

Tranzistor – spínač, vypínání a spínání L, C zátěže

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA A STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA DOPRAVNÍ
PRAHA 1, MASNÁ 18



1.1 Statické vlastnosti tranzistorového spínače

- jsou odvozeny z **výstupní charakteristiky**

- **nejedná se o ideální** spínač, protože

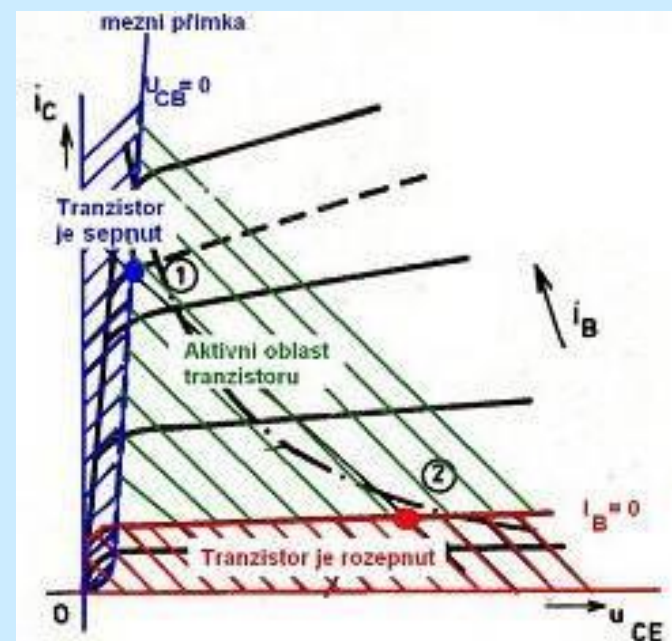
v sepnutém stavu, bod „1“ je na tranzistoru

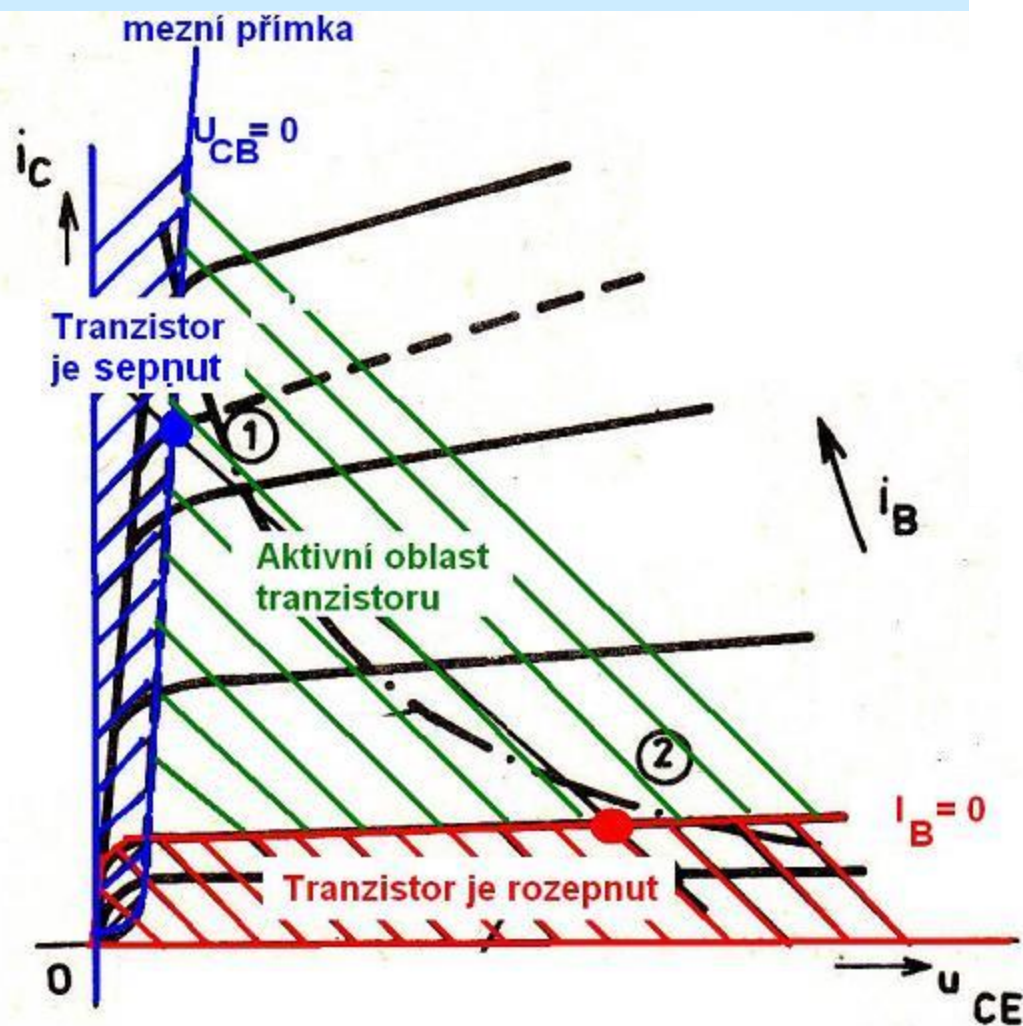
úbytek napětí $U_{CEsat} = U_{BEsat} = 0,6 \text{ V}$

při sycení $s = 1$

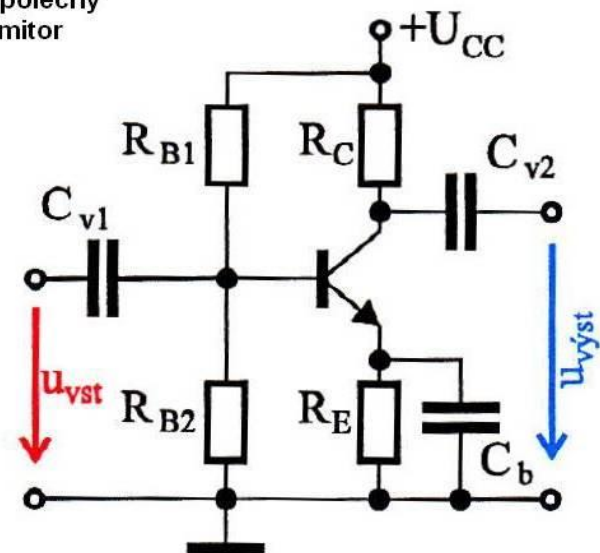
v rozepnutém stavu, bod „2“ protéká tranzistorem

