

# Výkonové spínací tranzistory

Ján Mikláš,  
vedúci práce: doc. Dr. Ing. Miroslav Patočka

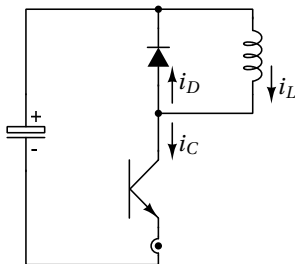
Jún 2016

# Obsah

<b>1</b>	<b>Vytýčené ciele</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Meranie</b>	<b>4</b>
2.1	Metóda - double-shot . . . . .	4
2.2	Meracie pracovisko . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Model <math>g_{CE}(t)</math></b>	<b>6</b>
3.1	Aproximácia $g_{CE}(t)$ analytickou funkciou . . . . .	7
3.2	Vplyv parazitných prvkov - indukčnosť . . . . .	8
3.3	Vplyv parazitných prvkov - kapacita . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Výsledky meraní a simulácii</b>	<b>10</b>
	<b>Záver</b>	<b>18</b>
<b>A</b>	<b>Obvodová schéma budiča výkonových tranzistorov</b>	<b>21</b>
<b>B</b>	<b>Obvodová schéma budiča generátora impulzov</b>	<b>22</b>

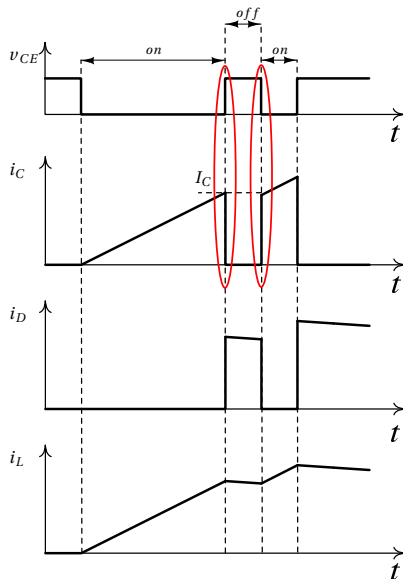
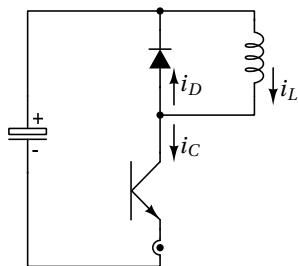
# 1 Vytýčené ciele

- Dôveryhodné meranie spínacích priebehov na tranzistorovom spínači
- Model  $g_{CE}(t)$  - zostavenie, overenie, simulácie

