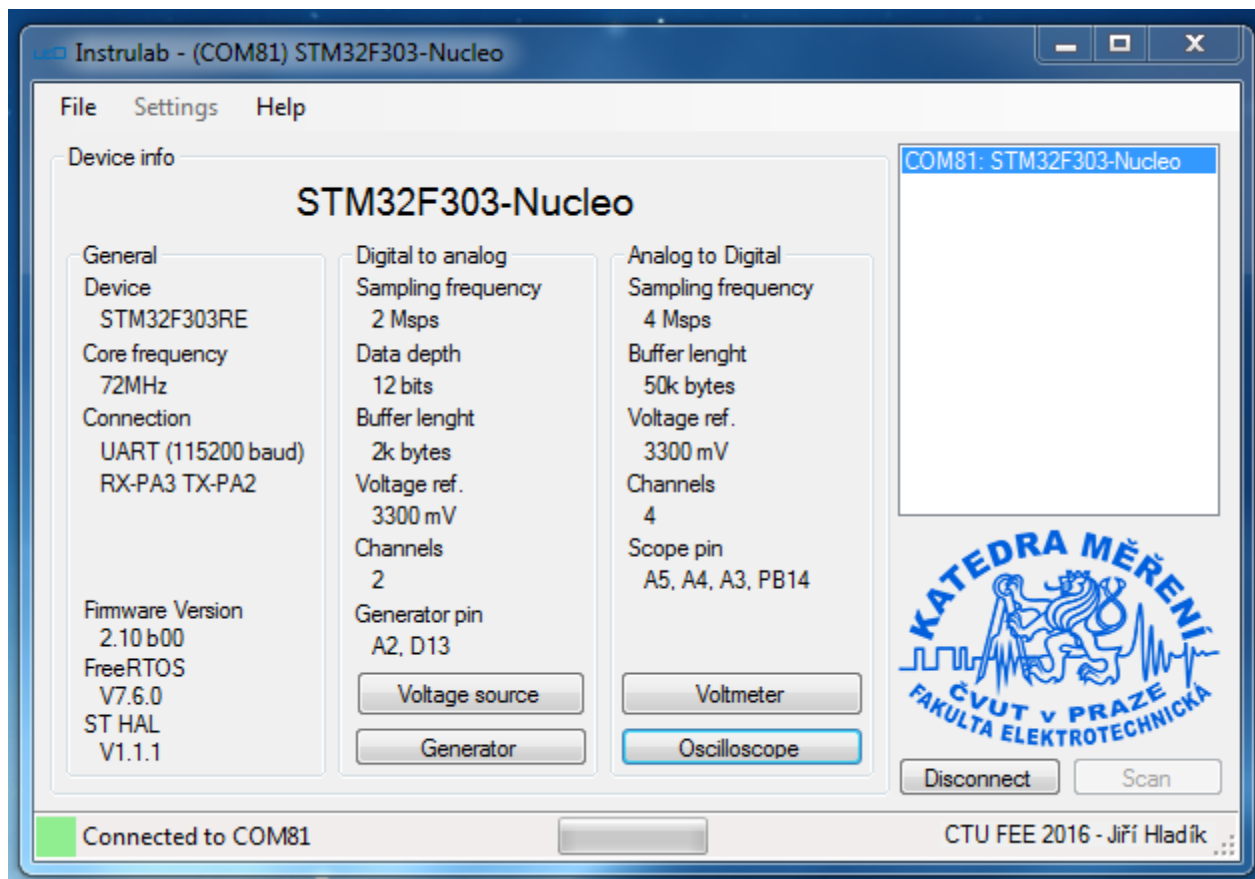
Ochrana – použít

do série se vstupem vždy ochranný rezistor cca 470 Ohmů !!!
pro omezení proudu.



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)

