

# IEL – Elektronika pro informační technologie

GARANT PŘEDMĚTU [Růžička Richard, doc. Ing., Ph.D., MBA](#) (UPSY)

KOORDINÁTOR PŘEDMĚTU [Šátek Václav, Ing., Ph.D.](#) (UITS)

JAZYK VÝUKY česky, anglicky

ZAKONČENÍ zápočet+zkouška (písemná)

ROZSAH 39 hod. přednášky, 6 hod. cvičení, 12 hod. laboratoře, 8 hod. projekty

BODOVÉ HODNOCENÍ 55 bodů zkouška, 15 bodů půlsestrální test, 18 bodů laboratoře, 12 bodů projekty

Pro splnění zkoušky alespoň 27 bodů

Pro zápočet alespoň 6+3 body

PŘEDNÁŠEJÍCÍ  
[Peringer Petr, Dr. Ing.](#) (UITS)  
[Růžička Richard, doc. Ing., Ph.D., MBA](#) (UPSY)  
[Šátek Václav, Ing., Ph.D.](#) (UITS)

# Proč elektronika pro ajťáky?

- Proč nestačí pohybovat se na úrovni software?

→ *Protože napsat software tak, aby fungoval (dělal, co má), nestačí.*


Software musí být efektivní z hlediska využití zdrojů

- energie,
- času,
- prostředků počítače, které jsou k dispozici.

Tohle všechno závisí na hardware = na elektronice. Bez představy o tom, jak to fyzicky funguje, nejste schopni tvořit efektivní kód

# Jak podstatný dopad to má?

Zdánlivě nepodstatný, ale jde o násobky

- doby používání,
  - počtu instalací,
  - frekvence vykonávání
- 
- vše mohou být milióny!

Na to, že jde o vliv jednoho člověka, je to podstatné!

Baterie, která se dřív vybije, spotřebuje více energie při nabíjení, bude se muset dříve vyměnit za novou ...

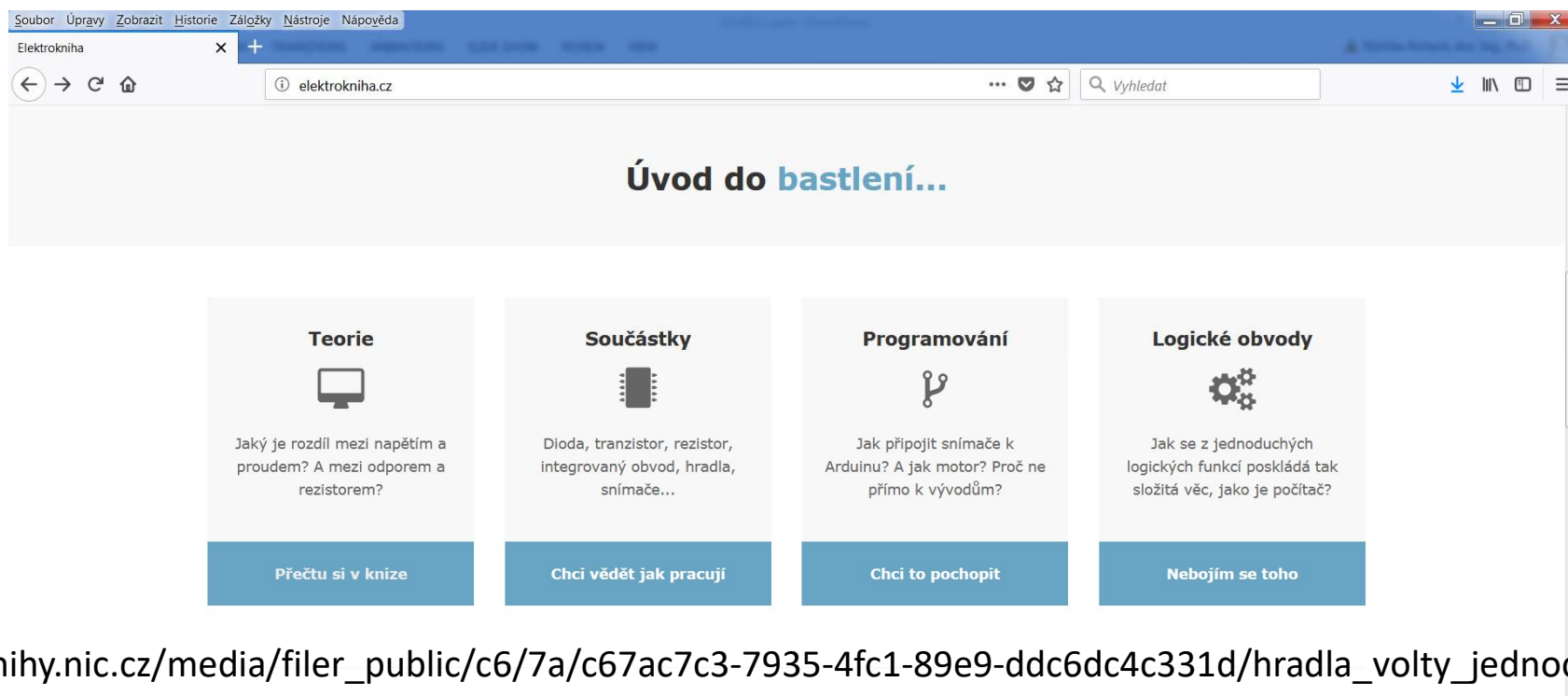
Bude třeba více dolů na lithium, více elektráren, silnější rozvody energie.  
To vše má dopad na svět a prostředí, v němž žijeme.

*Ajták, který neví, co se děje na fyzické úrovni, jaký dopad má jeho činnost v reálném světě, dnes nestačí.*

# Tip na studijní materiál

<https://elektrokniha.cz/ebook/index.html>

Zdarma jako PDF, on-line verze (Gitbook)



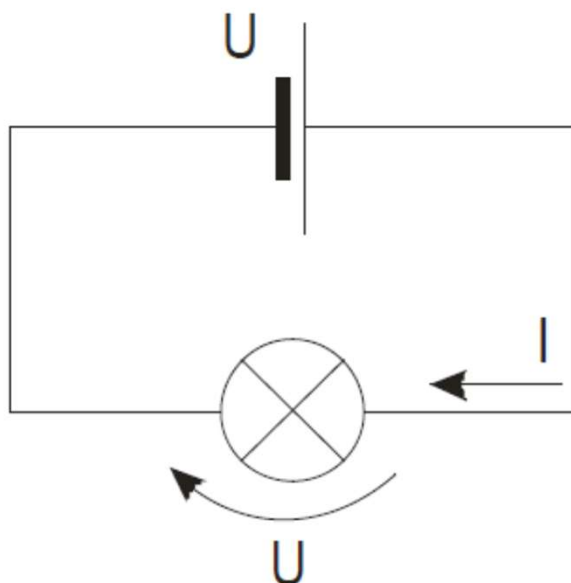
# Elektrický obvod

## základní veličiny a vztahy

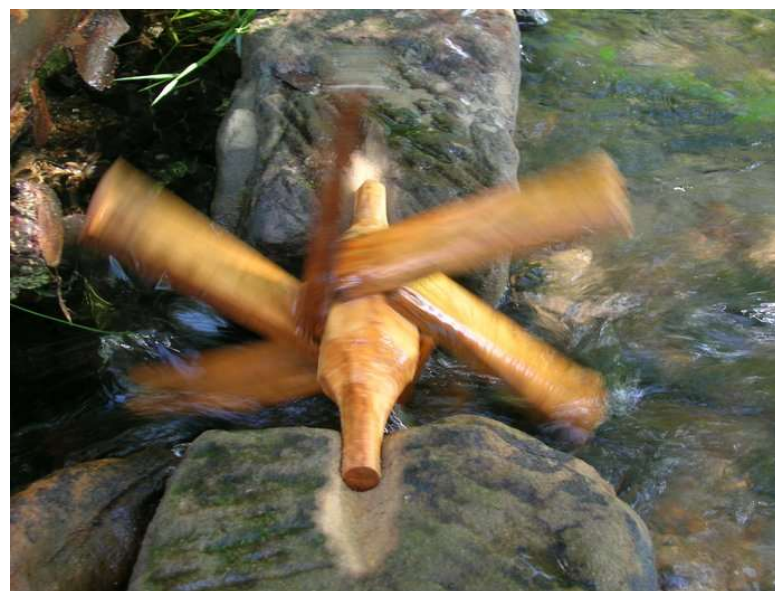
Elektronika pro informační technologie (IEL)

doc. Ing. Richard Růžička, Ph.D., MBA

# Základní obvod – proč svítí žárovka?

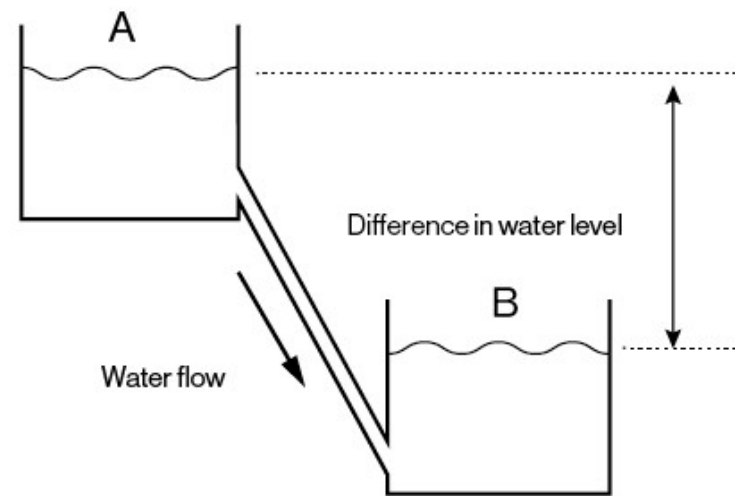
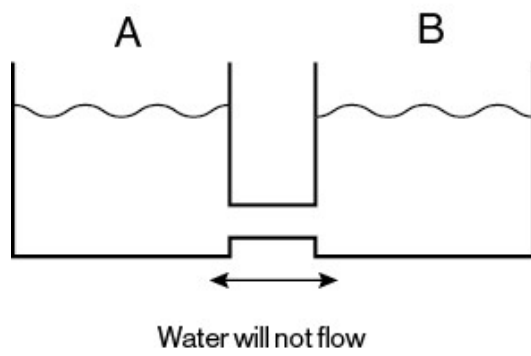


Na jedné straně obvodu je větší (elektrický) potenciál než na druhé, proto teče proud, průchodem přes žárovku koná na žárovce práci – předá svoji energii vlákně žárovky.

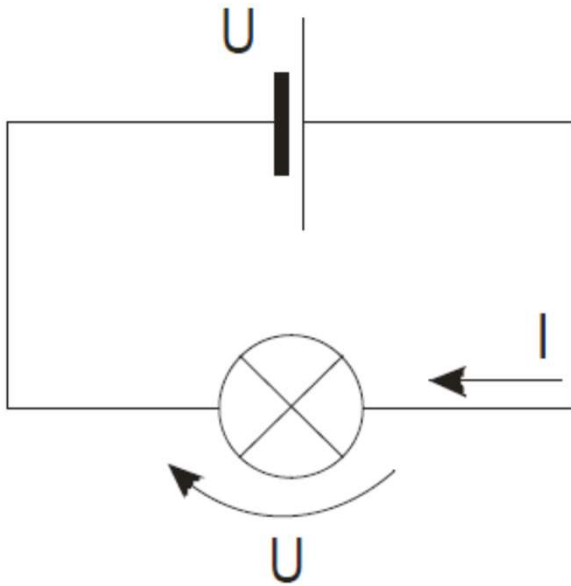


Na jedné straně řeky je větší (gravitační) potenciál než na druhé, proto teče voda, průchodem přes mlýnek koná na mlýnku práci – předá svoji energii lopatkám mlýnku.

