

**ETC – Embedded Technology Club**  
**10. setkání 21.2. 2017**

**Katedra telekomunikací, Katedra měření,  
ČVUT- FEL, Praha**

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

# Náplň

## Výklad:

Fototranzistor,

## Laboratoř, experimenty:

Pokračovat: Generace zvuku a signálu pomocí mbed

Experimenty s fototranzistorem

# Fototranzistor

## Fototranzistor – fotocitlivý prvek

Funkce obdobná jako **tranzistor**, **avšak proud do báze je generován světlem („fotoproud“)** dopadajícím na **PN přechod kolektor – báze** fungující jako fotodioda.

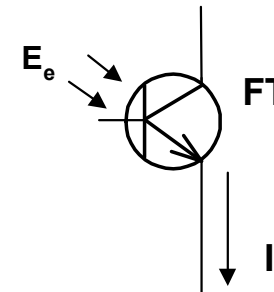
Zesílení fotoproudu (foto)tranzistorem

Některé fototranzistory (menšina) mají **vyvedenu i bázi** – pak ve tmě mají chování stejné jako u normálního tranzistoru

Fototranzistor PT204 - 6C, pouze dva vývody

***Kolektor a Emitor***

Čiré (průhledné) pouzdro, průměr 3 mm  
(vypadá jako LED)



# Fototranzistor – charakteristiky

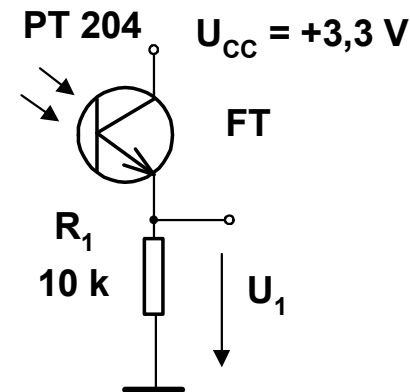
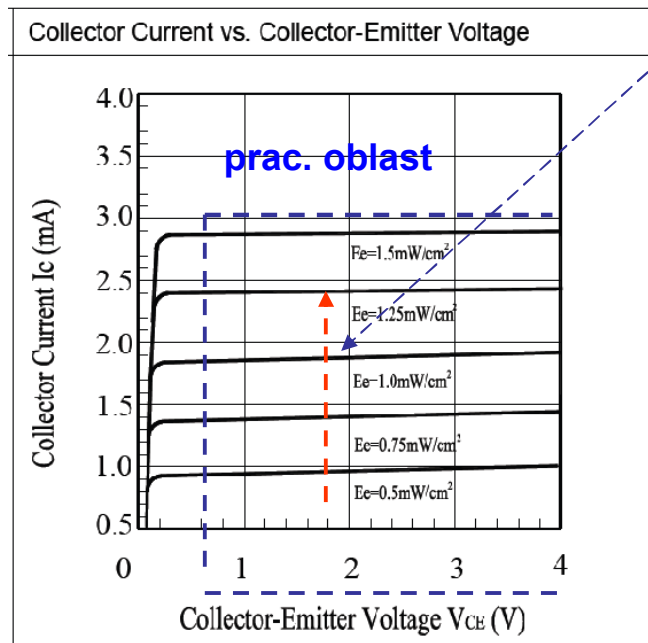
$I_{FOT}$  – je úměrný intenzitě ozáření  $E_e$