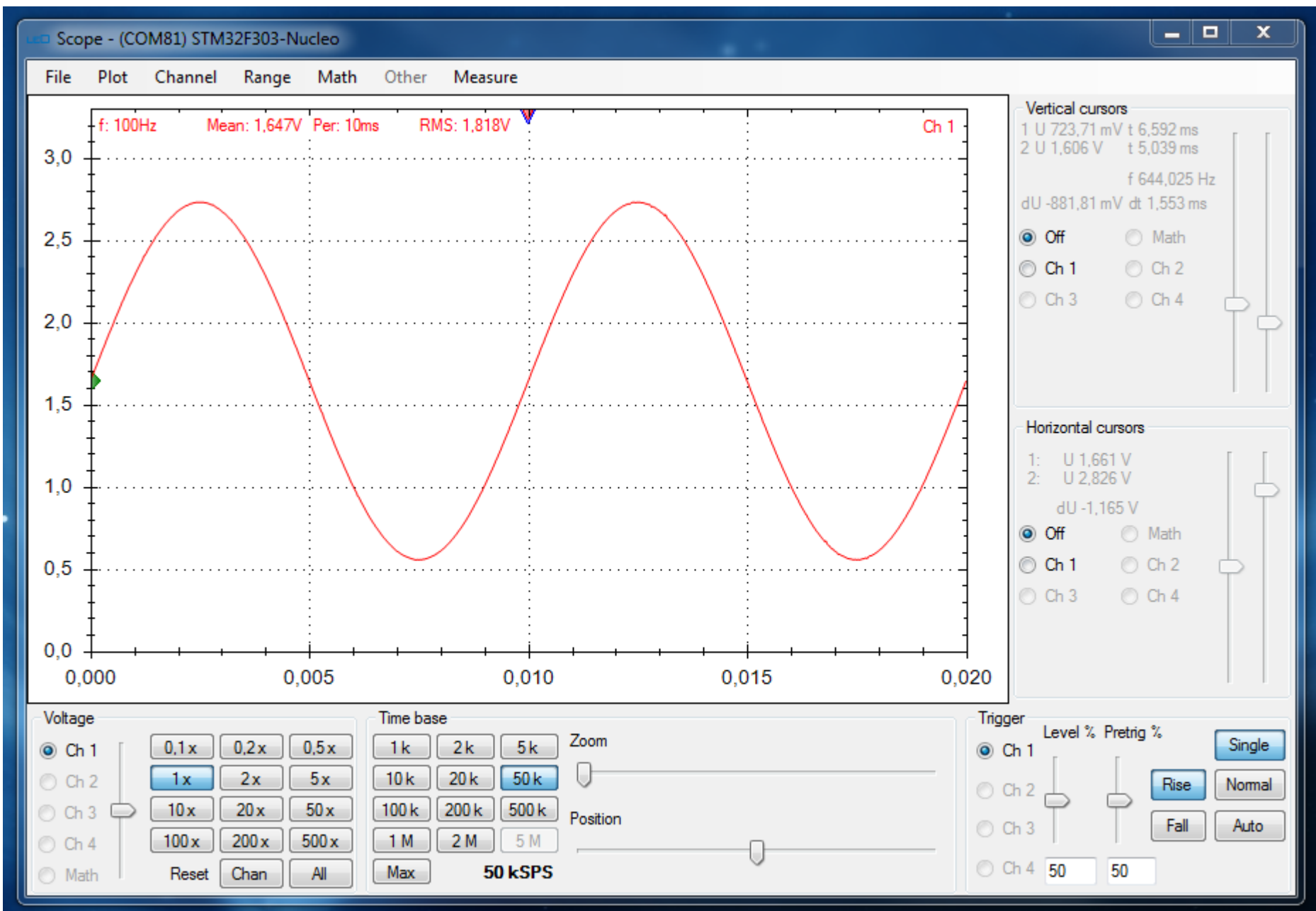
Skupina B – generace napětí a signálu

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**

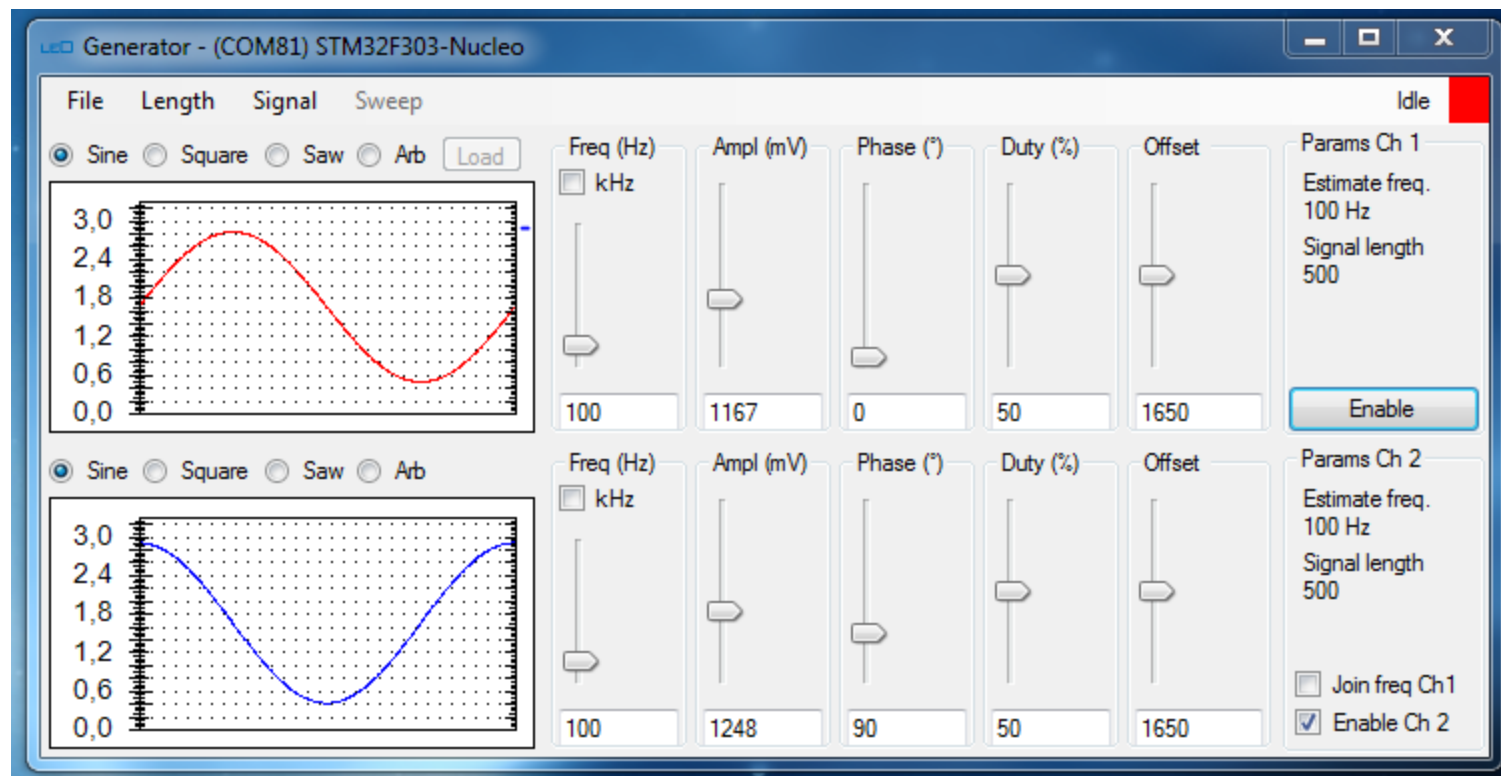
PC slouží pro **nastavení funkcí osciloskopu a zobrazení výsledků**

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 vzorů 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

Součástky používané v kurzu B3B38LPE

Pasivní součástky: **rezistory, kondenzátory, odporové trimry**

Aktivní součástky:

LED - světlo emitující diody, červené, zelené, infračervené

tranzistory bipolární NPN (BC546), PNP (BC556)

tranzistory N- MOS indukovaný kanál N BS170

Fototranzistory

integrované obvody- **operační zesilovače** MCP6002, LM324

Stabilizátor napětí HT7533

Procesor **STM32F042F6P6** 32 kB Flash, 6 kRAM, ADC, USB

Prvky - rezistor

Rezistor (často označovaný jako **odpor**)

Při výkladu je vhodnější označovat jako **rezistor - prvek**, součástka, rezistor má odpor – **odpor – fyzikální vlastnost**, rezistor má odpor (s tím bývá problém, i my to nechtěně zaměňujeme)

Odpor v Ohmech. značka Ω

3300 Ohmů označení v elektrotechnice **zkráceně ve schématu 3k3**,
1200000 Ω - 1M2, **4,7 Ω označení 4R7**

k – kilo 10^3 , M mega 10^6 , R jednotky Ohmů

(k jako **1000**), podobně **1200 000 = $1.2 \cdot 10^6$** = označ. ve schématu **1M2**

Pozor na označení na SMD součástkách:

4700 Ω = 47×10^2 označení na součástce 472,

(to znamená 4700 Ohmů a ne 470, jak by se zdálo) **podobně**

1 000 000 Ω = 10×10^5 , označení 105 znamená **10×10^5**

stejně značení hodnoty odporu barevným proužkovým kódem xyz

Řady hodnot odporů rezistorů

Rezistory se vyrábějí v definovaných řadách

$$q = \sqrt[p]{10}$$

Hodnoty odporů tvoří **geometrickou** řadu s kvocientem **q** se **zaokrouhlením** hodnot na **dvě** (E6, E12), případně **tři** (E24, E48) platná místa. Řady jsou označeny **E6, E12, E24, E49, E96**
Číslo **p** značí, kolik hodnot je v dekádě E6 - je 6 hodnot,....

Řady jmenovitých hodnot										Rated value series							
E6	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8											
E12	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2					
E24	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7
	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1										
E48	100	105	110	115	121	127	133	140	147	154	162	169	178	187	196	205	215
	226	237	249	261	274	287	301	316	332	348	365	383	404	422	442	464	487
	511	536	562	590	619	649	681	715	750	787	825	866	909	953			
E96	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130	133	137	140	143	147
	150	154	158	162	165	169	174	178	182	187	191	196	200	205	210	215	221
	226	232	237	243	249	255	261	267	274	280	287	294	301	309	316	324	332
	340	348	357	365	374	383	392	402	412	422	432	442	453	464	475	487	499
	511	523	536	549	562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732	750
	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976						

Řady hodnot odporů rezistorů

Úprava hodnot tak, že všechny členy nižší řady jsou i ve vyšší řadě se zaokrouhlením na stejný počet číslic.)