zbytkový proud $I_{CE0} = \mu\text{A}$





Společný
emitor



2 Spínání a vypínání indukativní zátěže v kolektoru tranzistoru

- rozlišujeme dva stavy

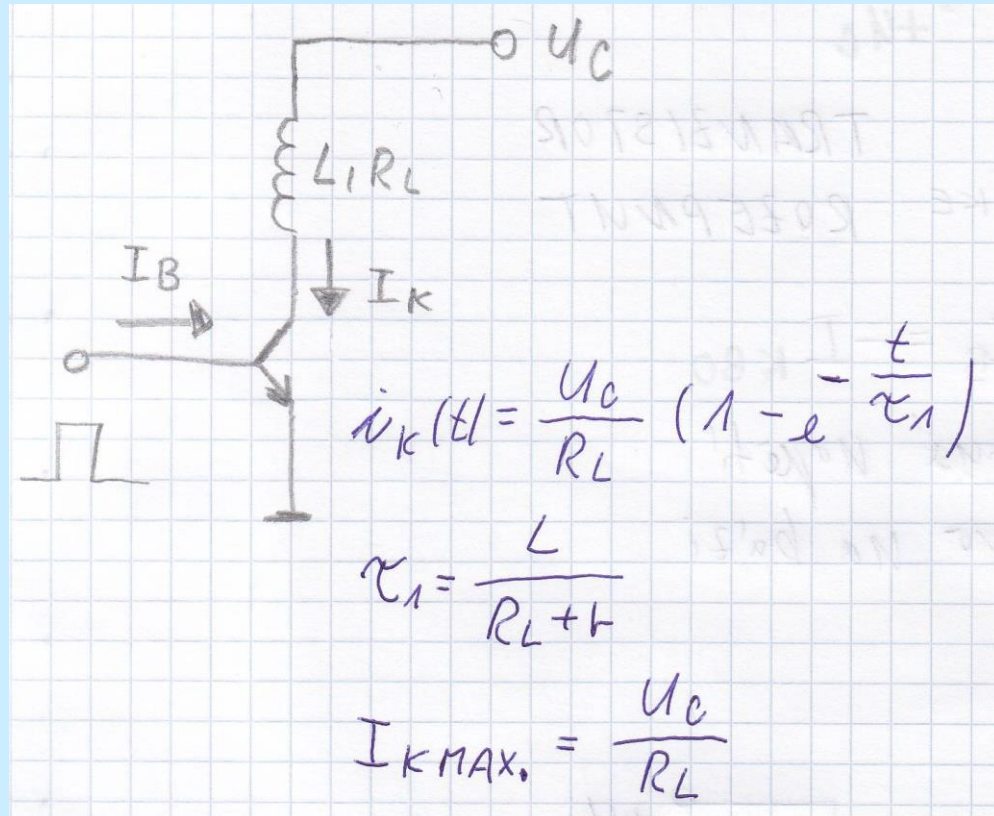
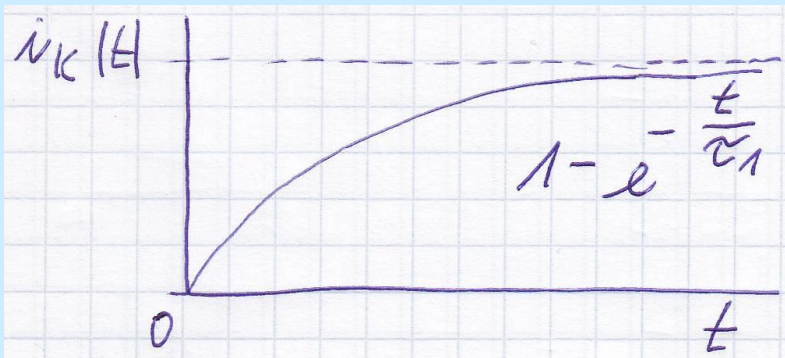
spínání indukativní zátěže OK

vypínání indukativní zátěže OCHRANA

2.1 Spínání indukční zátěže v kolektoru tranzistoru OK

označení

- r označuje diferenciální odpor tranzistoru v sepnutém stavu, oblast nasycení výstupní charakteristiky ($r = 0$)
- bude-li spínáno relé místo L , spínací proud relé $I_{S \text{ relé}}$ musí být $I_{S \text{ relé}} < I_{K \text{ MAX.}}$.

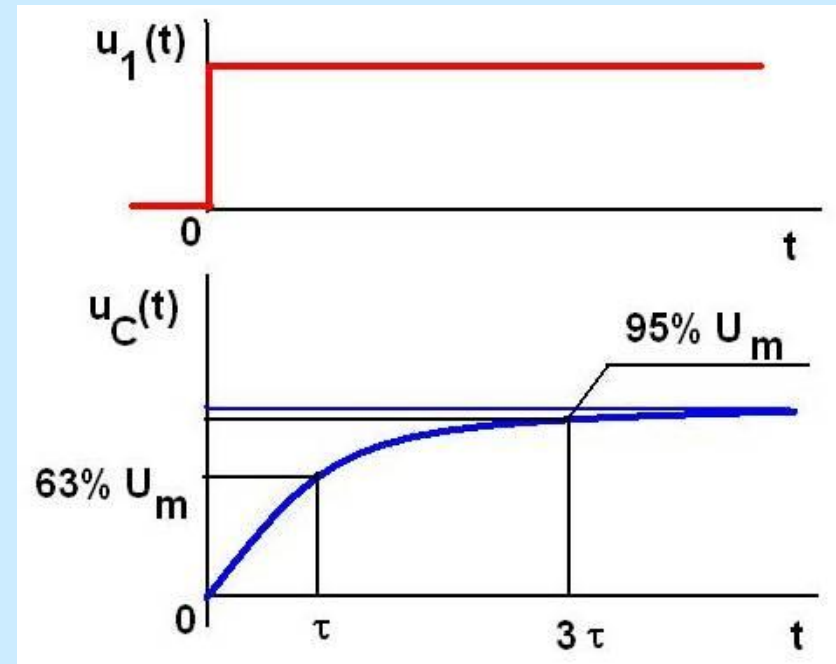
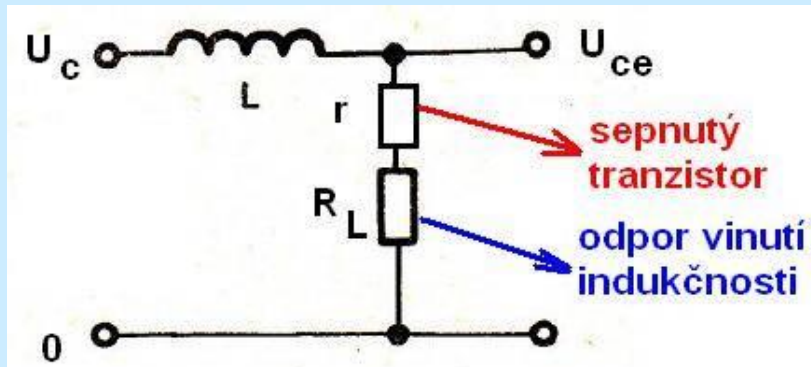


- spínání indukivní zátěže představuje

integrační RL obvod

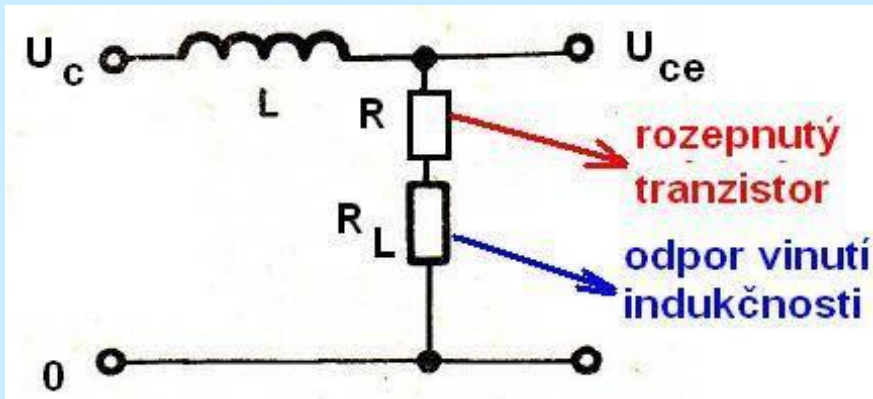
kde, při spínání L zátěže $\tau = L / (R_L + r)$

$$u_o(t) = U_M(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$



2.2 Vypínání indukivní zátěže v kolektoru tranzistoru OCHRANA

- rychlý pokles $i_K(t)$ **indukuje** napětí na kolektoru tranzistoru $U_{KE\ MAX}$
- napětí $U_{KE\ MAX} + U_C > U_{KE\ DOV}$
a může **zničit NAPĚŤOVĚ tranzistor**
- proto je nutná **ochrana** kolektorového obvodu, aby **nebylo překročeno dovolené** max. napětí na kolektoru