Pozor, analogie elektrického pole a proudu nábojů s gravitačním polem a vodou není zcela dokonalá – mimo jiné v elektrickém poli existují dva druhy nábojů – kladné a záporné!



# Základní obvod – proč svítí žárovka?



Náboj, procházející vláknem žárovky, předá část své energie vláknu:

$$W = U \cdot Q \text{ [J]}$$

Proud (*nábojů*) prochází žárovkou a zahřeje vlákno - koná práci:

$$W = U \cdot I \cdot t \text{ [J]}$$

Co žene náboj, aby procházel žárovkou (obvodem)?

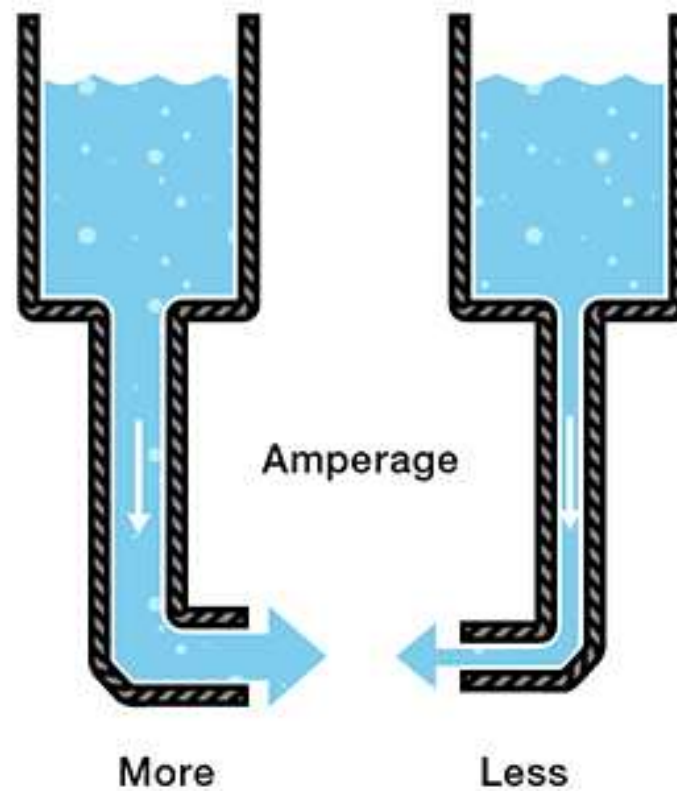
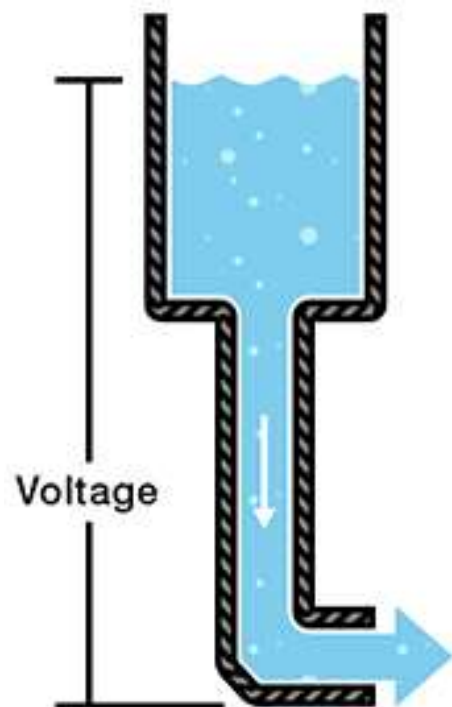


Pohání jej

síly elektrického pole – různá místa v obvodě mají různý elektrický potenciál!

**Rozdíl elektrických potenciálů = elektrické napětí.**





# Pohled na fungování obvodu

(jaký zná fyzika a jaký budeme používat v IEL)

- **Fungování** elektrického obvodu **budeme popisovat pomocí napětí a proudů** na jednotlivých prvcích obvodu.
- Pro lepší představu si můžeme značit **směr (polaritu) napětí a proudů** – budeme používat **šipky**.
- Kromě polarity se budeme snažit **kvantifikovat** (ohodnotit číslem, případně funkcí) **tyto dvě fyzikální veličiny**. Budeme je tedy vypočítávat.
- Výsledek nám řekne, jak se obvod v dané situaci zachová. **Cílem není mít nějaké číslo, ale hodnotu, z níž dokážeme usoudit, co se tam děje.**

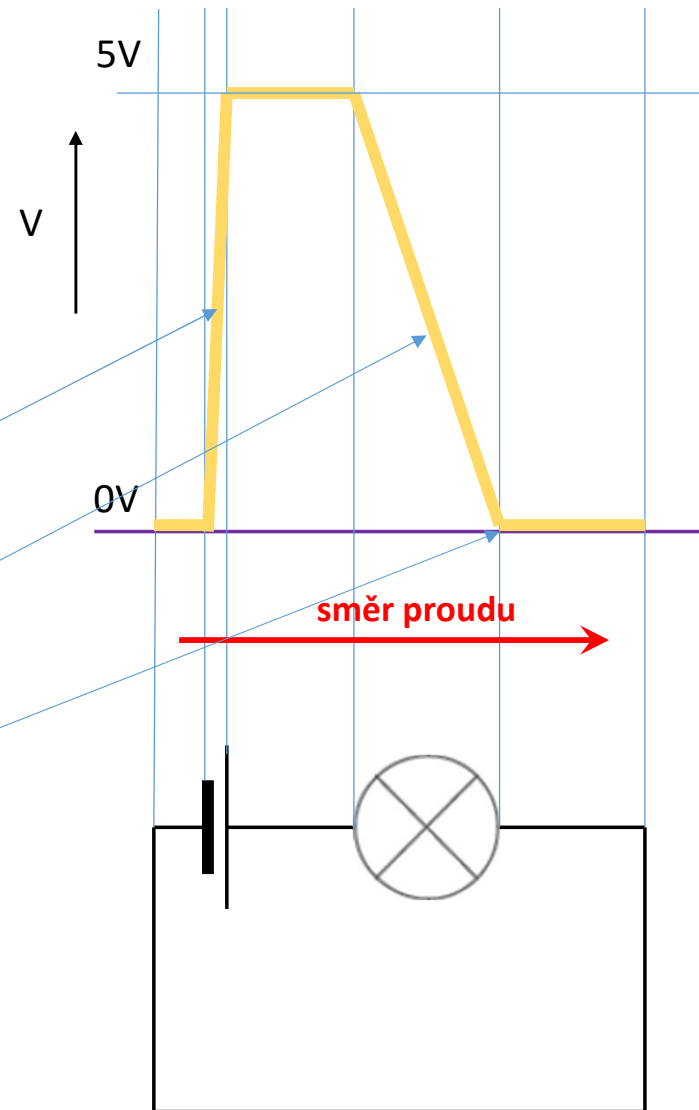
# Elektrický potenciál v obvodě

**Zdroj** vytváří rozdíl potenciálů (=napětí), to uvádí do pohybu proud nabitých částic.

**Spotřebič** odebírá energii pohybujících se částic (=proudu) tím, že jejich pohybu klade odpor.

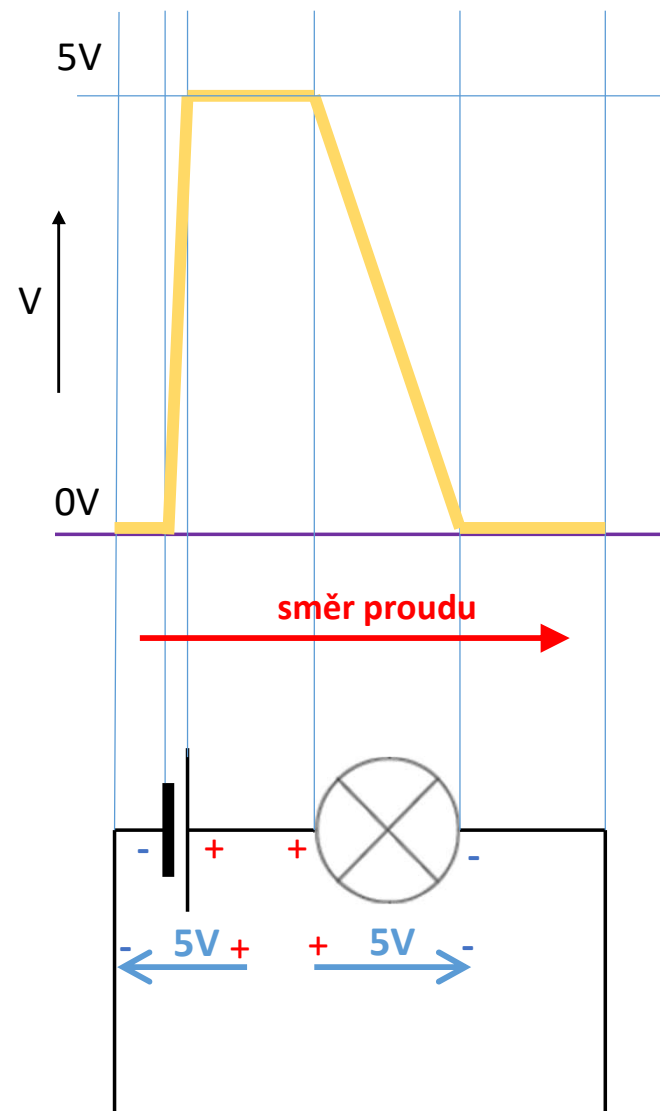
Odebere právě tolik energie, kolik do systému vloží zdroj.

↓  
Platí zákon zachování energie,  
platí 2. Kirchhoffův zákon!



