

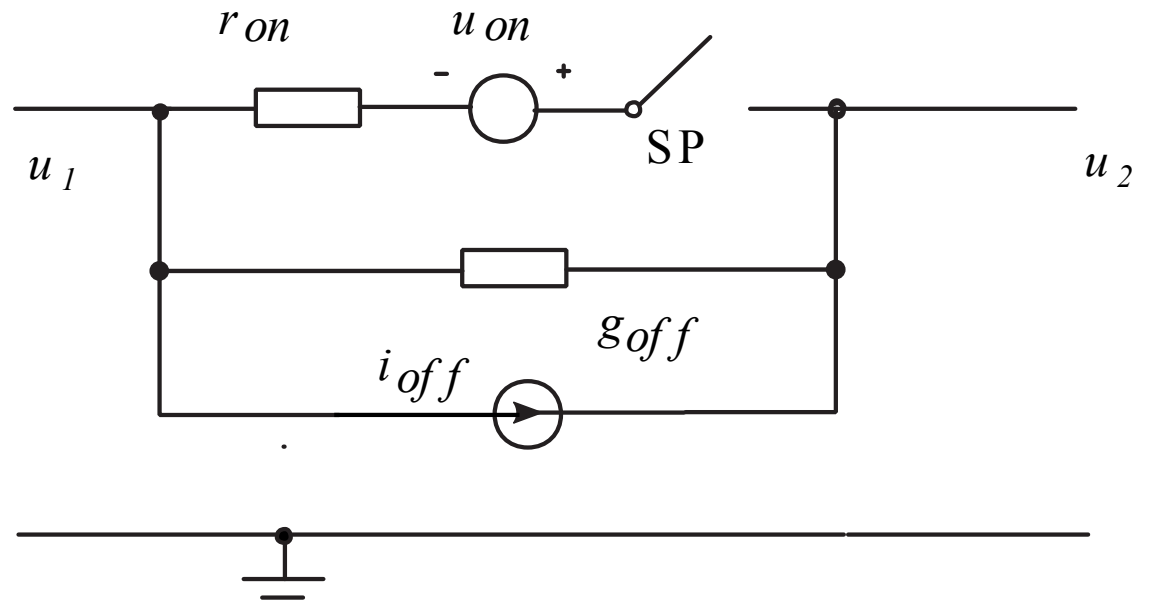
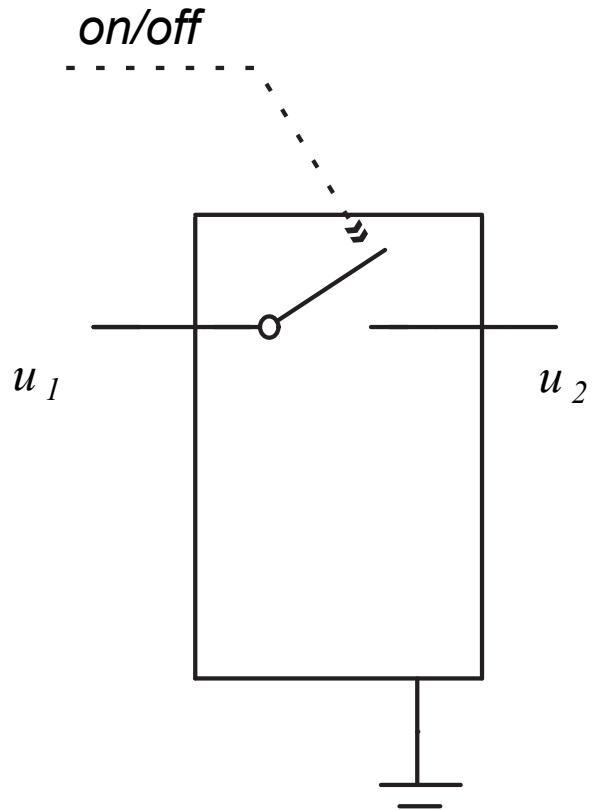
# Fakulta biomedicínského inženýrství – Teoretická elektrotechnika

Prof. Ing. Jan Uhlíř, CSc.