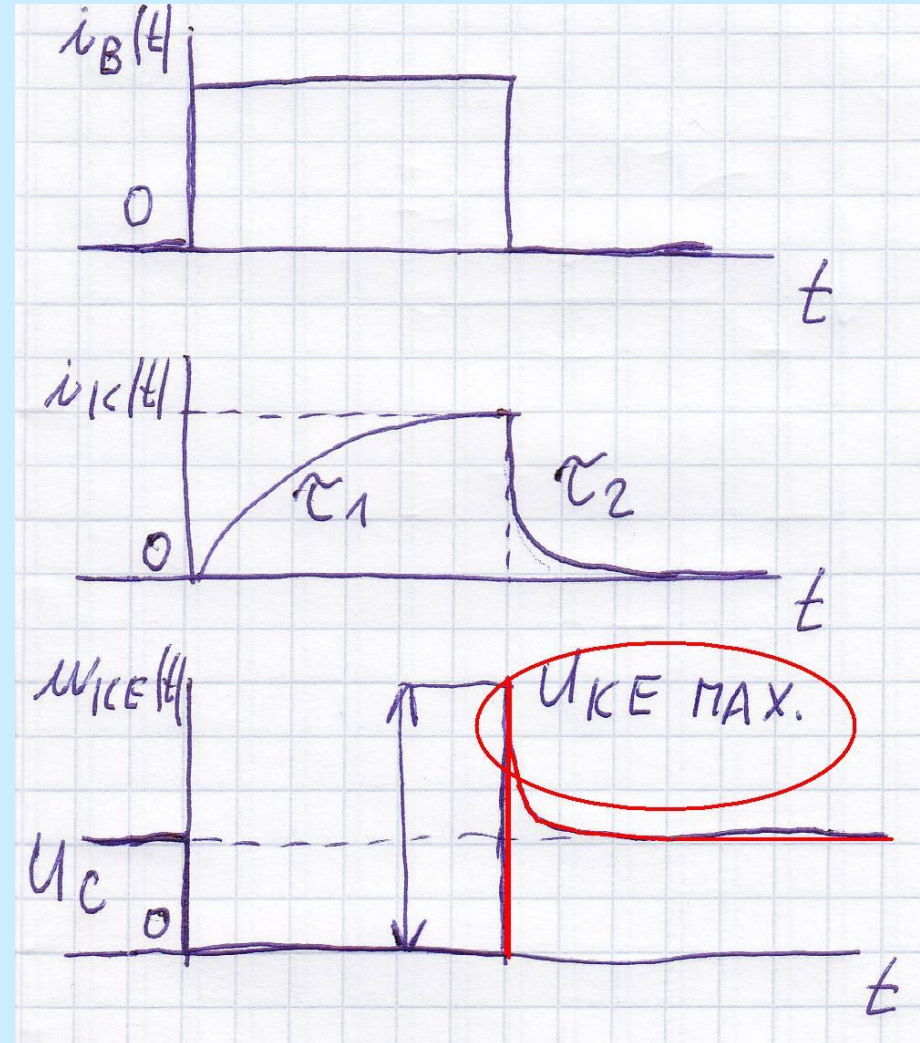
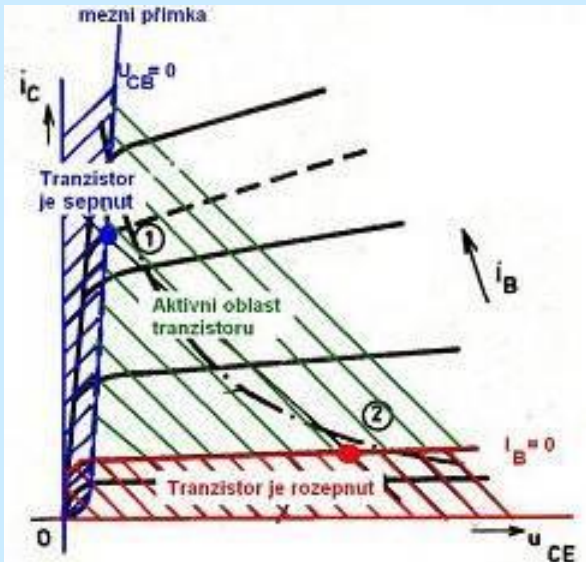
$$i_K(t) = \frac{U_c}{R_L} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_2}}$$
$$\tau_2 = \frac{L}{R_L + R}$$
$$R \gg L \Rightarrow \tau_1 \gg \tau_2$$

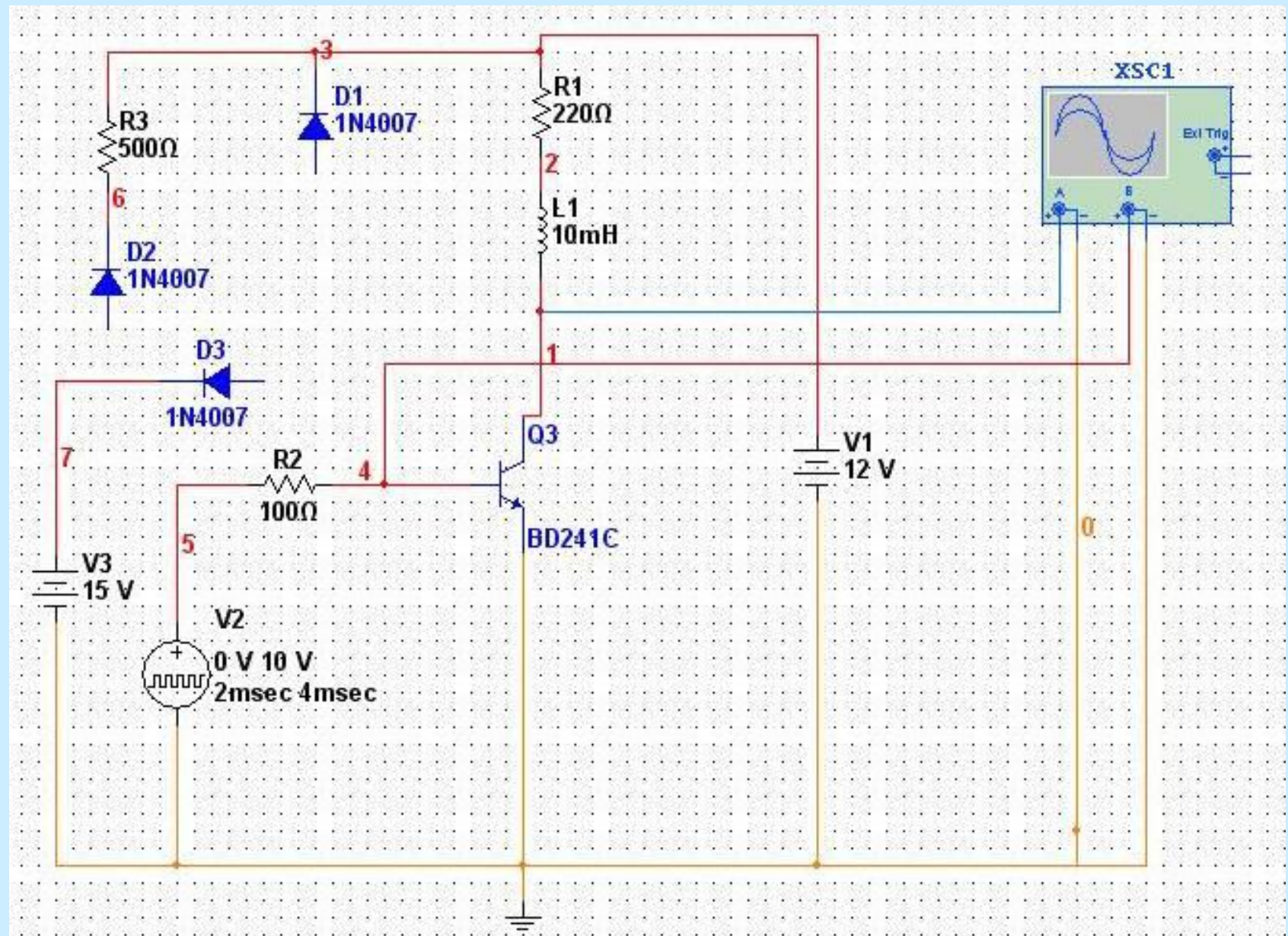
- označení **R** je diferenciální odpor tranzistoru v oblasti závěrné (tranzistor je sepnut), $R = \text{nekonečně velký}$