# Napětí v obvodě

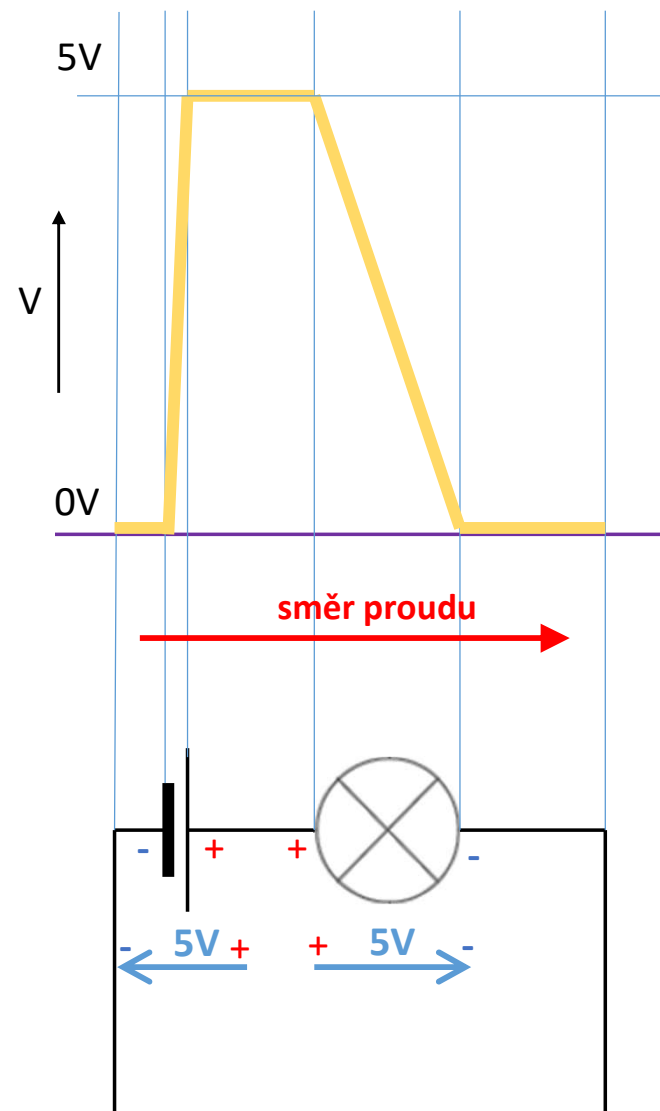
☞ Čítací šipka napětí směřuje vždy od místa s kladnějším potenciálem k místu se zápornějším potenciálem!



# Napětí v obvodu

☞ Čítací šipka napětí směřuje vždy od místa s kladnějším potenciálem k místu se zápornějším potenciálem!

Přes spotřebič (žárovku) teče proud od kladnějšího místa k zápornějšímu – „z kopce“. Tedy stejným směrem, jako je šipka vyznačující napětí.



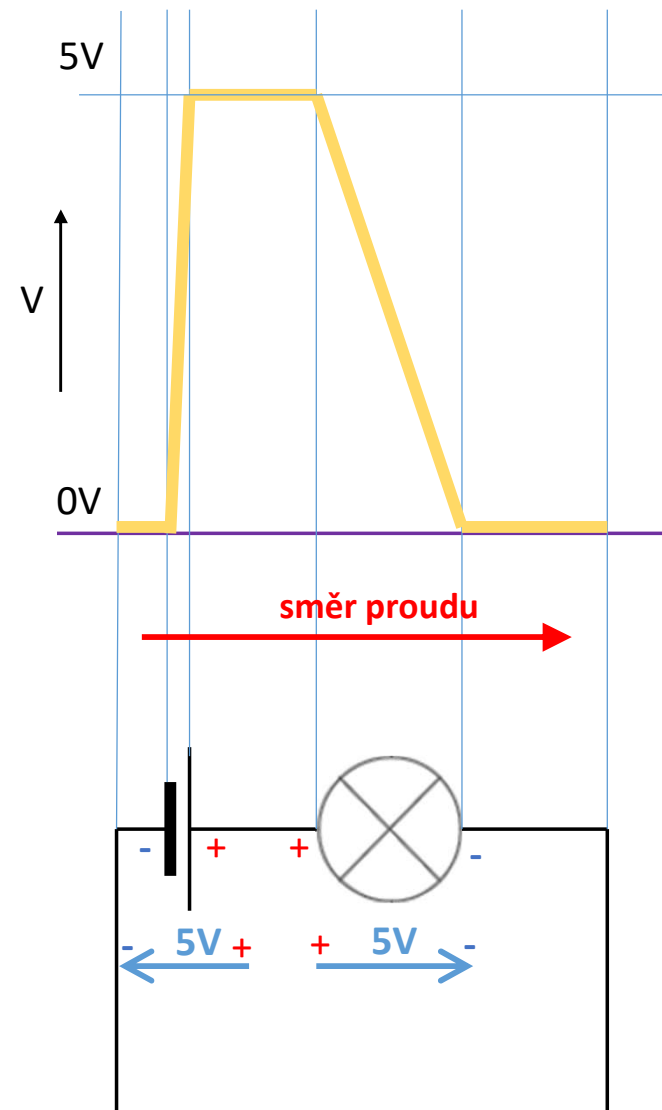
# Napětí v obvodě



Čítací šipka napětí směřuje vždy od místa s kladnějším potenciálem k místu se zápornějším potenciálem!

Přes spotřebič (žárovku) teče proud od kladnějšího místa k zápornějšímu – „z kopce“. Tedy stejným směrem, jako je šipka vyznačující napětí.

Přes zdroj (baterii) teče proud od zápornějšího místa ke kladnějšímu – „do kopce!!!“ Tj. opačným směrem, než je šipka vyznačující napětí.



# Napětí v obvodě

☞ Čítací šipka napětí směřuje vždy od místa s kladnějším potenciálem k místu se zápornějším potenciálem!

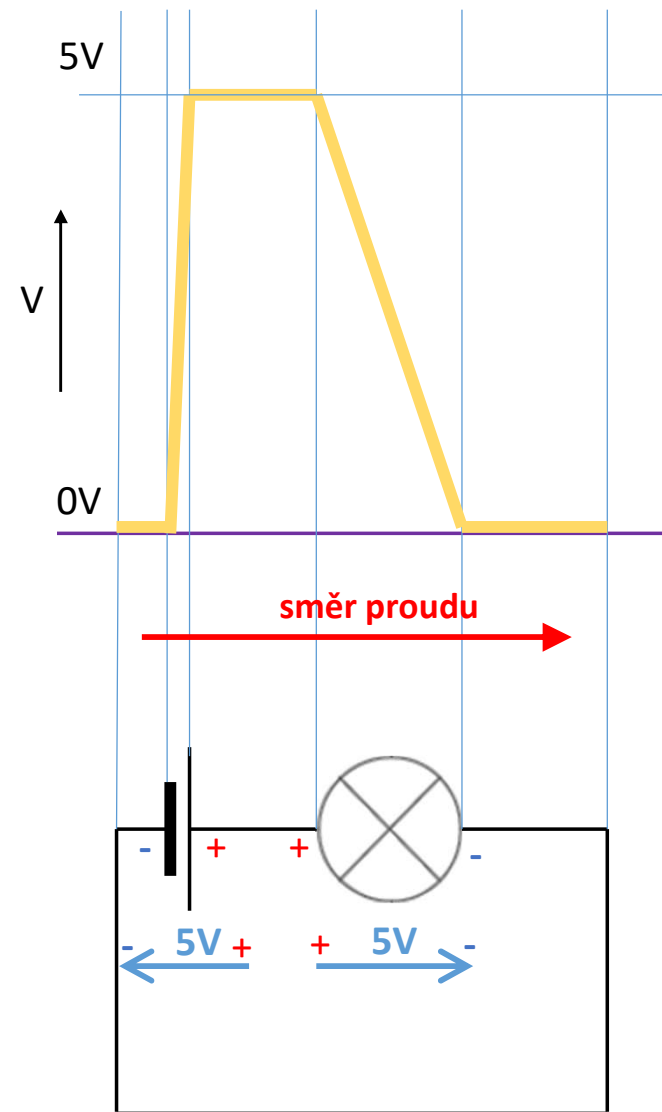
Přes spotřebič (žárovku) teče proud od kladnějšího místa k zápornějšímu – „z kopce“. Tedy stejným směrem, jako je šipka vyznačující napětí.

Přes zdroj (baterii) teče proud od zápornějšího místa ke kladnějšímu – „do kopce!!!“ Tj. opačným směrem, než je šipka vyznačující napětí.



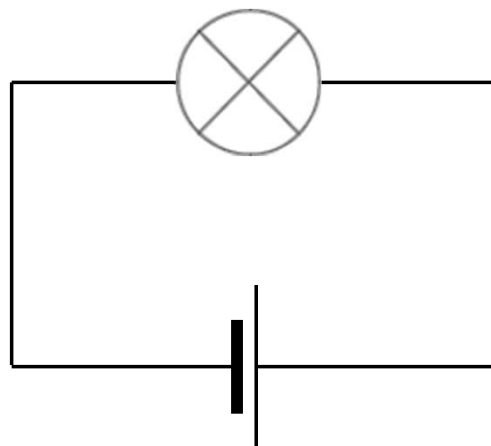
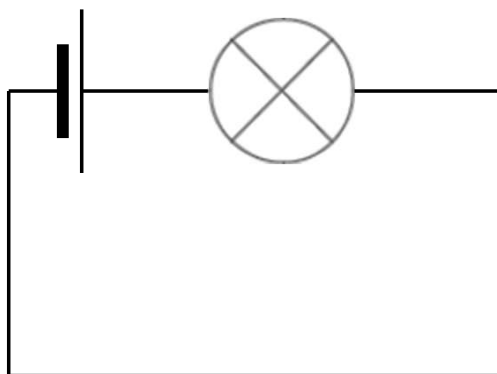
Zdroj je „pumpa,“ která pumpuje náboje proti působení sil elektrického pole.

...díky tomu náboje získají „potenciální energii“ a mají-li cestu (obvod), rozjedou se (=proud) obvodem ke spotřebičům.



# Pozor na čítací šipky!

Jak je nakreslíme v těchto obvodech?

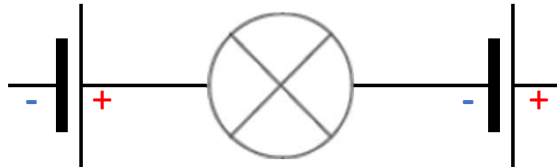


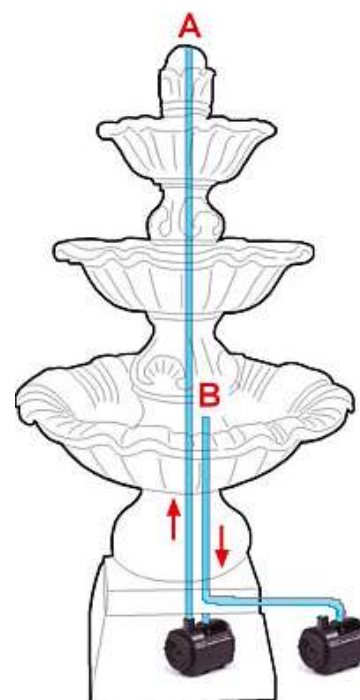
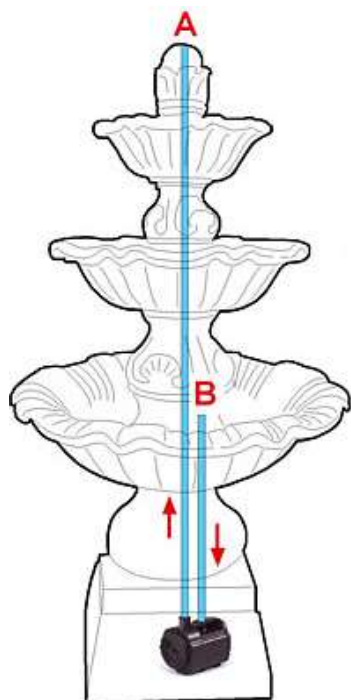
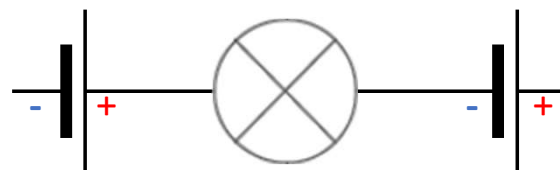
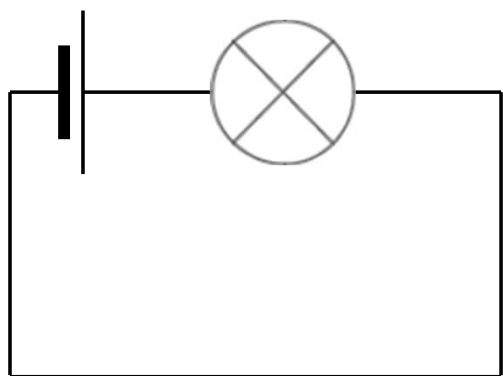


Proud teče „z kopce“ od + k -, ale...

