# Kurz praktické elektroniky

**Katedra měření, ČVUT–FEL, Praha 29. 8.–2. 9. 2022**
**5. 9.–9. 9. 2022**

**prof. Ing. Jan Holub, Ph.D.**
**vedoucí katedry měření**

**doc. Ing. Jan Fischer, CSc.**
**prezentující**

**Tento materiál je určen pouze pro studenty ČVUT–FEL, účastníky kurzu praktické elektroniky, organizovaného Katedrou měření, ČVUT–FEL v Praze v září 2022**

**29. 8. - 2. 9. 2022 1. turnus studenti KyR + BIO**

**5. 9. - 9. 9. 2022 2. turnus studenti KyR + EK**

**nesmí být zveřejněn jinou formou ani na jiných www stránkách.**

# Zahájení kurzu, představení Katedry měření

**Kurz praktické elektroniky pro nastupující studenty bakal. studia**

**Pro studenty programu KyR – Kybernetika a Robotika. Organizuje Katedra měření ČVUT-FEL, meas.fel.cvut.cz**

**Orientace katedry – elektrická měření, elektronika, počítačové měřicí systémy, přístrojová elektronika, automobilní elektronika, magnetické senzory a měření, diagnostika, letecké informační systémy, inteligentní budovy, distribuované syst., vestavné mikroproc. syst., videometrie a obrazové senzory**

**Kat. měření – výuka v oblasti el. měření – pro bak. stud. celé FEL**

**Výuka pro studenty KyR** (bak. studium):

**Senzory a měření KyR 2. ročník, Obvodové techniky, Vestavné systémy, Laboratoře z průmyslové elektroniky a senzorů, Roboti** (společně s kat. řízení a kat. kybernetiky).

Výuka v oblasti **mikroprocesorové techniky** pro programy **KyR a OI.**

# Náplň a cíle kurzu

- **Seznámit** studenty z gymnázií rámcově se **základy elektroniky, elektr. obvodů, fotoel. senzorů,** jejich **realizací a měření** na nich
- **Seznámit s měřicími přístroji –** multimetr a digitální osciloskop
- **Vytvořit laboratorní přístroj „*F0–Lab*“** s mikroprocesorem STM32F042F6P6 realizujícím (ve zjednodušené formě) **funkce impulsního generátoru, voltmetru** a **osciloskopu**
- Ukázat možnost tvorby vlastních **programů pro mikroprocesory s jádrem ARM Cortex M,** konkrétně **STM32F042F6P6** s využitím ***on-line* vývojovým prostředím „mbed“**
- **Přiblížit** problematiku **elektroniky** a snížit „obavy“ z prak. práce
- **Poskytnout** úspěšným absolventům kurzu realizovaný **přístroj „*F0–Lab*“** pro další **domácí přípravu a experimenty** v oblasti elektroniky, senzorů a měřicí techniky při studiu na ČVUT–FEL

# KPE2022 pro studenty programu BIO – 1. turnus

**Kurz praktické elektroniky pro nastupující studenty bakalářského studia programu Lékařská elektronika a bioinformatika, garant stud. programu: prof. Ing. Roman Čmejla, CSc., Katedra teorie obvodů**

**Garant kurzu pro BIO: Ing. Petr Ježdík, Ph.D.**

**Laboratoře: Ing. Petr Ježdík, Ph.D.**

# KPE2022 pro studenty programu KyR- 1. turnus

**Kurz praktické elektroniky pro nastupující studenty bakalářského studia programu Kybernetika a robotika.**

**Organizuje: Katedra měření**

**Přednášky: doc. Ing. Jan Fischer, CSc.,** kat. měření

**Laboratoře: Ing. Tomáš Drábek,** kat. měření

**doc. Ing. Jiří Novák, Ph.D.**

**+ v úterý Ing. Vojtěch Petrucha, Ph.D.**

**Lektoři v lab.: Lukáš Nejezchleb ( KyR po 2. roč.)**
**Jan Hřebec (KyR po 2. roč.)**
**David Čapek (KyR po 2. roč.)**

# KPE2022 pro studenty programu KyR- 2. turnus

**Kurz praktické elektroniky pro nastupující studenty bakalářského studia programu Kybernetika a robotika,**

**Organizuje: Katedra měření**

**Přednášky: doc. Ing. Jan Fischer, CSc.,** kat. měření

**Laboratoře: Ing. Tomáš Drábek,** kat. měření

**Ing. Vojtěch Petrucha, Ph.D.**, kat. měření

**Ing. Radek Sedláček, Ph.D.** kat. měření

**Lektoři v lab.: . Lukáš Nejezchleb (KyR po 2. roč.)**

**Jan Hřebec (KyR po 2. roč.)**

**David Čapek (KyR po 2. roč.)**

# KPE2022 pro studenty programu EK – 2. turnus

**Kurz praktické elektroniky pro nastupující studenty bakalářského studia programu**
**EK – Elektronika a komunikace**

**garant pro studenty EK:**
**Ing. Vladimír Janíček, Ph.D, kat. mikroelektroniky**

**Laboratoře:**
**Ing. Vladimír Janíček, Ph.D, kat. mikroelektroniky**
**Ing. Lubor Jirásek, CSc.**

# Místnosti - přednášky

**Po. 29.08. v učebně T2:D3-309**

**Út. 30.08. v učebně T2:D3-309**

**St. 31.08. v učebně T2:C3-132**

**Čt. 01.09. v učebně T2:D3-309**

**Pá. 02.09. v učebně T2:C3-132**

**ve 2. turnusu:**

**Po. 05.09. v učebně T2:C3-132**

**Út. 06.09. v učebně T2:C3-132**

**St. 07.09. v učebně T2:C3-135**

**Čt. 08.09. v učebně T2:D3-309**

**Pá. 09.09. v učebně T2:D3-309**

**Laboratoře:**

**T2:A4 - 402 – laboratoř pro program KyR**

**T2:A3 - 412 – laboratoř pro program KyR**

**T2: A3- 413 – laboratoř pro program BIO**

**T2: C3 - S143 – laboratoř pro program EK**

# Harmonogram T1 od 29. 8. do 2. 9. 2022

**Místnosti: přednášky po. – pá. Dle rozpisu**
**A4–402 prakt. cvičení KyR**
**A3–412 prakt. cvičení KyR**
**A3–413 prakt. cvičení BIO**

**Začátek** dopoledne **v 9.00 – vždy v přednáškové** místnosti
odpoledne **v 13.00 – vždy v přednáškové** místnosti

**BIO společné přednášky s KyR pouze pondělí, úterý, středa**

**Termín: pondělí, úterý 9.00 – 12.00 a 13.00 – 17.00**
**středa, čtvrtek 9.00 – 12.00 a 13.00 – 16.00**
**středa 17.00 KyR, BIO) společná večeře**
**pátek 9.00 – 12.00 a 13.00 – 14.30**

**Pátek 13.30 Slavnostní zakončení, absolventi kurzu – předání**

- **certifikátu** k absolvovanému kurzu
- **realizovaného přístroje F0–Lab**

**Fotografování –** společný snímek účastníků a vyučujících

# Harmonogram T1 od 5. 8. do 9. 9. 2022

**Místnosti: přednášky po. – pá. Dle rozpisu**
**A4–402 prakt. cvičení KyR**
**A3–412 prakt. cvičení KyR**
**C3–143 prakt. cvičení EK**

**Začátek** dopoledne **v 9.00 – vždy v přednáškové** místnosti
odpoledne **v 13.00 – vždy v přednáškové** místnosti

**BIO společné přednášky s KyR pouze pondělí, úterý, středa**

**Termín: pondělí, úterý 9.00 – 12.00 a 13.00 – 17.00**
**středa, čtvrtek 9.00 – 12.00 a 13.00 – 16.00**
**středa 17.00 KyR, EK) společná večeře, resraurace Masarykova kolej**
**pátek 9.00 – 12.00 a 13.00 – 14.30**

**Pátek 13.30 Slavnostní zakončení, absolventi kurzu – předání**

- **certifikátu** k absolvovanému kurzu
- **realizovaného přístroje F0–Lab**

**Fotografování –** společný snímek účastníků a vyučujících

# Forma kurzu

**Ráno – v přednáškové místnosti v 9.00, společná část** (1–2 hod.) **teoretický výklad, vysvětlení práce na daný den, práce a experimenty v laboratořích**

**Dopoledne – rozdělení na skupiny – práce v lab.**

**Odpoledne – 13.00 hod dotazy** k předchozí látce a experimentům**, kratší výklad a vysvětlení práce na odpoledne** v přednáškové **míst.,** přesun do laboratoří**, práce v laboratořích, experimenty**

**V případě nejasnosti z laboratoří – nachystat si dotazy** pro společný výklad – bude to zajímat i ostatní, v zasedací místnosti – lepší možnost výkladu, nebojte se ptát.

**Doporučení –** dělat si **do sešitu samostatně písemné poznámky k výkladu,** odpoledne po kurzu – **prohlédnout si své poznámky,** dostudovat.

Výuka bude **podobným stylem, jako probíhá výuka na ČVUT–FEL, rychlejší než na střední škole.**

**ČVUT FEL – výběrová a náročná škola,** předpokládá **se zájem i samostatné studium.**

# Úroveň kurzu

Kurz je sice koncipován **pro začátečníky, ale seznámí i s vybranými věcmi,** odpovídajícími **magisterskému studiu –** případně i širší **problematikou praktické elektroniky,** se kterou se v plánu povinného studia student třeba ani nesetká.

(Řada studentů – absolventů FEL třeba nikdy nepájela, ani nezapojovala elektronické obvody z jednotlivých součástek)

Předpokládá se **zájem,** samostatné pořízení **poznámek z přednášek,** zpracování **poznámek z laboratoří**.

**Příprava na vysokoškolský** způsob studia**.**

**Zeptat se** při přednášce, **pokud se nerozumí** výkladu.

# Celková náplň – 1

**Zopakování fyzikálních základů z oblasti elektřiny**

**Experimenty pro ověření základů elektroniky**

**Použití číslicového multimetru,** měření napětí, proudu, odporu

Použití číslicového **osciloskopu**

Pasivní prvky **rezistory,** (barev. značení), odpor. **trimry**, kondenzátory

**Realizace základních obvodů na nepájivém kontaktním poli (dále jen „*pole*“)** obvod s **LED** (*Light Emitting Diode*) a rezistorem

**Výklad základů obvodů a elektroniky**

Elektrický **obvod, měření napětí, proudu a odporu,**
Odporový **dělič napětí,** měření na děliči, použití odporového trimru
**Zatížený** odporový **dělič** napětí**, Theveninův teorém**
**V-A charakteristika LED** (Volt-Ampérová)

# Celková náplň – 2

**Stabilizátor** (regulátor) **napětí +3,3 V,** jeho funkce a zapojení na poli

**Mikrořadič** (mikroprocesor) **STM32F042 struktura, funkce a jeho využití pro realizaci přístroje – voltmetr s STM32F042**

**Mezní napětí STM32F042,** ochrana před zničením

**Realizace laboratorního přístroje F0–Lab s mikrořadičem** (microcontroller) **STM32F042F6P6 s jádrem ARM Cortex – M0,** (ve výkladu bude používáno pro zjednodušení označení **procesor,** nebo konkrétně STM32F042, případně i jen „F042“)
**Oživení modulu s procesorem – blikání LED**

**Připojení procesoru na PC** prostřednictvím rozhraní **USB**

**Přístroj F0–Lab, funkce,**

**PWM – blikání LED, změna střídy a frekvence**

**F0–Lab Voltmetr, měření odporů**

**F0–Lab Voltmetr, záznam děje, přechodový děj, RC obvod, exponenciála**

**F0–Lab funkce osciloskopu, přechodový děj, funkce kurzor**

# Celková náplň – 2

**Připojení procesoru na PC** prostřednictvím rozhraní **USB**

**Použití PC** pro **nahrání programu** do mikrořadiče **STM32F042** (download) prostřednictvím **rozhraní USB**

**Oživení BOOT Loader a DfuSE,** nahrávání firmware do procesoru

(instalace na vlastní počítače)

**Funkce F0–Lab** podle varianty firmware

- Tříkanálový **voltmetr +** tříkanálový **osciloskop +** Impulsní **generátor** (PWM) – toto budeme používat
- **Dvoukanál.** osciloskop (dlouhý záznam) **+** Impulsní **gener.** (PWM)

***F0–Lab* s aktivovanou funkcí** voltmetru, osciloskopu nebo generátoru se **dále v textu označují jako *Voltmetr*, *Osciloskop*, *Generátor***

Pozn.: Použití samostatného přístroje **„Číslicový multimetr“,** se pro odlišení **označuje jako „*Multimetr*“**

# Celková náplň – 2 použití F0–Lab

**Řízení jasu LED pomocí PWM a impulsního řízení proudu LED,**

**Osciloskop v F0–Lab**

**Impulsní signál, odezva RC článku, exponenciála, určení časové konstanty z průběhu**

# Celková náplň – 3

Bipolární **tranzistor NPN,** vlastnosti a použití pro zesílení proudu
**proudový zesilovací činitel,** experimentální **určení zesilovacího činitele** tranzistoru

Unipolární **tranzistor MOSFET** s kanálem **N**

**Příklady jednoduchých senzorů** (snímačů) a jejich realizace
**Senzor úhlu a polohy s potenciometrem**
**Senzor odporu kůže** („detektor lži“)
**Senzor dotyku**
**Senzor teploty** s diodou s PN přechodem

**Fototranzistor – senzor osvětlení**
Bezdotykový senzor **polohy** s fototranzistorem – **optická závora**
**Snímač rychlosti pohybu s optickou závorou** a osciloskopem

# Celková náplň – 3 programování STM32F042

**Informace o *On-line IDE* (vývojovém prostředí) mbed** firmy **ARM**

**www.mbed.org** viz též heslo: **„*Rapid prototyping*“**

Příklad programování STM32F042 v C++ s využitím ***On line IDE*** (vývojovém prostředí) **mbed**

Pro **tvorbu programu v C/C++** pro **mikrořadič STM32F042**, možnost samostatné domácí práce později s vlastním přístrojem – není náplní kurzu, nebo v klubu **ETC** na FEL.

K dispozici jsou **vzorové programy** pro blikání LED,..

# Celková náplň – 4

**Impulsní signál, střední hodnota signálu**

**Integrační článek RC jako dolnopropustný filtr**

**Odezva RC článku v závislosti na frekvenci budicího impulsního signálu**

**RC článek** jako **filtr střední hodnoty**

**Tranzistor** jako **zesilovač,** emitorový **sledovač**

Použití **PWM** pro **generování stejnosměrného napětí**

Integrovaný obvod **– operační zesilovač,** ideální operační zesilovač

**Operační zesilovač LM324,** příp. LM358, MCP6002

**Záporná zpětná vazba,** zapojení operačního zesilovače se zápornou zpětnou, další zapojení s operačním zesilovačem

Zpětnovazební **regulace** výstupního napětí

**Zdroj proudu s operačním zesilovačem, proudové řízení LED**

# Celková náplň – 5

**Dokončení úloh, generátor zvuku - Buzzer**

**Programování STM32F042 pomocí on line IDE mbed.**

**Generátor melodie, různé formy blikání,**

**13:00 Úklid, „dočištění“ kitu na slavnostní předání**

Vyhodnocení kurzu, vyplnění ankety a hodnocení kurzu, diskuse

13:30 Zakončení kurzu v 309, **předání diplomů**

**Informace a další materiály na stránkách**

**EMBEDDED.FEL.CVUT.CZ . .. materiály pro výuku,…praktická elektronika**

***https://embedded.fel.cvut.cz / kurzy/ elektronika/ elektronika2022/ materialy***

# 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, nebo na jiné určené místo) **tak, aby nehrozilo zakopnutí. Nehoupat se na židlích, dohlížet na své věci**

**Pozor při procházení laboratoři mezi židlemi**

Pokud možno **sedět na stejném místě po dobu kurzu**

**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**

**Covid-19 opatření, místo, hygiena práce, + výklad**

# Bezpečnost při pájení - BIO

**Při pájení – věnovat se plně činnosti, nemanipulovat pájkou mimo pracovní prostor pájení, pozor – nebezpečí vlastního popálení nebo poškození síťového přívodu pájkou.**

**Nezvedat pájedlo nad pracovní oblast, zásadně negestikulovat s pájedlem v ruce, držet pájedlo vždy v bezpečné vzdálenosti od očí.**

**Pájku odkládat pouze do určeného držáku.**

**Držet pájedlo (a dotýkat se jí) pouze za určené držadlo, nedotýkat se kovových částí pájedla.**

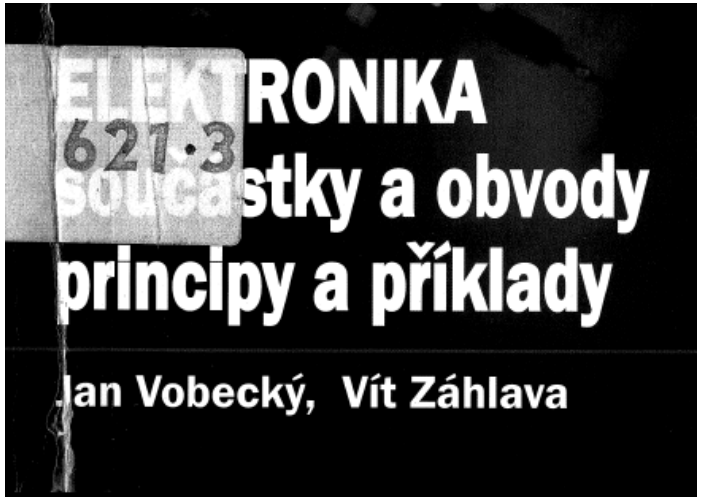
**Pozor na nebezpečí znečistění rukou a oděvu tavidlem nebo cínem**