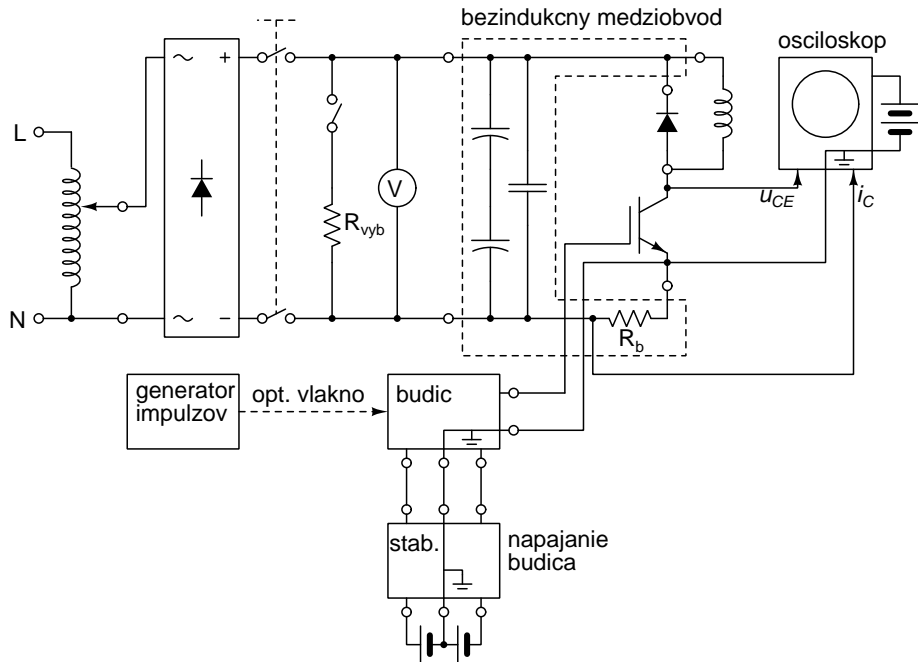


## 2 Meranie

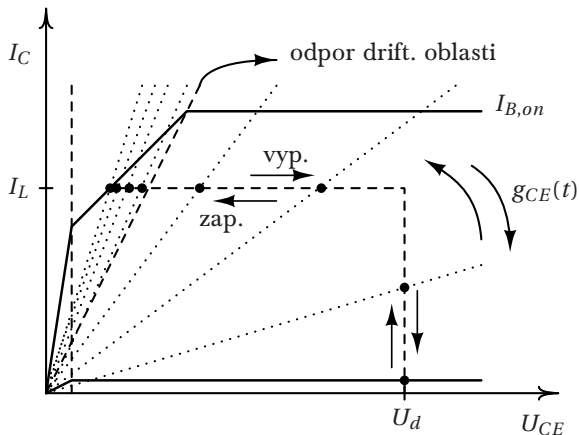
### 2.1 Metóda - double-shot



## 2.2 Meracie pracovisko



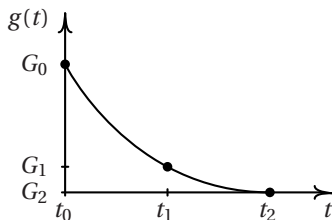
### 3 Model $g_{CE}(t)$



- predpokl. priebeh nezávislý na kolektorovom obvode (trajektórii prac. bodu)
- nezávislý na  $U_d$
- závislý na  $I_L, i_B(t), \dots$

### 3.1 Aproximácia $g_{CE}(t)$ analytickou funkciou

$$\begin{array}{c|ccc} t & t_0 & t_1 & t_2 \\ \hline g(t) & G_0 & G_1 & G_2 \end{array} \quad (1)$$

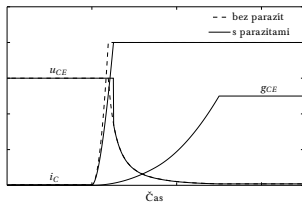
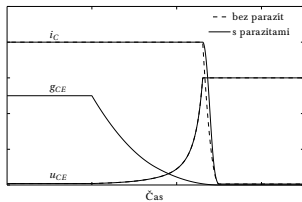
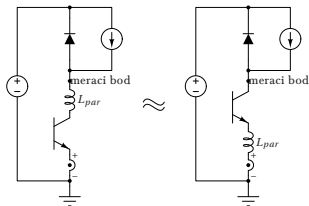
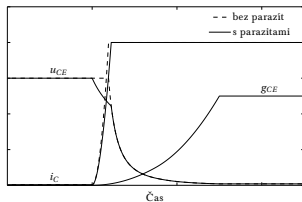
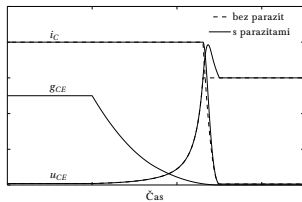
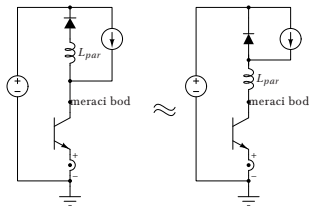


Obr. .1: príklad krivky pre vypínací dej

$$g_{CE}(t) = \begin{cases} G_0; & t < t_0 \\ g_1(t); & t_0 \leq t < t_1 \\ g_2(t); & t_1 \leq t < t_2 \\ G_2; & t \geq t_2 \end{cases} \quad (2)$$

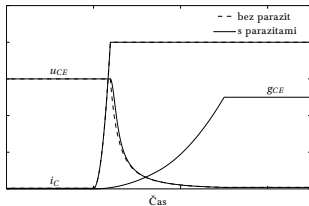
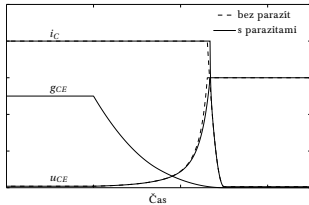
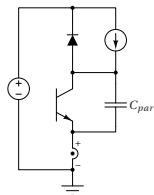
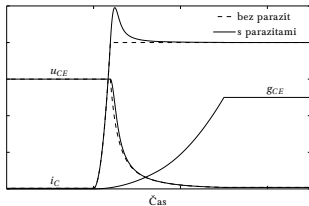
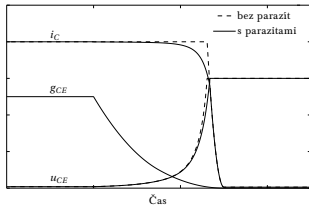
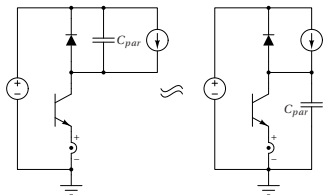
- funkcie  $g_i(t)$  definované vhodnou aproximáciou a okrajovými podmienkami ( $g_i(t_{i-1}) = G_{i-1}$ ;  $g_i(t_i) = G_i$ ; hladkosť:  $g'_i(t_i) = g'_{i+1}(t_i)$ )