... bude fungovat tento obvod?

Tedy ptáme se, zda žárovkou poteče proud a tato bude svítit?





# Důsledky

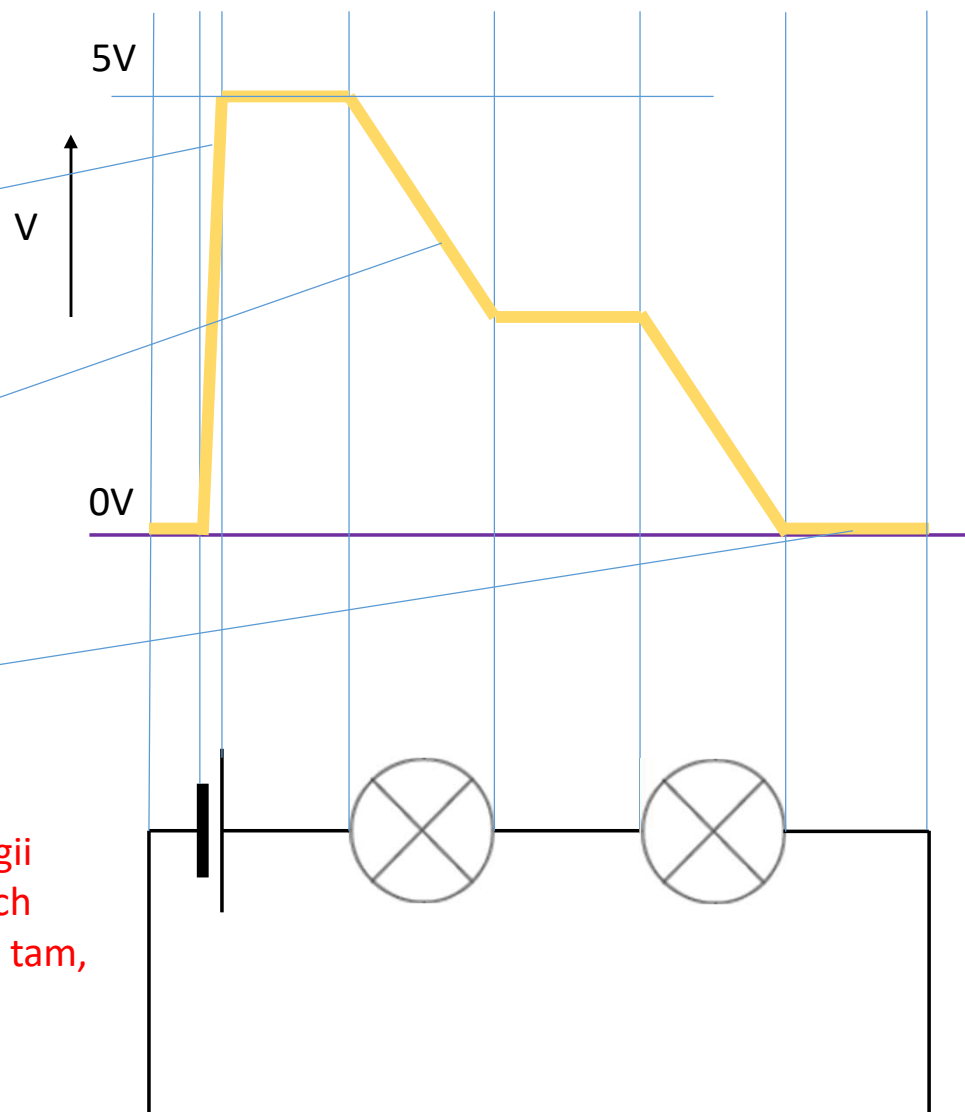
Zdroj dodává energii  
do obvodu  
(kde se asi bere?)

Spotřebič energii  
odebírá (a posílá  
přeměněnou „ven“)

Celková bilance je  
vždy vyrovnaná  
(Kirchhoff!)

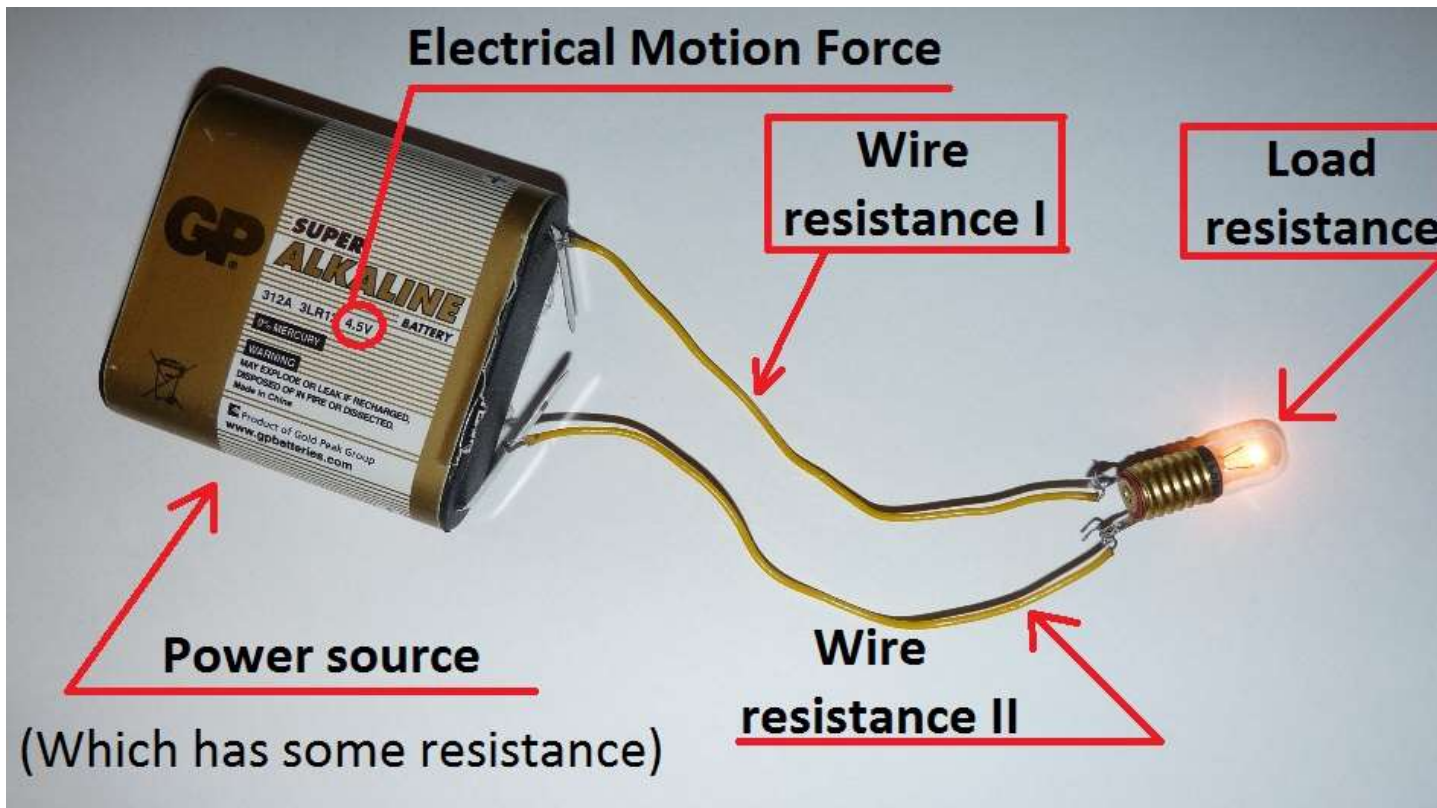
Ale nejúžasnější na tom je, že energii  
zdroje můžeme přenášet po vodičích  
s minimální ztrátou a využít přesně tam,  
kde potřebujeme!

... přemýšlejte, jak je to možné.



# Jak můžeme zaměřit působení energie na konkrétní místo?

Proč svítí žárovka, ale dráty ne?



Podmínka, které musíme docílit: **Load resistance  $\gg$  Wire resistance**

# Základní zákony

... které nám pomáhají navrhovat a řešit elektrické obvody, protože vždy a všude platí.

Popisují vlastně, jak elektrické obvody fungují, co v nich energie způsobí, kde a jak se projeví.

Jsou to: **Ohmův zákon, I. Kirchhoffův zákon a II. Kirchhoffův zákon**

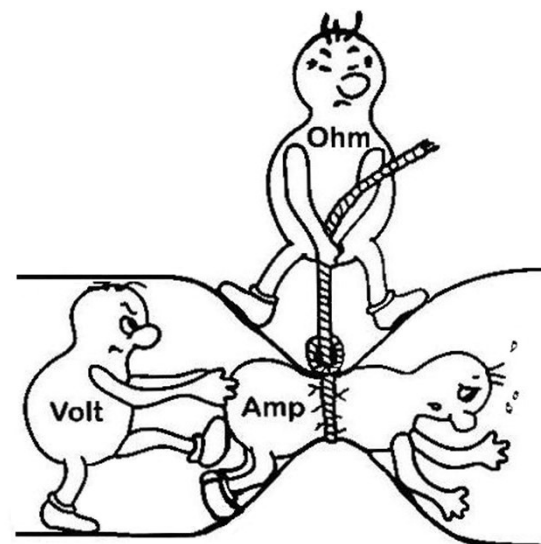
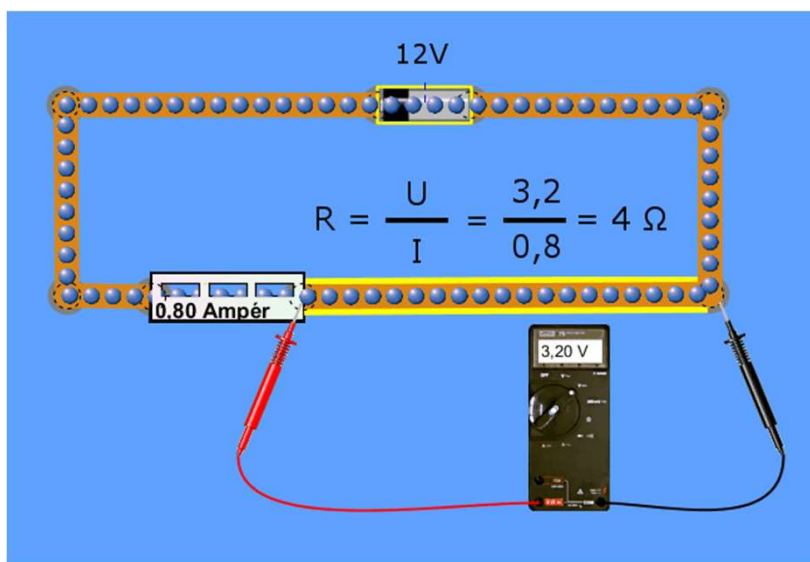
Pokud chápeme fungování elektrických obvodů, nemusíme se je učit – jsou nám jasné.