**Potvrzení seznámení se zásadami bezpečnosti práce v laboratořích – podepsat formulář.**

# Literatura

**Literatura pro základy obvodů a elektroniku**

**Vobecký, Záhlava: Elektronika, součástky a obvody, principy a příklady**



# Základy, opakování fyziky

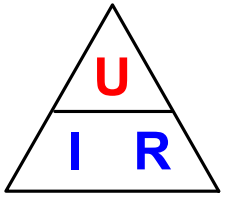
## *Veličiny a jednotky*

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Napětí***, **označení** | **U** | **jednotka** | **V – volt** |
| ***Proud***, | **I** | | **A – ampér** |
| ***Odpor*** | **R** | | **Ω – Ohm** |
| ***Vodivost*** | **G** | | **S – Siemens** |
| **Kapacita** | **C** | | **F – Farad** |
| **Indukčnost** | **L** | | **H – Henry** |

$$G = \frac{1}{R}$$

*Pozn. V anglosaské lit. se napětí označuje jako* ***V (voltage)***

**Známe a umíme použít Ohmův zákon**




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

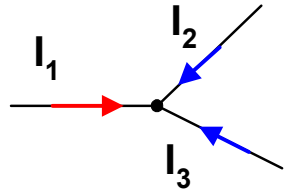
# Kirchhofovy zákony

$$\sum I_n = 0$$

**První (1.) Kirchhofův zákon**

***Součet proudů v kterémkoliv uzlu je roven nule***

(součet proudů do uzlu vtékajících je roven součtu proudů z uzlu vytékajících)




$$I_1 + I_2 + I_3 = 0 \qquad -I_1 = I_2 + I_3$$

*Pozn. Jak tomu rozumět, že součet je nula?*

*Např. proud **vtékající do uzlu** – **kladná hodnota**,*

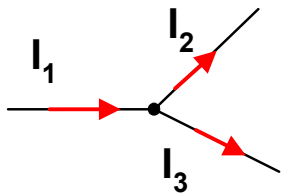
*proud ve skutečnosti z uzlu vytékající - **záporná hodnota**.*

*Analogie: vyrovnaný finanční rozpočet, **příjmy** **+** **výdaje** **= 0**,*

***výdaj** se může chápat jako záporný příjem*

*Pokud by se proudy označily pouze s **kladnými** hodnotami, musela být dopředu jasná orientace proudu, což při výpočtu není.*

*Analogie: Množství vody, které do bytu vodovodem přiteče, zase odpadními potrubími odteče (+ přítok, - odtok).*



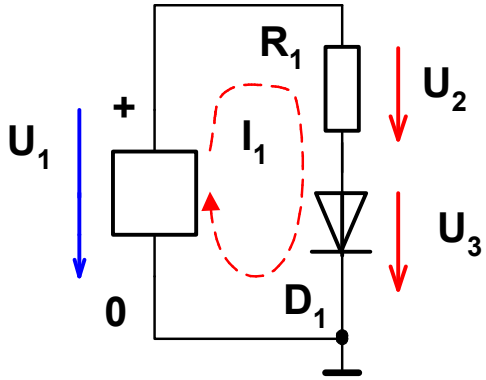
# Kirchhofovy zákony

## Druhý (2.) Kirchhofův zákon

***Součet napětí v kterékoliv uzavřené smyčce je roven nule***

*Napětí musí být **orientována** v jednom směru*
*- ve **směru smyčky***

$$\boxed{\sum U_n = 0}$$




*Pozn.: Na obr. má napětí **$U_1$** **opačnou** orientaci, než je orientace smyčky,*

*proto se **$U_1$** musí v součtu uvažovat s opačným znaménkem, pak platí očekávaný vztah*

$$-U_1 + U_2 + U_3 = 0$$

$$\boxed{U_1 = U_2 + U_3}$$

*Analogie: Chůze po schodištích v budově okruhem nazpět do výchozího bodu. Kolik schodů vystoupáme **nahoru**, tolik zase musíme sejít zase **dolů**. Suma = 0 (schody nahoru **kladné** hodnoty, dolů – **záporné**)*

# 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 = $12\times10^6$ =** označ. ve schématu **1M2**

**Pozor na označení na SMD součástkách:**

**4700 Ω = $47 \times 10^2$ označení na součástce 472,**

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

**1 000 000 Ω = $10\times10^5$, označení 105** znamená **$10\times10^5$**

**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 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…, 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/Odpory/R%20-%20Uhlikove.html

# Barevný kód značení odporu rezistorů

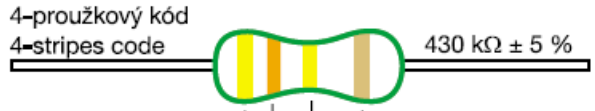
**Barevné značení** velikosti **odporu standardních rezistorů s drátovými vývody**

430 kOhmů = $43 \times 10^4$

označení 434

Tolerance výroby, značena na konci samostat. proužkem

Barevný kód — *Color code*




| Barva<br>Color | 1. proužek<br>1. stripe | 2. proužek<br>2. stripe | 3. proužek<br>3. stripe | násobitel<br>ratio | tolerance<br>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 - violett | 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) |

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 použité v úlohách

Použité **rezistory „modré“, (**resp. modrý podklad**) jsou metalické.**
**Odporová** vrstva je na bázi **kovu,** teplot. závislost **50 ppm/$^{o}$C**
(**1 ppm = 1. 10$^{-6}$**)

**Tolerance je 1 %,** výkonová **zatížitelnost** max. **0,6 W.**

**Hodnota** (řada E48) **je označena pomocí 5 proužků**, např.
**Hnědá, černá, černá, rudá, hnědá 1, 0, 0, 2, 1**

**100 × 10$^{2}$ = 10 000 = 10 k** → **k** značí **kilo – 1000, Kiloohm**

**Rezistory „žluté“ – uhlíkové** (přesněji uhlové)**, tolerance do 5%,** (typická odchylka cca 1 až 2 %). Menší stabilita, nám to pro experimenty postačuje Výkon. zatížitelnost **0,25 W,** značení hodnoty **- 4 proužky**

**2k2, tolerance 5 %,** používáme v experimentu, ochrana vstupu ADC

| | | | |
|---|---|---|---|
| **2,** | **2,** | **2 ,** | **5** |
| **rudá,** | **rudá,** | **rudá,** | **zlatá** |

**větší tolerance** (nižší přesnost)

Použité rezistory: **metalické 470, 10 K**, použít jako přesné měřicí
**uhlíkové 470, 2k2, 22 k, 51k, 1 M**,…podle potřeby

# Rezistory v sadě

V sadě součástek pro KPE 2022 je větší množství rezistorů

**Uhlíkové rezistory –** žlutá bava podkladu, tolerance 5%

| | | |
|---|---|---|
| **470 R** | 10 ks | (470 R značí 470 Ohmů |
| **2k2** | 5 ks | dobře se rozezná 3x červ. a 1x zlatý proužek |
| **10 k** | 10 ks | |
| **68 k** | 5 ks | |
| **330 k** | 2 ks | |

**Metalizovaný rezistor 10k** 2 ks (modrý) toler. 1 %, 5 proužků

| | | |
|---|---|---|
| **470 R** | **(471)** | **žlutá, fialová, hnědá, zlatá** |
| **2k2** | (222) | **červená, červená, červená, zlatá** |
| **10 k** | (103) | **hnědá, černá, oranžová, zlatá** |
| **68 k** | **(683)** | **modrá, šedivá, oranžová, zlatá** |
| **330 k** | **(334)** | **oranžová, oranžová, žlutá, zlatá** |
| **1 M** | **(105)** | **hnědá, černá, zelená, zlatá** |

# Pomůcka - „oslí můstek“, barvy za dne, svit slunce

**0 černá – je tma** (začínáme od nuly)

**1 hnědá – není již úplně tma**

**2 červená – slunko vychází**

**3 oranžová – slunko je výše**

**4 žlutá – slunko je nad hlavou**

**5 zelená – podívám se dolů – tráva**

**6 modrá – podívám se nahoru – je jasná modrá obloha**

**7 fialová - něco se děje s mraky**

**8 šedivá – již se zatáhlo**

**9 bílá - to je nakonec všechno dohromady** (složení barev) **(a musím si to pamatovat)**

| Barva<br>Color | 1. proužek<br>1. stripe |
|---|---|
| černá - black | 0 |
| hnědá - brown | 1 |
| červená - red | 2 |
| oranžová - orange | 3 |
| žlutá - yellow | 4 |
| zelená - green | 5 |
| modrá - blue | 6 |
| fialová - violett | 7 |
| šedá - grey | 8 |
| bílá - white | 9 |
| zlatá - gold | - |
| stříbrná - silver | - |

*Toto je **naše letošní původní** řešení pomůcky (z nouze) pro zapamatování barevného kódu; není to zcela korektní, ale lepší nemáme. Uvítáme i lepší pomůcku.*

# Rezistory – poznámky

Při dalších experimentech se může vyskytnout **potřeba rezistoru s odporem o jiné hodnotě.** Lze řešit použitím **potenciometrického trimru jako rezistoru s nastavitelným odporem** (vysvětlení dále**).** Měřit odpor multimetrem a nastavit potřebnou hodnotu.

**K dispozici jsou trimry o odporu 5k**

**Pro zájemce,** je možno si **změřit přesnou hodnotu odporu některého metalizovaného rezistoru (470, 10 k,..,** případně další metalické věnujeme**) přesným laboratorním multimetrem HP34401**

Takové rezistory lze pak mít **jako „*etalon*“ pro kontrolu vlastního multimetru**

# Paralelní a sériové řazení rezistorů

**Sériovým řazením roste odpor** celkové kombinace **$R_s$**

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$$

**Paralelním řazení klesá odpor** celkové kombinace **$R_s$,**
roste vodivost, pro zapamatování
jednodušší – **sčítají se vodivosti G**
**(vodivost G = 1/R** v jednotkách Siemens**)**

$$G_P = G_1 + G_2 + G_3 + \ldots$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots..$$

**Pro dva odpory** lze upravit na

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

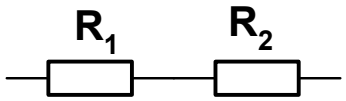
# Využití paralel. a sériového řazení dvou rezistorů

**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

$$R_s = R_1 + R_2$$



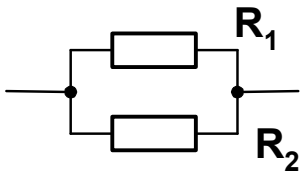

**Paralelní řazení – pro snížení odporu**

Např. **10 k a 10 k na $R_P$= 5 k**

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

Např. je třeba $R_P$= **9k1**, ale je k dispozici jen $R_1$= **10 k,** určím velikost odporu $R_2$**.**

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




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

Potřeboval bych **101,1 k** , mám ale 100 k. Paralelní kombinací **$R_2$ = 100 k a 10 k** se získá **9k09,** což se liší jen o **0,1 % od žádané** hodnoty **9k1.**

# Kondenzátor

**Kondenzátor (kapacitor), prvek mající kapacitu**

***Kapacita*** **–** schopnost **pojmout elektrický náboj při** daném **napětí,** udává se ve **F –** ***Faradech*** (velká hodnota)

$$C = \frac{Q}{U}$$

prakticky – ***pikofarady, nanofarady, mikrofarady***

$$Q = I \cdot t \qquad I = \frac{Q}{t}$$

**Náboj v C –** ***Coulombech***

*(Analogie kondenzátoru – sud na vodu,* ***kapacita*** *– plocha průřezu sudu,* ***napětí*** *– výška hladiny,* ***náboj*** *– množství vody,* ***proud*** *– velikost proudu vody l/s)*

**C =** $\varepsilon \cdot$ **S/d =** $\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$ **S/ d** kap. deskového kond.

Kapacita **paralelně řazených** kondenzátorů

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 +$$

(paralelním řazením kapacita roste)

**Sériovým řazením** kond. celk. kap. klesá

(cíleně se sériové řazení kond. nevyužívá)

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} +$$

# **Kondenzátor**, druhy

**Svitkové kond. izolač. vrstva** (polyester, polypropylen) je opatřena **po obou stranách vodivou vrstvou.** Svinuto do válcové formy**, příp.** nařezáno do vrstev v kostce, **nezáleží na polaritě**

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

Způsoby **označení – hodnota v pikofaradech 820 = 820 pF, v nanofaradech 15 n = 15 nF = 15 000 pF = 15 × $10^{-9}$ F,**

**nebo 821 = 82 × $10^{1}$ (pF)**

**Elektrolytické kondenzátory** (zkráceně „***elyt***“)

**Velké kapacity,** obvykle kapacity v mikrofaradech **1μF = 1×$10^{-6}$ F až milifaradech F 1×$10^{-3}$ F ,** zásadně je nutno **respektovat polaritu, Pro experimenty** použijeme elyty **22 uF, příp. 47 uF,** 470 uF

**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. **Nebezpeří** výbuchu a roztržení „*šrapnel*“. *Pozor v laboratoři!*

# Kondenzátory používané v experimentech

**Elektrolytický** kondenzátor**, rozlišení polarity, záporný** pól označen – „ **- - -** “ a je kratší ( u nového kondenzátoru)

Přepólování vede k destrukci**,**

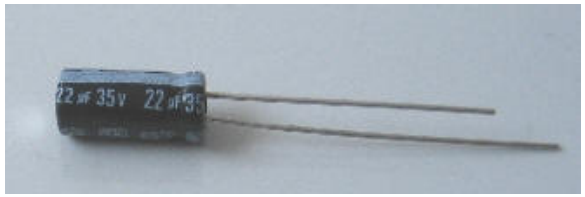
Nezanedbatelný **svodový proud**

**Stárnutí – „vysychání“ – snižování kapacity** a zvětšování **ekvivalentního sériového odporu** (ESR), velká tolerance kapacity

**Použití elektrolytických kondenzátorů – blokování napájení**

**Pozn.** ¨“*Nejde mi zapnout monitor, počítač, televizor,.. musí se několikrát stisknout*“,.. Často je **problém v elytech** v impulsním napájecím zdroji.

elektrolytický kondenzátor 22 uF




**-** ( minus) pól

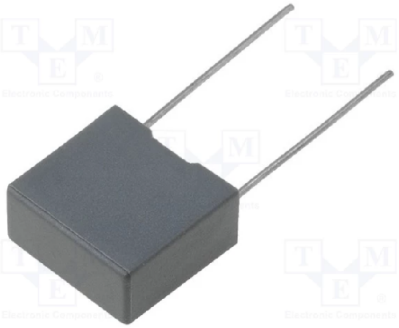
**+** ( plus) pól

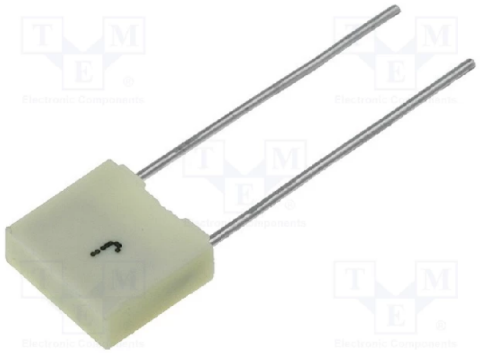
*- pól označen na pouzdře též jako - - -*

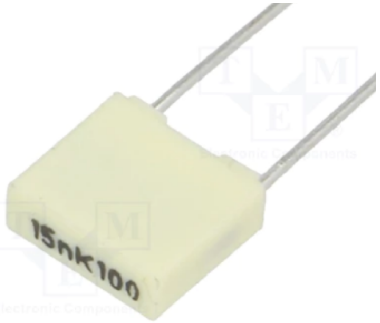
# Polyesterové a polypropylénové kondenzátory

**U kondenzátorů s polyesterovým a propylenovým dielektrikem** se **nerozlišuje polarita vývodů –** bipolární použití (**nezáleží** na polaritě zapojení do obvodu) Pouzdro- plast- kostka, nebo zastříknutí- barva tmavší než u ker. kond

**Velmi malý svodový proud**, kapacita – velmi malá závislost kapacity na napětí







svitkový kondenzátor 220 nF

**toto používáme polyester 100 nF**

# Keramické kondenzátory

**Velká kapacita v malém objemu, větší tolerance (rozptyl velikosti kapacity), problém, změna kapacity s teplotou i s napětím**

Kapacita **není přesně konstanta;** většinou **klesá s rostoucím napětím**

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

Použití - blokování napájení, jako vazební kondenzátory, rychlé časovací obvody a další aplikace, kde nevadí omezené vlastnosti

**Barva pouzdra** – obvykle **žlutá** nebo **světle hnědá**

keramický
kondenzátor 100 nF

# Kondenzátor – použití v experimentech

**Kondenzátory** použité v základní sestavě **F0 – Lab** jsou pro **blokování.**

**Blokování napájení,** to je **pro vyrovnání krátkodobých proudových impulsů** (odběrových špiček)**,** které **nemohou být pokryty** přívodem **z napájení** (kondenzátor má funkce lokální zásoby el. energie).
*Analogie –přehrada pro vyrovnání průtoku vody řekou.*

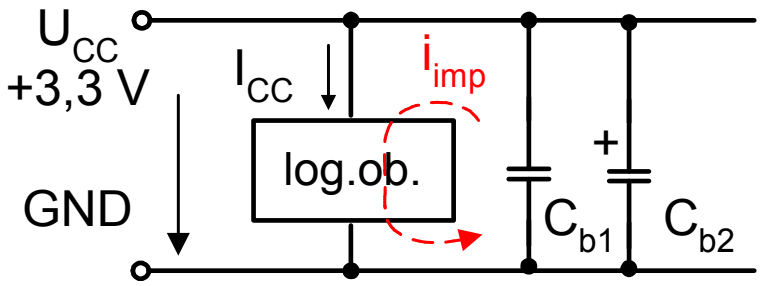
Proudový **odběr procesoru** není spojitý, ale je **impulsní**.

Snahou je, aby při špičce proudového odběru ani krátkodobě (časy řádu mikrosekund a kratší) **nepoklesla velikost napájecího napětí $U_{CC}$.**

**$\Delta Q$ - změna** náboje **na kondenzátoru** o kapacitě ***C*** **za čas** $\Delta t$ při **vybíjení proudem $I_C$**

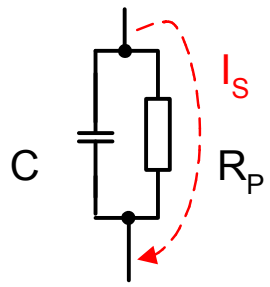
$$\Delta Q_C = I_C \cdot t \qquad \Delta U_C = \frac{\Delta Q}{C} \qquad \Delta U_C = \frac{I_C \cdot \Delta t}{C}$$

Použity kond.: **keramické 100 nF** (rychlá reakce- submikrosekundové) **elektrolytické 22 uF, 47 uF, 470 uF** (pomalejší reakce**)**.