Řada E6 je 6 hodnot v dekádě, $q = 1,467799\dots$, tedy čtvrtý člen v řadě E6 následující po hodnotě 1 je 4,7
(zaokrouhleno a upraveno z 4,61)

$$k_R = (q)^R = \left(\sqrt[6]{10}\right)^4 = 4,641$$

Řady jmenovitých hodnot								Rated value series									
E6	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8											
E12	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2					
E24	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7
	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1										
E48	100	105	110	115	121	127	133	140	147	154	162	169	178	187	196	205	215
	226	237	249	261	274	287	301	316	332	348	365	383	404	422	442	464	487
	511	536	562	590	619	649	681	715	750	787	825	866	909	953			
E96	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130	133	137	140	143	147
	150	154	158	162	165	169	174	178	182	187	191	196	200	205	210	215	221
	226	232	237	243	249	255	261	267	274	280	287	294	301	309	316	324	332
	340	348	357	365	374	383	392	402	412	422	432	442	453	464	475	487	499
	511	523	536	549	562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732	750
	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976						

<http://www.soucastky.chytrak.cz/Odpor/R%20-%20Uhlíkove.html>

Barevný kód značení odporu rezistorů

Barevné značení velikosti odporu standardních rezistorů s drátovými vývody

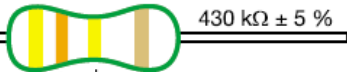
430 kOhmů = 43×10^4
označení 434

Tolerance výroby,
značena na konci
samostat. proužkem

Barevný kód

Color code


4-proužkový kód
4-stripes code



430 kΩ ± 5 %

Barva Color	1. proužek 1, stripe	2. proužek 2, stripe	3. proužek 3, stripe	násobitel ratio	tolerance tolerance
černá - black	0	0	0	1	
hnědá - brown	1	1	1	10	± 1,00 % (F)
červená - red	2	2	2	10 ²	± 2,00 % (G)
oranžová - orange	3	3	3	10 ³	
žlutá - yellow	4	4	4	10 ⁴	
zelená - green	5	5	5	10 ⁵	± 0,5 % (D)
modrá - blue	6	6	6	10 ⁶	± 0,25 % (C)
fialová - violet	7	7	7	10 ⁷	± 0,10 % (B)
šedá - grey	8	8	8	10 ⁸	± 0,05 % (A)
bílá - white	9	9	9	10 ⁹	
zlatá - gold	-	-	-	10 ⁻¹	± 5,00 % (J)
stříbrná - silver	-	-	-	10 ⁻²	± 10,00 % (K)

5-proužkový kód
5-stripes code



825 Ω ± 1 %

Pokud jsou **smíchané rezistory o různých hodnotách odporu** –
nespoléhat na čtení, ale raději **zkontrolovat Ohmetrem**,

Dle: <http://www.soucastky.chytrak.cz/Odpory/R%20-%20Uhlikove.html>

Rezistory na cvičení

Rezistory na cvičení

470 Ohmů, metalický, modrý podklad, barevné značení hodnoty

22 k, 68 k, 1 M, uhlíkové, žlutý podklad, barevné značení hodnoty

10 k zelený, typ TR191, číselné označení

Rezistory s **číselným** značením – zapojovat do pole tak, aby **číslo na rezistoru** zapojeném do pole bylo **čitelné - otočit nahoru**)

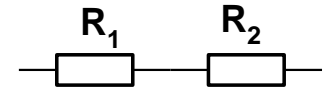
Další hodnoty podle úloh. Omezený sortiment hodnot rezistorů, případně využívat kombinaci.

Využití **paralel. a sériového řazení** dvou rezistorů

Sériové řazení - pro zvýšení odporu, získání hodnoty, která není právě k dispozici

např. je k dispozici 10 k, potřebujeme **20 k**,
volba 10 k + 10 k = 20 k

$$R_s = R_1 + R_2$$



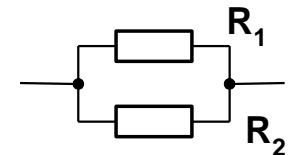
Paralelní řazení – pro snížení odporu

Např. **10k a 10k na R_p = 5 k**

Využití např. pro získání „**mírně**“ **nižší hodnoty**,

Např. je třeba **9k1**, ale je k dispozici jen **10 k**,

$$R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



$$R_2 = \frac{R_1 \cdot R_p}{R_1 - R_p} = \frac{10 \cdot 9,1}{10 - 9,1} = 101,1$$

Paralel. kombinací **R₂ = 100k a 10k se získá 9k09**

Odporový trimr

Odporový potenciometrický trimr (na cvičeních – hodnota 5 k)

Odporový trimr je možno využít jako nastavitelný odporový dělič nebo i jako proměnný rezistor.

Pozor – na dorazu je odpor blížící se nule, proto použít do série pevný rezistor 470 Ohmů (např. nastavení proudu LED).

Odporový trimr

Příklady odporových trimrů

Jednootáčkový odporový trimr

Jsou mechanické dorazy umožňující otočení o úhel cca 200 až 270° (podle typu)



Víceotáčkový odporový trimr – např.

25 otáček, (vnitřně je také úhel cca 270°),

ale uvnitř je mechanický převod

„do pomala“ se šroubem, díky tomu je možné jemné nastavení

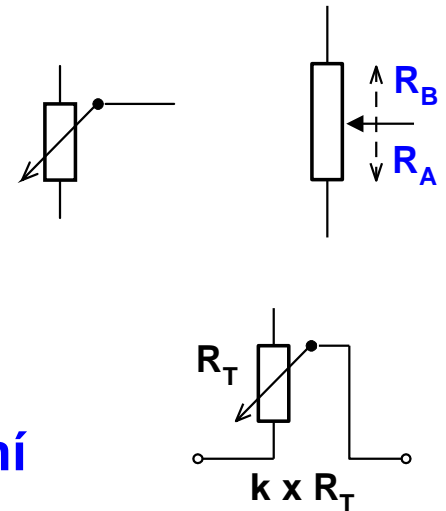


Odporový trimr

Proměnný rezistor – odporový trimr, potenciometrický trimr
vrstva - odporová dráha, celkový odpor $R_T = R_A + R_B$
a otočný jezdec dotýkající se odporové dráhy

Využití - buď jako **proměnný odpor** - zapojení
pouze **dvou vývodů**, krajní vývod a jezdec,
odpor je závislý na stupni (k) natočení
od počátku $R_A = k R_T$

Odporový trimr slouží k jednorázovému nastavení



Potenciometr – elektricky stejná funkce odporový trimr. Konstrukčně
upraveno pro opakované a snadné nastavení, **hřídel** potenciometru
se vybavuje „knoflíkem“

Potenciometr – pro opakované nastavování (typicky nastavení
hlasitosti u jednoduchého „analogového“ radiopřijímače)

Kondenzátor, druhy

Svitkové kond. izolač. vrstva, opatřena po obou stranách vodivou vrstvou. Svinuto do válcové formy, nezáleží na polaritě

Keramické kondenzátory, nezáleží na polaritě zapojení, kapacity od jednotek pikofaradů do stovek nanofaradů

Způsoby označení – hodnota v pikofaradech $820 = 820 \text{ pF}$,
v nanofaradech $15 \text{ nF} = 15 \text{ nF} = 15\,000 \text{ pF} = 15 \cdot 10^{-9} \text{ F}$,
nebo $821 = 82 \times 10^1 \text{ (pF)}$

Elektrolytické kondenzátory (zkráceně „elyt“)

Velké kapacity, obvykle kapacity v mikrofarazech $1 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ až milifaradech $1 \cdot 10^{-3} \text{ F}$ zásadně respektovat polaritu,
Pro experimenty použijeme elyty **22 μF**