Léto 2020

## 11. Spínače – obvody se spínači

# Model spínače



## Parametry spínače

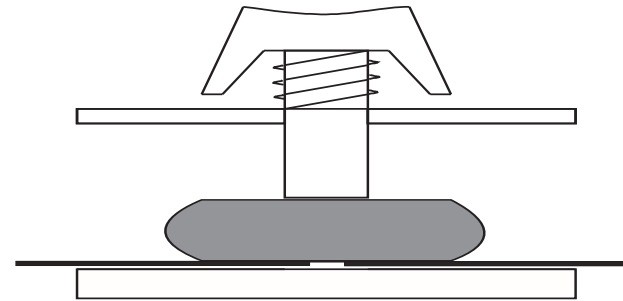
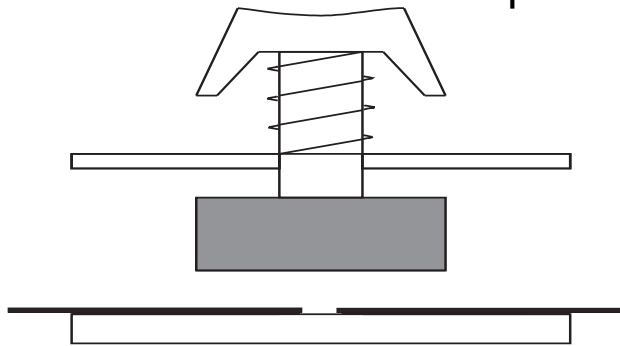
- Odpor v sepnutém stavu  $r_{on}$
- Rušivé napětí vzniklé na sepnutém spínači  $u_{on}$
- Vodivost (svod) v rozpojeném stavu  $g_{off}$
- Rušivý proud vytvořený rozpojeným spínačem  $i_{off}$
- Izolace vůči okolí (dalším spínačům)
- Způsob ovládání
  - mechanické
  - elektromagnetické
  - elektrické
- Vliv řídicího obvodu na spínaný obvod
- Rychlost sepnutí a rozpojení.

## Mechanický spínač

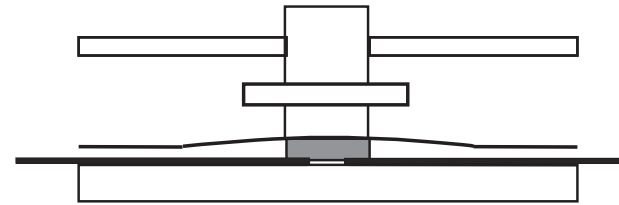
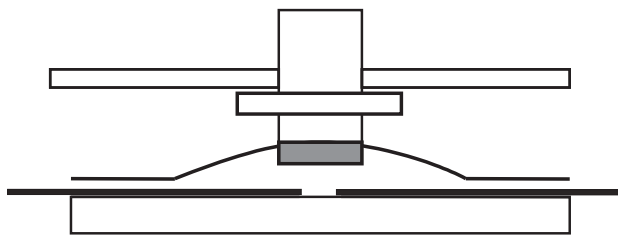
- Odpor v sepnutém stavu  $r_{on}$  může být v řádu tisícín ohmu – záleží na materiálu kontaktů a na stavu jejich povrchu.
- Rušivé napětí na sepnutém spínači  $u_{on}$  vzniká převážně termoelektrickým jevem, pokud spoje mezi různými materiály nemají shodnou teplotu
- Vodivost v rozpojeném stavu  $g_{off}$  závisí na konstrukci a kvalitě povrchu materiálu, na kterém jsou kontakty namontovány. Může dosahovat zlomků mikrosiemens
- Rušivý proud vytvořený rozpojeným spínačem  $i_{off} \approx 0$
- Izolace vůči okolí (dalším spínačům) závisí na konstrukci a použitých materiálech. Většinou je působení okolních elektrických obvodů zanedbatelné
- Rychlost sepnutí a rozpojení závisí na setrvačných hmotách kontaktů a mechanické konstrukci. Bývá v řádu milisekund až sekund.

# Spínače

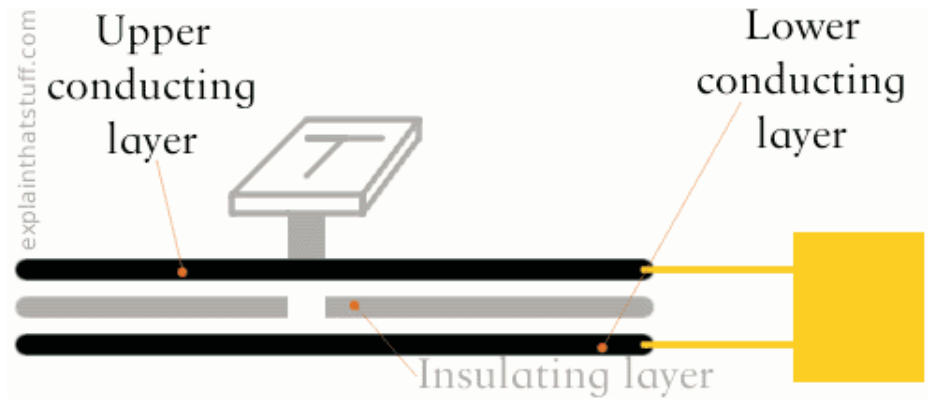
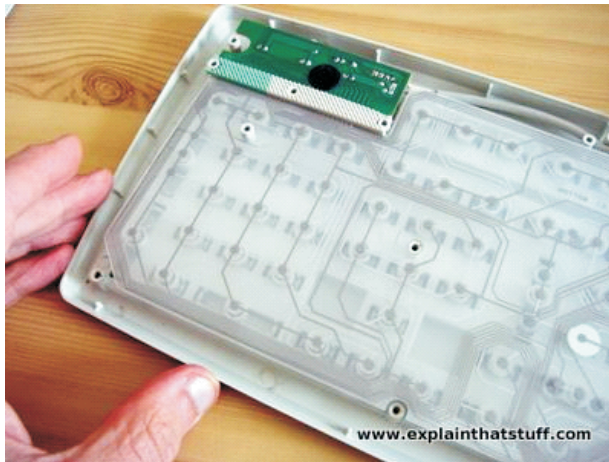
pruzny kontakt