# Kondenzátor – využití při měření malých proudů

**Náhradní schéma reálného kondenzátoru** z hlediska „samovybíjení“ **svodovým proudem $I_S$.**



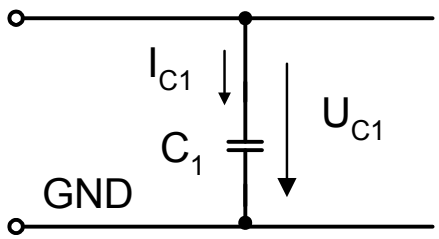

**Kondenzátory s velmi malým svodovým proudem,** (např. polyesterové nebo polypropylénové) **je** možno použít pro měření velmi malých proudů metodou nabíjení nebo vybíjení kondenzátoru měřeným malým proudem.

Polyesterové kondenzátory **100 nF, 2,2 nF** použité v KPE mají **svodové odpory $R_P$** v řádu **T- Ohmů** ($10^{12}$…. $10^{13}$) Ohmů a více, $I_S$ sub- **pA**

$\Delta U_{C1}$ **- změna napětí na kondenzátoru** o kapacitě $C_1$ **za čas** $\Delta t$ při **nabíjení** (nebo vybíjení) **proudem** $I_{C1}$

(Použití - viz bonus úloha- měření závěrného proudu Si diody 1N4148)

$$I_{C1} = \frac{C_1 \cdot \Delta U_{C1}}{\Delta t}$$



# Cívky

**Cívky –** mají **indukčnost L,** jednotka indukčnost **– H – Henry**

Průchodem **proudu cívkou** vzniká **magnetické pole a cívkou prochází magnetický tok $\Phi_c$**

$$\Phi_c = L_c \cdot I_c$$

**Sériové** řazení cívek, (celková L roste)

$$\boxed{L_s = L_1 + L_2 + L_3 +}$$

**Paralelní** řazení cívek, (celková L klesá)

$$\frac{1}{L_p} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} +$$

Cívky ve formě jednoho vinutí na feromagnetickém jádře jsou na desce PC v bloku impulsního zdroje napájení procesoru (step – down měnič)

**Dvě vinutí** (cívky) na společném feromagnetickém jádře – **transformátor**.

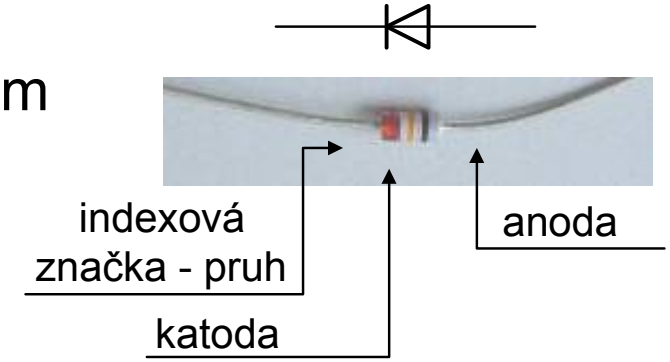
Transformátor – pro transformaci (velikosti) napětí, případně proudu.

Ve většině elektronických přístrojů napájených ze sítě 230 V/50 Hz jsou **transformátory** v impulsních napájecích zdrojích(napáječ PC, napáječ telefonu, LCD,…).

V **KPE cívky** jako součástky nepoužíváme, při experimentech pro náhradu cívky využíváme **indukční charakter bzučáku** (buzzer).

# Diody – křemíková – Si dioda

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

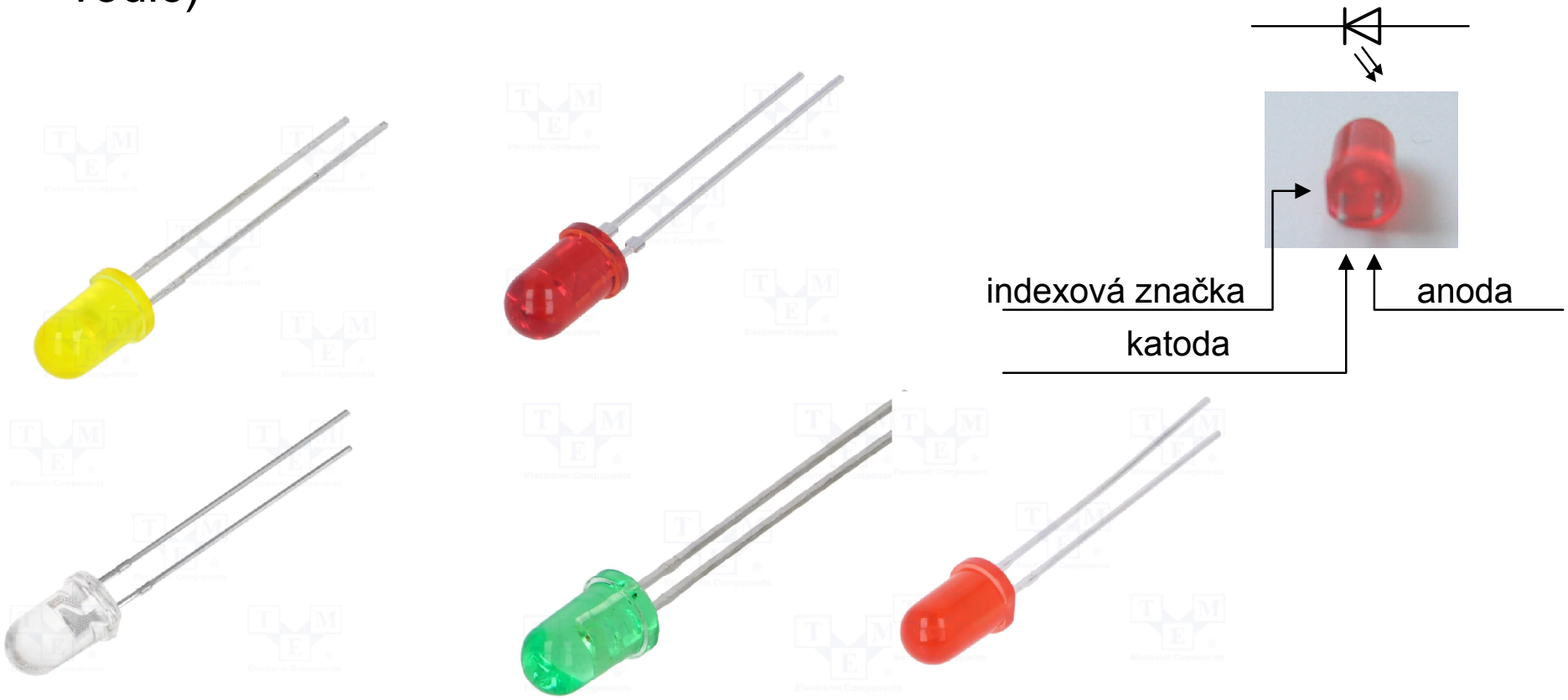



V KPE používáme Si rychlé spínací diody **1N4148**

# Světloemitující diody - LED

**Červená LED**, **napětí** v předním směru **přibl. 1,8 V,** další barvy – **vyšší napětí**

**Indexová značka** – (ploška z boku na spodní straně pouzdra **označuje katodu** u nové LED katoda má **kratší vývod** (kratší vodič)



# Pouzdra LED

**V KPE používáme LED pouze v pouzdře o průměru 5 mm.**

Pro LED (např. červenou) existují různé varianty pouzder

**a) Difúzní červené**
**b) Průhledné červené**
**c) Čiré (bezbarvé) průhledné**

**a)**

**b)**

**c)**

**LED v difúzním pouzdře** mají obvykle **širší vyzařovací charakteristiku než LED ve standardním čirém pouzdře** (s čelní plochou ve formě čočky). V KPE používáme červené LED ve variantě difúzní (jako indikační LED) a čiré (v optické závoře).

# Číslicový voltmetr, multimetr

**Číslicový voltmetr – indikace výsledku – čísly, analogový voltmetr- indikace velikostí výchylky ručky,**

**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)**

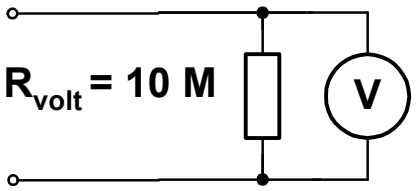
# Číslicový multimetr PDM 300 A1

**Měření napětí multimetrem - funkce voltmetr**
**– vstupní odpor na všech rozsazích je 10 MOhmů**

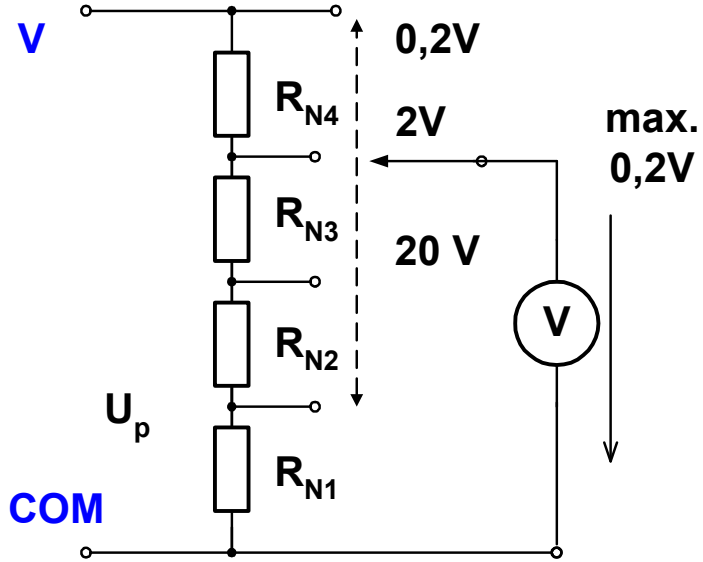
**Základní rozsah voltmetru je 0,2 V.**

**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.



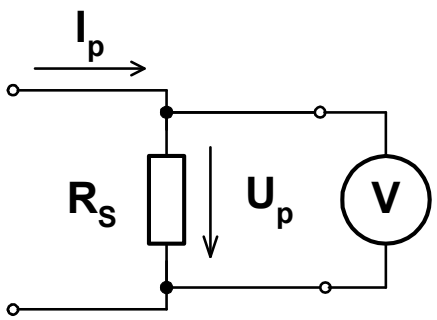

Ideové schéma napěťového děliče voltmetru



# 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,**

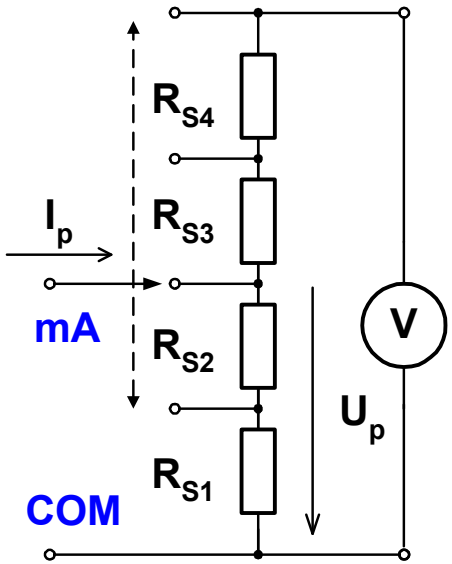
**lépe** jen násobení konstantou $K_I$

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

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

$K_I$ představuje ***vodivost*** $G_S$

Násobení konstantou se realizuje snadněji,

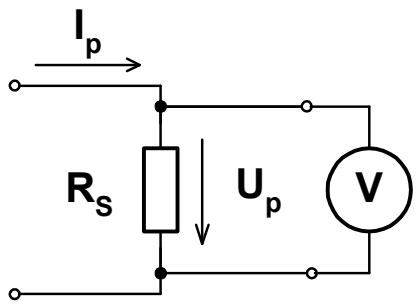



Ideové uspořádání **přepínání proudových rozsahů – změna** velikosti snímacího **odporu v multimetru –** řazení více snímacích **rezistorů do série, odbočky**

# Měření proudu při našich experimentech

Určení proudu $I_P$ - změří se **napětí** $U_P$ na **známém snímacím odporu** $R_S$ zařazeném v obvodu

$$I_P = \frac{U_P}{R_S}$$




Jednodušší – **násobit** konstantou $K_I$

$R_S$**= 470 Ω,** 1/470 = 0,0021276,

zaokrouhl. $K_I$ **=** $2\times10^{-3}$ **= 0,002 mA/V**

($K_I$ - *vodivost* $G_S$ = 0,002 S – Siemens)

$$I_P = \frac{U_P}{R_S} = U_P \cdot K_I$$

$U_P$ **= 1 V** na $R_S$= **470 Ohmů** představuje **proud** zhruba **$2\times10^{-3}$ = 2 mA,** použitím konstanty **$K_I$ = $2\times10^{-3}$ = 0,002 mA/ V**

Relativní „***chyba***“ (0,002 - 0,0021276)/0,0021276 = 0,0599 = **6 %,**

**Pro hrubé nastavení velikosti proudu diodou LED** to bude postačovat

(Pamatovat si; potřebuji **rychle nastavit** proud **cca 2 mA** obvodem se snímacím **R = 470 Ohmů**, nastavím tak, aby $U_P$ bylo cca **1V**, do tabulky pak zapíši **skutečně změřenou** velikost $U_P$ a určím správně $I_P$

# Příklad - číslicový multimetr PDM 300 A1

**Řešení přepínání proudových rozsahů v multimetru PDM300A1.**

**Při proudu 20 mA na plný rozsah je třeba získat napětí 0,2 V**

Přepínání rozsahu **změnou snímacího odporu** podle proudu tak, aby **úbytek napětí** na něm byl do **0,2 V**

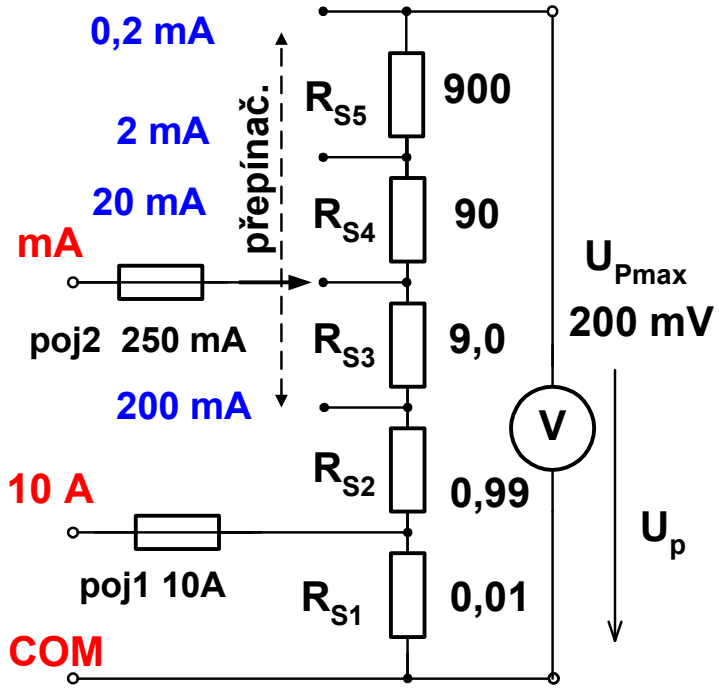
**proudový rozsah 20 mA, R = 10 Ohmů**

**Pozor** u podobných multimetrů **při přepínání rozsahu** dojde na krátkou chvíli **k přerušení proudového okruhu,** v němž se měří proud **– neteče proud –**

(Pozor - odpor ochranné pojistky v PDM 300 je cca 5 Ohmů)

? Jaký bude napěťový úbytek na ampérmetru při 200 mA

Pozor na hodnotu!!!



# Číslicový multimetr PDM 300 A1

**Jako příklad 3 ½ místného multimetru s ručním přepínáním rozsahu**

**Podobné vlastnosti mají i další multimetry, základní cenové kategorie cca 200 – 600 Kč**

# Číslicový multimetr MT-1232 s aut. přepínáním rozsahu

automat. přepín. rozsahu

Hz/ %

zkrat. zkoušečka / nap. diody

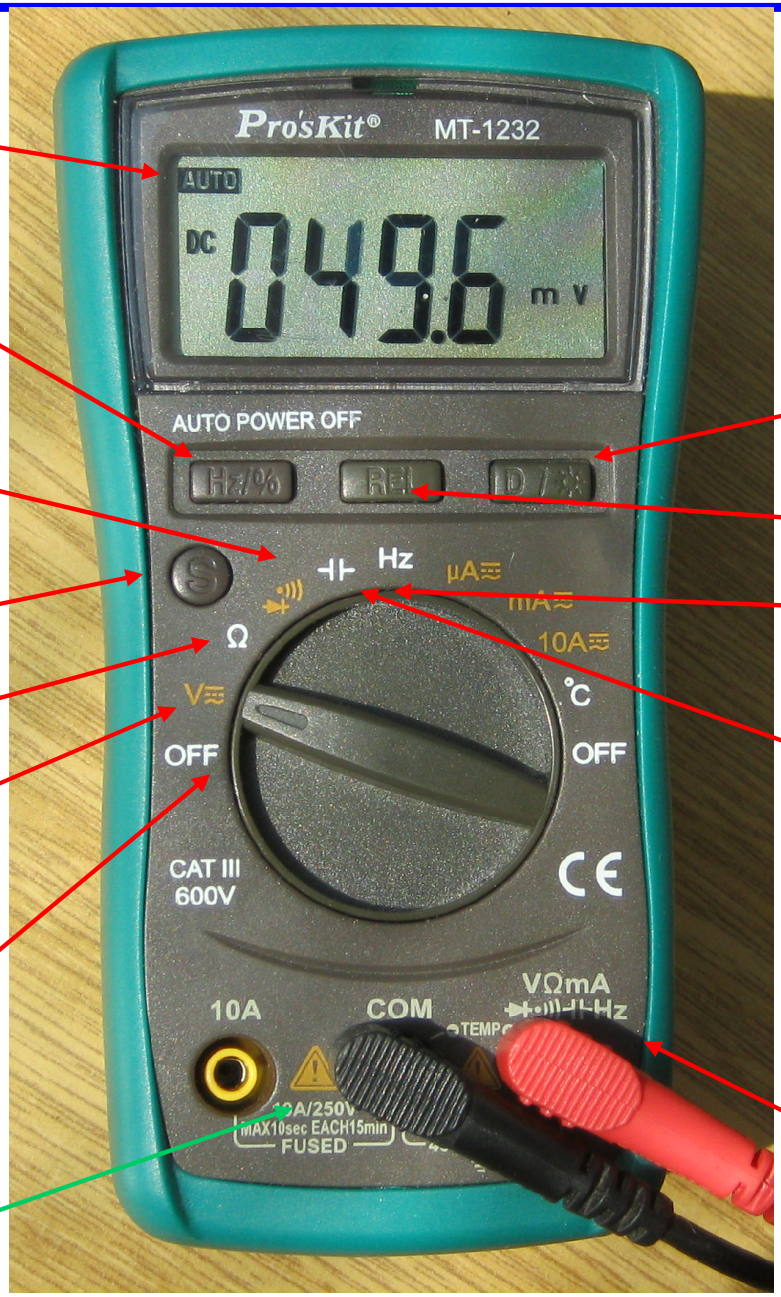
select

odpor

napětí

OFF

COM




D- hold

REL

frekvence

kapacita

Volt

# Číslicový multimetr Proskit MT-1232

**Svorka COM – společná, svorka** s nižší impedancí, spojena se kostrou – zemí desky voltmetru (větší kapacita proti zemi)**,** obvykle **připojovat** na zem **GND měřeného obvodu** (není však bezpodmínečně nutné)