Při **přepólování**- **elektrolyt. kon.** - protéká proud - zvyšování proudu, až – zkrat napájecího zdroje, chybná situace, možná až exploze elek. kondenzátoru může dojít k destrukci, pozor – bezpečnost při zdroji s velký zkratovým proudem. **Nebezpečí** výbuchu a roztržení „šrapnel“. *Pozor v laboratoři!*

Kondenzátory používané v experimentech

Elektrolytický kondenzátor, rozlišení polarity, záporný pól označen -
- - přepólování vede k destrukci, **použití – blokování napájení**

elektrolytický kondenzátor 22 μ F



- (minus) pól
←
+ (plus) pól
←

- pól označen na pouzdře též jako - - -

U keramických a svitkových kondenzátorů se nerozlišuje polarita vývodů - bipolární použití (nezáleží** na polaritě zapojení do obvodu)**

svitkový kondenzátor 220 nF

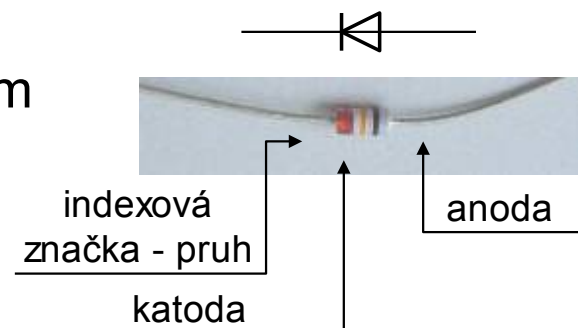


keramický
kondenzátor 100 nF



Diody

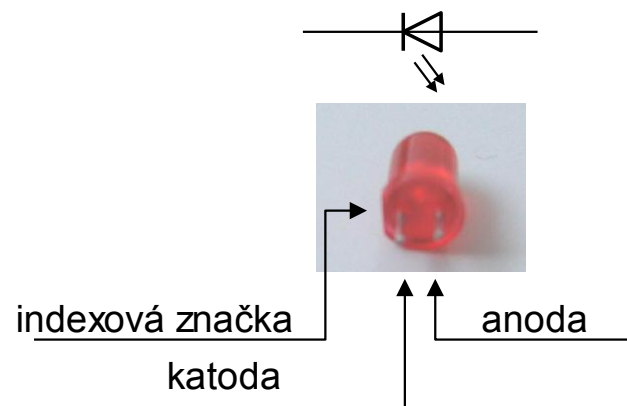
Si Dioda – **křemíková dioda** (s přechodem PN),
katoda je označena **proužkem širším**,
než jsou ostatní proužky, napětí v předním
směru přibl. 0,7 V



Světlo emitující dioda červená – LED,
napětí v předním směru přibl. 2 V

Indexová značka – (ploška z boku na
spodní straně pouzdra je **označuje**
katodu

u nové LED katoda má kratší vývod
(kratší vodič)



Číslicový voltmetr, multimetr

Číslicový voltmetr – indikace výsledku - čísla,

Zapínání, přepínání rozsahu ručně nebo automaticky, polarita

Svorka **COM** – společná, zem, Svorka **V**, nebo **+** měření napětí

Kladné napětí 1,5 V (někdy případně **+1,5 V**), potenciál na **svorce V** je **větší**, než **potenciál na COM** – indikce pouze číslo bez znaménka, (stejně jako v matematice), a opačně **-1,5 V záporné napětí se indikuje vždy znakem minus** –

Svorka A (amper) – pro měření proudu, malý odpor, nespráv. připojení přímo na zdroj napětí (měření proudu zdroje do zkratu) - jej zkratuje a může se poškodit přístroj nebo měřený obvod)

Ruční nastavení rozsahu voltmetru - přepínačem, multimetr – rozsah **0,2 V, 2 V, 20 V**, potřeba vhodně **zvolit rozsah** (připojení + 5 V na voltmetr při rozsahu 2 V bude ukazovat saturaci - 1,999 V, případně blikat, nebo indikovat OL – overload)

Číslicový multimetr, funkce

Měření napětí, odporu, proudu, někdy kapacity a frekvence

Měření odporu multimetrem s ručním přepínáním rozsahu - potřeba **vhodně zvolit rozsah**, možno začít od největšího rozsahu

Snižovat rozsah tak, aby přístroj byl stále v lineární oblasti rozsahu

Využít rozsah přístroje, např. napětí **1,234 V** měřit na rozsahu **1,999 V** (2 V) indikace **1,234 V**

1,234 V na rozsahu **20 V** také změříme, ale bude indikace **1,23 V** (menší rozlišení)

Číslicový multimetr PDM 300 A1

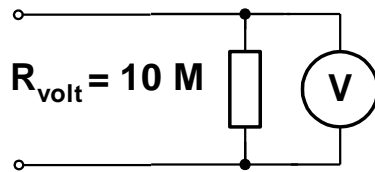
Měření napětí multimetrem - funkce voltmetr

– vstupní odpor na všech rozsazích je 10 MOhmů

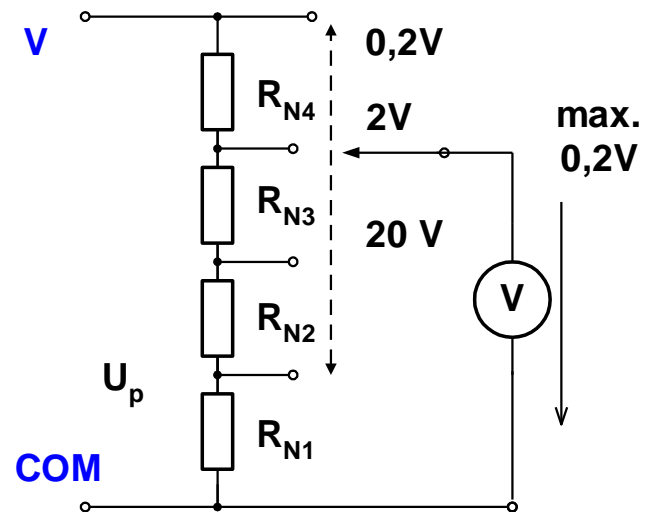
Základní rozsah voltmetru je 0,2 V.

Vyšší měřená napětí - snížení pomocí odporového napěťového děliče. (Podobně tomu je u všech standardních číslicových multimetrů při měření napětí)

Problém při měření **v obvodech s velkým vnitřním odporem**, viz výklad zatížený odporový dělič. Multimetr zatíží měřený obvod odporem 10 M.



Ideové schéma napěťového děliče voltmetru



Měření proudu číslicovým multimetrem

Jak multimetr měří proudy – podle **Ohmova zák.**

Měření napětí na rezistoru o známém odporu,

$$U = R \cdot I \qquad I = \frac{U}{R}$$

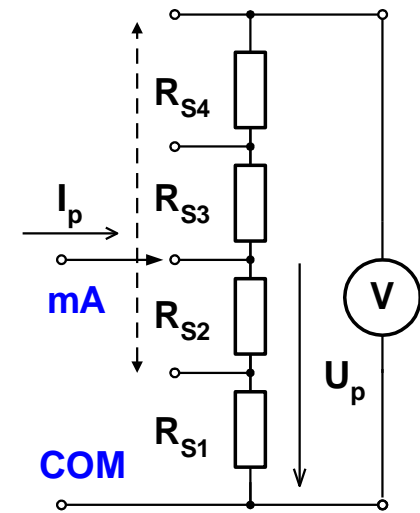
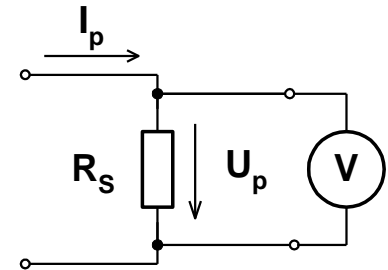
Dělení – nevýhodné,
lépe jen násobení konstantou K_I

$$K_I = \frac{1}{R_S}$$

$$I_p = U_P \frac{1}{R_S} = U_P \cdot K_I$$

Násobení konstantou se realizuje snadněji,

Ideové uspořádání **přepínání proudových rozsahů** – změna velikosti snímacího odporu - řazení více snímacích rezistorů do série, odbočky



Měření proudu při našich experimentech

Změří se napětí na známém odporu R_S zařazeném v obvodu

$I = U / R_S$, resp.