Zesílení fotoproudu tranzistorem  $I_C = h_{21E} \cdot I_{FOT}$

Charakteristiky fototranz. – parametrem je **intenzita ozáření  $E_e$**

**FT** – z hlediska uživatele – jako **zdroj proudu řízený světlem**

**Aby FT pracoval v lin. oblasti- řízení proudu světlem, musí být na něm napětí větší než 0,5- 1 V.**

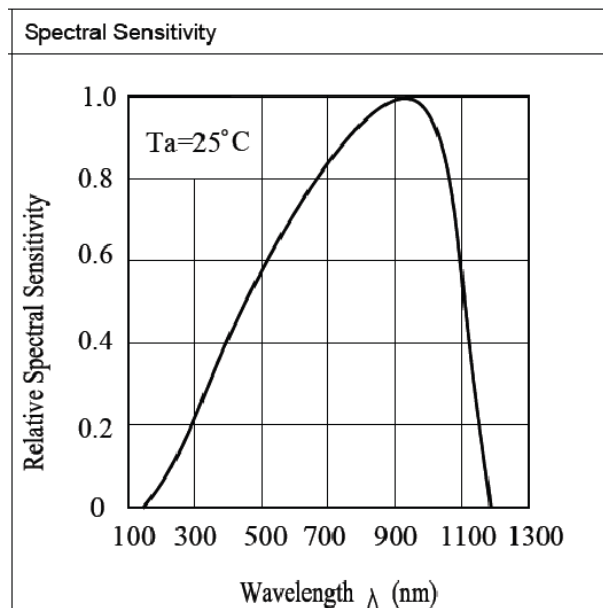


# Fototranzistor, spektrální charakteristiky citlivosti

Fototranzistor – v čirém pouzdře citlivý na viditelné světlo a blízké infračervené záření (světlo – vlnové délky 380 až 780 nm)

Úprava citlivosti - infra filtr, zadržující viditelné složky záření (světlo). Jak se pozná – použito tmavé pouzdro nepropouštějící světlo. Déle v textu označíme zkráceně jako *Infra-fototranzistor*

## PT204 – čiré pouzdro



## BPV11F – infra propusný filtr

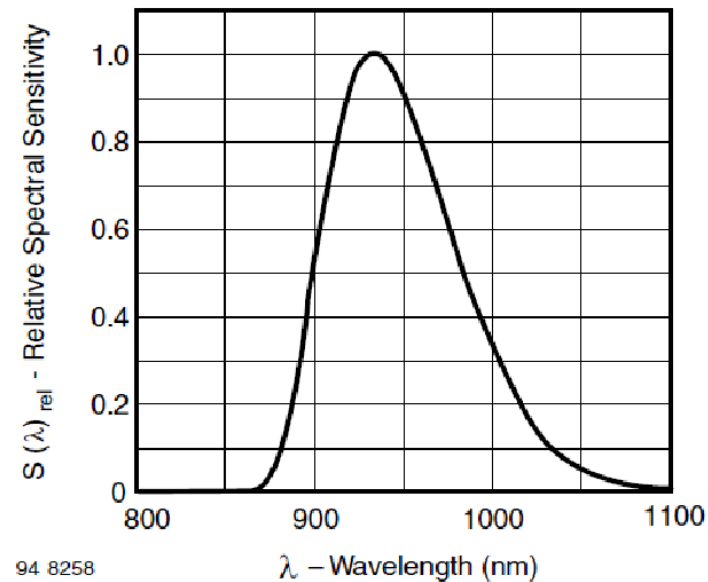


Fig. 10 - Relative Spectral Sensitivity vs. Wavelength

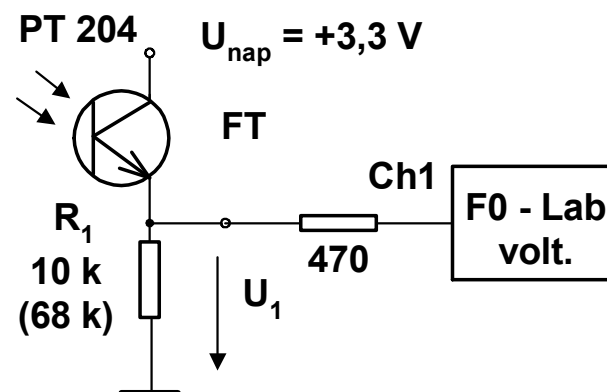
# Fototranzistor a jeho zapojení do obvodu

Fototranzistor – jako zdroj proudu, převod proudu na napětí pomocí rezistoru (Ohmův zákon).