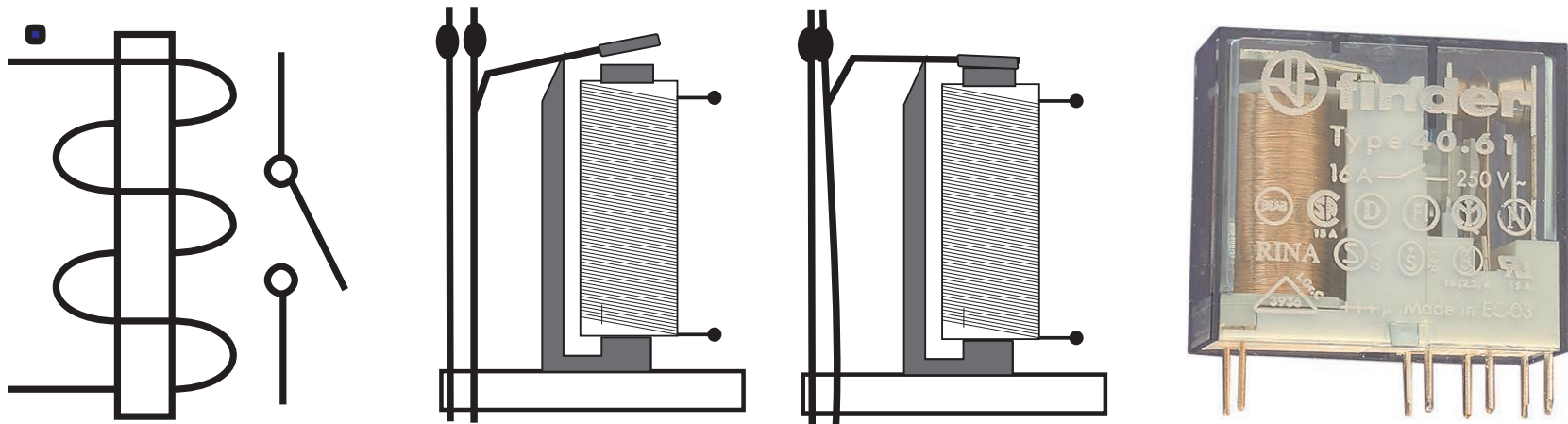
membrána



## Klavesnice počítače



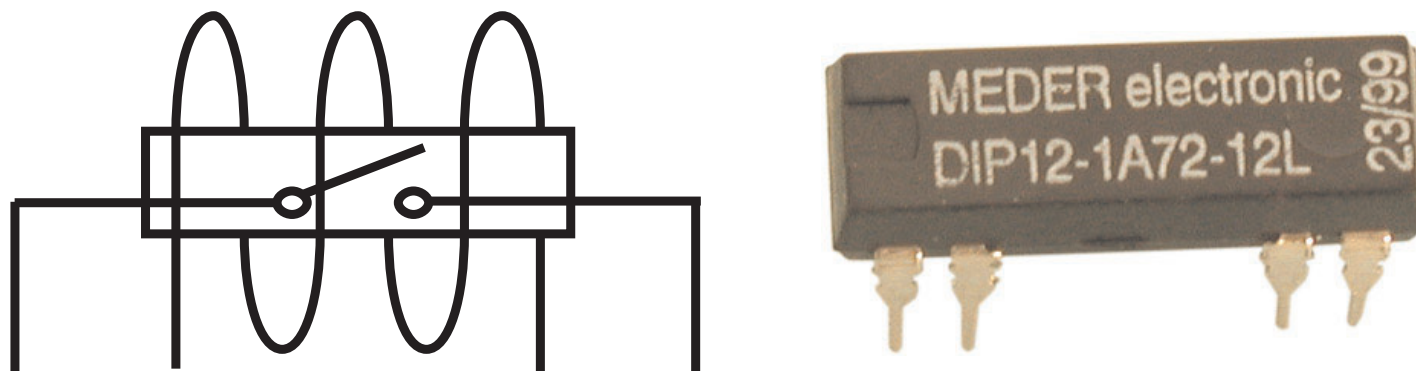
## Elektromagnetické relé



Rychlost spínání a vypínání je určována dvěma zpožďujícími činiteli –  
přechodným dějem ve vinutí cívky a setrvačnými hmotami kotvy a pérového  
svazku.