$I = U \times (1/R_S)$, $1/R_S$ - konstanta K_I a jen násobení konstantou podobně budeme určovat proud i my při experimentech

Odpor snímacího rezistoru je 470 Ohmů.

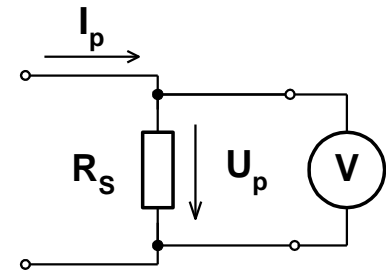
$1/470 \text{ Ohmů} = 0,0021276$,

zaokrouhleně **$K_I = 2 \cdot 10^{-3} = 0,002$** . Tedy **napětí 1 V** na odporu **470 Ohmů** představuje **proud rezistorem**

zhruba **$2 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ mA}$** , použitím **konstanty $K_I = 2 \cdot 10^{-3} = 0,002$**

jsme se dopustili odchylky – relativní chyby měření,

$(0,002 - 0,0021276) / 0,0021276 = 0,0599 = 6 \%$, **pro hrubé určení velikosti proudu diodou LED** to bude postačovat



Číslicový multimetr PDM 300 A1

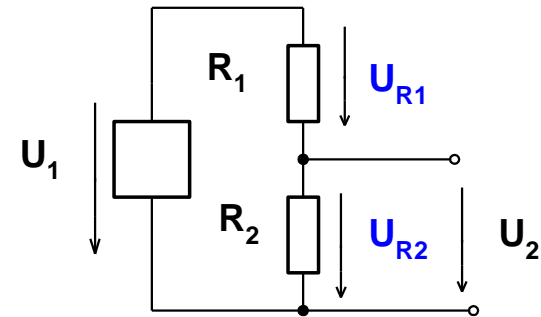


Odporový **napět'ový dělič**

Napět'ový dělič se využívá pro snížení **vyššího napětí U_1** na **nižší napětí U_2** (např. v multimetru)

Sériově zapojené rezistory R_1 a R_2
Protéká jimi proud

$$I_{\text{nd}} = \frac{U_1}{R_1 + R_2}$$



Napětí se na (nezatíženém) odporovém napět'ovém děliči rozdělí v poměru velikosti odporů

$$I_{\text{nd}} = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{U_{R2}}{R_2}$$

Velikost výstupního napětí děliče U_2

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

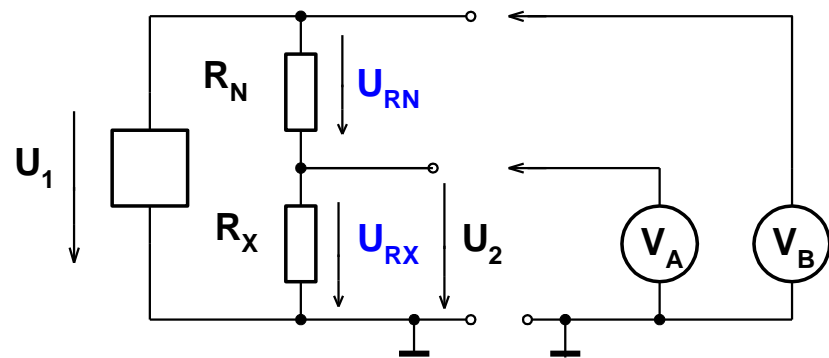
Odporový napět'ový dělič a poměrové měření odporu

R_N – známý odpor, R_X – neznámý odpor
oběma rezistory protéká stejný proud I_R

$$I_R = \frac{U_{RN}}{R_N} = \frac{U_{RX}}{R_X}$$

$$R_X = R_N \frac{U_{RX}}{U_{RN}} = R_N \frac{U_2}{U_1 - U_2}$$

$$R_X = R_N \frac{U_2}{U_1 - U_2}$$



pokud je $U_2 = U_1 / 2$, pak $R_X = R_N$

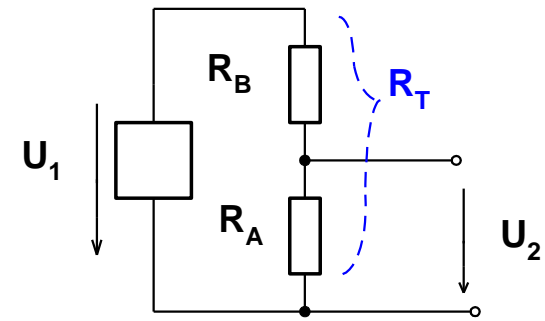
Pozn.: Tento způsob poměrového měření odporu - je využit při měření odporu pomocí F0 - Lab

Odporový trimr jako nastavitelný napěťový dělič

Odporový trimr s lineárním průběhem změny odporu s úhlem natočení

k_t – jako poměr úhlu aktuálního natočení, vůči maximálnímu natočení $R_A = k_t \times R_T$

Lineární závislost výstupního napětí (*naprázdno*) na úhlu natočení



$$U_2 = \frac{R_A}{R_T} \cdot U_1 = k_t \cdot U_1$$

(V úloze použijeme jako nastavitelný zdroj napětí)

Jak se bude chovat odporový napěťový dělič, pokud nebude naprázdno?

Zapojení LED

LED - Light Emitting Diode

směr toku proudu LED od anody ke katodě

katoda označena na pouzdru – ploška,

opačné zapojení – proud neteče

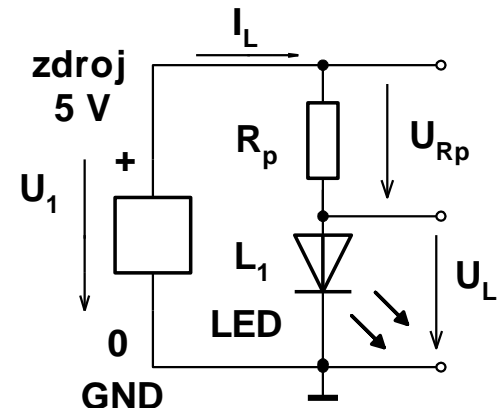
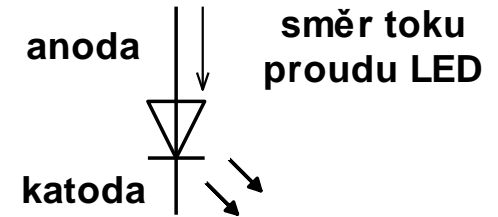
Experiment

Zapojit LED, volit $R_p = 470 \text{ Ohmů}$

Změřit napětí na LED $U_L = ?$

Určit velikost proudu I_L tekoucího LED,
změřit napětí U_{Rp} na rezistoru R_p
v sérii s LED

(použít Ohmův zákon)



Poznámka k napájení

Při měření voltmetrem F0 - Lab, je možno použít napájení
experimentu **pouze napětím $U_1 = 3,3 \text{ V}$** (z regulátoru HT7533)!