## 3.2 Vplyv parazitných prvkov - indukčnosť



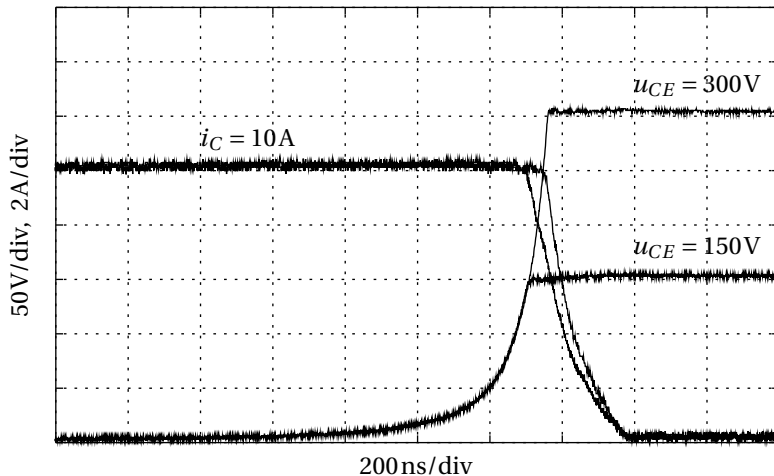


### 3.3 Vplyv parazitných prvkov - kapacita

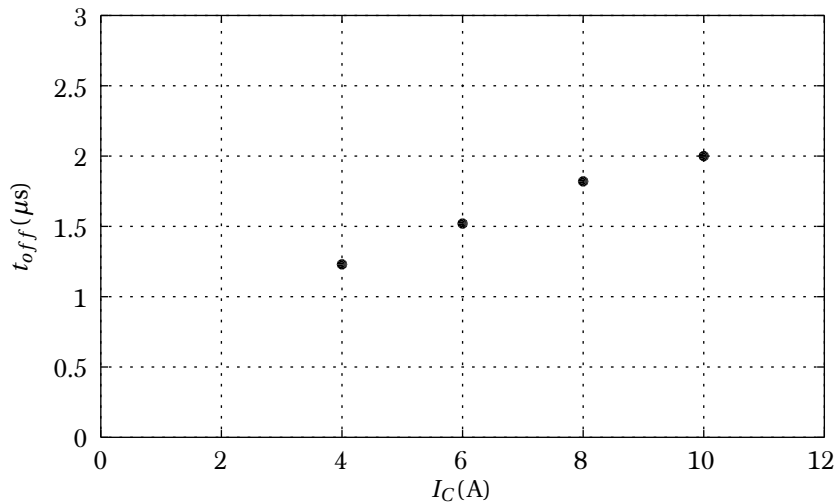


## 4 Výsledky měření a simulací

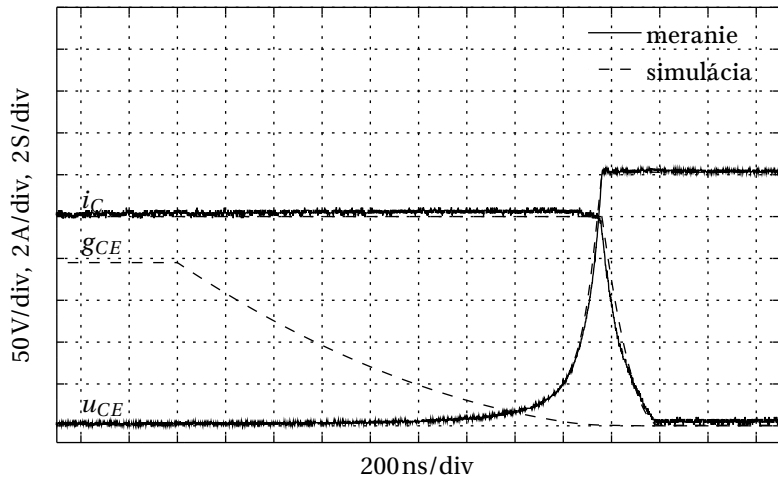
Nezávislost  $t_{off}$  ( $g_{CE}$ ) na napětí  $U_d$