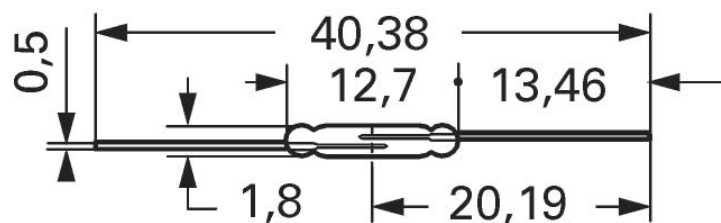


## Jazýčkové relé

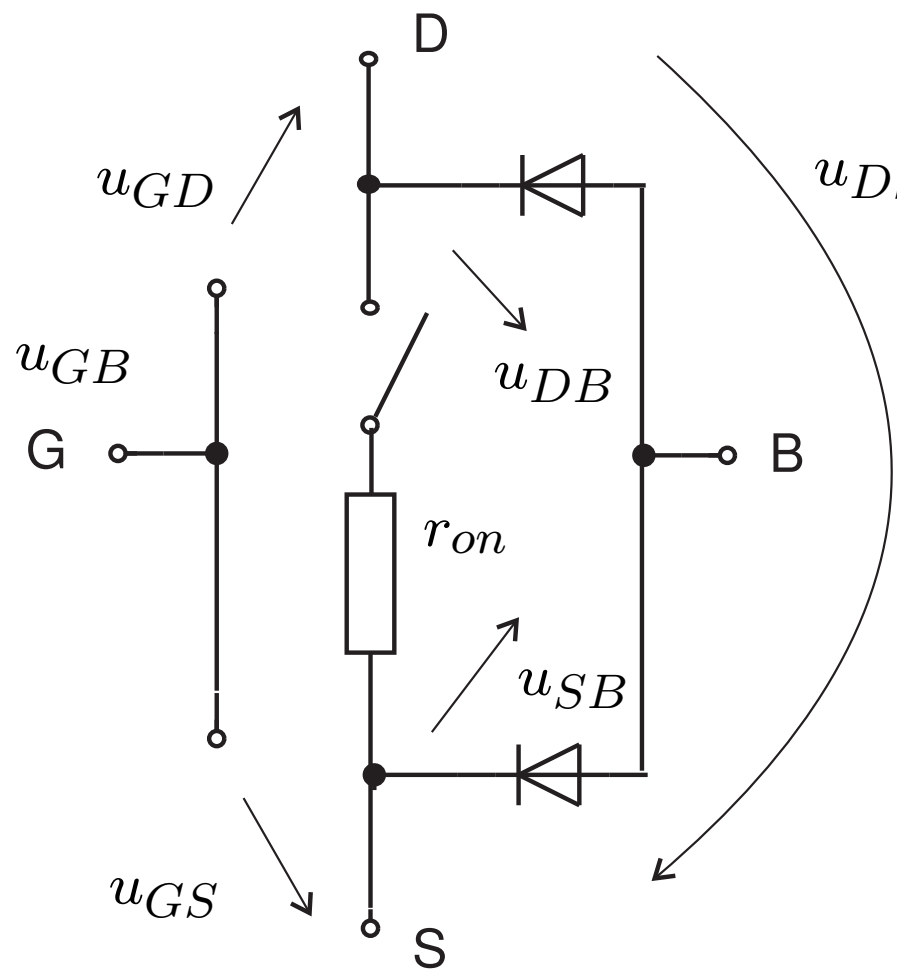


Rychlá jazýčková relé dosahují spínací a vypínací doby v řádu desetin až jednotek milisekund.

Samotný jazýčkový kontakt lze také spínat permanentním magnetem. Může pak sloužit jako indikátor polohy (koncový spínač) a indikátor pohybu.