# Ohmův zákon



Závislost mezi napětím a proudem na kterémkoliv úseku obvodu (mezi dvěma body).

$$I = U / R$$



# Ohmův zákon vždy platí

U „obyčejných“ kusů obvodu jako je vodič či nějaký spotřebič zpravidla platí, že odpor je konstanta  $\Rightarrow$  závislost mezi napětím a proudem je lineární  $\Rightarrow$  lze ji vyjádřit jedním číslem, s čímž se nám dobře počítá.

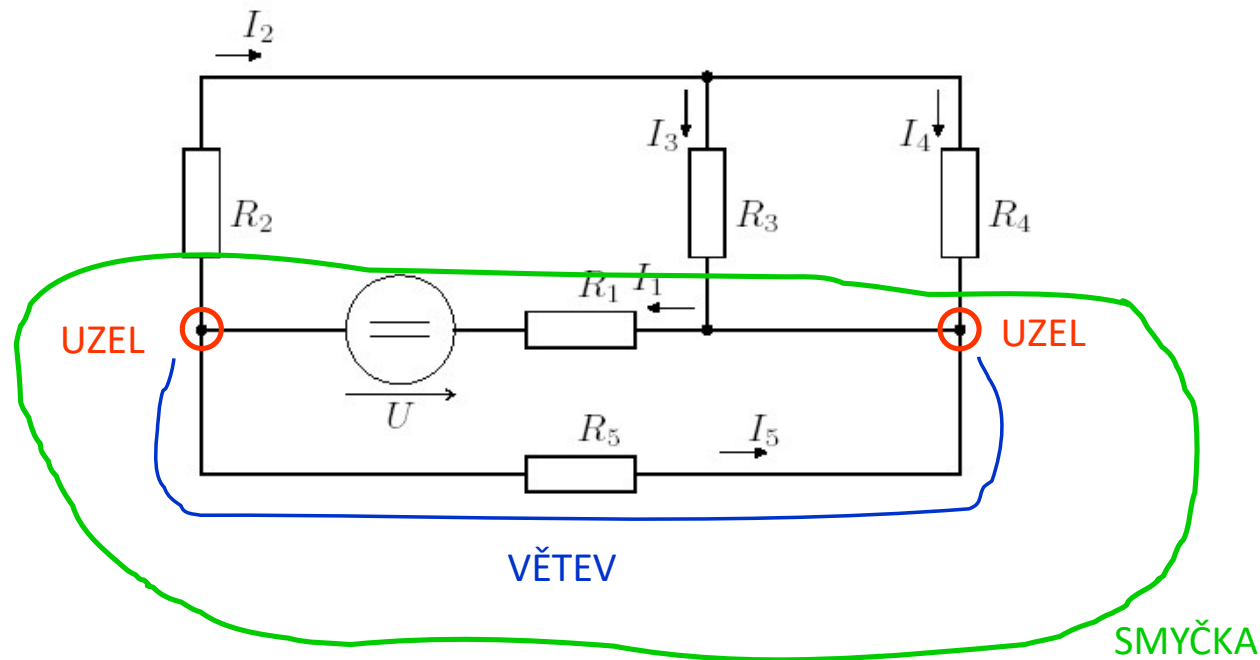
Ale jsou i prvky, kde se odpor může měnit!

- buď závisí odpor na přiloženém napětí (např. u diody)
- nebo závisí na jiné veličině, třeba i „neelektrické“ (například termistor – teplotní čidlo)
- nebo závisí na napětí/proudu v jiné části obvodu (například tranzistor).

... to je dobře – umožní nám to konstruovat obvody s velmi složitým chováním (například počítače).

# Topologie elektrických obvodů

- **Uzel** je místo, kde se stýká více vodičů
- **Větev** je dráha mezi uzly
- **Smyčka** je uzavřená dráha v obvodu tvořená větvemi







# První Kirchhoffův zákon

- Algebraický součet všech proudů v uzlu se rovná nule.

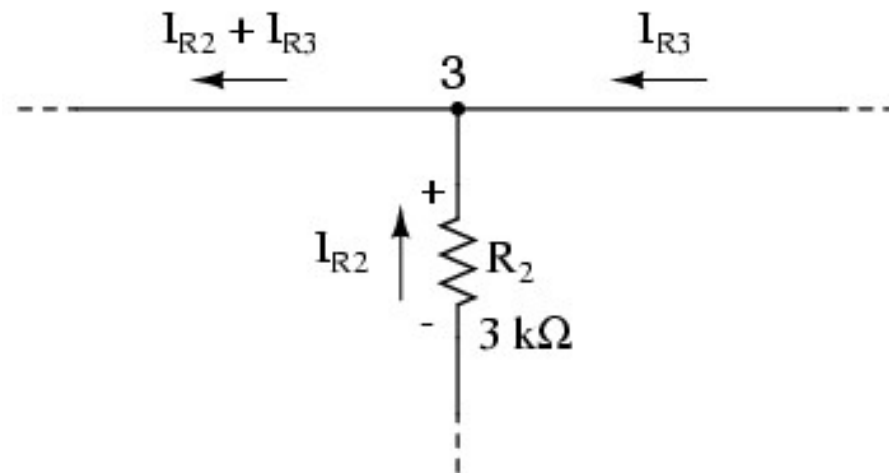
$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

Tato rovnice vyžaduje, aby některé proudy byly brány záporně a jiné kladně.

Konvence: proudy mířící do uzlu +  
proudů mířící z uzlu -

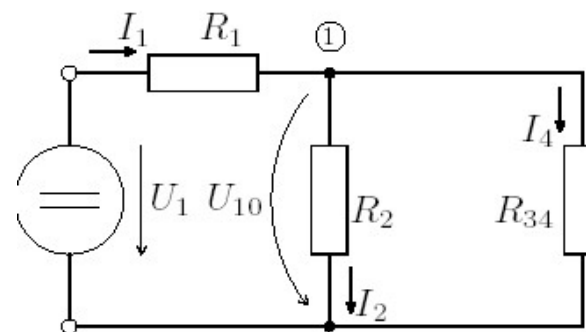
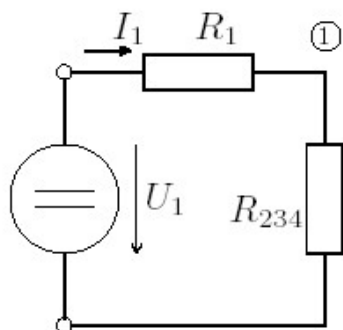
Prakticky to znamená, že kolik náboje do uzlu přiteče, tolik ho také odteče.

V uzlu náboj nevzniká ani nezániká.



# Důsledky I. KZ

- Kolik různých proudů naměříme v těchto obvodech?



- Větví vždy teče jen jeden proud



# Druhý Kirchhoffův zákon

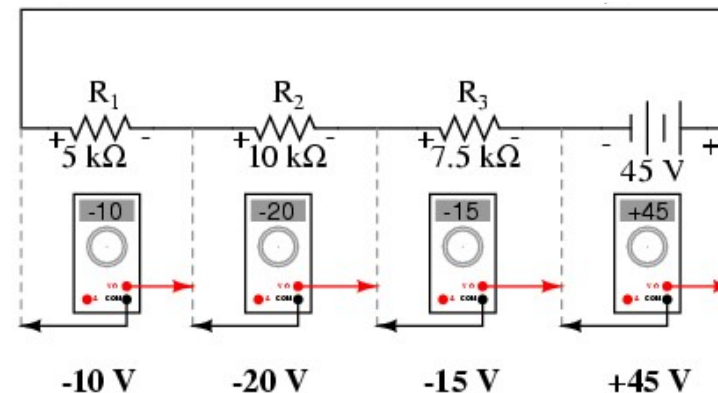
- Algebraický součet všech napětí (**rozdílů potenciálů**) ve smyčce je roven nule.

Napětími ve smyčce se myslí jak napětí zdrojů, tak i úbytky napětí na spotřebičích!

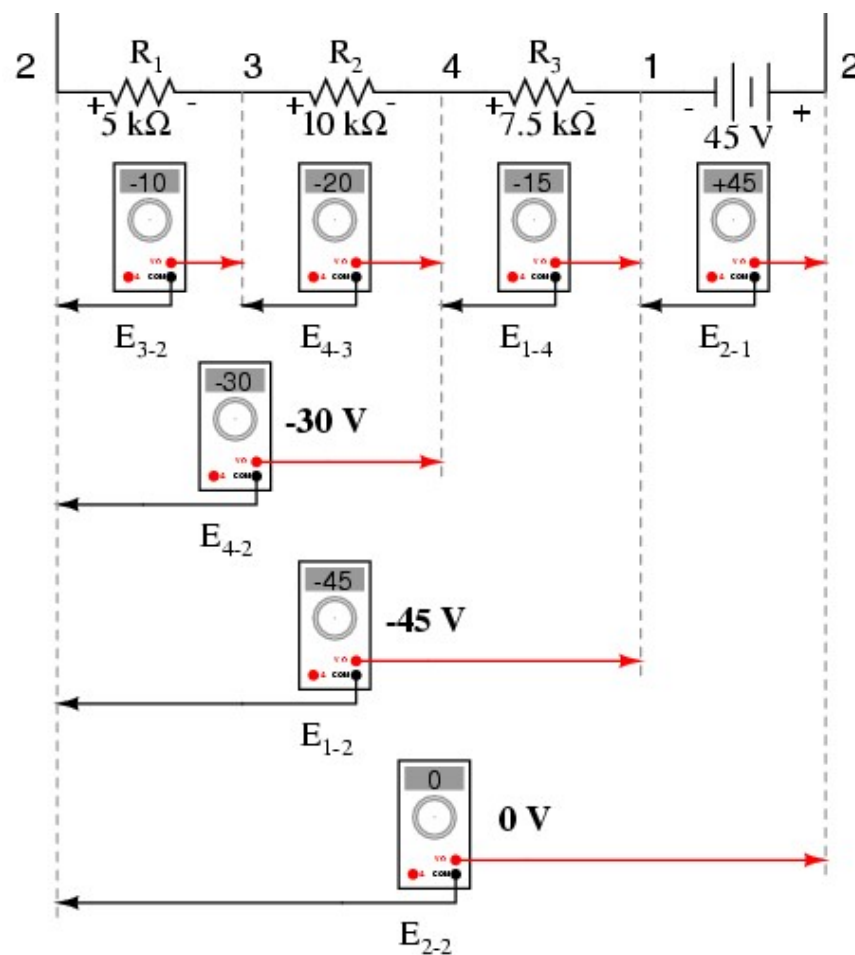
$$\sum_{k=1}^n U_k = 0$$

Prakticky to znamená, že jaké napětí je do smyčky dodáváno, takové se musí objevit na spotřebičích.

Jde o obdobu zákona zachování energie.