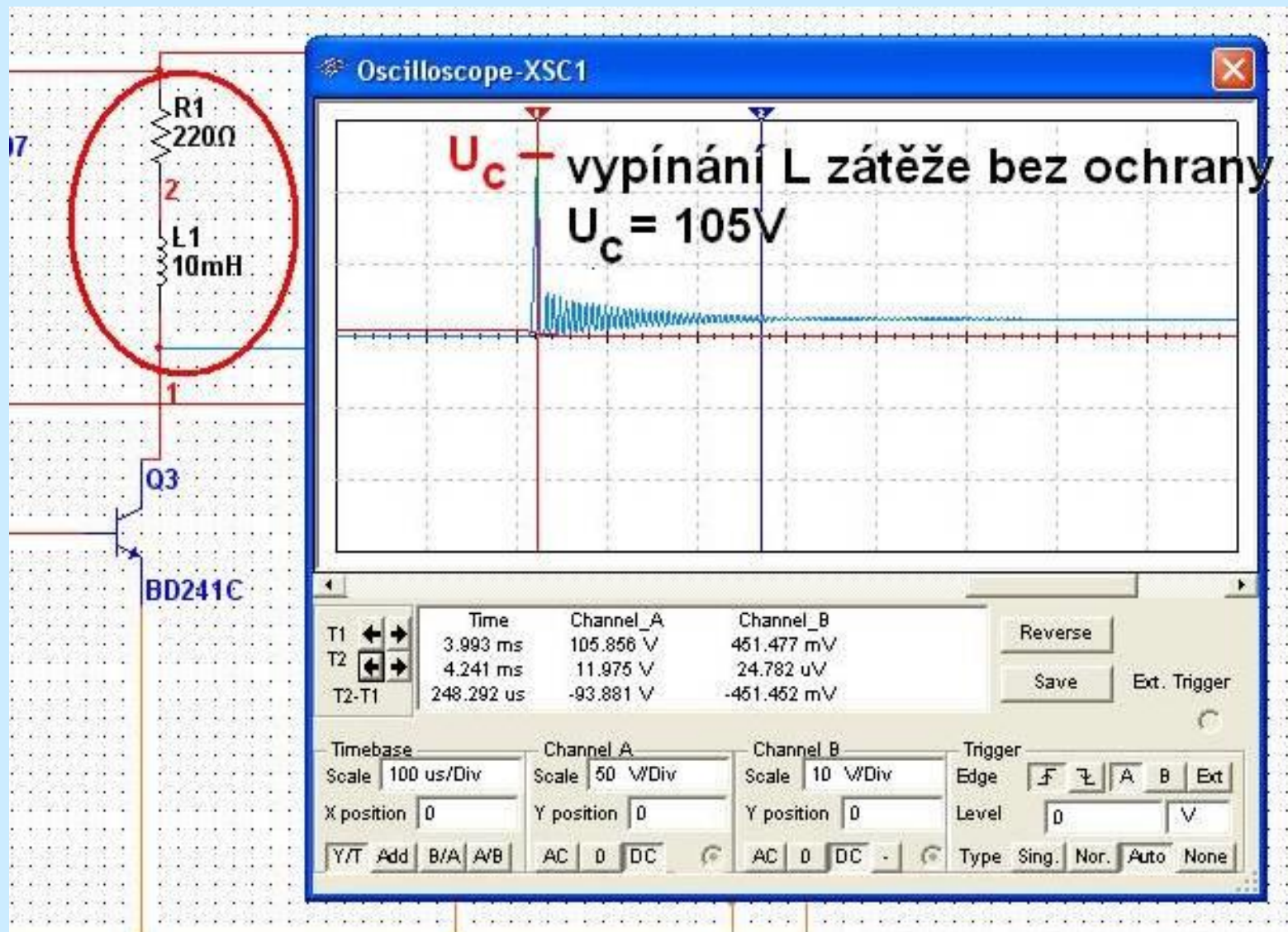
$$i_{K(t)} = \frac{U_C}{R_L} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_2}}$$

$$\tau_2 = \frac{L}{R_L + R}$$

$$R \gg L \Rightarrow \tau_1 \gg \tau_2$$

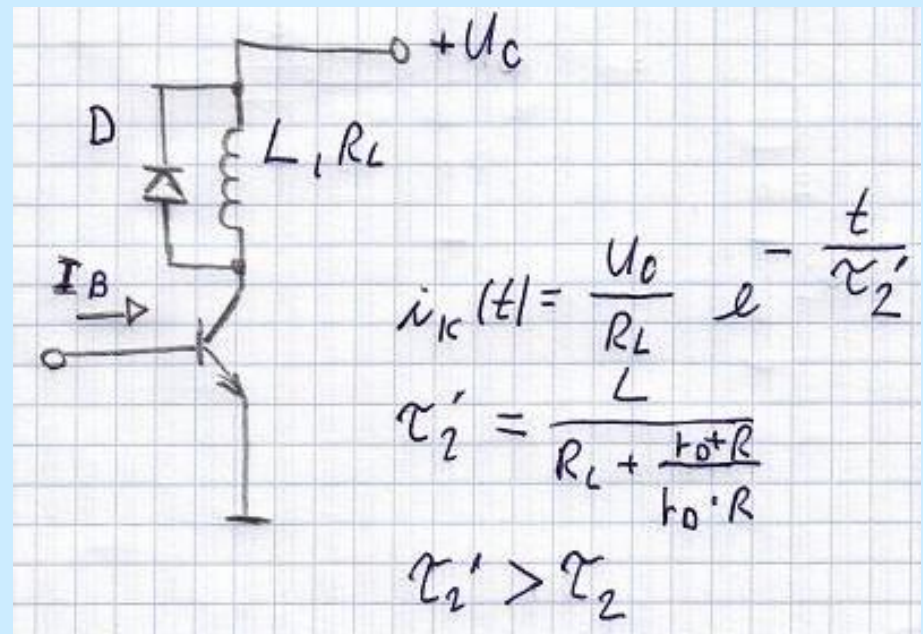
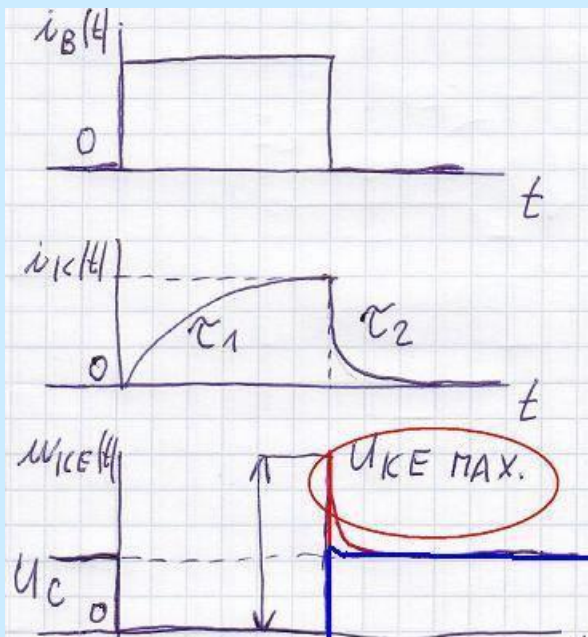