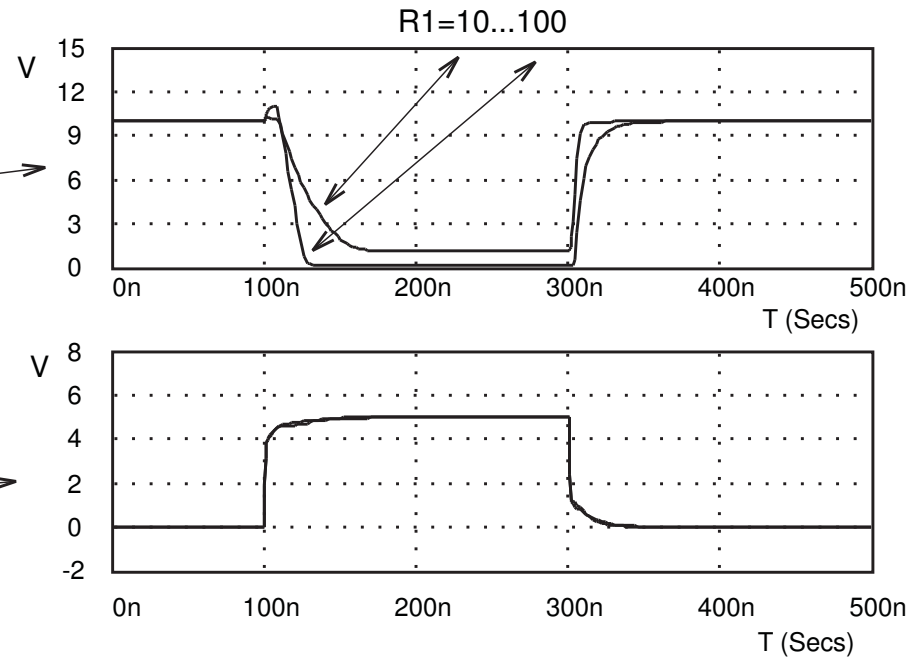
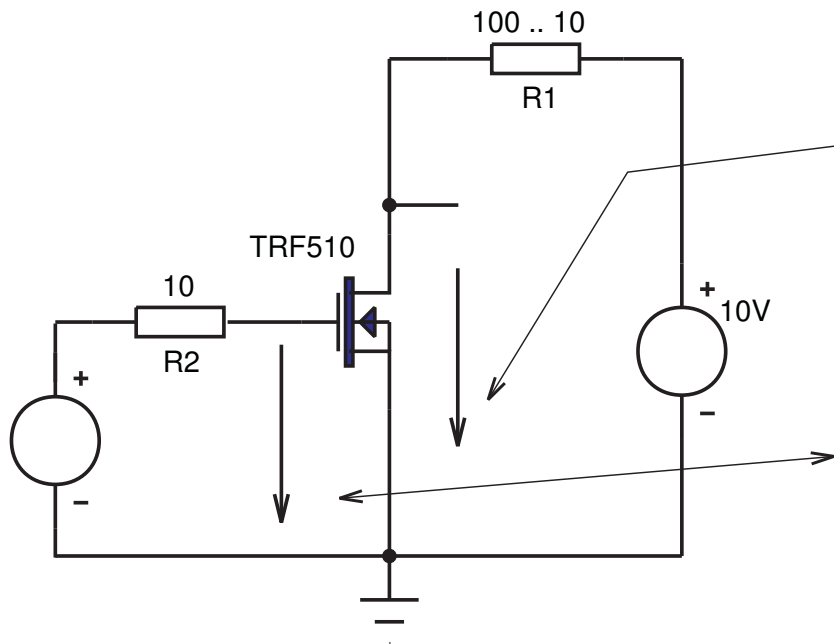
# FET jako spínač



- $r_{on}$  může být v řádu desetin i setin ohmu – používají se i spínače s odporem v sepnutém stavu v řádu desítek ohmů
- rušivé napětí vzniklé na sepnutém spínači  $u_{on}$  je v ustáleném stavu nulové – rušit může kapacitní vazba mezi řídicí elektrodou a kanálem
- $r_{off} = 1/g_{off}$  řádu stovek megaohmů
- $i_{off} = 0$  – kapacitní vliv podobně jako u  $u_{on}$
- Izolace vůči okolí (dalším spínačům) – bezpečně uzavřené diody S-B a D-B
- řízení napětím elektrody G vůči substrátu B – k ovládní není potřeba proud
- rychlost sepnutí a rozpojení – významnou roli hraje přechodný děj, při kterém se nabíjí a vybíjí kapacita řídicí elektrody.

Např. spínací MOSFET IRF450 spíná proud max. 12 A (odpor sepnutého spínače je 0,4  $\Omega$ ). Na rozpojeném spínači může být až 500 V, vstupní kapacita je 2,7 nF a čas sepnutí a vypnutí cca 200 ns. V logických členech CMOS je odpor sepnutého spínače v řádu desítek ohmů a časy sepnutí v jednotkách až desetinách nano-sekundy.