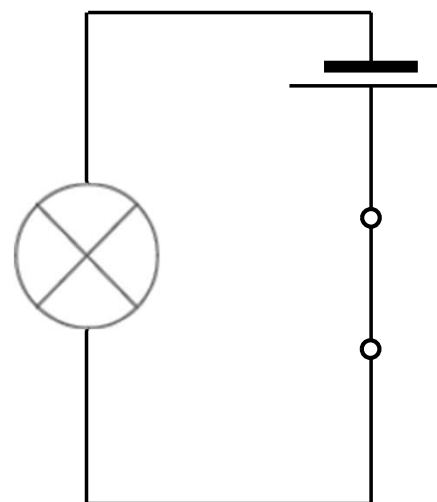
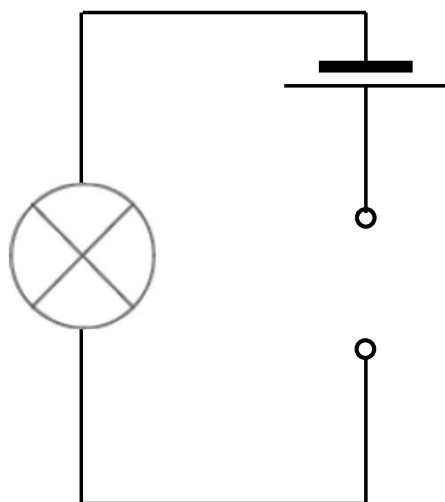


# Důsledky II. KZ

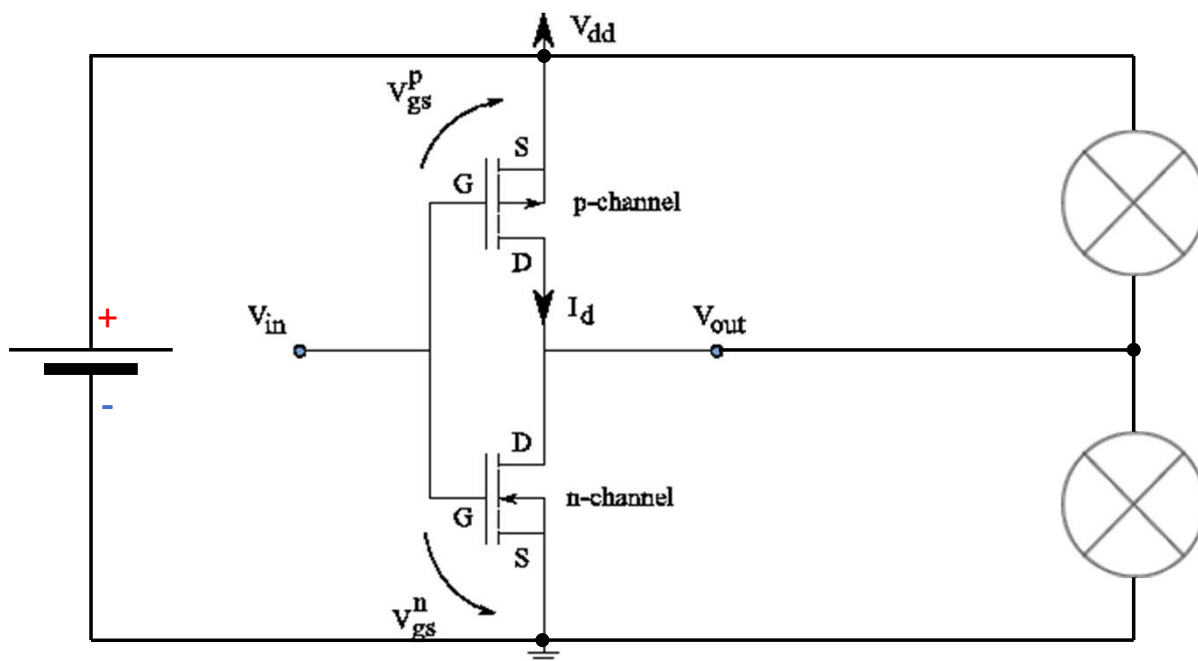


# Jak se budou chovat tyto obvody?

... zajímá nás situace na svorkách

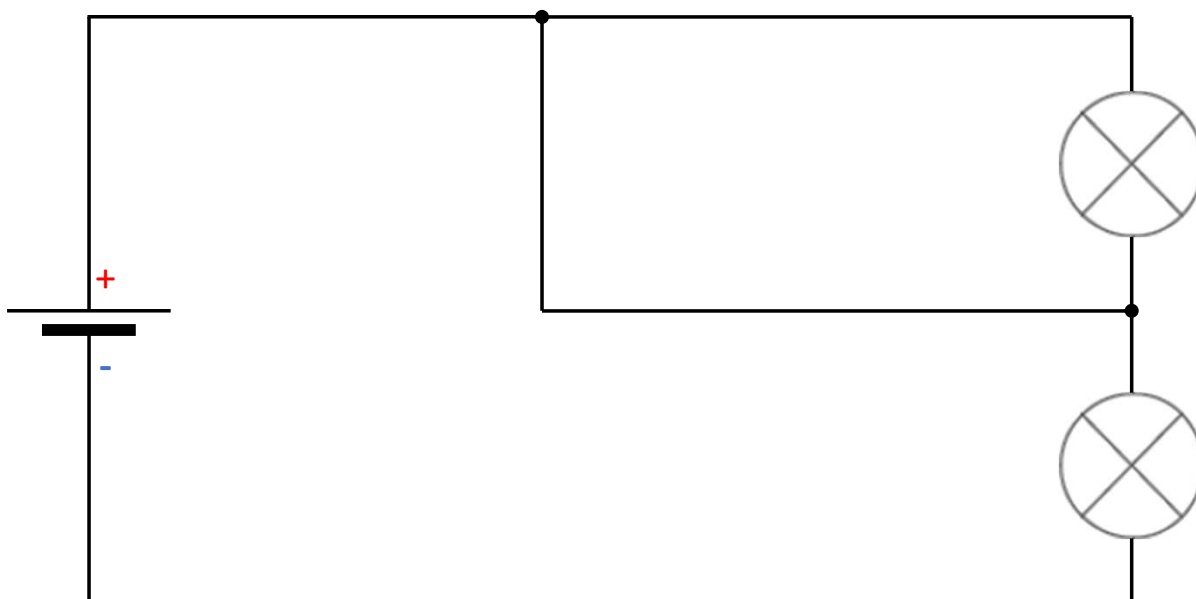


# Logický člen



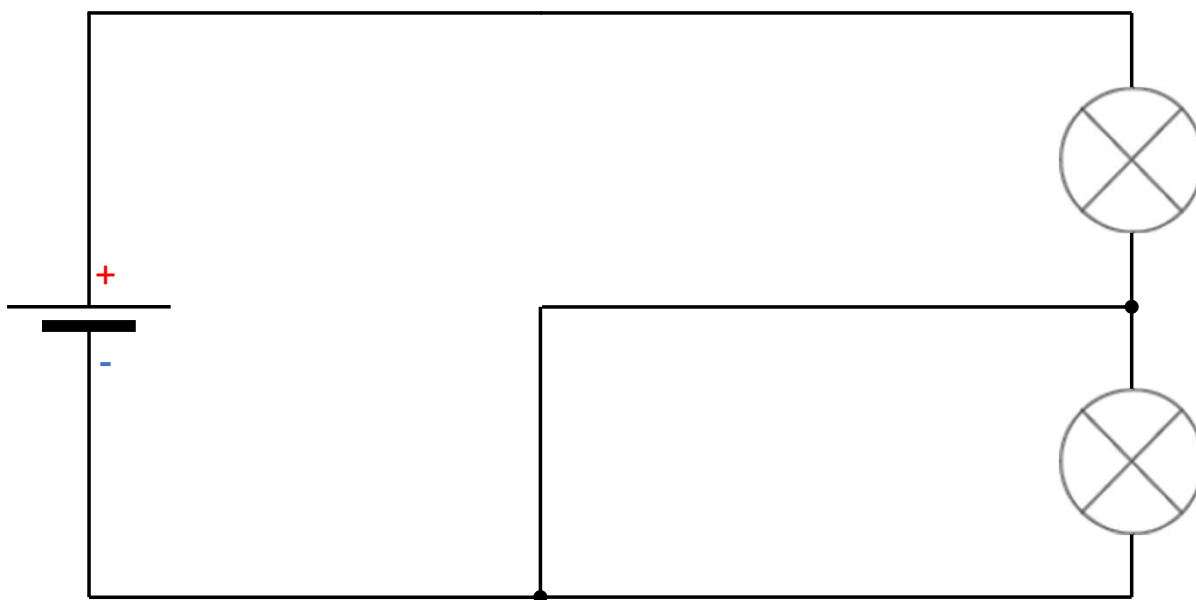
# Logický člen – případ 1

Zjednodušení obvodu – jak poteče proud?



# Logický člen – případ 2

Zjednodušení obvodu – jak poteče proud?



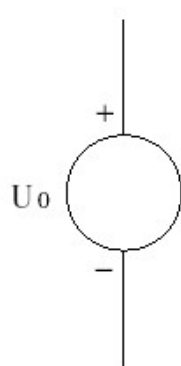


# Pár slov ke zdrojům

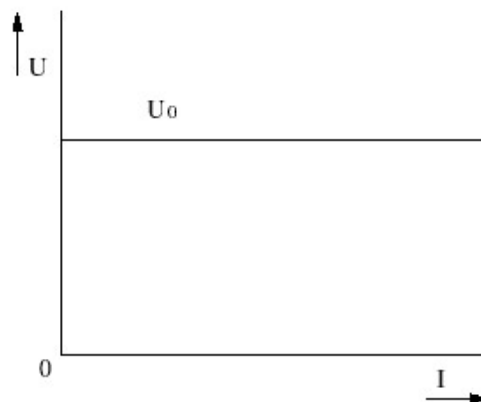
... zatím stejnosměrným.

# Ideální zdroj napětí

Takový zdroj, jehož svorkové napětí nezávisí na zatížení, je **stále stejné**, ať odebíráme jakýkoli proud (ať je zátěž jakákoli).



Schématická značka



Voltampérová charakteristika

Výborná věc, protože celý prvek můžeme charakterizovat jedním jediným číslem – napětím.

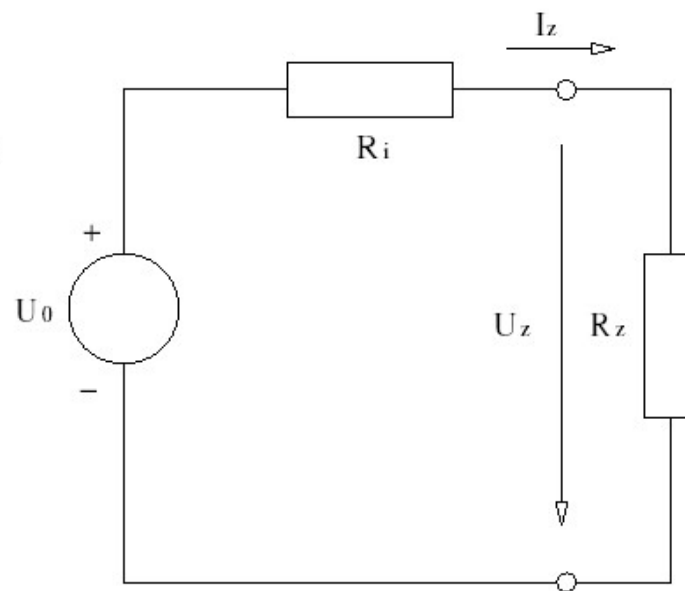
# Skutečný zdroj

U skutečných zdrojů svorkové napětí klesá, pokud zdroj zatížíme. Čím více odebíráme proudu, tím bývá svorkové napětí nižší.