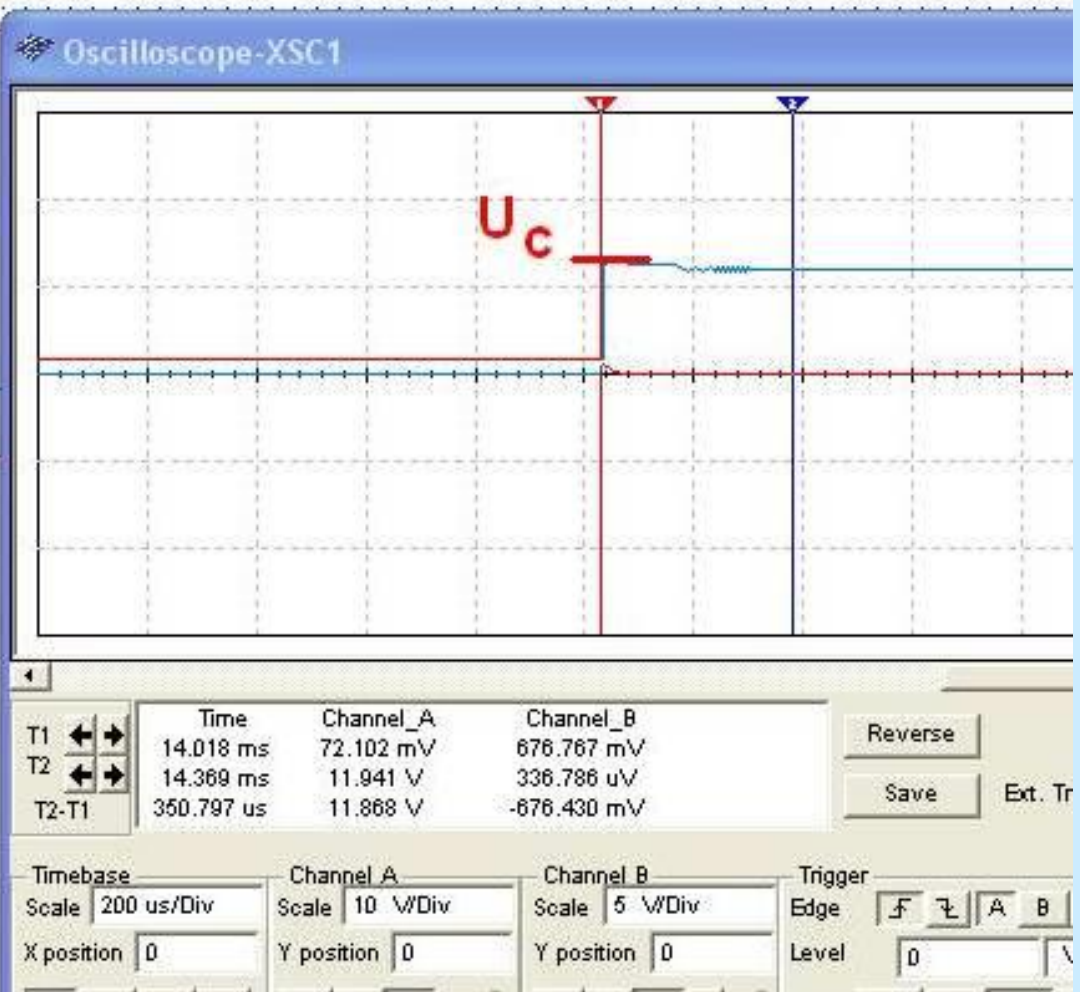
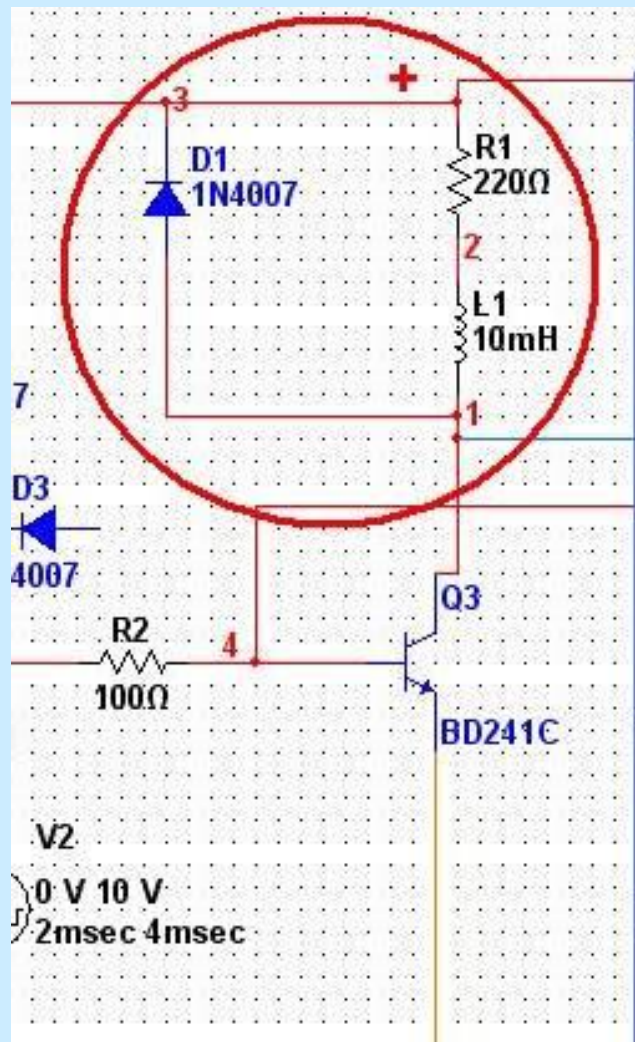




2.2.1 Vypínání L zátěže, ochranná dioda

- dioda **omezí napětí v kolektorovém obvodu** přibližně na hodnotu U_C
- dioda má **záporný vliv na rychlost** vypínání a následné spínání tranzistoru
- označení **r_D je diferenciální** odpor diody v propustném směru
- **dioda omezí** napětí na kolektoru na cca U_C





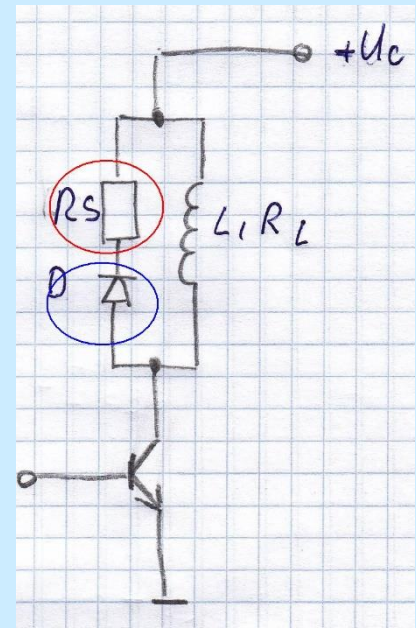
2.2.2 Vypínání L zátěže, ochranná dioda + odpor

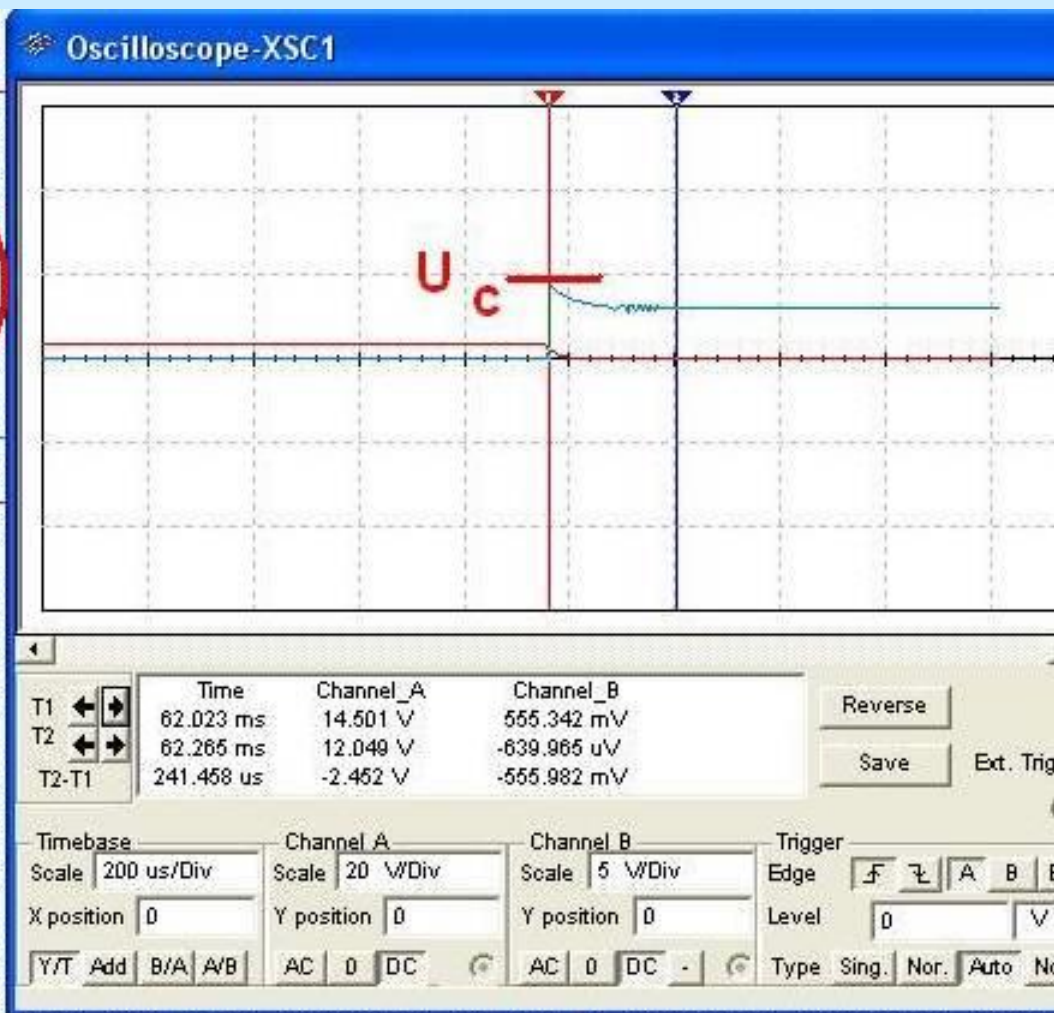
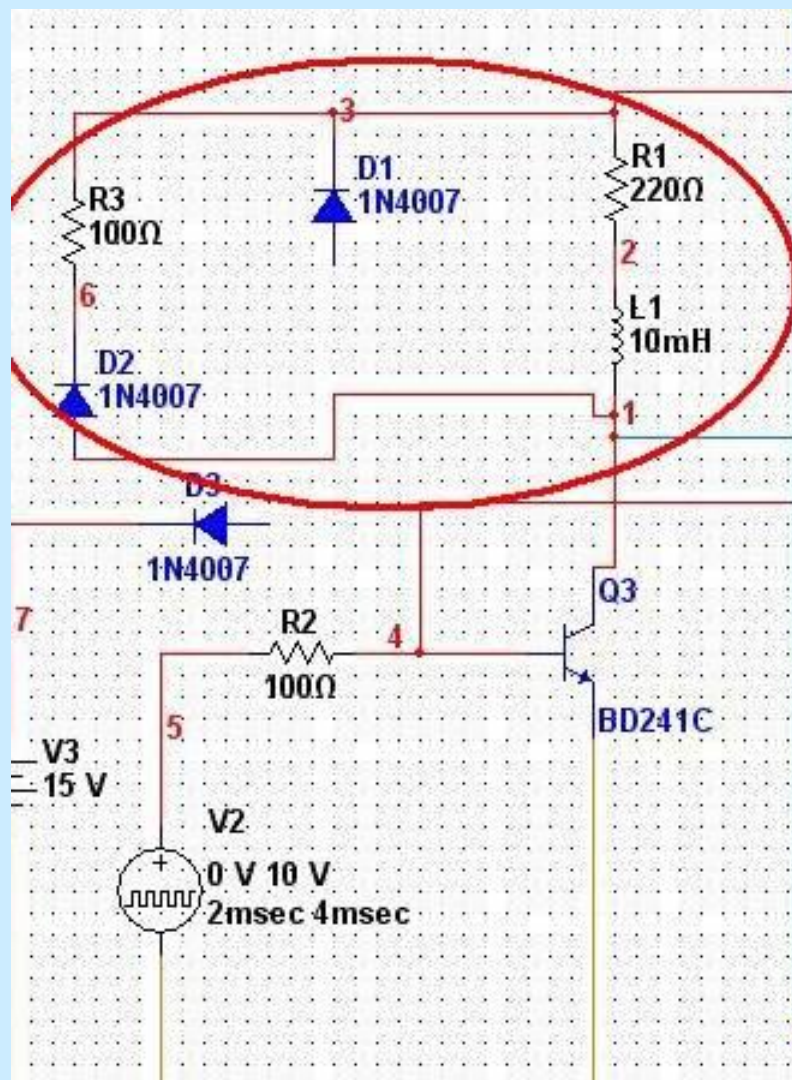
vypínací časová konstanta a její vliv na dynamické parametry spínače