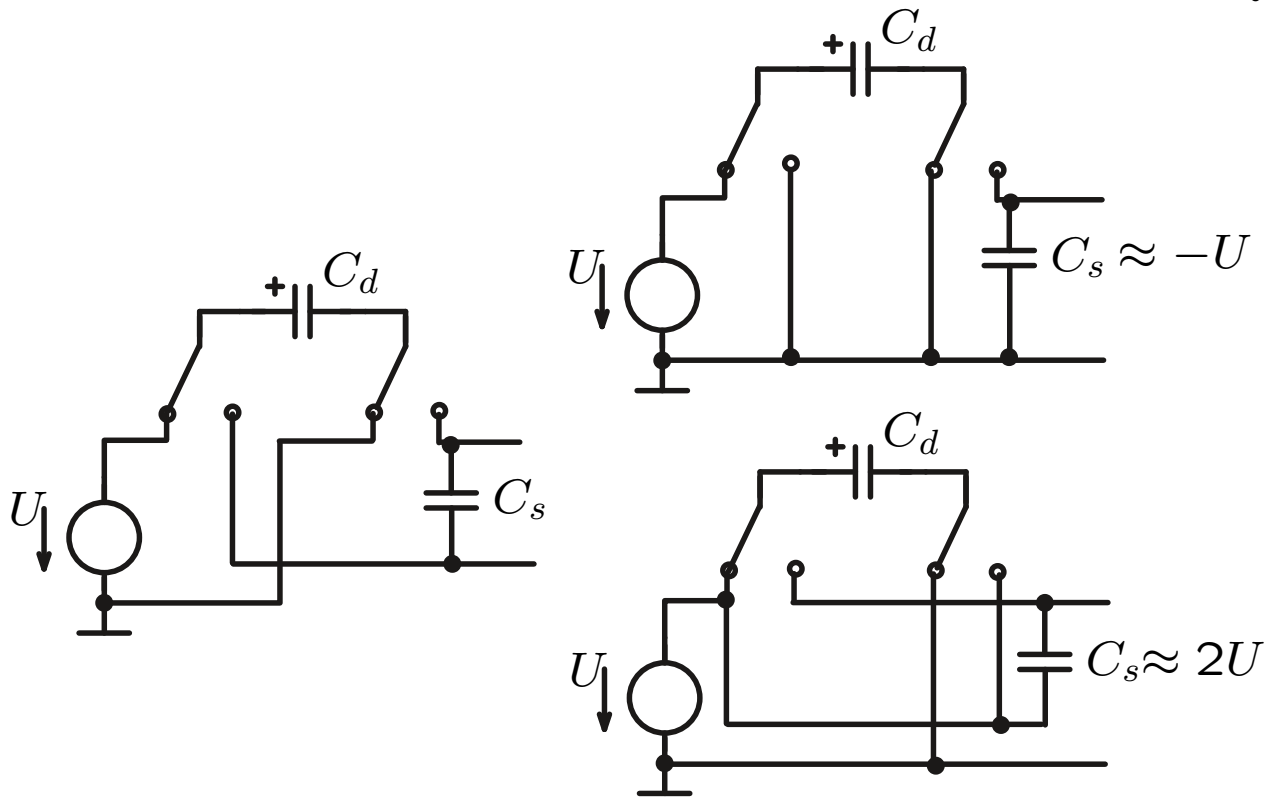
# Spínání MOS FETem



## Využití elektronických spínačů

- Měníče napětí – nábojové pumpy a induktorové měniče DC/DC
- Spínané zdroje – nabíječky akumulátorů, napájení počítačů a laboratorních přístrojů
- Integrované logické členy pro řídicí a výpočetní techniku
- Integrované obvody se spínanými kapacitami a spínanými proudy