Zdroj + 3,3 V

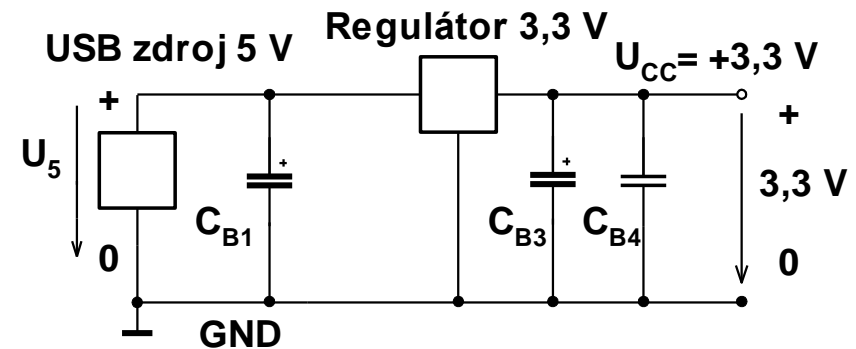
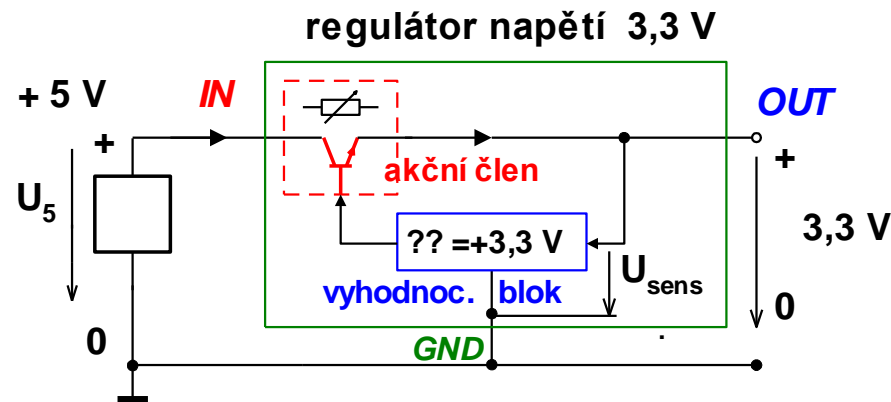
Pro napájení mikrořadiče (mikroprocesoru) - potřeba napětí 3,3 V

Regulátor napětí, (stabilizátor – poskytuje na výstupu stabilizované napětí nezávisle na změnách napětí na vstupu), **z většího vyrábí menší napětí**

Zpětnovazební regulátor - porovnání napětí U_{SENS} s žádanou hodnotou 3,3 V „**je menší – přidej**“, „**je větší- uber**“ pomocí akčního členu

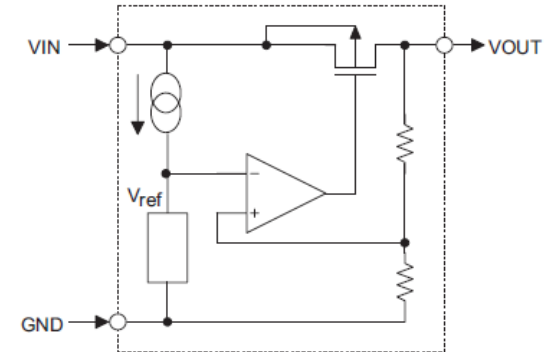
(analogie - redukční ventil, tempomat v autu, regulátor topení..)

Záporná zpětná vazba - základ všech regulátorů



Regulátor napětí HT7533

HT7533 Regulátor (stabilizátor) **napětí 3,3 V**,
tolerance výroby - hodnoty 3,2 až 3,4 V
proud až 100 mA



Pouzdro **TO92** – stejné, jako tranzistor BC546

– **pozor** na **záměnu** s **BC546** i s jinými regulátory
např. **LE33** – **odlišné** rozložení vývodů

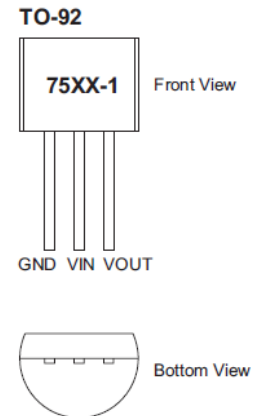
Pozn.: V katalogu u HT7533 uvedeno

„100 mA Low Power LDO“,

Low power míní se, že má malou vlastní spotřebu proudu
pro vlastní činnost (režie) – **LDO je zkratka „Low Drop Output“**
až v textu je uvedeno **three-terminal regulator**

Pozor na zkrat na výstupu, z USB napětí + 5 V

$P = U \times I = 5 \text{ V} \times 0,1 \text{ A} = 0,5 \text{ W}$ – ohřátí regulátoru
omezení proudu na 100 mA

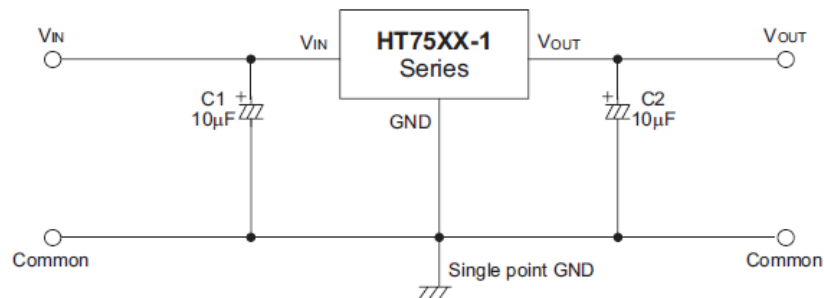


Experiment zapojení regulátoru napětí 3,3 V

Na kontaktním poli zapojit regulátor napětí HT7533

Použít **blokování** pomocí elytů 22 uF příp. i keramických kondenzátorů 100 nF na vstupu i výstupu

Na desce procesoru je blokovací keramický kondenzátor. 100 nF



HT7533-1, +3.3V Output Type

Ta=25°C

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V _{IN}	Conditions				
V _{OUT}	Output Voltage Tolerance	5.5V	I _{OUT} =10mA	3.201	3.3	3.399	V
I _{OUT}	Output Current	5.5V	—	60	100	—	mA
ΔV _{OUT}	Load Regulation	5.5V	1mA ≤ I _{OUT} ≤ 50mA	—	60	150	mV
V _{DIF}	Voltage Drop	—	I _{OUT} =1mA	—	100	—	mV
I _{SS}	Current Consumption	5.5V	No load	—	2.5	5	µA
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN} \times V_{OUT}}$	Line Regulation	—	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 24V I _{OUT} =1mA	—	0.2	—	%/V
V _{IN}	Input Voltage	—	—	—	—	24	V
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta T_a}$	Temperature Coefficient	5.5V	I _{OUT} =10mA 0°C < T _a < 70°C	—	±0.5	—	mV/°C