**Svorka V, Ω, mA – měřicí vstup s vyšší impedancí (menší kapacita vůči zemi)**

**Multimetr** má **automatické přepínání napěťových rozsahů**

Pozor – společná svorka pro měření napětí, odporů a proudů. Při nesprávném přepnutí (např. při připojení na zdroj napětí a přepnutí do režimu měření proudu **mA**) se může přístroj poškodit, současně se přístrojem zkratuje zdroj měřeného napětí

**Pozor – v režimu měření odporu Ω připojovat pouze na rezistory, které nejsou zapojeny v obvodu s napájením.**

**Přepínač rozsahu** bude nastaven do **levé polohy OFF, nebo V. Do polohy Ω** se nastaví pouze v případě potřeby**.**

V režim**u Ω nikdy** nepřipojovat do obvodu **s napájením (**možnost poškození)**.**

# Multimetr MT-1232

**Multimetr MT1232, stupnice 3999**

**základní rozsah 0,3999 V, největší rozlišení 0,1 mV**

další rozsahy **3,999 V, 39,999 V, 399,9 V (AUTO – aut. přep.** rozsahu**)**

**Vstupní impedance** na rozsahu **0,3999 V je větší než 40 MOhmů**
na ostatních rozsazích = **10 MOhmů**

**tlač. S – select – výběr režimu**

**napětí = *DC* stejnosměrné / *AC* – střídavé**

**zkrat. zkoušečka / napětí na diodě** (na svorce V je kladné napětí)

**tlač. Hz / %** v režimu měření ***frekvence*** (přepínač na ***Hz***) přepínání funkce měření ***frekvence*** / měření ***střídy***

**tlač. Hz / %** v režimu měření napětí(přepínač na ***V***) přepínání funkce měření ***napětí*** / měření ***frekvence*** / měření ***střídy***

# Multimetr MT-1232 – relativní měření

**Tlač. REL relativní měření měření vůči** hodnotě **v okamžiku stisku** tlačítka (zobrazuje se **rozdíl,** indikace symbol **Δ, vypne se AUTO**), **další stisk REL – vypnutí** relativního režimu, **je stále vypnut režim AUTO,**

**Využití funkce *REL*** je typicky při měření **napětí, odporu**

**Jiné využití** je pro **vypnutí** funkce **automatického** přepínání rozsahu

**Činnost multimetru *při odpojení*** měřicích hrotů:

v režimu **V** – přepnutí na největší citlivost, rozsah 0,3999 V

v režimu měř. **odporu** – přepnutí na rozsah 40 MOhmů, signalizace ***OL***

To **zpomaluje** měření typicky při měření odporů. Postup – měřit napětí nebo odpor, 2x stisk REL, naposled nastavená rozsah zůstane zachován

Příklad **vypnutí AUTO** v režimu R: připojit rezistor, např. 22 K, **2× stisk** tlač. ***REL*** , zmizí symbol ***AUTO***.

Signalizace symbolem ***OL*** – **OverLoad –** přetížení, překročení rozsahu

# **Multimetr MT-1232** – měření **kapacity** (v KPE nepoužívat)

**Měření kapacity – !!! měřit vždy vybitý kondenzátor**

**(vybít jej ještě před připojením k přístroji)**

**Měření kapacit multimetrem v KPE nepoužíváme.**

**Zvolit funkci měření kapacity, (měřicí hroty ještě nejsou připojeny ke kondenzátoru) počkat alespoň 2 sekundy pro ustálení** (přístroj ukazuje kapacitu **větší než 1 nF**), stisk ***REL*** (*„nulování“*)**, při dalším se bude se indikovat změřená kapacita.**

Pozn. funkce AUTO zůstává zachována

**Při měření více kondenzátorů (bez změny funkce – stále je zvoleno měř. kapacity) postačí počáteční nulování.**

Pro **snížení chyb** při měření kapacity **delší dobu** je vhodné po čase **opakovat nulování** (odpojit hroty a REL)**.**

# Multimetr MT-1232 – měření odporu

**Slouží pro měření odporu**

- Na **svorce *V* je kladné napětí,**
- Na **nepřipojených** hrotech je napětí **cca do 0,2 V**
- Do **zkratu** teče proud **max.** cca **0,2 mA.**
- Při měření odporu se hodnota **postupně ustaluje** (pro lepší určení hodnoty je vhodné počkat 2 až 3 sekundy)

**Při měření malých odporů, snížit působení** odporu přívodních vodičů **– zkratovat měřicí hroty a funkce REL – „relativní měření“,** odečtení odporu přívodů (jako „vážení v čisté váze“).

Stisk **„REL“** zaznamená se aktuální hodnota a vůči ní se vztahuje indikovaná hodnota. Další stisk **REL, vypnutí** režimu relativního měření, ponechá se zvolený rozsah.

**Malé** měřicí **napětí 0,2 V** (v režimu měření odporu) **nepostačuje** pro spolehlivé měření **diod;** (využít samostatný režim pro měření Si diod).

# Multimetr MT-1232 – měření diod

**Slouží pro měření diod a určení propustného směru**

- Na **svorce *V* je kladné napětí,**
- Na **nepřipojených** hrotech je napětí **cca 1,5 V;** postačuje pro určení orientace diody (PN přechodu Si diod a tranzistorů),**nepostačuje** pro **LED**, částečně využitelné pro IRED – infračerveně zářící diody)
- **Diodou Si** (**$U_F$ = 0,6 V**) při měření v **předním směru** teče proud max. 0,4 až **0, 5 mA,**
- **Do zkratu** teče proud cca **0,5 mA.**

**Přední** směr **diody –** kontakt **V** připojen **na anodu,** kontakt **COM** připojen **na katodu,** indikace **napětí cca 0,6 V**

**Přední** směr diody – **přechodu báze – emitor** (nebo přechodu báze kolektor) tranzistoru NPN (u nás BC546) kontakt **V** připojen **na bázi,** kontakt **COM** připojen **na emitor (**případně na kolektor) **–** indikace **napětí cca 0,6 V**

Opačný **– závěrný směr** indikace **OL**

# Multimetr MT-1232 – alternativní způsoby měření LED

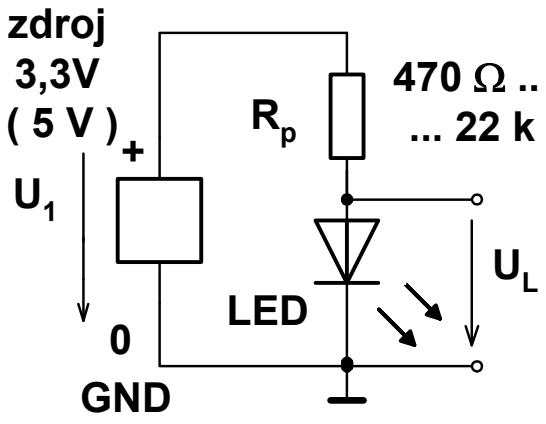
**Multimetr MT-1232 nelze přímo využít pro měření LED** (mimo případu určení poškozené LED ve zkratu).

Jiné multimetry s napájením baterii 9 V v režimu „*Dioda*“ mají na svorkách naprázdno napětí 2 V a více, což umožňuje jejich použití pro měření LED

**Alternativní** způsob měření LED

Zdroj **napětí 3,3 V** nebo **5 V** a měřit $U_L$ napětí na LED**.**

- V **propustném** směru $U_L$ – **přední** napětí LED (cca 1,5 V až 3 V podle barvy)**,**
- **V závěrném směru** se jako $U_L$ naměří **napětí zdroje** (tedy 3,3 nebo 5 V)**.**




Použití **vyššího napětí** než např. 5 V v závěrném směru může **poškodit** LED průrazem.

Pozn.: Tento způsob lze použít **i pro měření Si diod.**

# Multimetr MT-1232 – zkratová zkoušečka

Zkratová zkoušečka měří odpor **na rozsahu 399,9 Ohmů**

Při odporu menším **než cca 50 Ohmů** akusticky **signalizuje** zkrat

V režimu **zkratové zkoušečky**:

- Na **nepřipojených** hrotech je napětí do hodnoty cca **0,5 V, n**a svorce **V je kladné napětí** proti **COM**
- Měřeným obvodem teče **proud cca 0,5 mA a** menší, v závislosti na odporu obvodu

**Zkratovou zkoušečku nikdy nezapojovat do obvodu s napájením a nabitými kondenzátory.**

# Multimetr MT-1232 – zásady použití v kurzu

**Používat funkce V *měření napětí* a Ω *měření odporu*, příp. měření *diod/ zkratozkoušečka***

**V klidu** ponechat přepínač v poloze **OFF – vypnuto,**

**V zapnutém** režimu ponechávat pouze **režim *V* nebo Ω**

**Měření diod zapnout pouze na potřebnou dobu – připojení napětí na svorky v tomto režimu může poškodit přístroj.**

**Měření proudu** funkcí **µA, mA –** multimetrem MT-1232 v tomto kurzu **nebudeme používat;** nikdy nepřepínat na tyto rozsahy.

# Volba multimetru – pro vlastní použití (co si mám koupit??).

**Na domácí použití vyhoví prakticky každý multimetr.**

Není ani nezbytně nutná funkce měření **střídavých proudů,** případně ani někdy ani měření **stejnosměrných proudů, nutná** je funkce **měření odporu** (tu má obvykle každý multimetr).

Výhodné jsou funkce:

- **vypínání napájení** samostatným **tlačítkem**
- funkce **automatického vypínání**
- funkce **měření diod**, „akustický“ ohmetr („***zkratozkoušečka***“)
- napájení **z baterii 1,5 V** (typ AA – tužková bat., nebo AAA – mikrotužka). Napájení z bat. 9 V ?? – pozor jsou to **dražší** baterie)

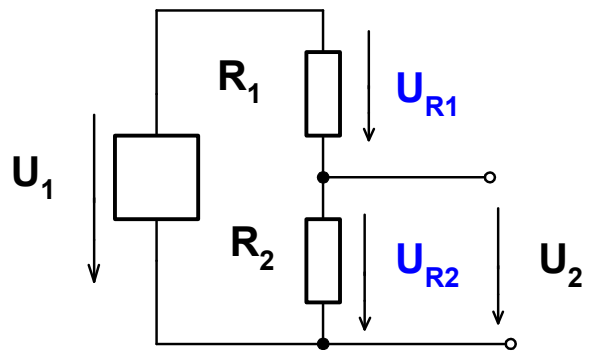
Výhodné, avšak ne nutné funkce – měř. **kapacity, frekvence, teploty**

**Standardní rozsah** stupnice **přístrojů 1999** (rozsah 1,999 V, 19,99 V)**, výhodné – stupnice 3999** (rozsah 3,999 V) – obvyklé napájení používaných procesorů **je 3,3 V , tedy rozlišení na 1 mV,** (u příst. typu 1999 , nutno použít rozsah 19,99 V)

Při měření napětí 3,3 V přístrojem 3 1/2 míst. mult. – rozlišení 10 mV

# Odporový napěťový dělič

**Napěťový 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** $I_{nd}$

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

**Napětí se na** (nezatíženém) **odporovém napěťovém děliči rozdělí v poměru velikosti odporů**

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

**Velikost výstupního napětí děliče** $U_2$

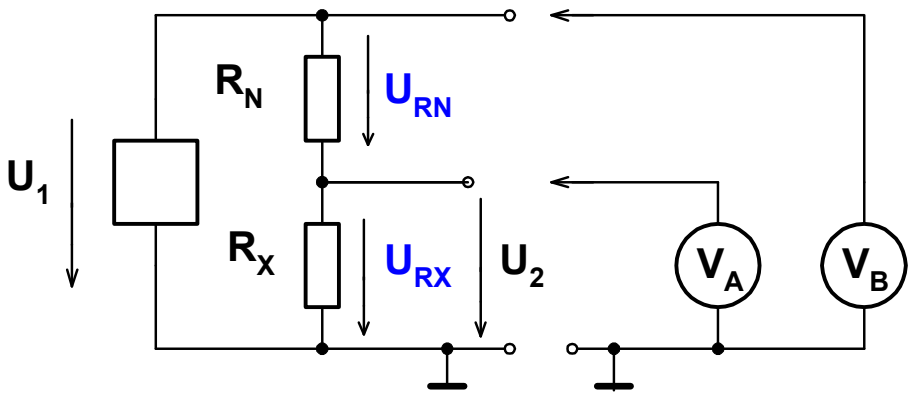
**To je důležitý vztah !** Pamatovat si jej , nebo umět rychle odvodit.

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

# Odporový napěťový dělič a poměrové měření odporu

**$R_N$ – známý odpor, $R_X$ – neznámý odpor, jehož velikost chcem určit**
**oběma rezistory protéká stejný proud $I_R$**

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




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

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

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

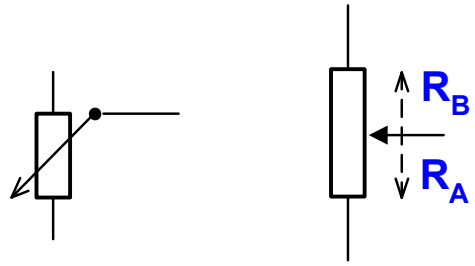
Pozn.: Tento způsob poměrového měření odporu – je využit při měření odporu pomocí F0 – Lab

# Odporový trimr

**Proměnný rezistor – odporový trimr, potenciometrický trimr**

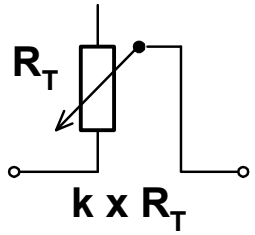
**vrstva - odporová dráha, celkový odpor $R_T = R_A + R_B$**

**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 $R_A = k \times R_T$**

**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)

# Odporový trimr, příklady – uhlíkové typy

**Jednootáčkový odporový trimr,** mechanické dorazy umožňují otočení o úhel cca $200^0$ až $270^0$ (podle typu)

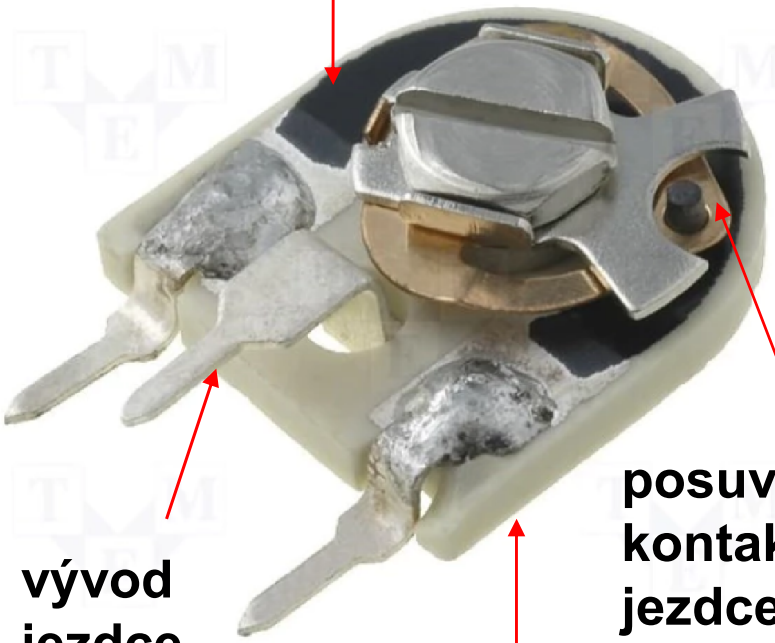
**Uhlíkové trimry** - odporová vrstva je uhlová („uhlíková“), méně stabilní, menší výkonová zatížitelnost, levnější, ***jezdec*** - „*osamocený*“ vývod

***tento používáme***

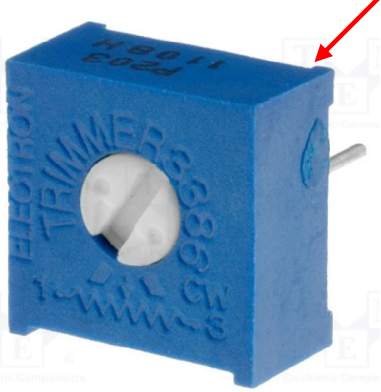
**502 = 5 k**

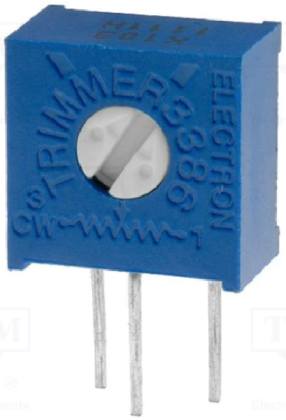
# Cermetové jednootáčkové odporové trimry

**Cermetový trimr**, ***cer – met*** (keramika , metal)
**metalizovaná odporová vrstva na keramice**
dražší, stabilnější, větší zatížitelnost




***Tento používáme***



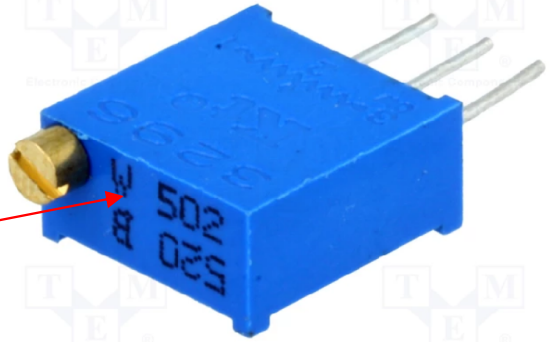
# Cermetové víceotáčkové odporové trimry