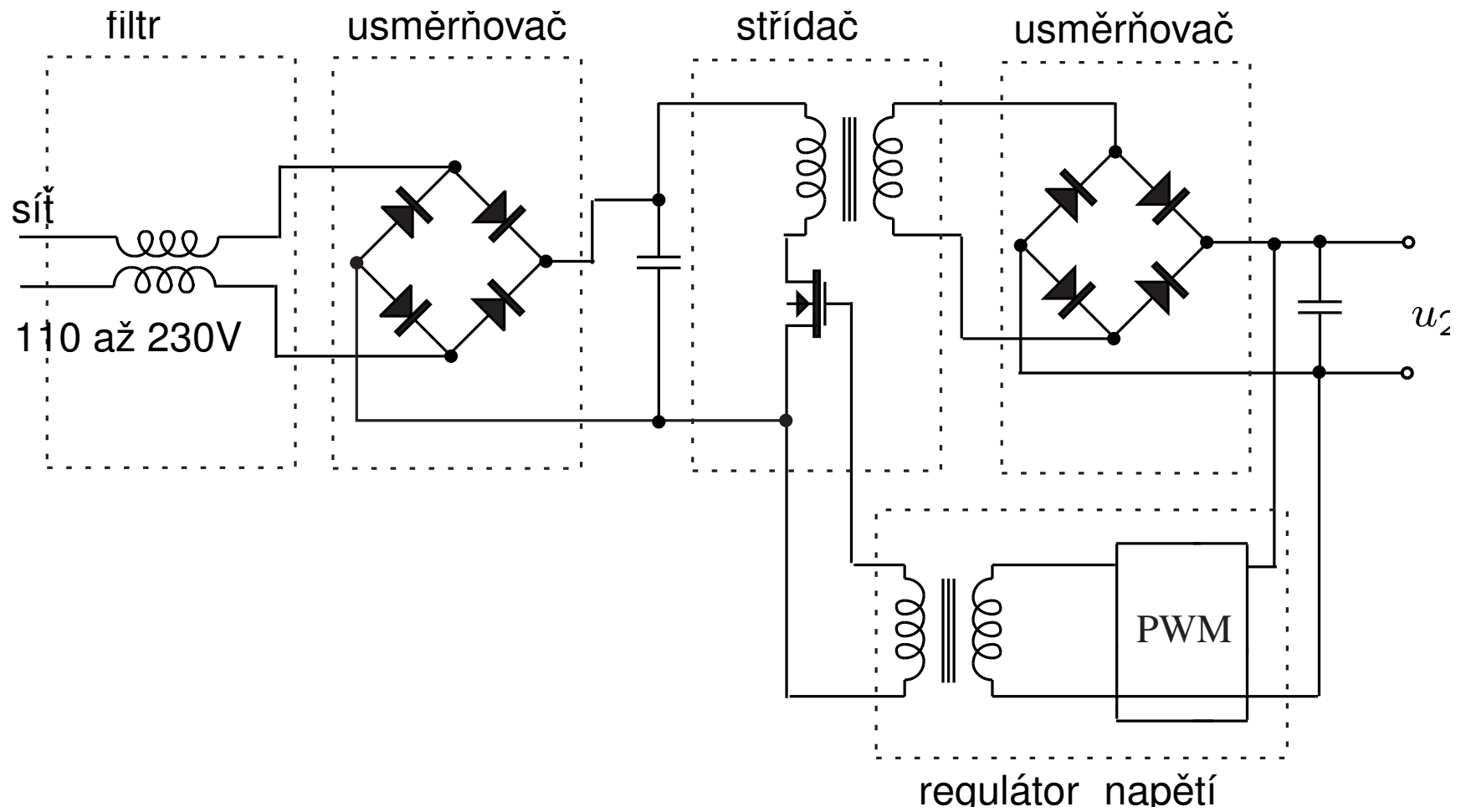
## Měníče napětí s nábojovou pumpou



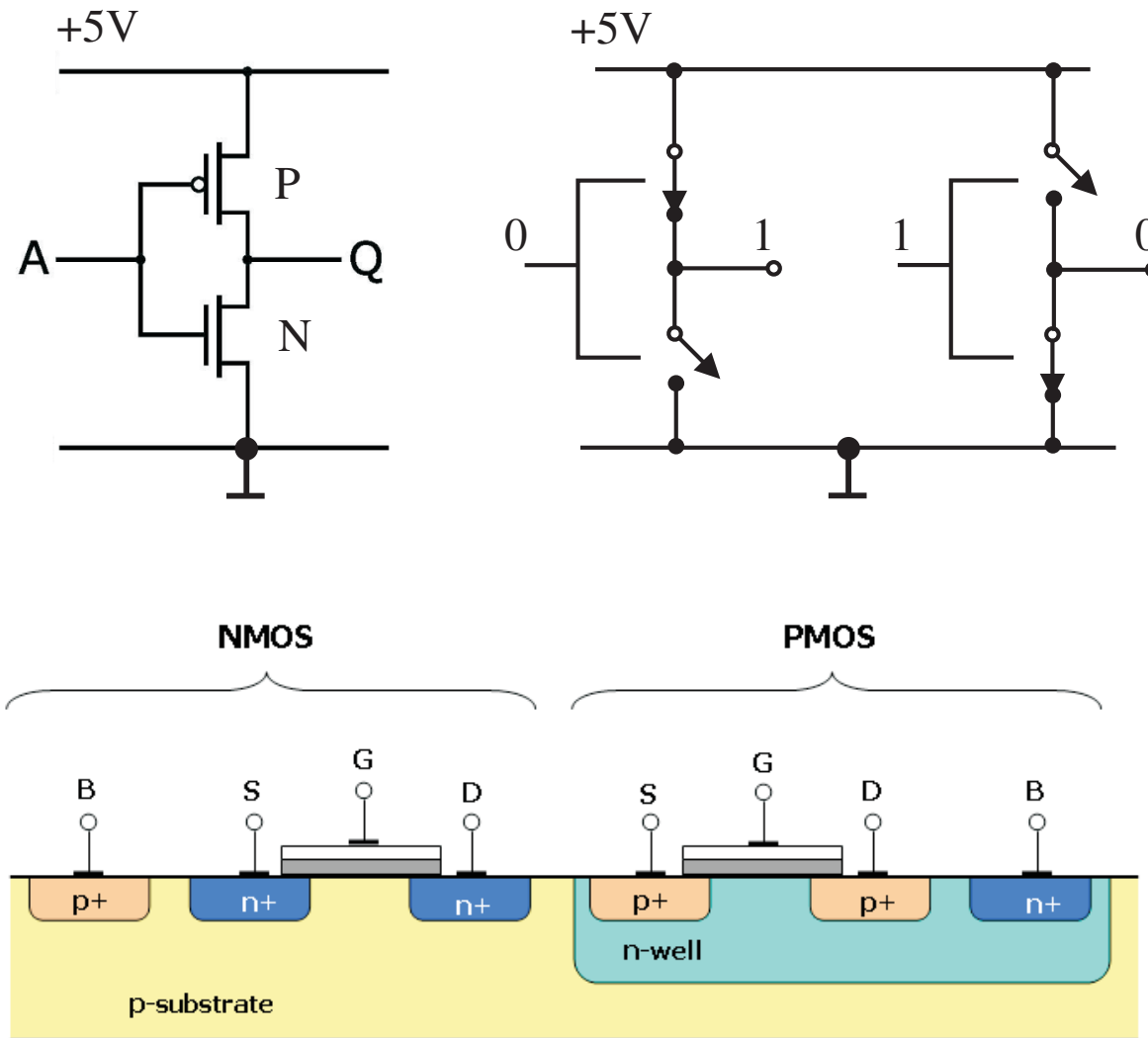
$$Q_1 = C_d U$$

$$u_2[n + 1] = u_2[n] + \frac{C_d}{C_d + C_s} (U - u_2[n])$$

# Spínaný zdroj napětí - principiální zapojení

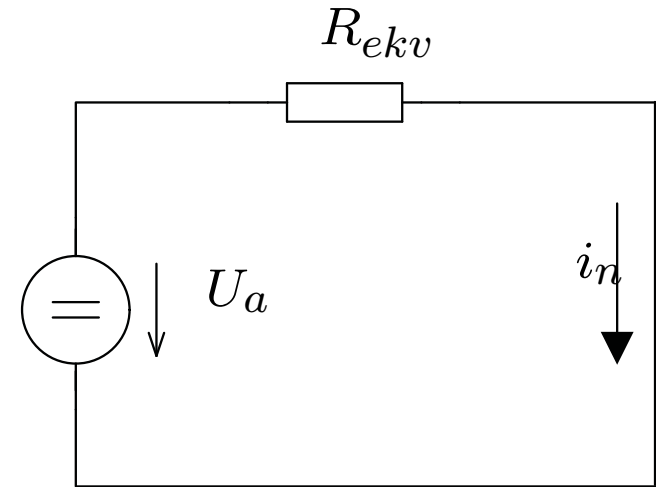
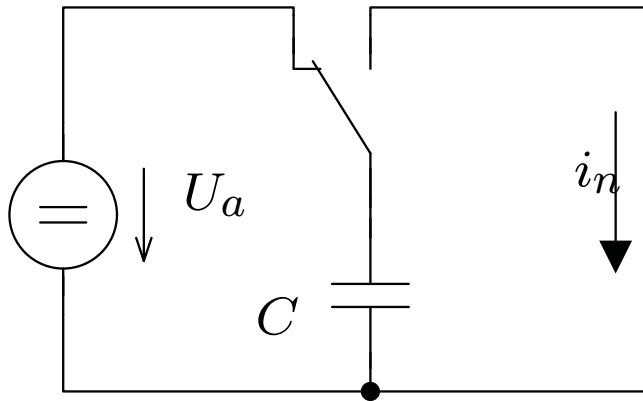