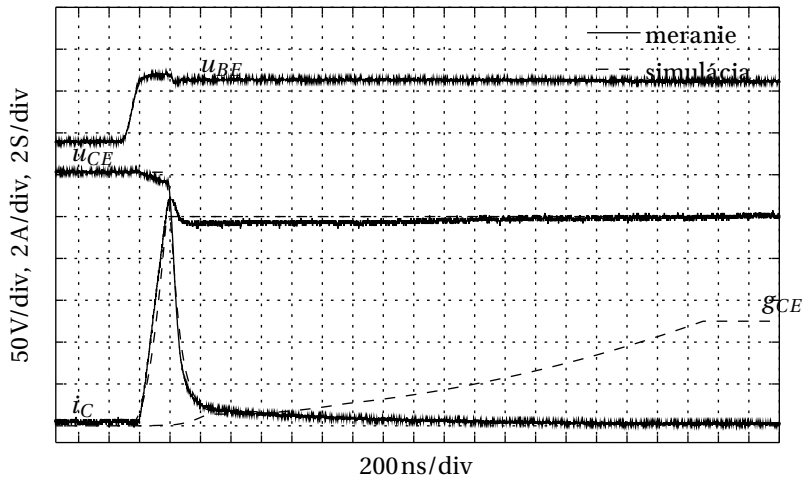
### Závislost $t_{off}$ , ( $g_{CE}$ ) na prúde $I_L$



## Vypínací dej - BJT, 300V, 10A

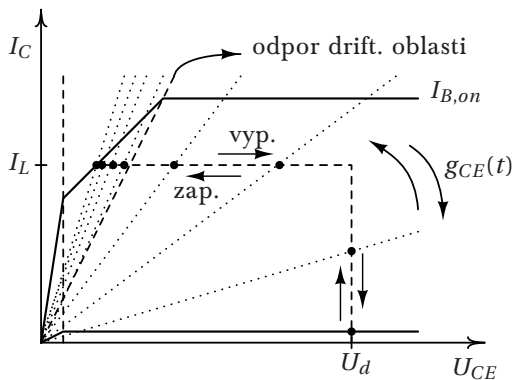
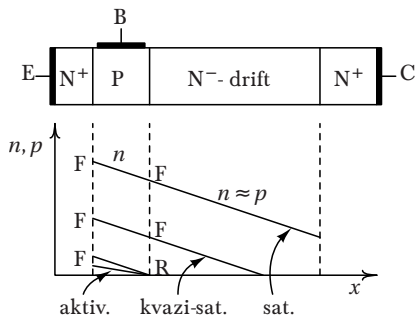


## Zapínací dej - BJT, 300V, 10A



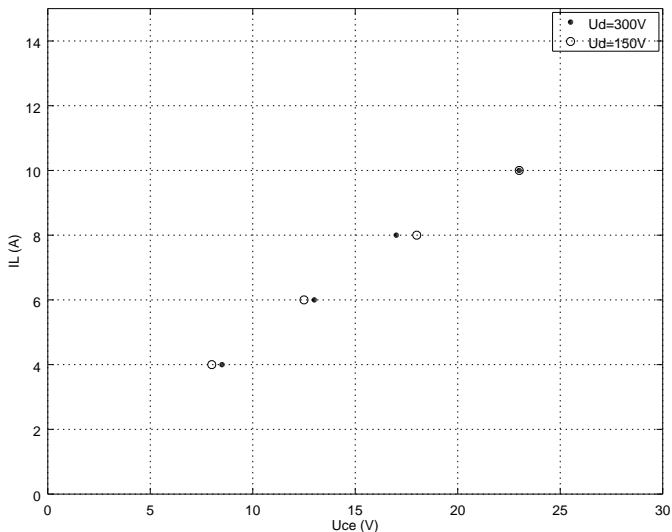
- priebeh  $g_{CE}(t)$  sa vymyká predstave hladkej krivky bez inflexných bodov