Skutečný zdroj má nenulový vnitřní odpor, na němž při odběru proudu vzniká úbytek:

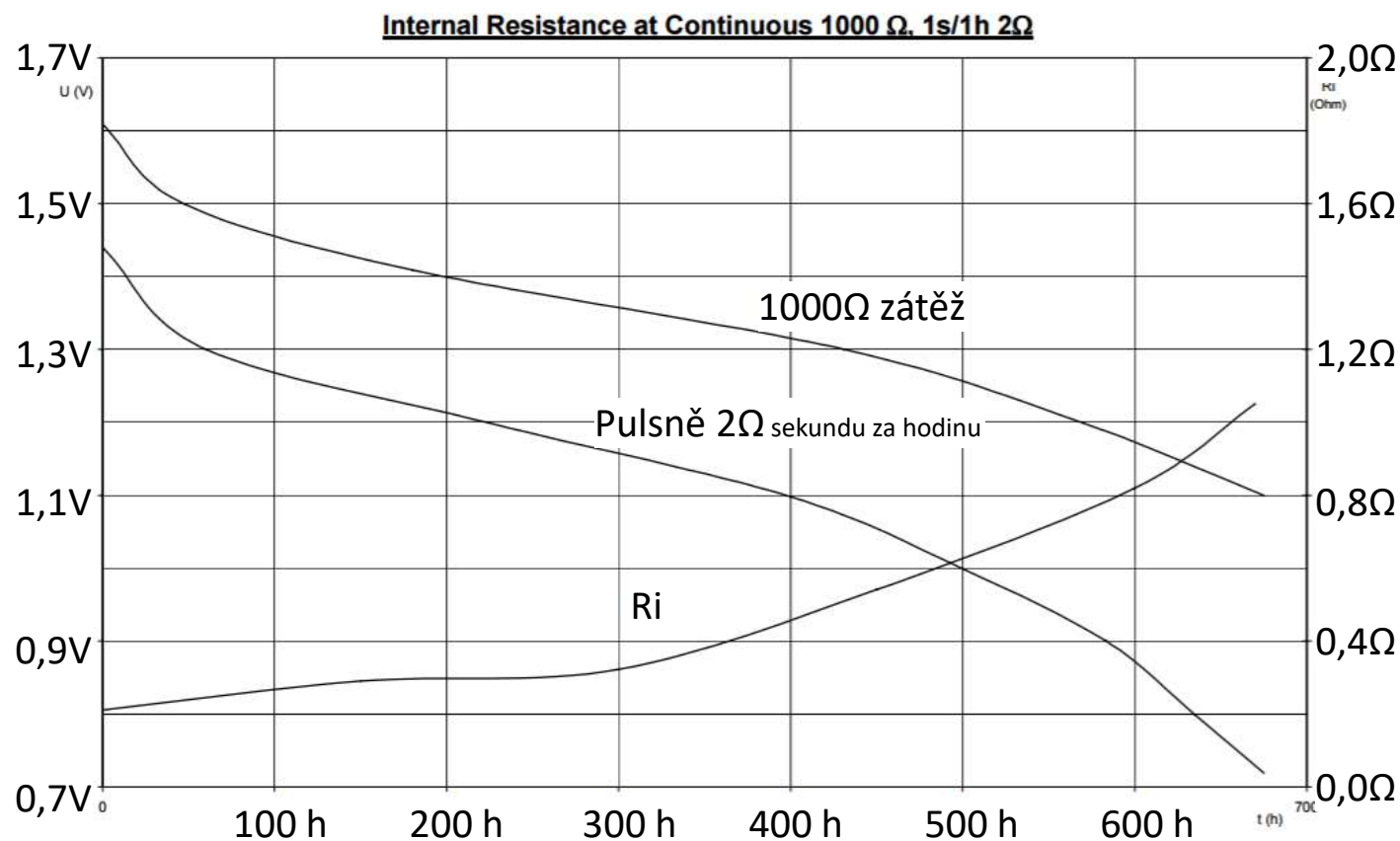
$$I_z = \frac{U_0}{R_i + R_z} \quad U_z = U_0 - R_i I_z$$

$$U_z = \frac{R_z}{R_i + R_z} U_0$$



# Vnitřní odpor - příklad

– alkalický článek VARTA 1,5V, 1200mAh, AAA



# Vnitřní odpor

Je v praxi u článků proměnlivá veličina, závisí na množství zbývajících energie, teplotě, ...

Málokterý výrobce poskytuje nějaké konkrétní údaje.

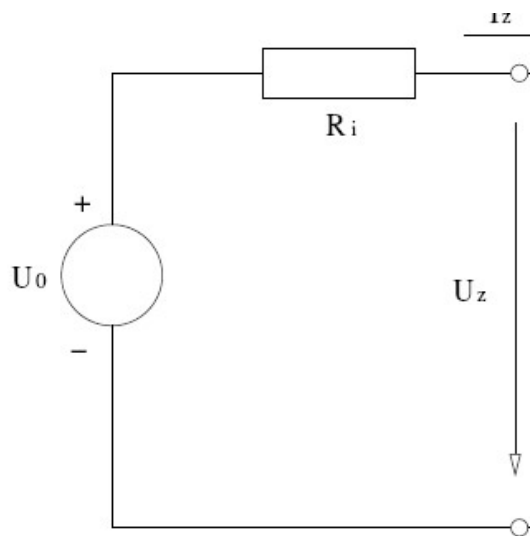
Chemické zdroje (články, akumulátory) bývají ale pro většinu účelů dostatečně „tvrdé.“

U „elektronických“ zdrojů lze obvykle potlačit vnitřní odpor regulací svorkového napětí, ale jen do určitého rozsahu (co stačí výkonová rezerva). Ale o tom ještě bude řeč později.

# Zkrat

Co se stane, pokud spojíme výstupní svorky nakrátko (tedy  $R_z = 0$ )?

Obvodem teče poměrně velký proud, zkratový proud:



$$I_k = \frac{U_0}{R_i}$$

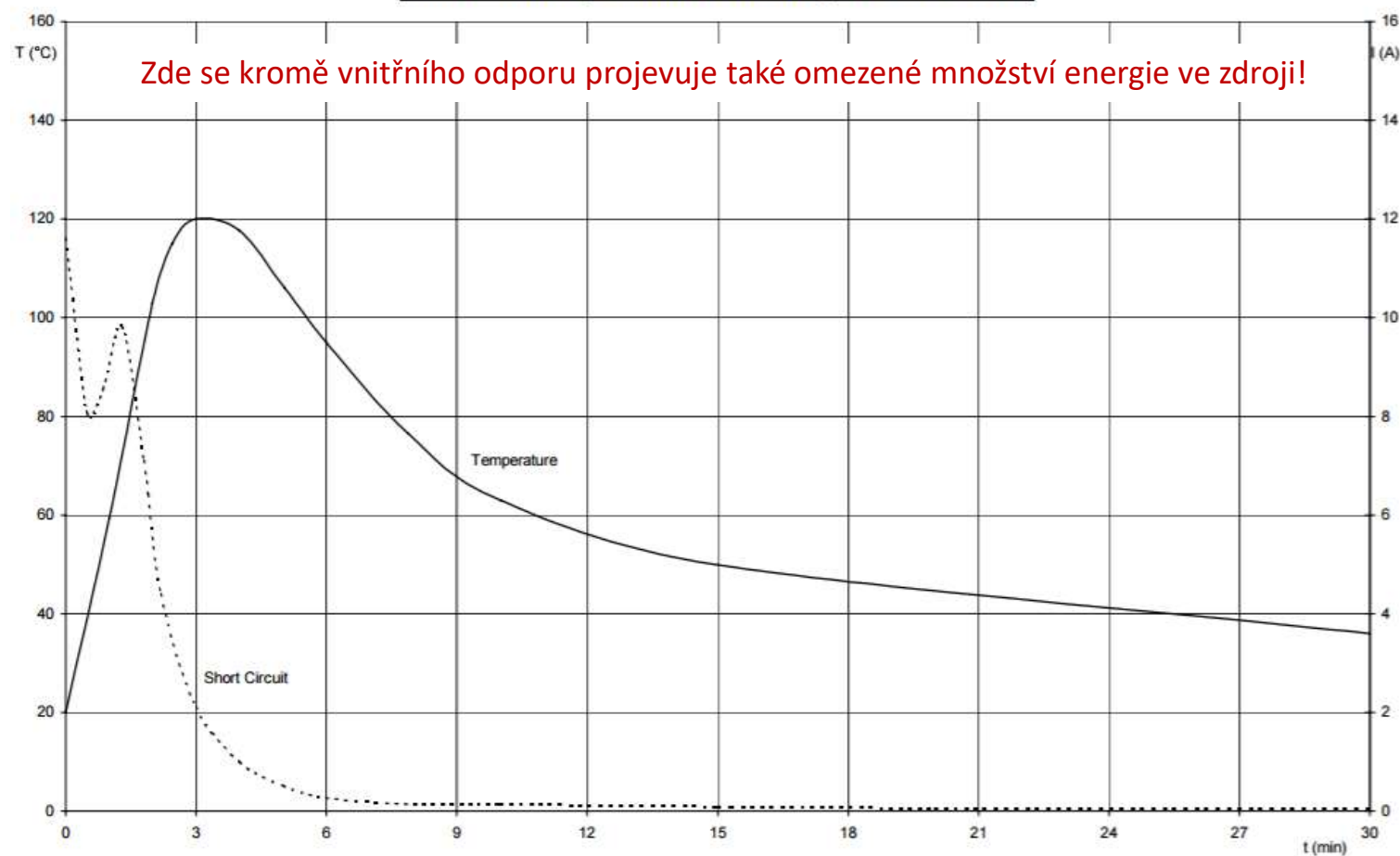
Zkratový proud je omezen  
pouze vnitřním odporem zdroje

... když zanedbáme odpor vodičů a přechodový  
odpor svorek ...