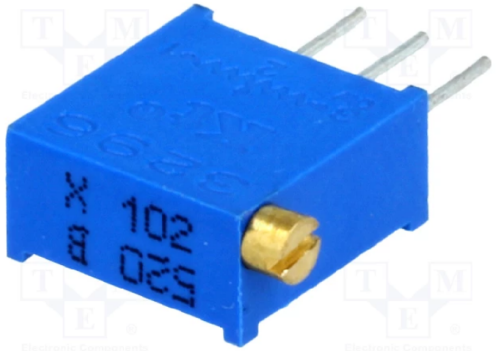
**Rotační a lineární varianty**

**Rotační** – vnitřní konstrukce - podobná jako u jednotáčkového trimru, ale navíc otáčení jezdce ***přes šnekový převod „do pomala“, cca 25 otáček***

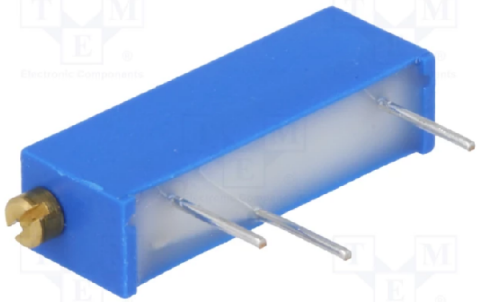
Možnost **jemného nastavení,** šnekový převod současně **zajišťuje aretaci nastavené polohy**

**Označení 502 = 5 k, 102 = 1 k**

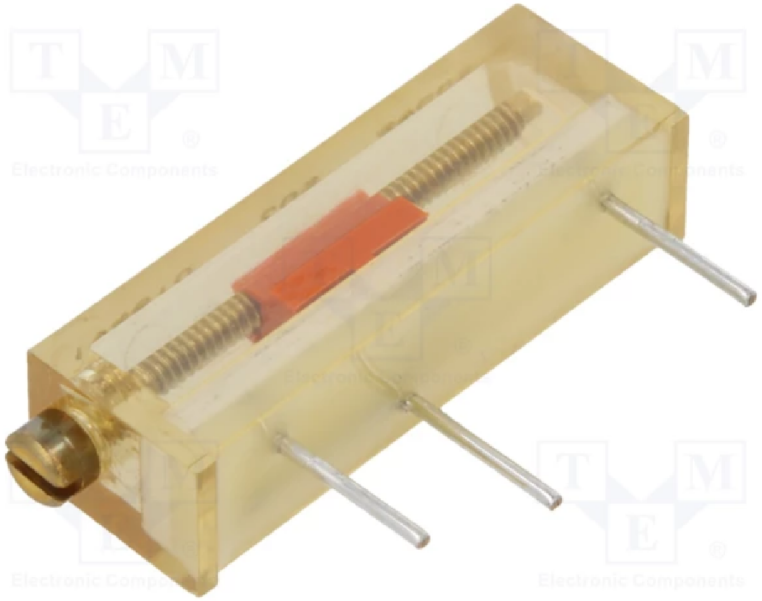



**Lineární varianty**

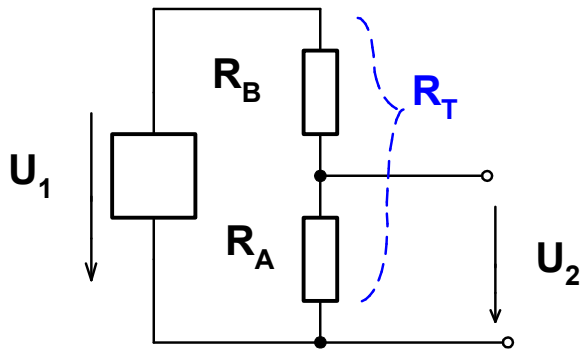


**15 otáček**



# 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**

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

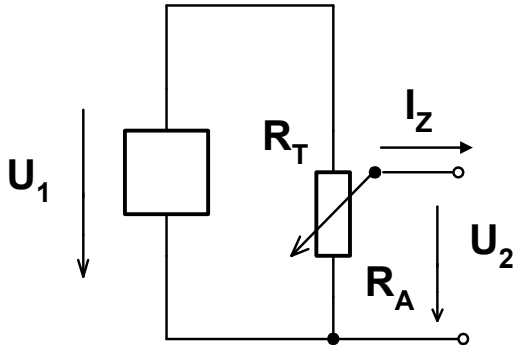
(V úloze trimr použijeme ve funkci **nastavitelného zdroje napětí**)

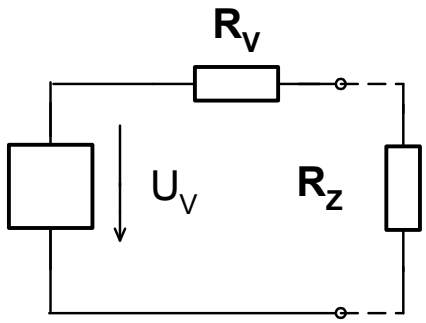
Jak se bude chovat odporový napěťový dělič, pokud nebude naprázdno?

# Zatížený odporový napěťový dělič

**Jaké bude chování při zatížení,** (to je z výstupu děliče do zátěže $R_Z$ poteče proud $I_Z$) **dalším odporem $R_Z$?**

**Náhrada obvodu ideálním zdrojem napětí $U_V$ se sériově zapojeným rezistorem o odporu $R_V$**
(vnitřní odpor zdroje napětí)



# Theveninův teorém

***Libovolně složitý lineární aktivní dvojpól je možno z hlediska libovolných dvou svorek nahradit jedním ideálním zdrojem napětí $U_V$ a sériově zapojeným odporem $R_V$***

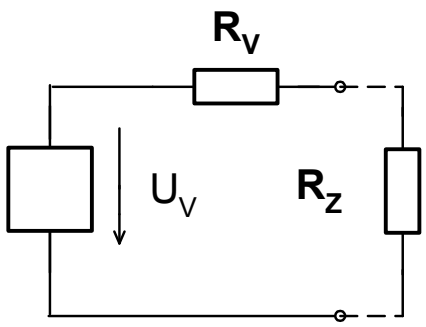
**Jak určit parametry $U_V$ a $R_V$?**

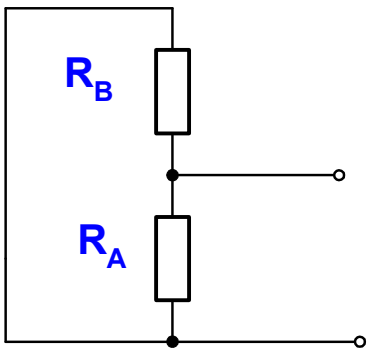
Napětí **$U_V$ = napětí nezatíženého dvojpólu naprázdno** (pro nás výstup napěťového děliče naprázdno)

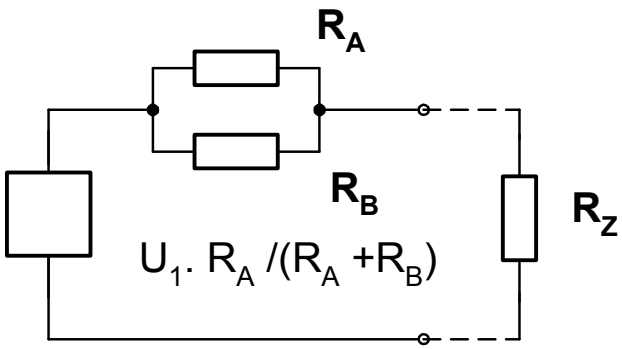
**Odpor $R_V$ –** odpor, který vykazuje **dvojpól na svorkách**

**Výpočet $R_V$, zdroje napětí nahradit zkratem (vnitřní odpor ideálního zdroje napětí je 0) a určit odpor**

**Pro dělič $R_A$ a $R_B$ – paralelně**



# Zatížený odporový napěťový dělič s trimrem – výpočet

Dělič napětí s odporovým **trimrem 5 k**

**Otázka v** jaké poloze je **největší** vnitřní odpor zdroje $\mathbf{R_V}$**?**

$$R_V = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B} = \frac{k_t \cdot R_T \cdot (1 - k_t) R_T}{k \cdot R_T + (1 - k_t) R_T} = \left(k_t - k_t^2\right) R_T$$

$$\boxed{R_V = \left(k_t - k_t^2\right) R_T}$$

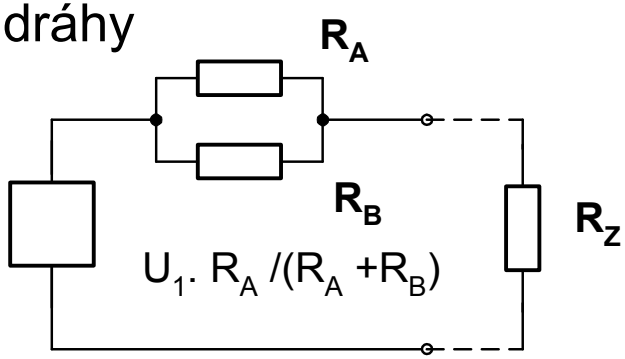
**Derivace** $R_V' = R_T\left(k_t - k_t^2\right)' = R_T(1 - 2k) = 0$ pro **extrém** $R_V' = 0$

**Extrém odporu $\mathbf{R_V}$ ?** Derivace (podle ***k), = 0,*** *pro* $\boldsymbol{k_t = 0{,}5}$ *je extrém* $R_V$ (největší odpor), trimr nastaven **na střed** odporové dráhy

$\boldsymbol{R_A = R_B =}$ *0,5 × 2k5* = 1k25, $\boldsymbol{R_{VmaX}}$ = 1250 Ohmů

$\mathbf{R_{Vmax} = R_T/4}$

Ke **krajům** dráhy $\boldsymbol{R_V}$ **klesá**




| $K_t$ | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k_t - k_t^2$ | 0 | 0,09 | 0,16 | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,24 | 0,21 | 0,16 | 0,09 | 0 |
| $R_V = 5000\,(k_t - k_t^2)$ | 0 | 450 | 800 | 1050 | 1200 | 1250 | 1200 | 1050 | 800 | 450 | 0 |

# Působení vnitřního odporu zdrojů napětí

**Ideální zdroj napětí má nulový vnitřní odpor**

**Každý reálný zdroj napětí má vnitřní odpor nenulový**

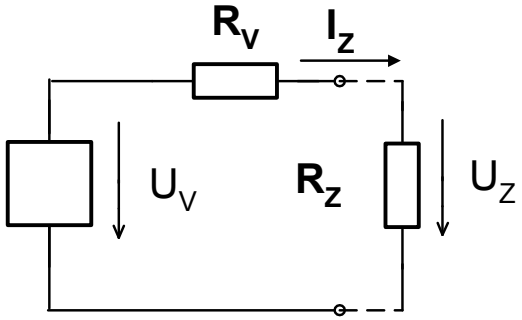
**Síťový rozvod 230 V** v domácnosti – **zapnutí zátěže** např. rychlovarné konvice **2 000 W** (proud cca 8,5 A)**, pokles napětí o** $U_P = R_v \times I_Z$

**Vybité *akumulátory*,** napětí **naprázdno** je téměř **v pořádku,** napětí silně **poklesne až při zátěži**

**Vybíjením** akumul. se příliš nemění napětí, ale **roste vnitřní odpor**

Proto **testovat** stav **při zátěži** resp. vyhodnotit ***napětí naprázdno*** **a *napětí při zátěži***

**Multimetr PDM300** při funkci BAT, měří napětí **při zátěži cca 100 Ohmů**

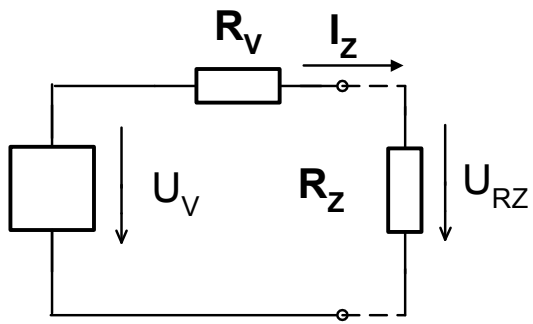


# Určení vnitřního odporu zdroje napětí

Měření **naprázdno – určení $U_V$**

měření **při zátěži $R_Z$ – určení $U_{RZ}$,**

určení **koeficientu poklesu** napětí $k_{POK}$




$$U_{RZ} = \frac{R_Z}{R_V + R_Z} \cdot U_V \qquad \frac{U_{RZ}}{U_V} = \frac{R_Z}{R_V + R_Z} = k_{POK} \qquad k_{POK} = \frac{U_{RZ}}{U_V}$$

Výpočet **vnitřního odporu $R_V$** z výsl. měření

$$R_V = \frac{1 - k_{POK}}{k_{POK}} R_Z$$

Pro pokles napětí **$k_{POK}$ = 0,5 je tedy $R_V = R_Z$**

**$k_{POK}$ = 0,9 $R_V$ = 0,111 $R_Z$**

**$k_{POK}$ = 0,95 $R_V$ = 0,052 $R_Z$**

**$k_{POK}$ = 0,99 $R_V$ = 0,01 $R_Z$**

Např. pro test tužkových akumulátorů AA je vhodné použít $R_Z$ cca 10 až 5 Ohmů (zatěžovací proud 100 až 200 mA).

# Příklady a experimenty

**Příklad výpočet a provést experiment:**

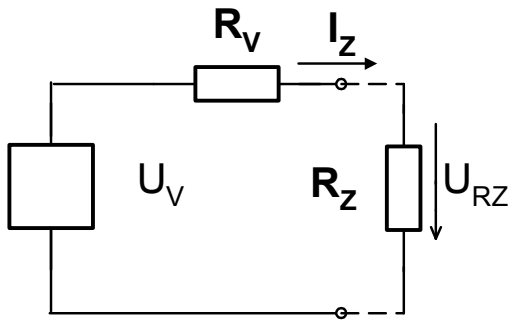
**Př. 1: Odporový dělič s trimrem o odporu $R_T$ = 5 k** je nastaven do středu k = 0,5 **($R_V$ = 1250).** Napájení trimru $U_1$ = **5 V**, jaké napětí na jezdci trimru bude naprázdno? **Jaký je vnitřní odpor $R_V$ takového zdroje napětí? Jak se napětí změní, pokud se dělič s trimrem zatíží odporem $R_Z$ = 10 k, souhlasí výsledek s teorií?**

**Př.2: Výpočet: Jak se změní napětí, pokud se z jezdce bude odebírat proud $I_Z$ = 0,5 mA?**

***P1 řešení:*** **Napětí naprázdno $U_V = k \times U_1$ = 0,5 × 5 V = 2,5 V**

**2,5 V × 10 k/(10k + 1k25) = 2,5 V × 0,8888 = 2,222 V při zátěži 10 k**

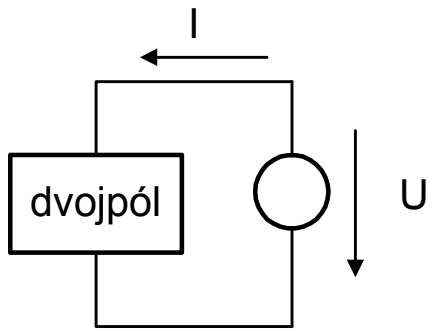
***P2 řešení:*** **Pokles o napětí $R_V \times I_Z$ = 1250 × 0,0005 = 0,625 V tedy na napětí $U_{RZ}$ = 2,5 - 0,625 V = 1,875 V**



# Volt - Ampérová charakteristika dvojpólu

**V-A char. = závislost proudu na přivedeném napětí**
přivedeném na el. prvek **(**dvojpól**)**

**Měření - nastavitelný měřicí zdroj,**
**měřit proud**




**Rezistor – V-A charakteristika je přímka**

**Rezistor – lineární prvek**

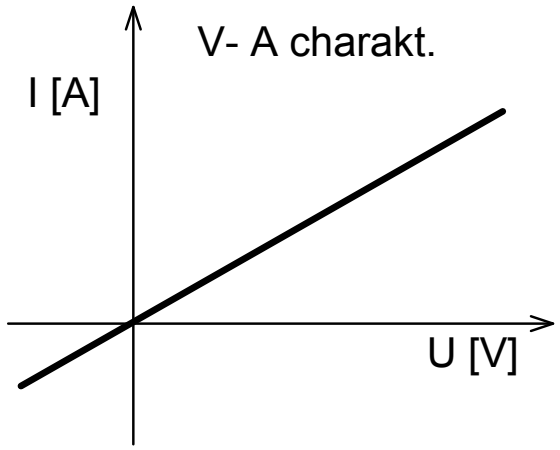
$$I = G \cdot U = \frac{1}{R} \cdot U$$

**strmost** přímky dána **vodivostí G = 1/R**

(matematika **–** rovnice přímky y = k×x +q)

**Další prvky nemají lineární V-A char.**

**Diody LED, Si, Zenerovy diody,..**



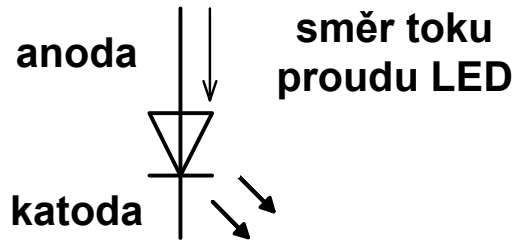
# Zapojení LED

**LED - Light Emitting Diode**

**směr toku proudu LED od anody ke katodě**

**katoda** označena na pouzdru **– ploška,**

**opačné** zapojení **–** proud **neteče**



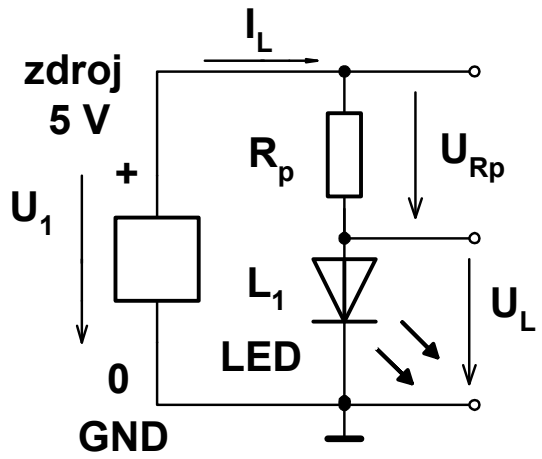

**Experiment**

**Zapojit LED, volit $R_P$ = 470 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 V** (z regulátoru HT7533)**!**

# Volt - Ampérová charakteristika diody

**Dioda s PN přechodem, LED, SI dioda je nelineární prvek**

**V-A char. LED, Si** diody **– nelineární** závislost

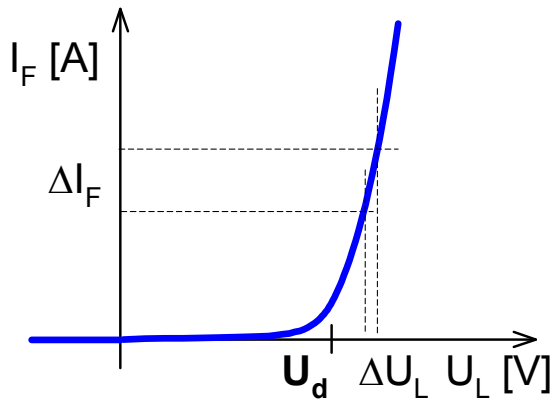
Proud („znatelný“) **začne** protékat diodou až od napětí $U_d$