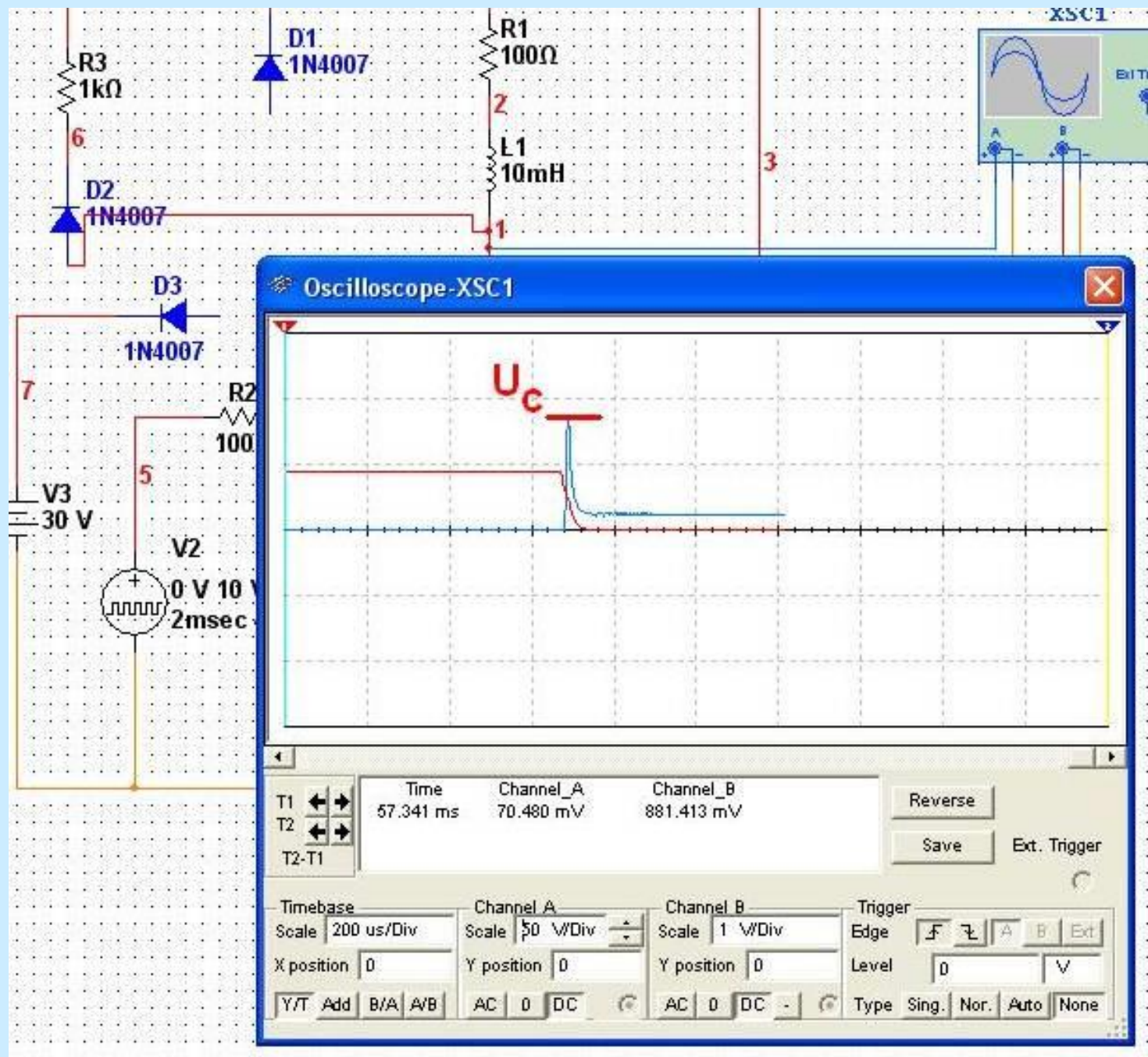
- vypínací časová konstanta τ_2
- vypínací časová konstanta s diodou τ_2'
- vypínací časová konstanta s diodou a odporem R_S τ_3