# Zkrat – příklad chování

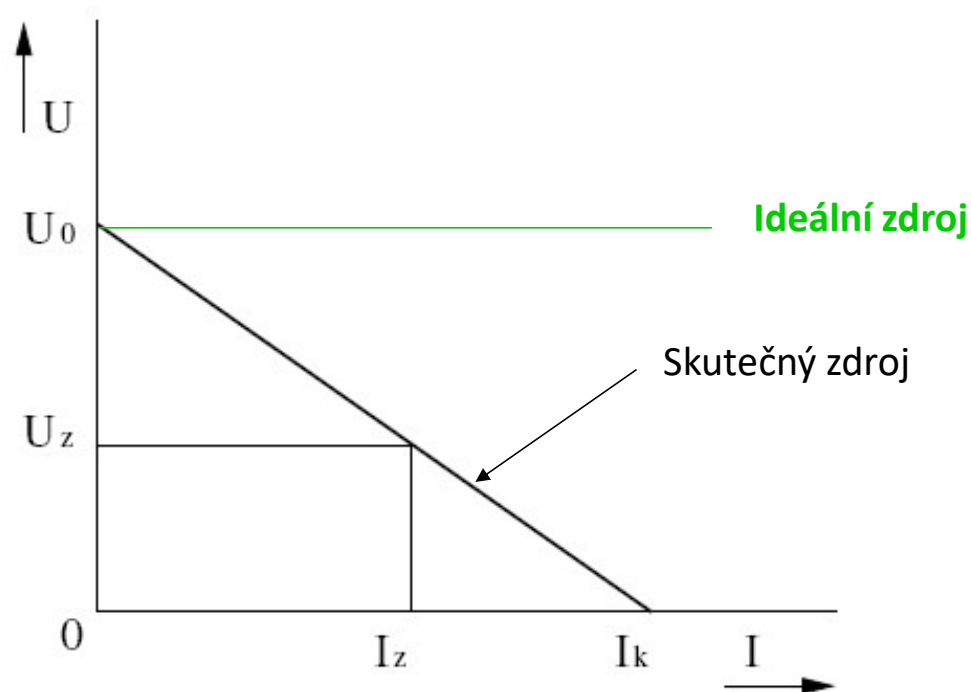
– alkalický článek VARTA 1,5V, 1200mAh, AAA

Short Circuit (Current and Temp. versus Time)



# Zatěžovací charakteristika zdroje

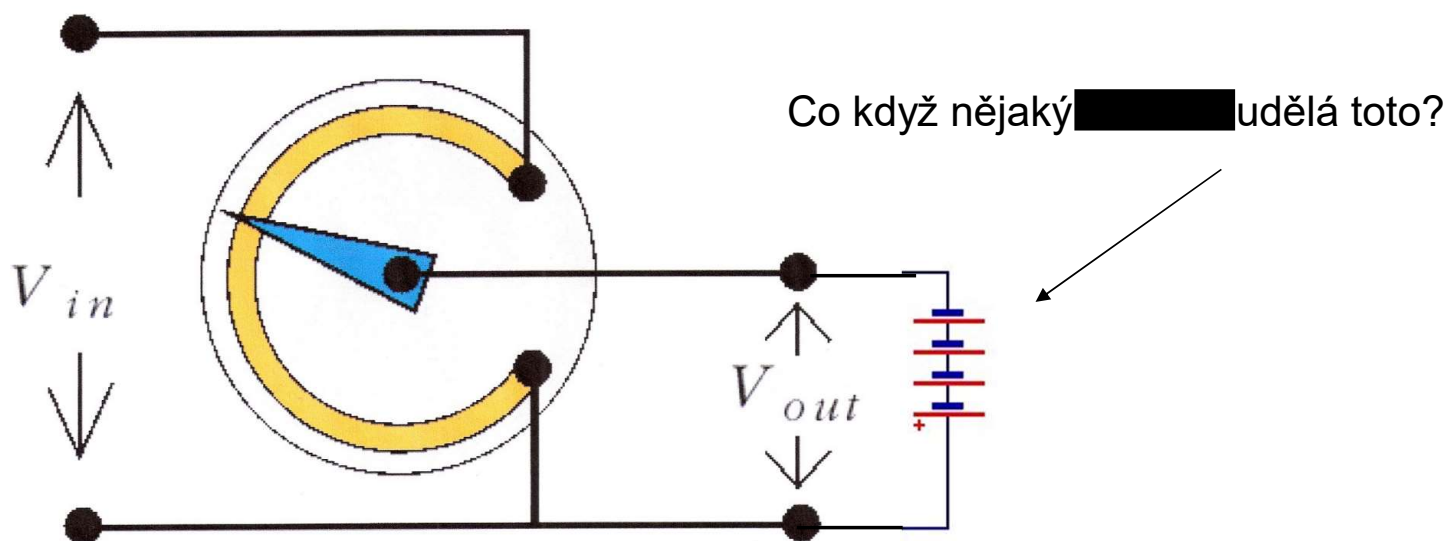
Jak se mění svorkové napětí reálného zdroje pro různé zátěže?





# (Špatný) příklad z naší laboratoře

## Potenciometr

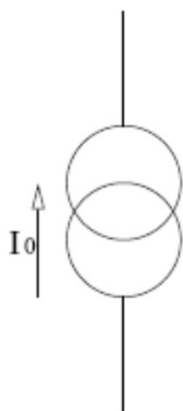


# Ideální zdroj proudu

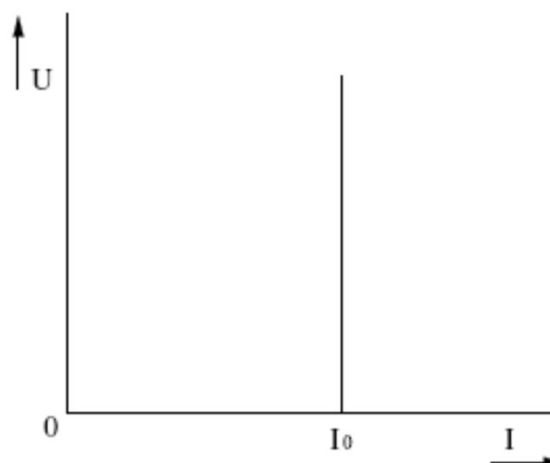
Takový zdroj, který dodává do zátěže **stále stejný proud**, bez ohledu na velikost zátěže.

Co to znamená?

... že svorkové napětí se mění podle zátěže (stále platí Ohmův zákon).



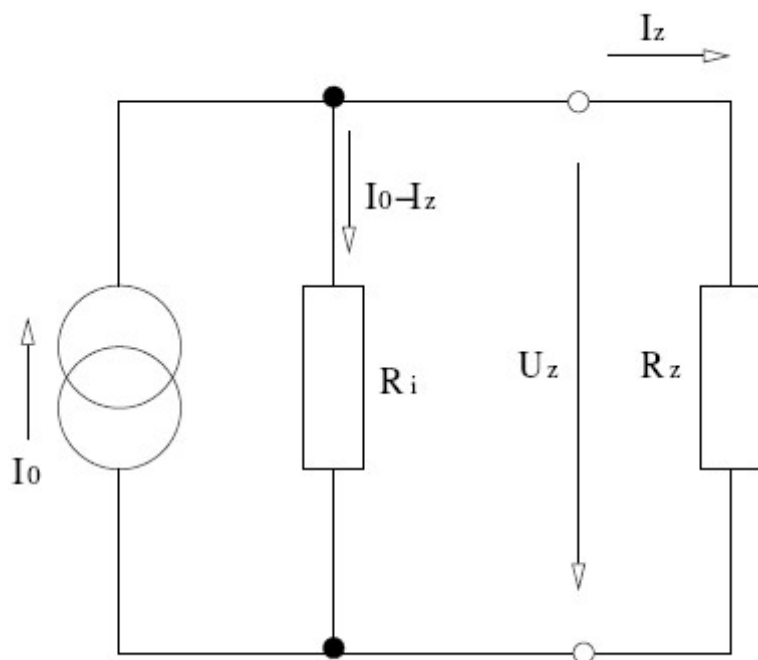
Schématická značka



Voltampérová charakteristika

# Skutečný zdroj 2

Skutečný zdroj lze kromě kombinace „ideální zdroj napětí“ + vnitřní odpor“ modelovat také pomocí ideálního zdroje proudu:



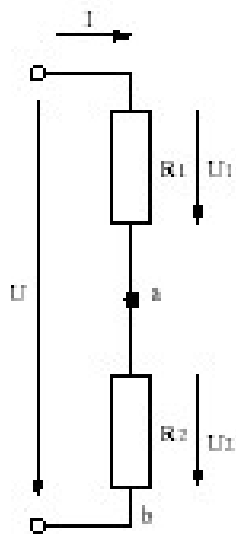
$$U_z = R_i(I_0 - I_z)$$

Pokud budeme zkoumat tento zdroj na svorkách, zjistíme, že se chová stejně jako kombinace „ideální zdroj napětí + vnitřní odpor“.

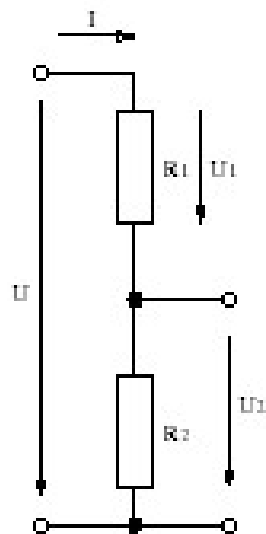
Zatěžovací charakteristika bude úplně stejná.

# Dělič napětí

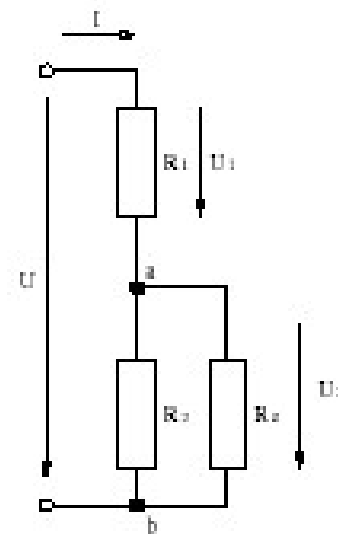
- Obvod, kde jsou dva rezistory v sérii připojeny k jednomu zdroji.
- Lze považovat za **dvojbran**, za obvod, který má jednu dvojici svorek „**vstupních**“ a jednu dvojici „**výstupních**“.



Dělič napětí

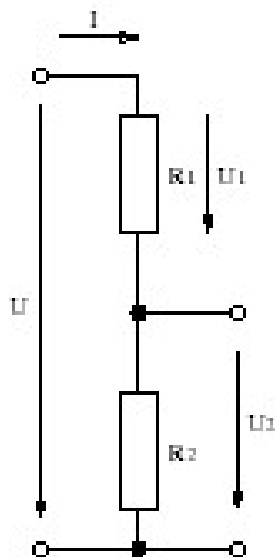


Dělič napětí nezatížený

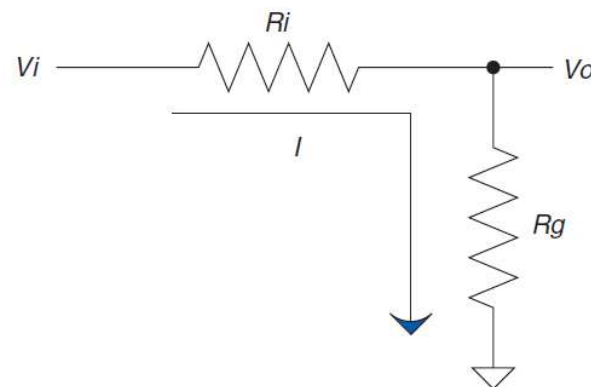


Dělič napětí zatížený

# Dělič napětí



$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$



## The Voltage Divider Rule

Next on our list of basic formulae is the *voltage divider rule*. Here is the equation and Figure 2.5 shows a schematic of the circuit:

$$V_o = V_i \frac{R_g}{R_g + R_i} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

The most common way you will see this is in terms of  $R_1$  and  $R_2$ . I have changed these to  $R_g$  (for *R ground*) and  $R_i$  (for *R input*) to remind myself which one of these goes to ground and which one is in series. If you get them backward, you get the amount of voltage lost across  $R_i$ , not the amount at the output (which is the voltage across  $R_g$ ). If the gain<sup>5</sup> of this circuit just doesn't seem right, you might have the two values swapped.