**V závěrném** (opačném) **směru proud neprochází**

**Prahové napětí** diody (v grafu – $U_d$) je významný parametr, závisí na **barvě a typu diody**

V katalogu se napětí na diodě označuje jako $U_F$

$U_F$ **–** napětí v **předním** nebo také **propustném** směru, udává velikost $U_F$ při $I_F$, např. při $I_F$ **= 20 mA**




**Infračervená** dioda $U_F$ **= 1,5 V**

**Červená** LED $U_F$ **= 1,7 – 2 V**

**Zelená** LED $U_F$ **= 2 - 2,5 V**

**Modrá** (bílá) **LED** $U_F$ **= 3 – 3,5 V**

**Si** dioda $U_F$ = **0,6 – 0,7 V**,

**Dioda** – přechod **báze-emitor tranzistoru 0,6 – 0,7** V

# Linearizace V-A charakteristiky, diferenciální odpor

Snaha **nelineární V-A char.** ***linearizovat*** nahradit ***lin. závislostí*** **v daném úseku**

Není možno určit vodivost, odpor z celé charakteristiky**, ale pouze v daném úseku** nebo **oblasti** (*analogie, kopec, stoupání, strmost*)

**Diferenciální vodivost $G_{dif}$ – strmost charakteristiky - přímky (tečny)** daném bodě V-A char

$$G_{\mathrm{dif}} = \frac{\Delta I_{\mathrm{L}}}{\Delta U_{\mathrm{L}}}$$

**Zjednodušená náhrada chování diody**

**prahové napětí $U_d$ a odpor $R_L$**

$$\boxed{R_{\mathrm{dif}} = \frac{\Delta U_{\mathrm{L}}}{\Delta I_{\mathrm{L}}}}$$

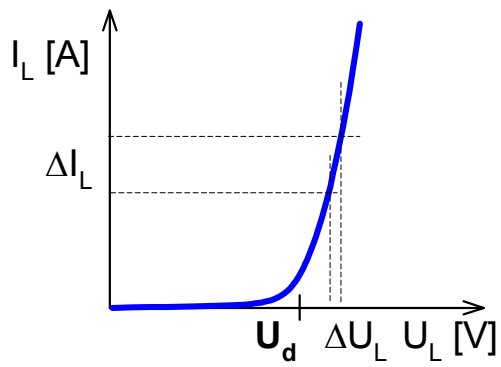
**Idealizovaná V-A char. LED – náhrada úseků přímkami**

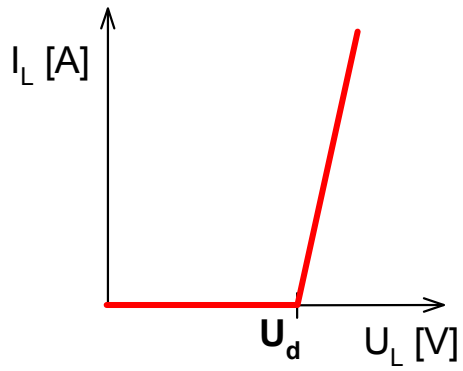
**pro $U_L < U_d$ $I_L = 0$**

**pro $U_L > U_d$**

$$I_{\mathrm{L}} = G_{\mathrm{L}}\left(U_{\mathrm{L}} - U_{\mathrm{d}}\right)$$

$$I_{\mathrm{L}} = \frac{1}{R_{\mathrm{L}}}\left(U_{\mathrm{L}} - U_{\mathrm{d}}\right)$$



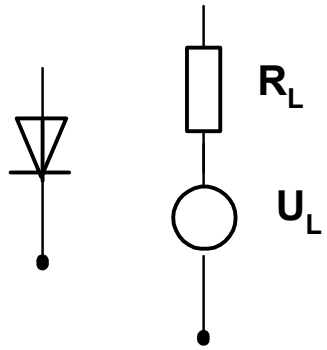



# Charakteristika LED LT1871- 81 firmy Ledtech

Příklad lin. náhrada pro malé proudy $R_D$ = 42 Ω, $U_d$= 1,55 V

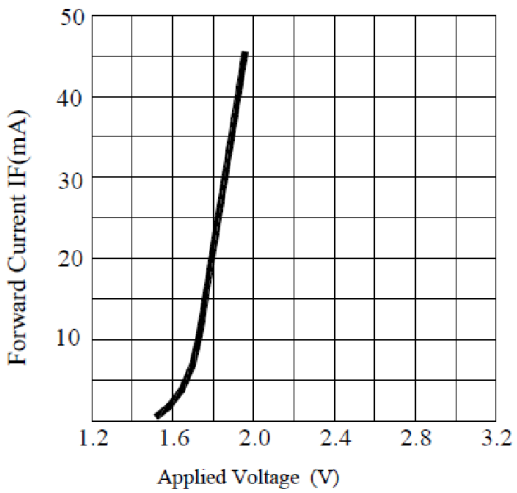
Pro větší proudy $R_D$ = 30 Ω, $U_d$ = 1,65 V

$$R_D = \frac{0{,}2\,\mathrm{V}}{45\,mA - 15\,mA} = 6{,}6\,\Omega$$

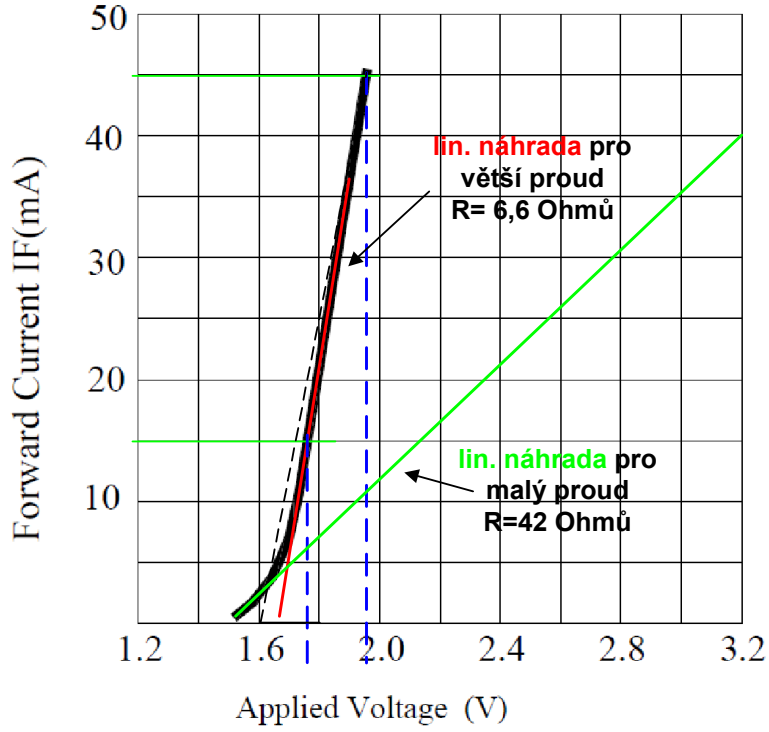



celkově postačí zjednodušení

**$R_D$ = 8 Ω, $U_d$ = 1,60 V**




FORWARD CURRENT VS.APPLIED VOLTAGE




FORWARD CURRENT VS.APPLIED VOLTAGE

# Nastavení proudu LED proměnným rezistorem

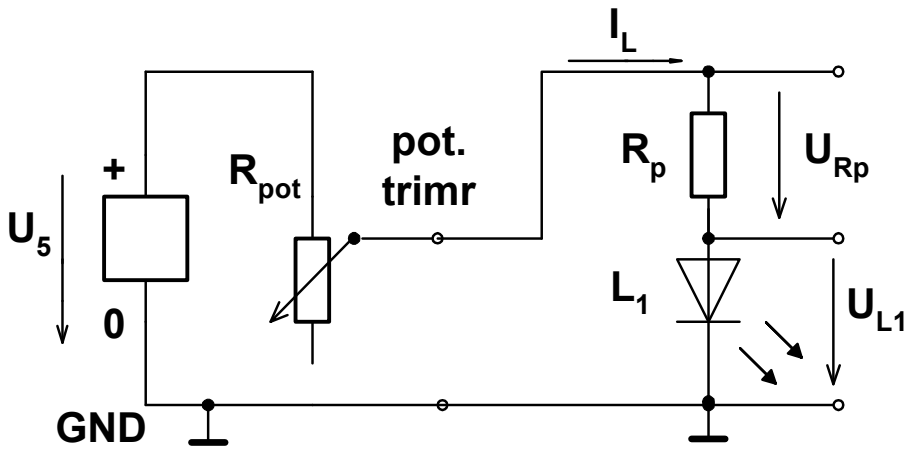
**Změna proudu LED pomocí proměnného rezistoru realizovaného potenciometrickým trimrem $R_T$ = 5 k.**

**Zapojit proměnný** rezistor **- do série $R_{pot}$ + $R_p$, $R_P$ = 470,** napájení 5 V NEBO 3,3 V.

*(Při měření **voltmetrem F0 - Lab,** je možno použít **napájení pouze napětím 3,3V** z regulátoru HT7533)**!***

**Měnit nastavení trimru a zjistit, jak se mění napětí na LED?**

**Určit velikost diferenciálního odporu při proudu 2 mA** (např. při změně proudu na 2,5 mA)



# Určení proudu dvou paralelně zapojených LED

Zapojit **paralelně** LED $L_2$, **změřit** $U_L$, **a celkový** proud $I_L$.

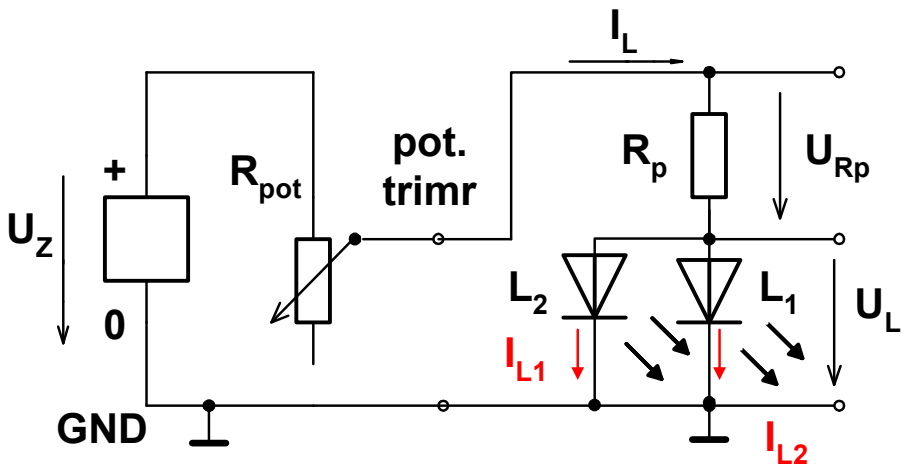
**Změní se napětí** $U_L$**?**

**Změní se proud** $I_L$**?** (zroste dvakrát nebo ne, proč asi)?

(*Nápověda – napište vztah pro velikost proudu* $I_L$ *v obvodu se zahrnutím parametrů všech prvků v obvodu, včetně diferenciálního odporu* )

**Jak se bude chovat obvod při zapojení jedné zelené LED a následně po připojení červené LED**

$R_{pot}$ **= 5 k,** $R_P$ **= 470,** napájení $U_Z$ **= 5 V**



# Měření V-A charakteristiky LED a Si diody

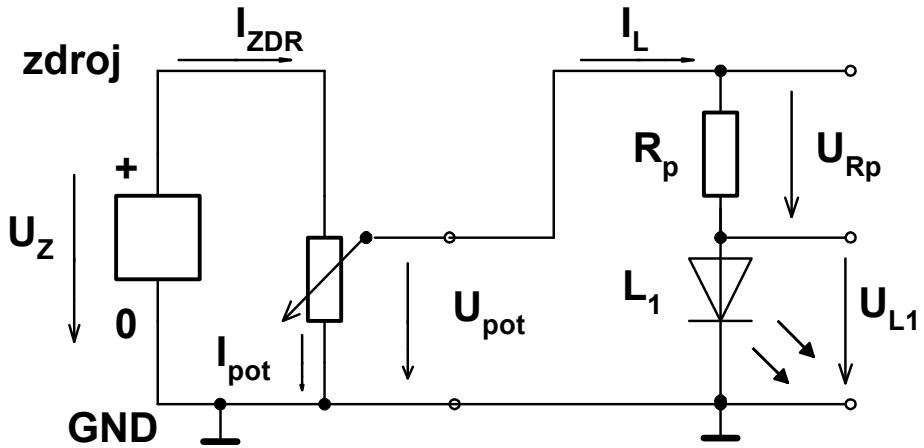
Změřit VA charakteristiku červené LED a Si diody tak, aby bylo možno určit **prahové napětí diod** a načrtnout charakteristiku, určit $U_L$ při $I_L$ **= 2** mA

Trimr použit jako **nastavitelný zdroj** napětí $U_{POT}$ napájený ze zdroje 5V nebo **3,3 V,** vnitřní odpor zdroje $R_V$,

$$R_V = k(1-k)\,R_T$$

(Při domácích experimentech a měření pomocí F0- Lab **STM32F042** použít napájení **pouze +3,3 V),** aby se nepřekročilo povolené **max. napětí** na vstupu procesoru

$R_T$ **= 5 k**, $R_P$ **= 470**



# Zdroj +3,3 V

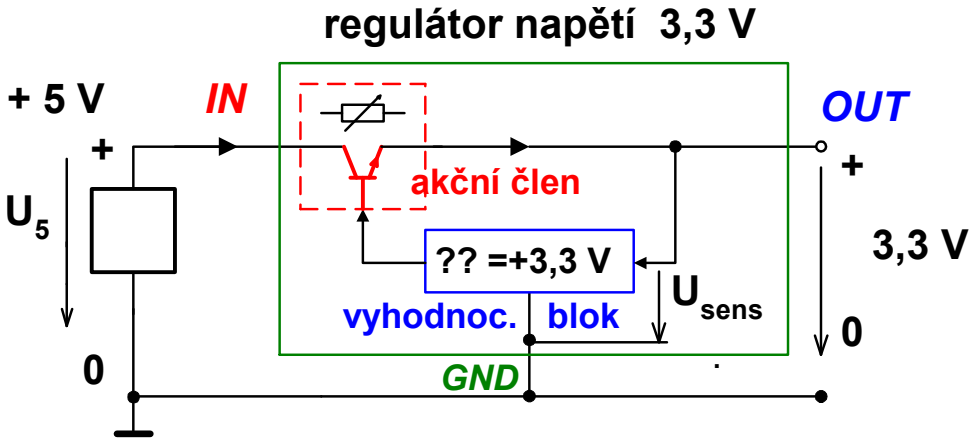
**Pro napájení mikrořadiče** (mikroprocesoru) - potřeba **napětí 3,3 V**

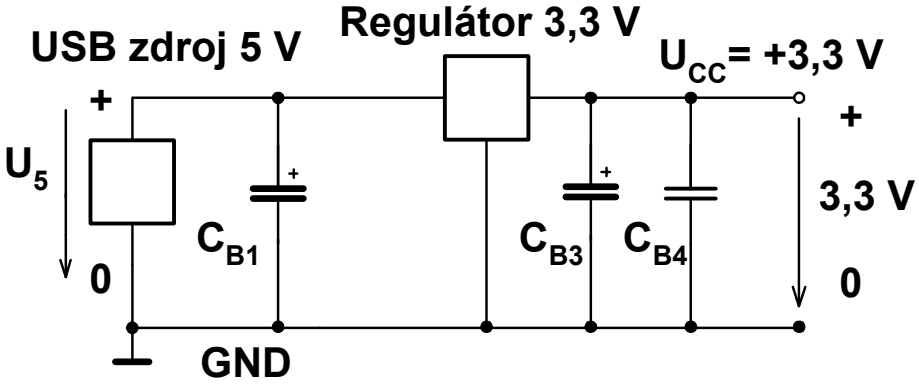
**Regulátor napětí**, (stabilizátor – poskytuje na výstupu stabilizované napětí nezávisle na změnách napětí na vstupu**), z většího vyrábí menší napětí**

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

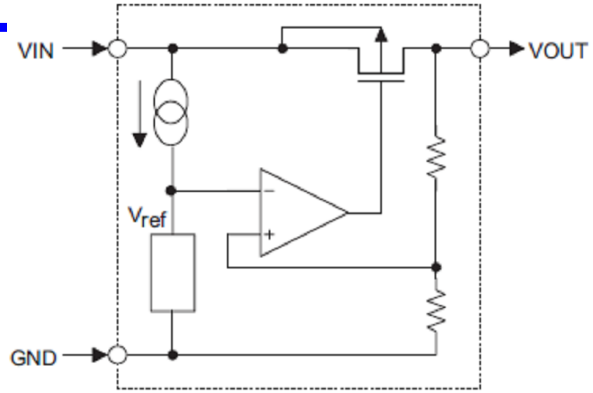
(analogie - redukční ventil, tempomat v autu, regulátor topení..)