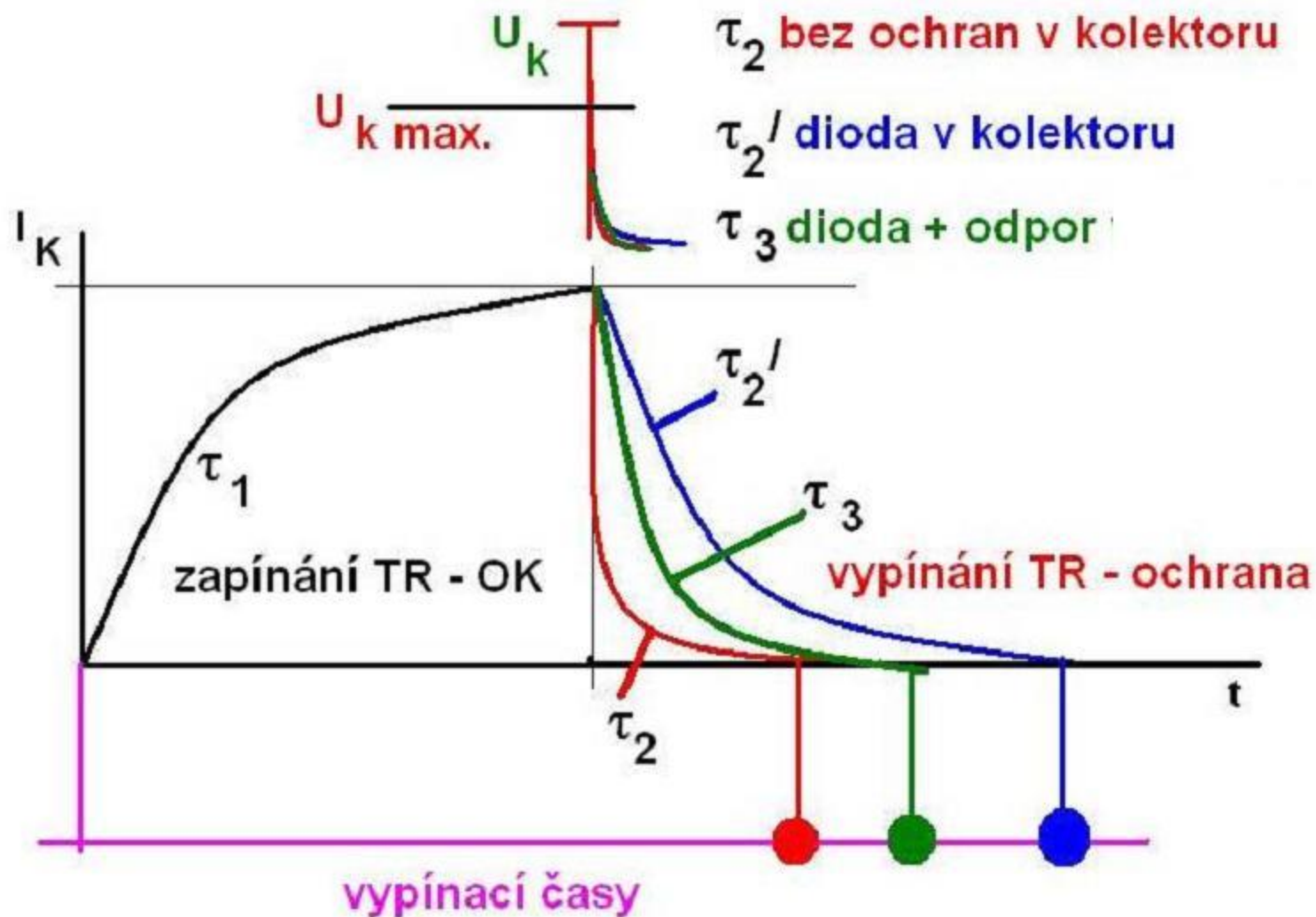
k **zmenšení** časové konstanty τ_2' se k diodě zapojí do série odpor R_S tranzistor rychleji vypne a zlepší se dynamické vlastnosti obvodu

- pro $R_{S\ MAX} = (U_{KE\ DOV} - U_C) / I_K$
- **čím je větší odpor $R_{S\ MAX}$, tím je větší špička napětí (vyšší $U_{KE\ DOV}$)**