Úlohy

Čtení **barevného kódu** značení odporu rezistorů

Přečíst kód a ověřit měřením pomocí multimetru

Rezistor zapojit do pole, Sériové a paralelní **řazení** rezistorů

Změřit odpor tří různých vybraných rezistorů,

Zapojit **paralelně** dva, tři rezistory, vypočíst očekávanou velikost odporu, změřit velikost odporu

Zapojit **sériově** dva, tři rezistory, vypočíst očekávanou velikost odporu, změřit velikost odporu

Měření trimru a na odporovém děliči s trimrem, určení poklesu napětí na děliči při zátěži rezistorem 10 k

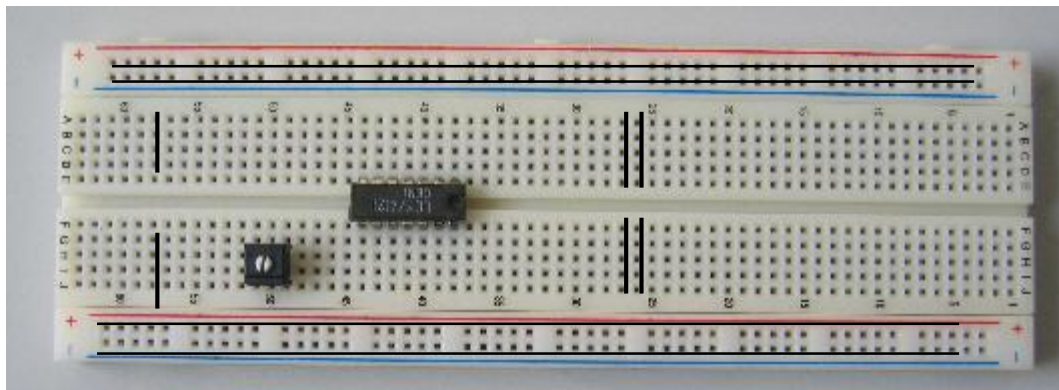
Zapojení LED, měření VA charakteristiky LED, určení parametrů náhradního schématu R_d , U_L

Měření napětí na zelené LED a Si diodě

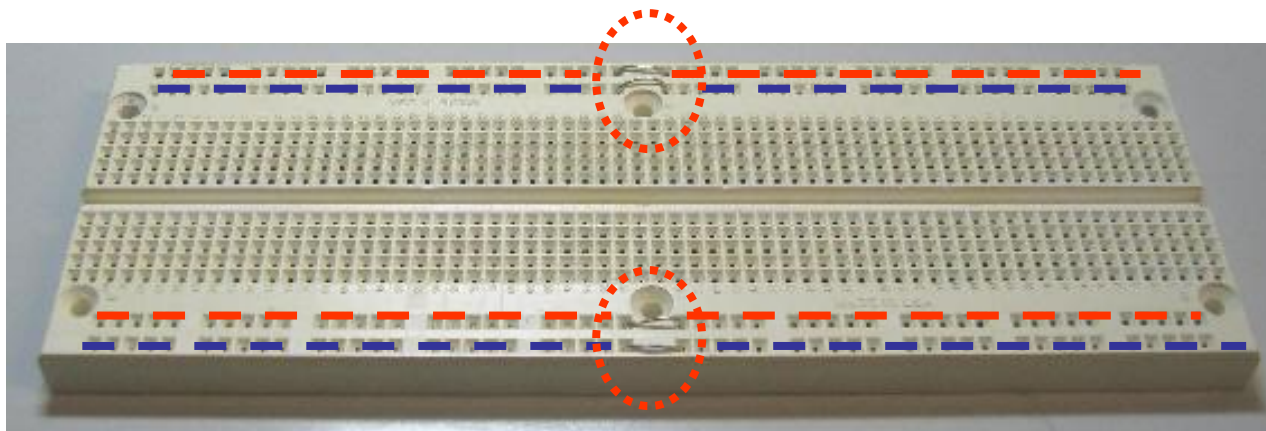
Nepájivé kontaktní pole a jeho propojení

Příčné propojení – pět vedlejších kontaktů ve střední části

Podélné propojení – čtyři nezávislé napájecí sběrnice



Některá typy polí -také **naše pole** - s **přerušením** sběrnice uprostřed



Zdroj + 3,3 V

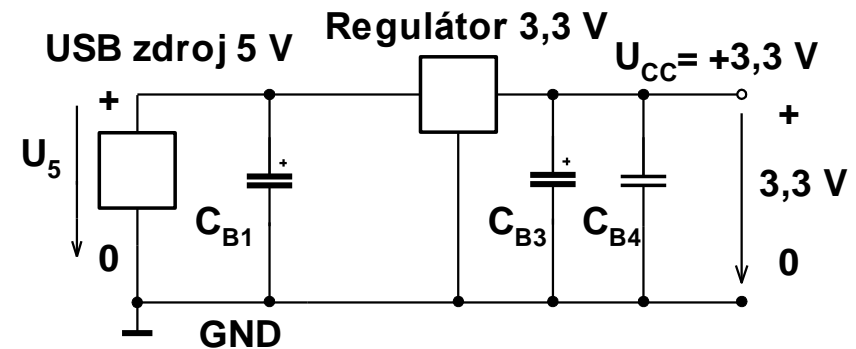
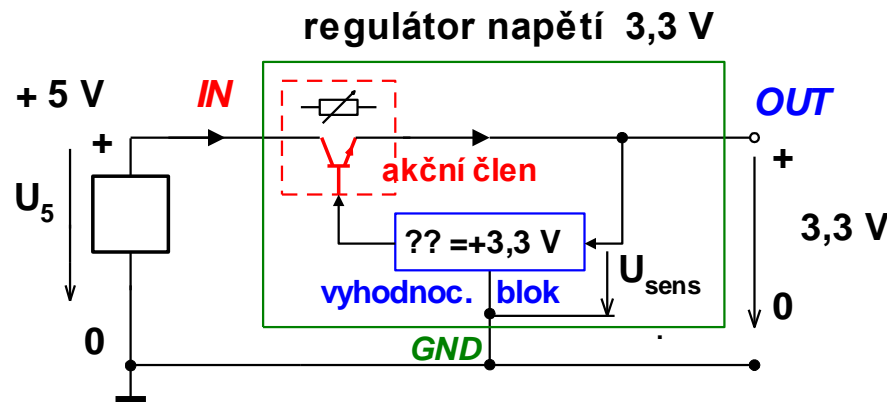
Pro napájení mikrořadiče (mikroprocesoru) - potřeba **napětí 3,3 V**

Regulátor napětí, (stabilizátor – poskytuje na výstupu stabilizované napětí nezávisle na změnách napětí na vstupu), **z většího vyrábí menší napětí**

Zpětnovazební regulátor – porovnání napětí U_{SENS} s žádanou hodnotou 3,3 V „**je menší – přidej**“, „**je větší – uber**“ pomocí akčního členu

(analogie – redukční ventil, tempomat v autu, regulátor topení..)