## BJT - Prechod z aktivnej do saturačnej oblasti

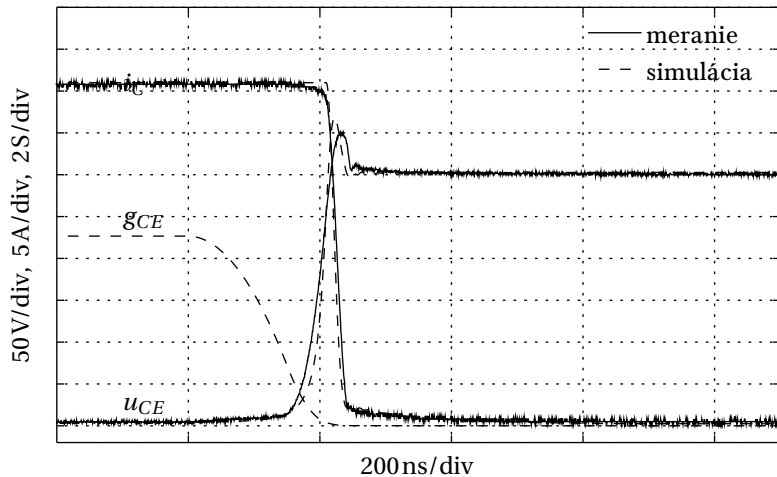


## Závislosť napätia $U_{CE,hran}$ v čase „zlomu“ na prúde $I_L$

- predpokladaná hranica medzi kvázi-saturačnou a aktívnou oblasťou (záverným a priepustným pólovaním prechodu báza - kolektor)

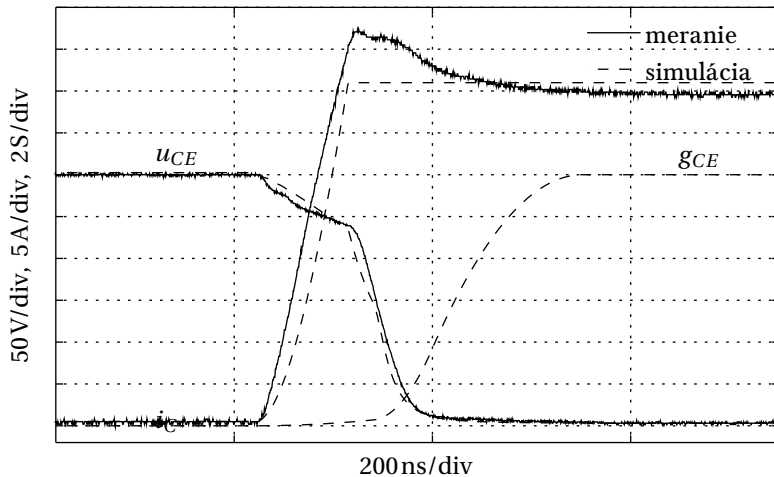


## Vypínací dej - IGBT, 300V, 40A





## Zapínací dej - IGBT, 300V, 40A

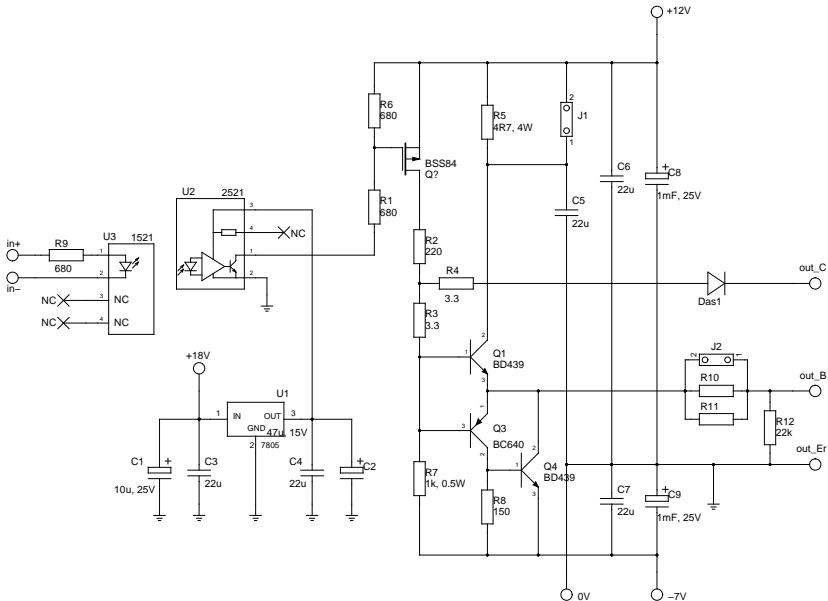


# **Záver**

- Dôveryhodnosť merania (snímané priebehy, parazitné vplyvy)
- Použitelnosť modelu

Ďakujem za pozornosť

## A Obvodová schéma budiča výkonových tranzistorov



## B Obvodová schéma budiča generátora impulzov