# CMOS – struktura invertoru logických stavů





## Obvody s přepínanými kapacitami



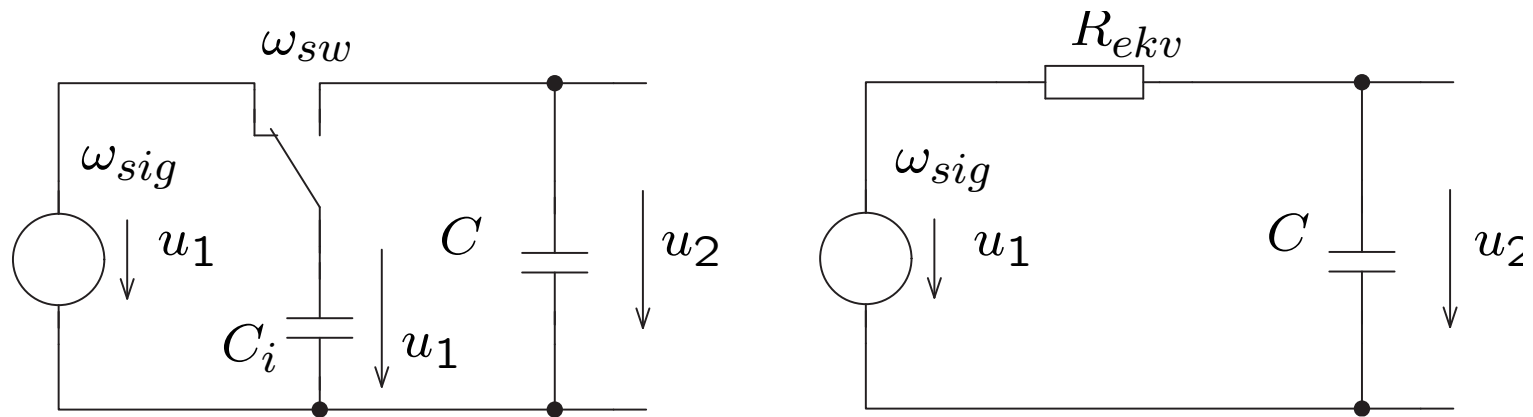
$$Q_n = CU_a$$

$$CU_a = i_n T$$

$$U_a / i_n = T / C$$

$$R_{ekv} = \frac{1}{fC}$$

# Integrační obvod se spínaným kondenzátorem v harmonickém ustáleném stavu



$$u_1 = U_1 \sin(\omega_{sig} t) \quad \omega_{sig} \ll \omega_{sw}$$