Záporná zpětná vazba – základ všech regulátorů



Regulátor napětí **HT7533**

HT7533 Regulátor (stabilizátor) **napětí 3,3 V**,
tolerance výroby - hodnoty 3,2 až 3,4 V
proud až 100 mA

Pouzdro **TO92** – stejné, jako tranzistor BC546

– **pozor** na **záměnu** s **BC546** i s jinými regulátory
např. **LE33** – **odlišné** rozložení vývodů

Pozn.: V katalogu u HT7533 uvedeno

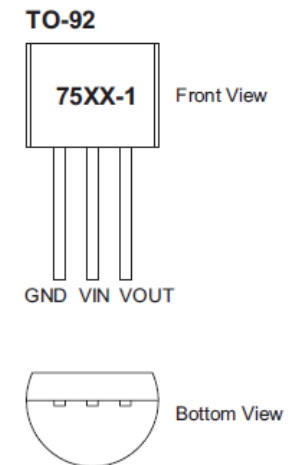
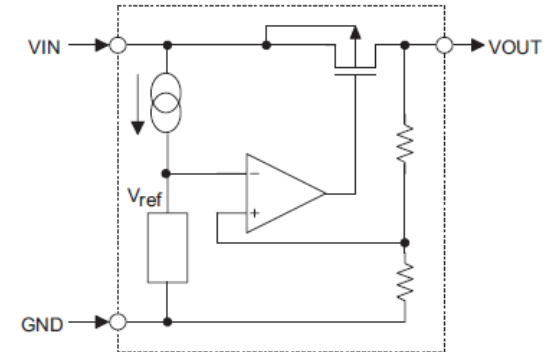
„**100 mA Low Power LDO**“,

Low power míní se, že má malou vlastní spotřebu
proudu pro vlastní činnost (režie) – **LDO je**
zkratka „Low Drop Output“

až v textu je uvedeno **three-terminal regulator**“

Pozor na zkrat na výstupu, z USB napětí + 5 V

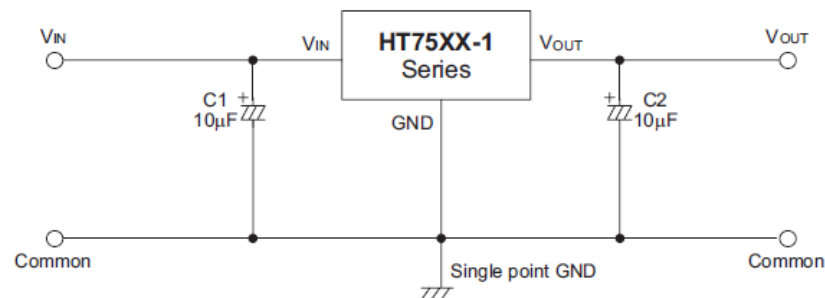
$P = U \times I = 5 \text{ V} \times 0,1 \text{ A} = 0,5 \text{ W}$ – ohřátí regulátoru
omezení proudu na 100 mA



Experiment zapojení regulátoru napětí 3,3 V

Na kontaktním poli zapojit regulátor napětí HT7533

Použít **blokování** pomocí elytů 22 uF příp. i keramických kondenzátorů 100 nF na vstupu i výstupu



HT7533-1, +3.3V Output Type

Ta=25°C

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V _{IN}	Conditions				
V _{OUT}	Output Voltage Tolerance	5.5V	I _{OUT} =10mA	3.201	3.3	3.399	V
I _{OUT}	Output Current	5.5V	—	60	100	—	mA
ΔV _{OUT}	Load Regulation	5.5V	1mA ≤ I _{OUT} ≤ 50mA	—	60	150	mV
V _{DIF}	Voltage Drop	—	I _{OUT} =1mA	—	100	—	mV
I _{SS}	Current Consumption	5.5V	No load	—	2.5	5	µA
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN} \times V_{OUT}}$	Line Regulation	—	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 24V I _{OUT} =1mA	—	0.2	—	%/V
V _{IN}	Input Voltage	—	—	—	—	24	V
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta T_a}$	Temperature Coefficient	5.5V	I _{OUT} =10mA 0°C < T _a < 70°C	—	±0.5	—	mV/°C

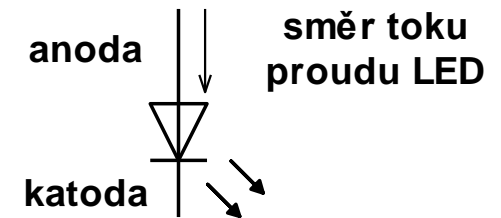
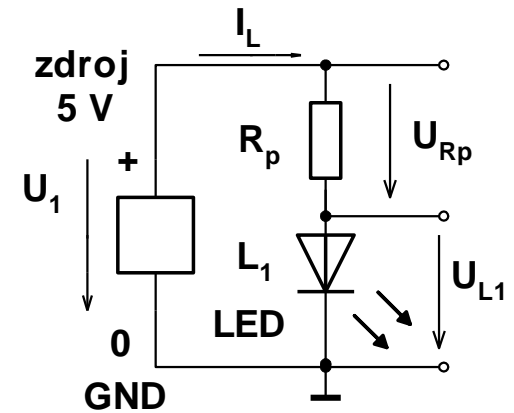
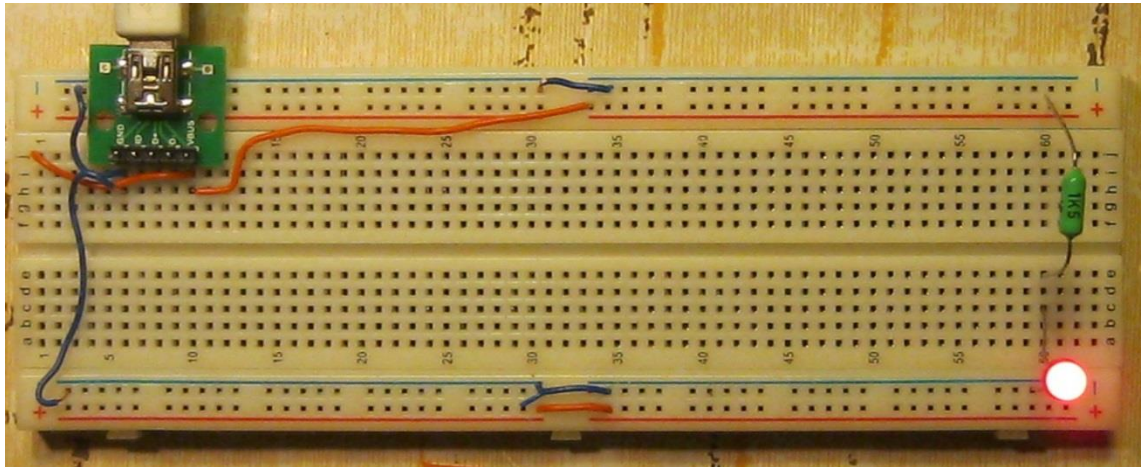
Úlohy - měření LED

Zapojit LED, volit $R_p = 470 \text{ Ohmů}$

LED $U_{L1} = ?$

Určit velikost proudu $I_L = ?$

Změřit napětí U_{Rp} na rezistoru R_p
v sérii s LED (použít Ohmův zákon)



Zapojení stabilizátoru napětí + 3,3 V typu HT7533

Zapojit na poli **stabilizátor** napětí **HT 7533**, napájet jej z $U_{IN} = + 5 \text{ V}$ na výstup zapojit LED + rezistor $R_p = 470 \text{ Ohmů}$. Na vstup a výstup stabilizátoru připojit elyty 22 uF (pozor na polaritu). Změřit **napětí** na **vstupu** a **výstupu** stabilizátoru.

Na výstup stabilizátoru +3,3 V zapojit červenou LED s rezistorem 470 Ohmů

Určit **proud LED** (měřením napětí na rezistoru R_p) a napětí na LED multimetrem změřit napětí