**Záporná zpětná vazba –** základ všech regulátorů

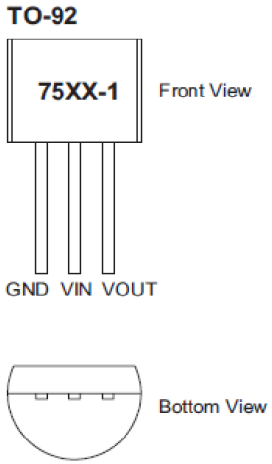


# Regulátor napětí HT7533




**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, 547**
– **pozor** na **záměnu** s tranzistorem nebo
i s jinými regulátory

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 × I = 5 V × 0,1 A= 0,5 W – ohřátí regulátoru

omezení proudu na 100 mA

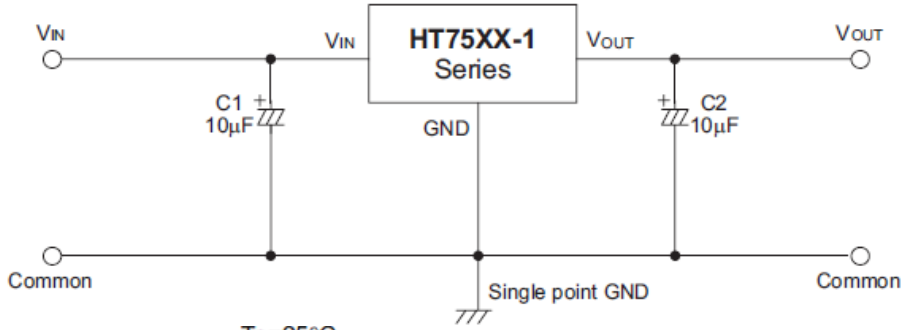
*Více až v přemětu B3BVSY1 Vestavné systémy, KyR 3. roč.*

# Experiment zapojení regulátoru napětí 3,3 V

**Na kontaktním poli zapojit regulátor napětí HT7533**

**Použít blokování pomocí elytů 22 µF 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 |
| $\Delta V_{OUT}$ | 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<br>$I_{OUT}$=1mA | — | 0.2 | — | %/V |
| $V_{IN}$ | Input Voltage | — | — | — | — | 24 | V |
| $\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta T_a}$ | Temperature Coefficient | 5.5V | $I_{OUT}$=10mA<br>0°C<Ta<70°C | — | ±0.5 | — | mV/°C |

# Úlohy

**Čtení barevného kódu značení odporu rezistorů, přečíst kód a ověřit měřením pomocí multimetru**

**Rezistor** zapojit **do pole,** změřit **odpor tří** různých vybraných **rezistorů**

**Sériové a paralelní řazení 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 napětí na odporovém napěťovém děliči**

Zapojení **LED červené a zelené samostatně a nakonec paralelně**

**Měření V-A charakteristiky červené LED,** určení parametrů **náhradního** schématu $\mathbf{R_d}$, $\mathbf{U_L}$

Měření **napětí** na červ., zel. žluté, modré **LED a Si** diodě při proudu 1 mA

**Bonus:** Měření trimru a na odporovém děliči s trimrem, určení poklesu napětí na děliči při zátěži rezistorem 10 k, určení vnitřního odporu zdroje napětí

**Dělat si zápisky z úloh, výsledky, slovní odpověď.**

# Zásady práce s vodiči v laboratoři

**Odizolování vodičů použít odizolovací kleště, krokodýl,**

**Jen zkušení mohou použít i kleště – pouze tahem, nikdy „ nekroutit- ani krokodýlem** ( krokosvorka)

**Pozor** při odizolování **– nenarušit vodič** (**zamezit vzniku vrypů**- podle nichž by se pak vodič v poli mohl ulomit – **zbytek vodiče z pole se špatně odstraňuje**)

**izolaci** odstraňovat **tahem, nikdy neotáčet** nástrojem **kolem osy** vodiče (možnost vzniku vrypu)

**Odizolovat dostatečnou** délku vodiče cca 5 – 6 mm

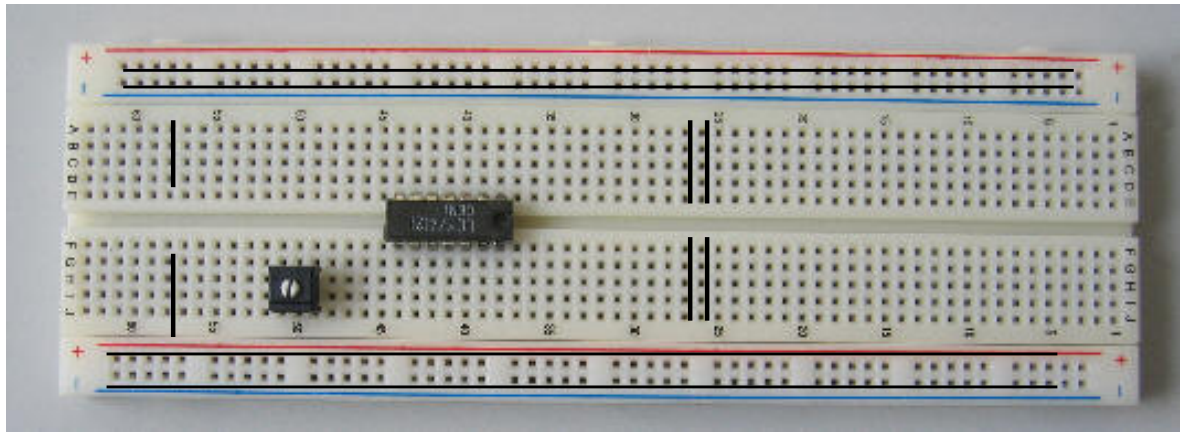
kontrola – **při** kolmém **zasunutí vodiče** do otvoru musí vodič **narazit na „dno“** a venku zůstává (je vidět) **malá odizolovaná část vodiče**

**„tlusté vodiče“ –** použít pouze pro **rozvod** napájení**, „šetřit“ délkou- nedělat „*vrabčí hnízdo*“**

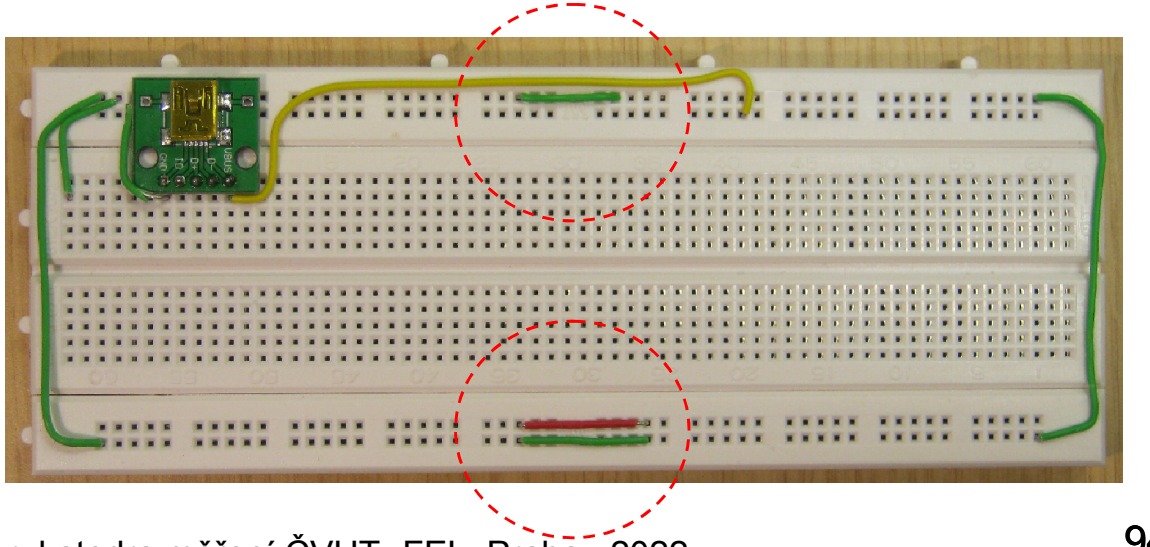
# Nepájivé kontaktní pole a jeho propojení

**Příčné** propojení **– pět vedlejších kontaktů** ve střední části

**Podélné** propojení **– čtyři nezávislé** napájecí sběrnice

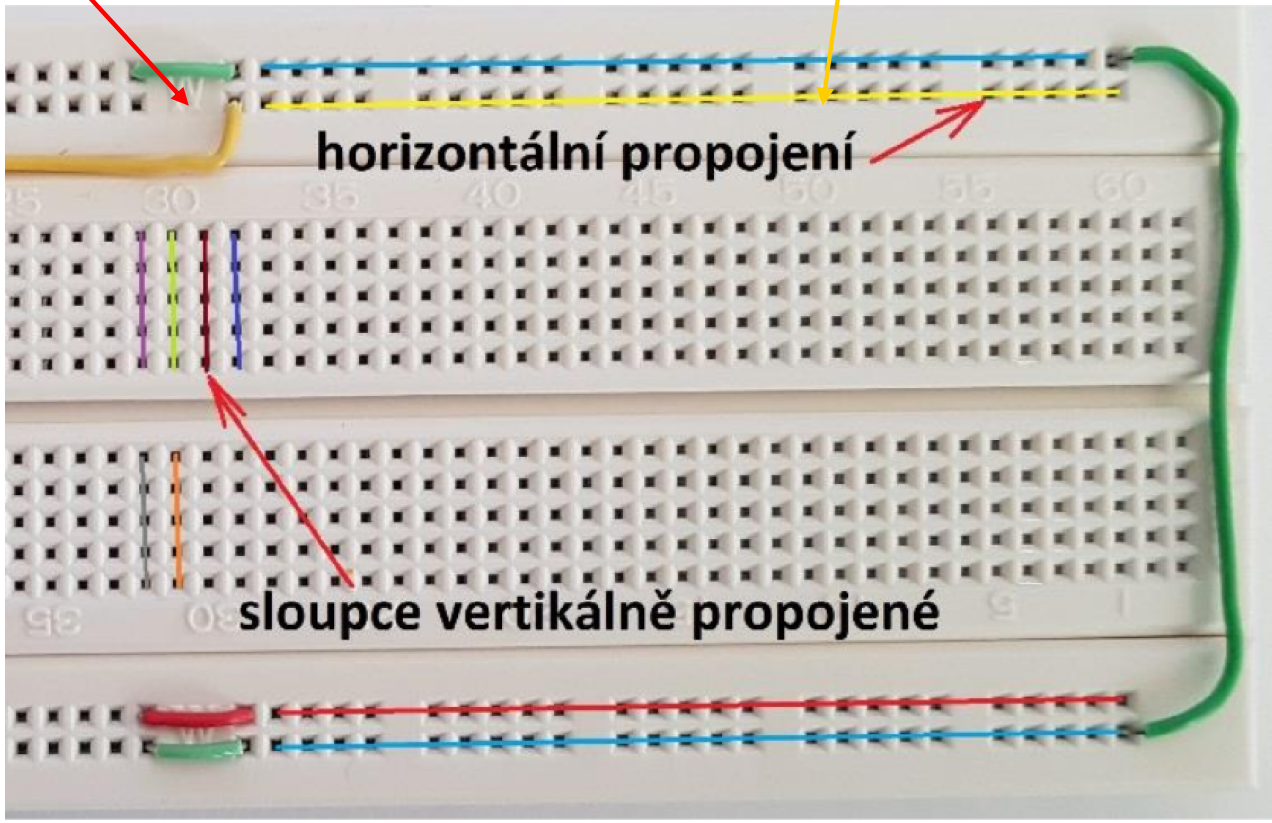


Některé typy polí - také **naše pole - s přerušením sběrnice** uprostřed



# Nepájivé kontaktní pole WB-102 použité v KPE

**Přerušení horizontálních sběrnic uprostřed využito pro oddělení napájení +3,3 V, vlevo a +5 V vpravo**




**Měření – měřicí hrot** multimetru umístit **do prohlubeniny** nad kontaktním otvorem**, *z boku se dotknout* odizolované části vodiče**, vývodu rezistoru, LED,…. Výhoda – nehrozí nekontrolovaný posun hrotu v okamžiku, kdy sledujete displej multimetru

# Zapojení použitého kontaktního pole WB - 102

Závazné **rozložení** a **barev** propojek:

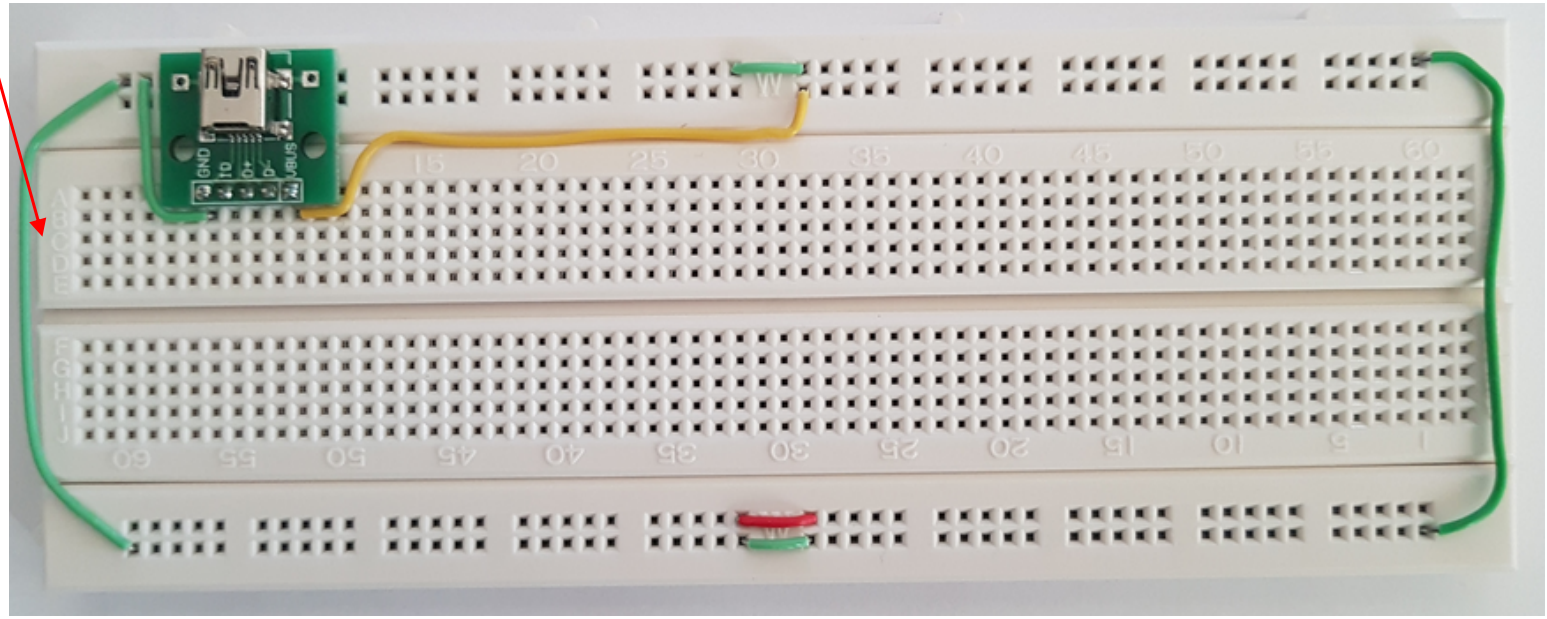
**zem GND, zeleně, vnější** řady kontaktů

**napájení + 5 V žlutě** (z rozhraní USB)

**červeně + 3,3 V** (ze stabilizátoru HT7533) **,**

**orientace pole**: **výstupky** na poli – na straně s konektorem **USB (zde na levé straně).**

**„tlusté vodiče“ –** použít pouze pro **rozvod** napájení**, „šetřit“ délkou**



# Úlohy – realizace měření odporu rezistorů

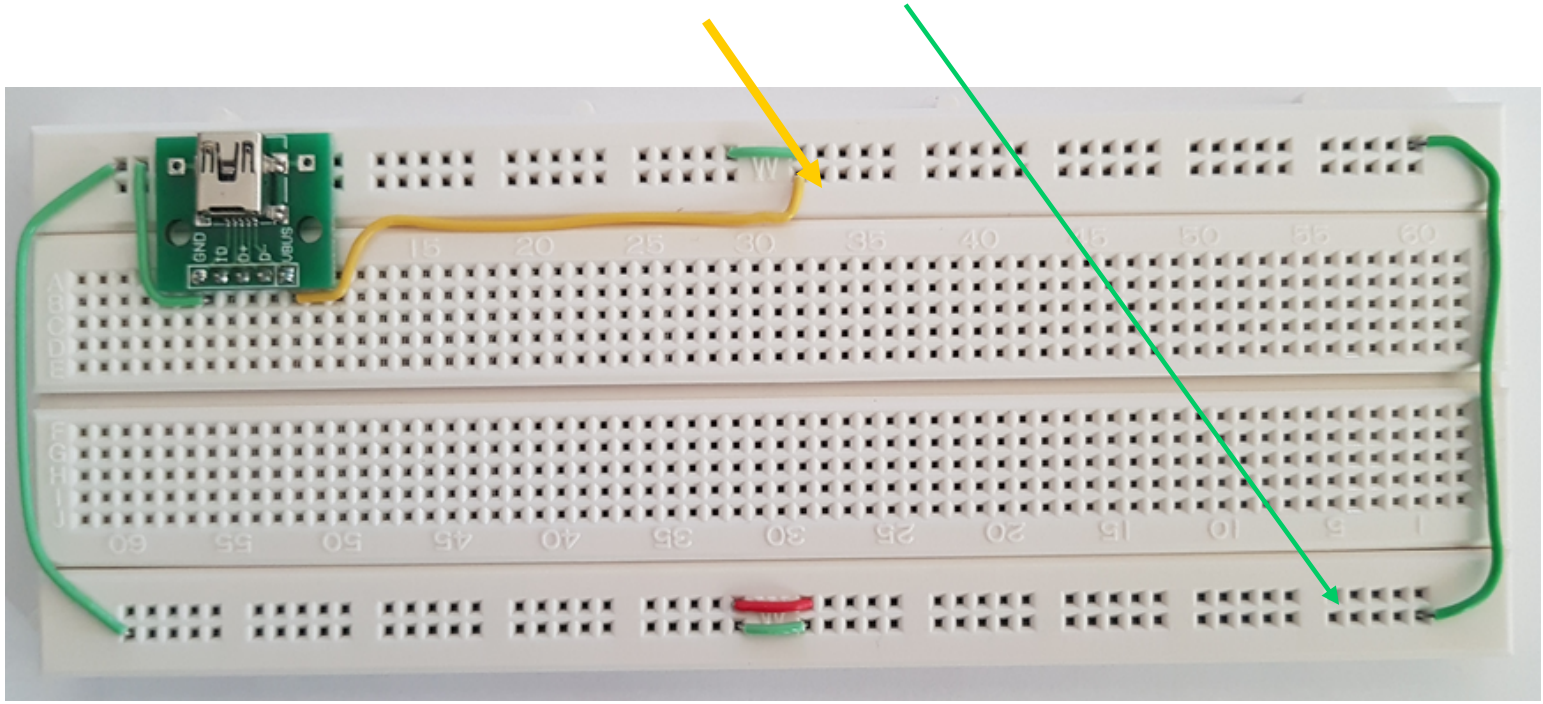
Na kontaktním poli zapojit různé **sériově a paralelně řazené rezistory.** Přečíst barevný kód jednotlivých rezistorů, srovnat s výsledkem měřením multimetre. **Určit teoretickým výpočtem očekávaný odpor (sériové, nebo paralelní) kombinace a porovnat s měřením odporu kombinace multimetrem.**

**Zapojit odporový trimr, změřit závislost odporu** (mezi jedním krajním vývodem a jezdcem) **na natočení jezdce trimru** (prosté měření odporu multimetrem), informativní měření

**Změřit napájecí napětí, sestavit odporový napěťový dělič s rezistory** (horní/ dolní) **10 k /10 k a 68 k / 10 k,** (příp. jiné) **změřit napětí na děliči, porovnat s teoretickým výpočtem**

# Úlohy – řešení na kontaktním poli

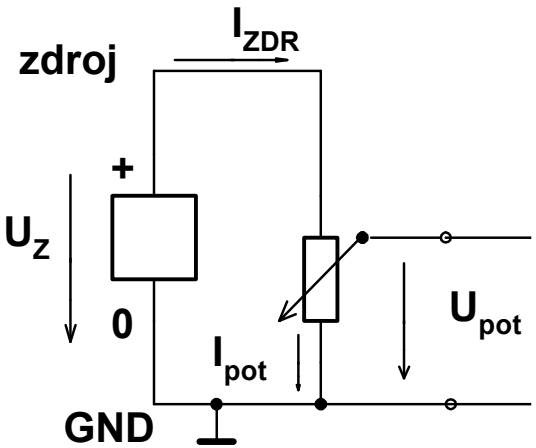
**Zapojit přívod napájení +5 V z USB napáječe na kontaktní pole pomocí sítového napájecího USB adaptoru, zkontrolovat napětí +5 V proti GND (zem).**




Až **po této kontrole** zapojovat na napájení z USB na PC.
Snažit se **zamezit vzniků zkratů** na poli na napájení +5 V proti GND.