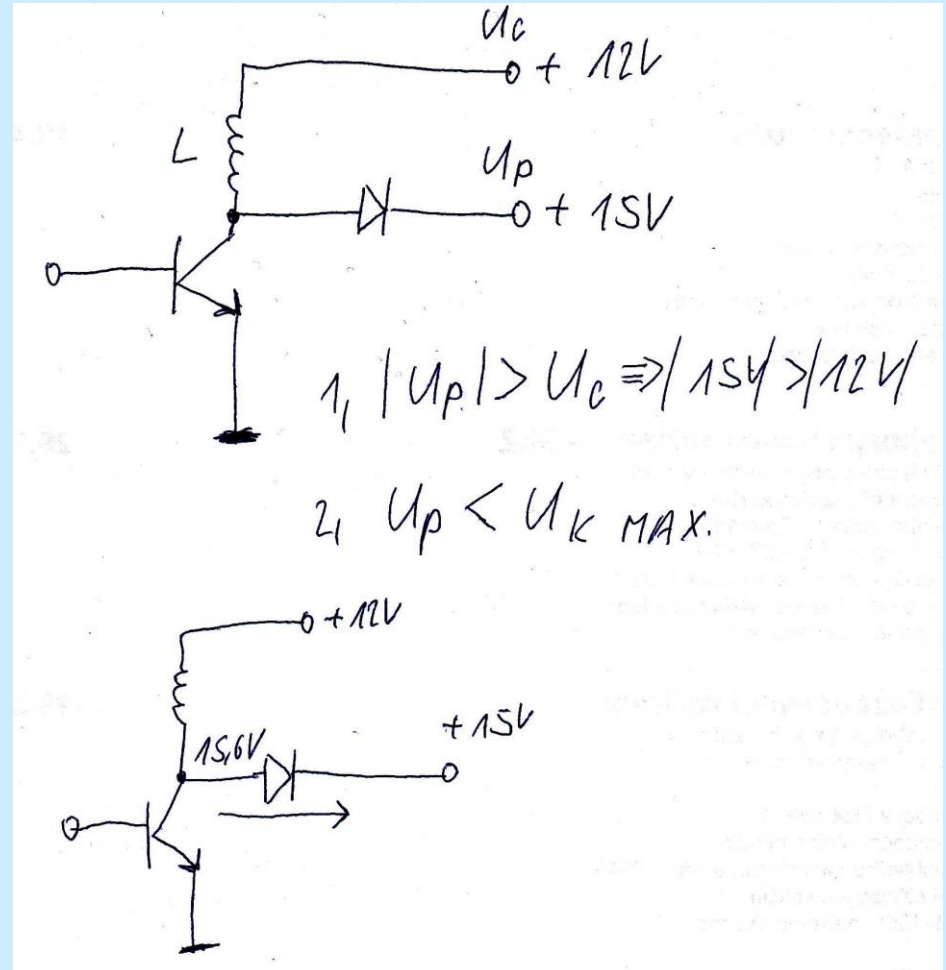


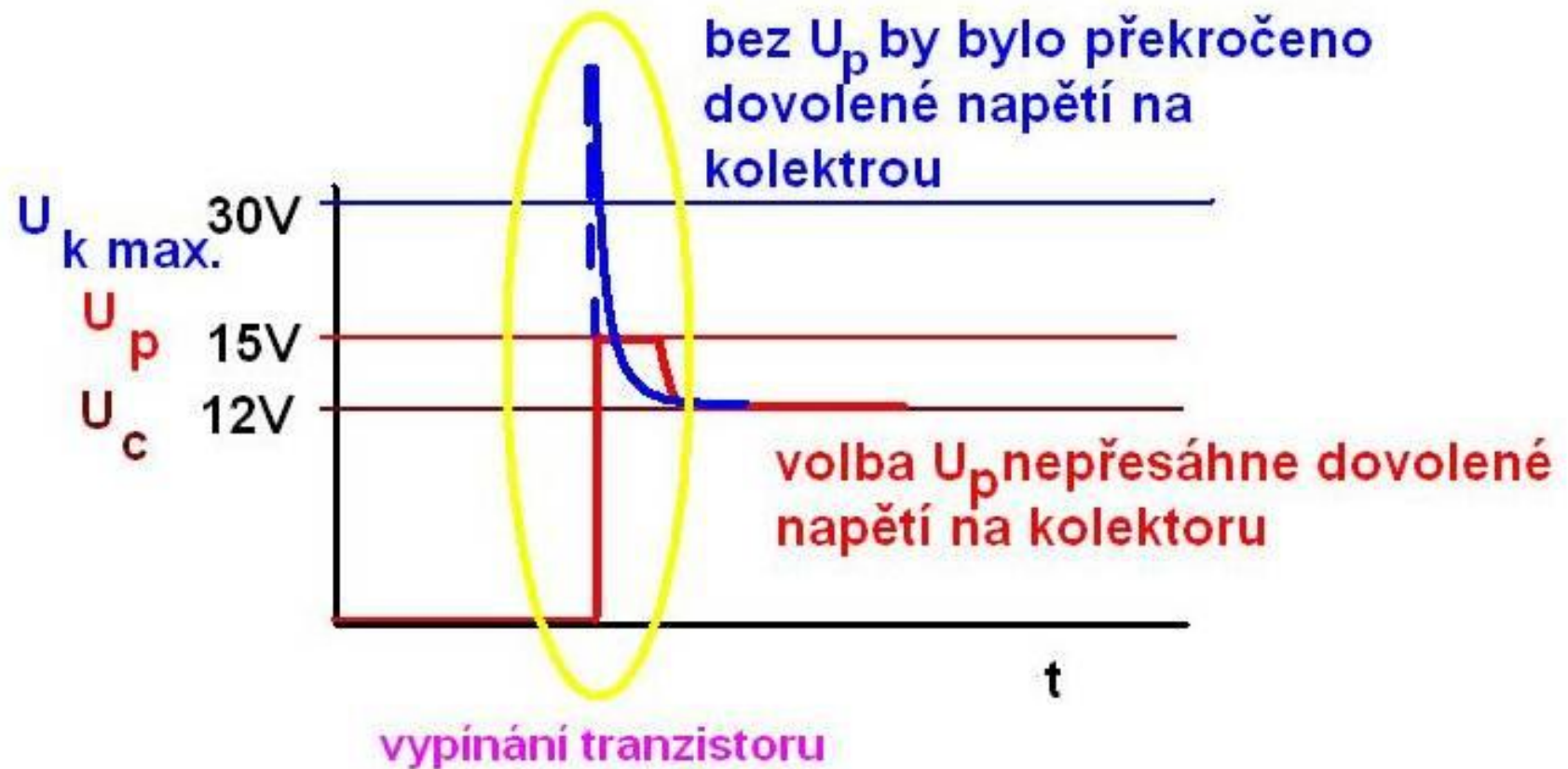


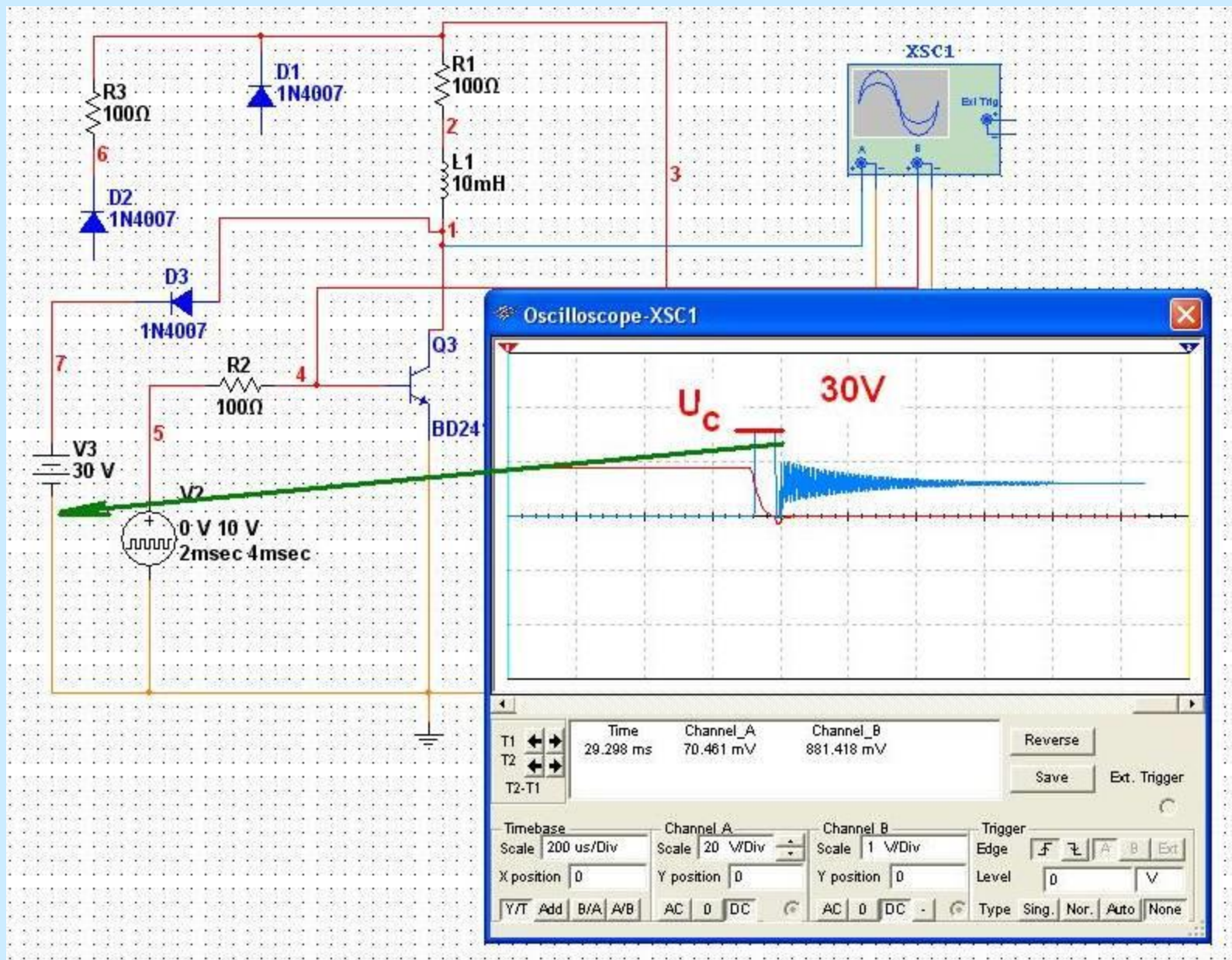


2.2.3 Vypínání L zátěže, ochranná dioda s předpětím

- k omezení napěťové špičky lze použít diodu s předpětím







2.2.4 Příklad – vypínání indukčnosti v kolektorovém obvodu tranzistoru

je dáno odpor indukčnosti $R_L = 220 \, \Omega$
 indukčnost $L = 20 \, \text{mH}$
 napájecí napětí $U_C = 12\text{V}$
 vypínací čas (doba poklesu proudu) $5 \, \mu\text{s}$

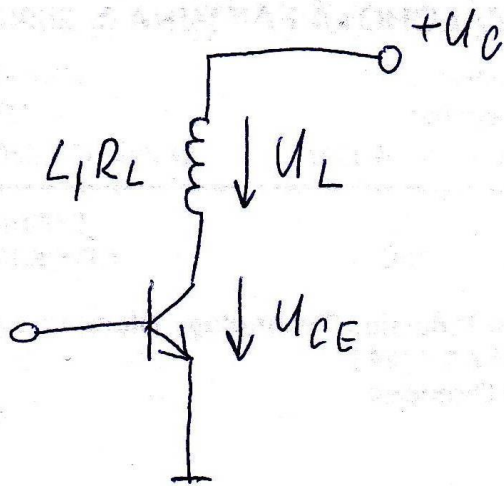
řešení

při vypnutí indukivní zátěže je na zátěži
indukováno napětí

$$u(t) = - d\Phi / dt = - L di / dt$$

$$W = 1/2 L I^2 \, [\text{J}]$$

***Na indukčnosti 1 H se indukuje napětí 1V
rovnoměrnou změnou proudu 1A za 1s.***



$$U_c = U_L + U_{CE}$$

$$U_{CE} = U_c \ominus U_L = \\ = U_c \oplus L \frac{dI}{dt}$$

$$I = \frac{U_c - U_{CE \text{ OPEN}}}{R_L} = \frac{12 - 0,2}{220} = 53,6 \mu A$$

$$U_{CE} = U_{ce} + L \frac{dI}{dt} = 12 + 20 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{53,6 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-6}} = \\ = 226,4 V$$

! překmit napětí $U_{CE} = 226,4 V \gg U_{K \text{ MAX. DOVOLENE'}}$

- závěr příkladu
 - napětí na kolektoru $U = 226,4V$ je vyšší než dovolené napětí (cca 50V) a zničí se tranzistor
 - proto se k indukčnosti L připojí ochranná dioda, ve funkci **omezovače napětí**
 - po rozepnutí tranzistoru „převezme“ dioda proud I (z příkladu $I = 53,6 \text{ mA}$), který postupně vlivem ztrát v obvodu „ R_L - dioda“ klesne na nulu

Konec, děkuji za pozornost.