# Úlohy – měření na odporovém trimru

Zapojit **dělič napětí s odporovým trimrem ($R_T$ = 5 k),** napájení trimru **$U_z$ = 5 V. Zjistit závislost napětí (naprázdno) $U_{pot}$ na natočení trimru** (měření napětí, multimetr ve funkci voltmetru, měření napětí)



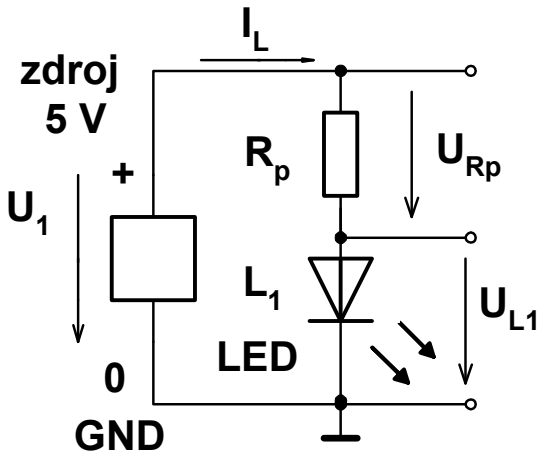
# Úlohy – měření LED

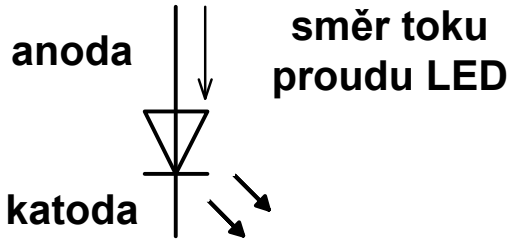
**Zapojit LED, volit $R_P$ = 470 Ohmů**

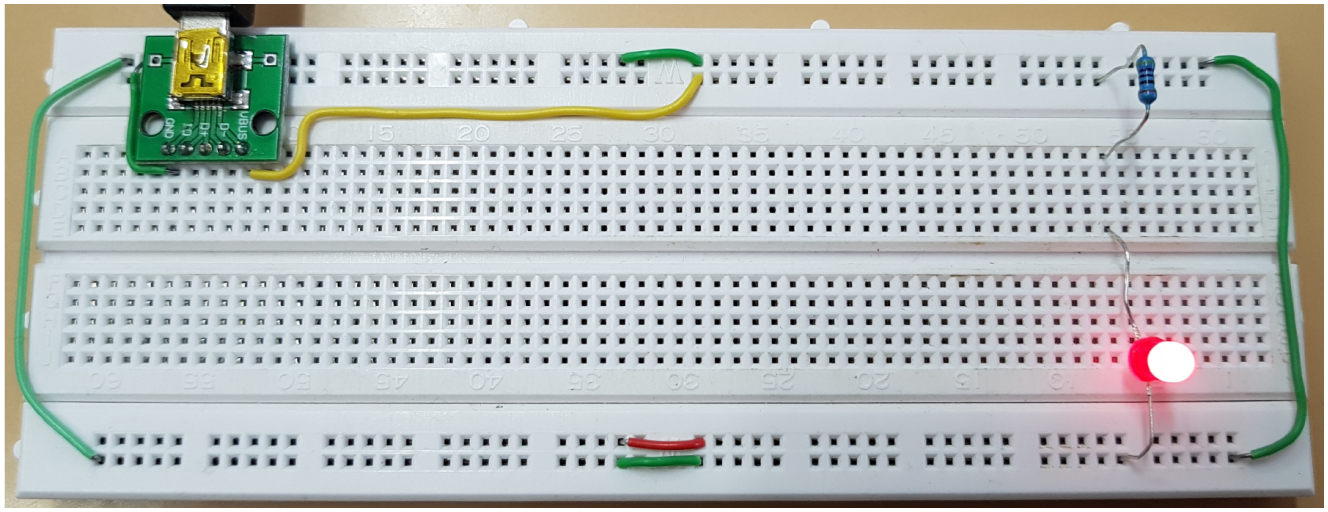
**LED $U_{L1}$ = ?**

**Určit velikost proudu $I_L$= ?**

**Změřit napětí $U_{RP}$ na rezistoru $R_P$**
**v sérii s LED** (použít Ohmův zákon)



# Měření VA charakteristiky LED

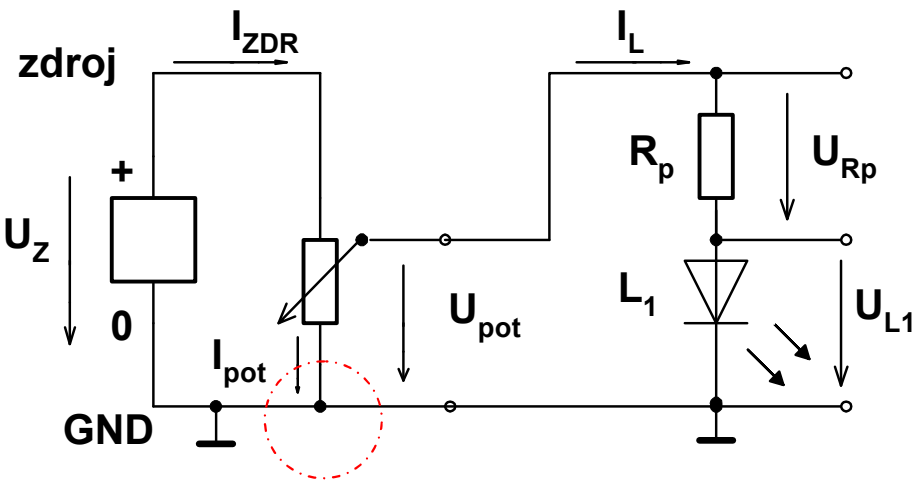
**Změna** proudu LED pomocí **odporového trimru $R_T$ = 5 k.**

**Určit VA** charakteristiku **červené LED** (**pro $I$ = 0 až 5 mA** po 1 mA) a načrtnout ji do sešitu. Trimr použit jako **nastavitelný zdroj** napětí $U_{POT}$ napájený ze zdroje 5 V, $R_T$ **= 5 k**, $R_P$**= 470**

Určit **napětí LED $U_{L1}$** pro $I_L$ **= 2 mA** ($U_{RP}$= cca 1V) a zapsat jeho velikost.

Určit velikost $R_{dif}$ pro **náhrad. schéma** LED (mezi proudy **2 a 3 mA**)

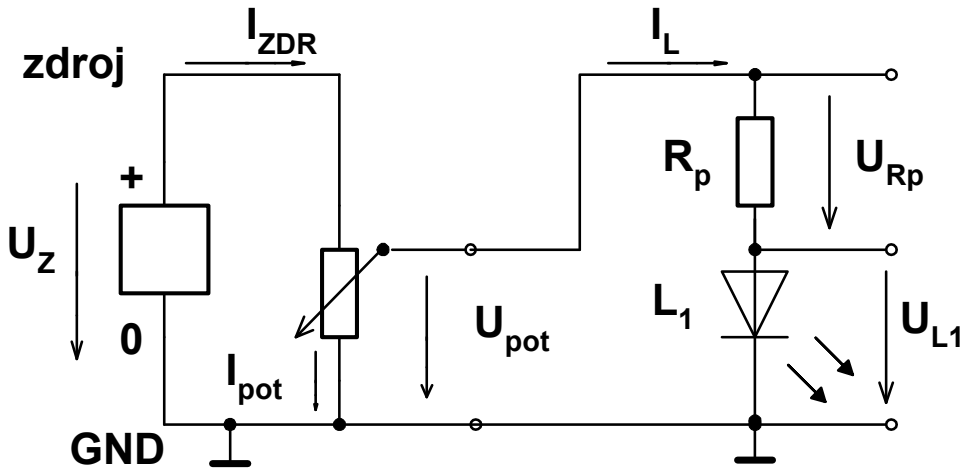
Pozn.: Při otáčení běžcem trimru se napětí $U_{pot}$ nejdříve zvyšuje lineárně s úhlem natočení, než se dosáhne prahového napětí LED. Pak začne téci proud LED a již se začne jednat o ***zatížený odporový*** dělič.



# Měření napětí zelené a červené, modré LED a Si diody

**Určit napětí zelené, červené, zelené, modré, ( žluté) LED při zvoleném proudu, např. při 1 mA, nebo 0,5 mA a srovnat výsledky.**

(*Pozn. Volíme menší proud, protože u modré LED, která má vyšší napětí v předním směru bychom se zařazeným rezistorem 470 Ohmů a napájení + 3,3 V nemuseli dosáhnout proudu 2 mA, jak to je možné u červené LED.)*



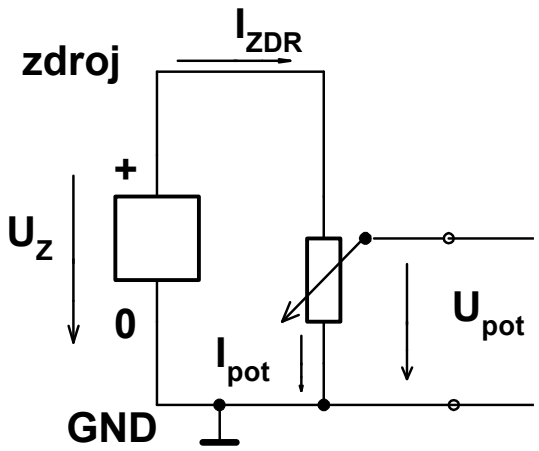
# Úloha – bonus

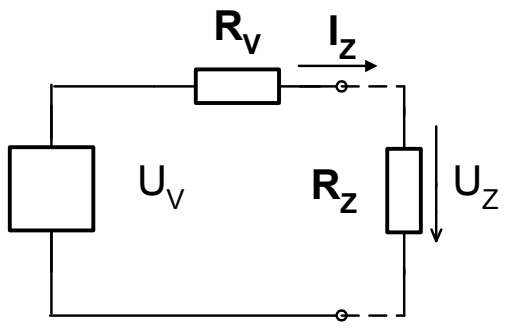
**Bonus:**

**Trimr nastavit na střed ($U_{pot} = U_Z/2$), zjistit velikost napětí $U_{pot}$ na prázdno a velikost napětí $U_{pot}$** při **zatížení rezistorem o odporu 10 k.** Z toho **určit vnitřní odpor** tohoto zdroje napětí**.**

Ověření Theveninova teorému

Jaký by měl teoreticky být vnitřní odpor Rv zdroje s trimrem 5 k, pokud je nastaven právě do poloviny **$U_{pot} = U_Z/2$** ( na střed)?



# Poznámky k experimentům

## Měření V-A charakteristiky, určení diferenciálního odporu LED

**Změřit V-A char. postačuje pouze v několika bodech,** hlavně je třeba zachytit **bod,** kdy **začíná** téct proud diodou (prahové napětí)**.**

**Změřit** napětí na diodách - **LED a Si diodě** při proudu **2 mA, příp. 1 mA**)

**Očekávané hodnoty:**

Prahové napětí použité červené LED cca 1,6 – 1,8 V

Prahové napětí zelené LED cca 1,8 – 2 V

Prahové napětí modré LED cca 2,8 – 3,2 V – podle typu

Diferenciální odpor použité LED cca 50 - 70 Ohmů a méně

Prahové napětí Si diody cca 0,6 V

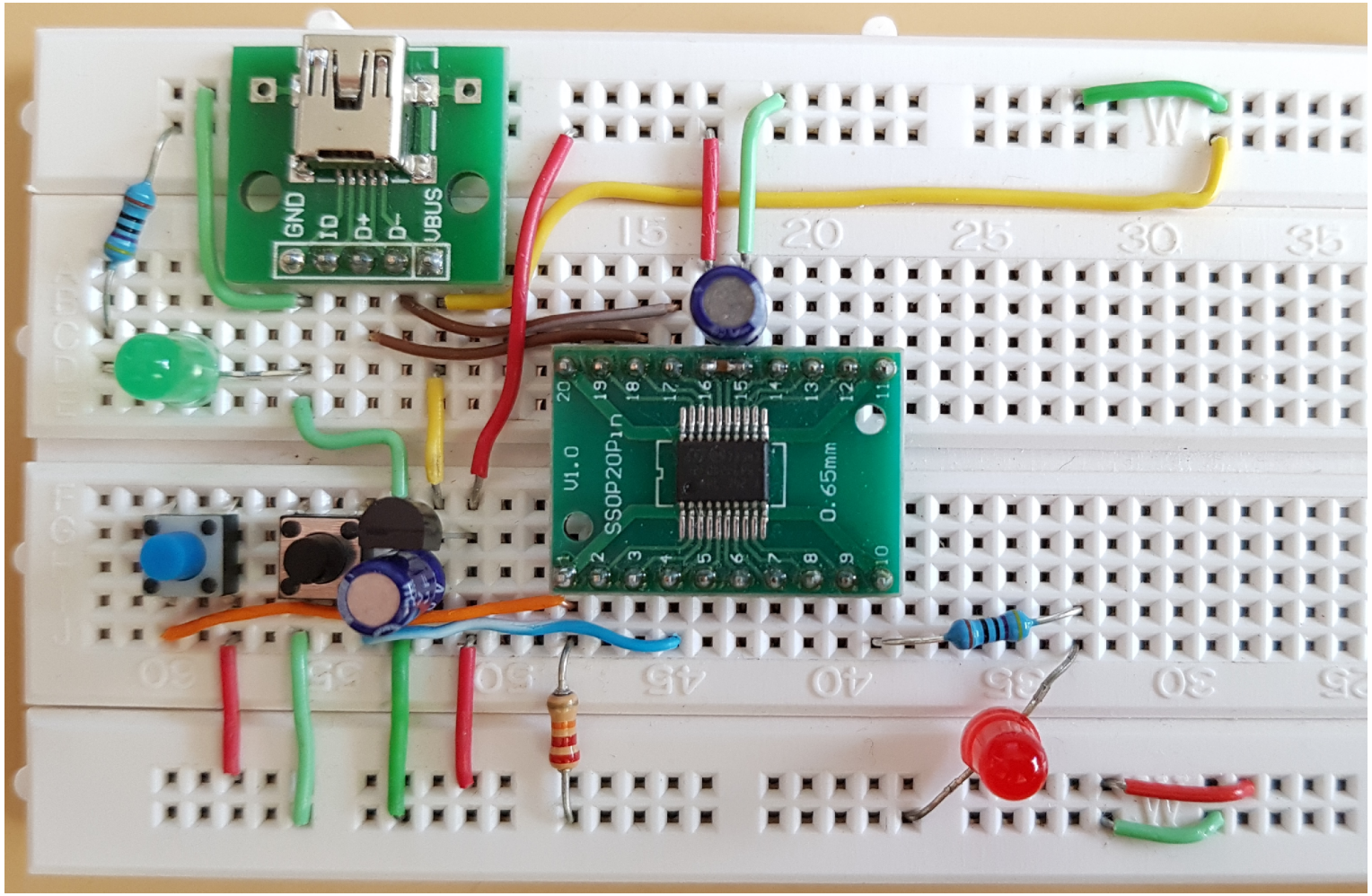
Prahové napětí **diody BE** (Báze Emitor) **Si tranzistoru** je podobné, cca **0,6 V** - Toto napětí je třeba pro výpočet nastavení zesilovače u optické závory.

# Poznámka k měření V-A charakteristiky

**Při měření V-A charakteristiky** je výhodné jeden vývod multimetru **nastálo připojit na anodu LED** a pak pouze **druhý vývod** multimetru připojovat **střídavě na katodu LED nebo horní přívod** rezistoru**.**

# Co budeme dělat v úterý – realizace kitu F0-Lab

**Zapojení desky a její využití ve funkci voltmetru, generátoru a osciloskopu.**



# KONEC

**Konec prezentace,**

**Dotazy studentů**

**dále organizační poznámky**

**Rozdělení studentů KyR do skupin.**

**Směrování do laboratoří**

**?? Průzkum účast na společné večeři v Masyrykově koleji ve středu 31.8.2022 ( resp. 7.9.2022), závazné potvrzení účasti, volba jídla. Seznam.**

**Setkání v přednáškové místnosti opět odpoledne v 13 hod.**