Realizace obvodu, který bude vyhodnocovat velikost okolního osvětlení , měřit pomocí voltmetru v F0 – Lab

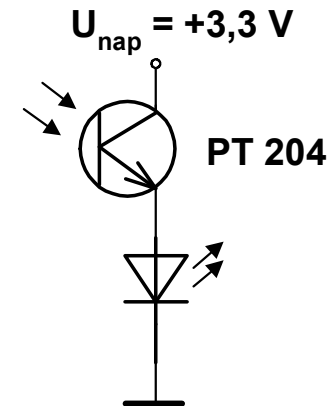
Napájení z +3,3 V

(Změnu osvětlení fototranzistoru realizovat zakrýváním )

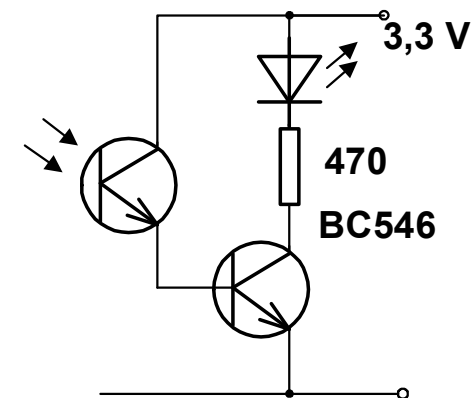


## Zesílení proudu fototranzistoru

Jednoduchá zapojení – indikace osvětlení **fototranzistoru s využitím pomocí LED; proud fototranzistoru je malý, téměř nerozsvítí LED**



**Zesílení proudu fototranzistoru proudovým zesilovačem s tranzistorem BC546**



# Prahování signálu fototranzistoru

## Otevření tranzistoru BC546

podmínka- na bázi napětí

$U_{BE}$  větší než 0,6 V

$I \cdot R_B = 0,6 \text{ V}$

Velikostí  $R_B$  nastavit práh

*Zkusit experimentálně!*

při  $I$  větším než 0,6 V /  $R_B$

začne téci proud tranzistorem

BC546

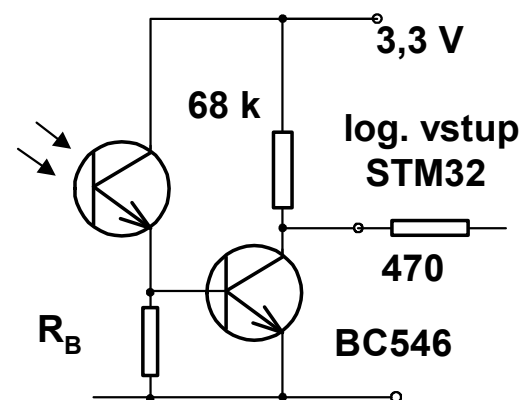
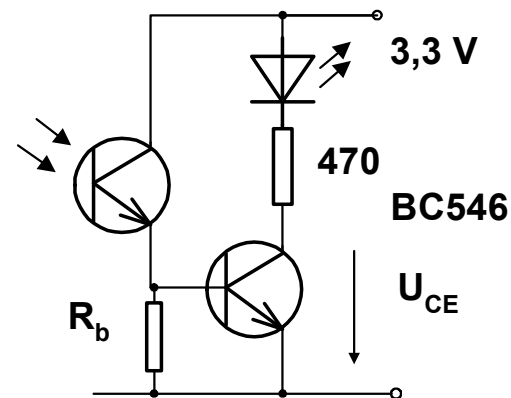
## Logický vstup do procesoru

při proudu  $I$  větším než prahová úroveň

tranzistor sepne, nízká log. úroveň

„log. nula“

*Zkusit experimentálně!*





## Vložená informace – doplňkový výklad pro samostudium

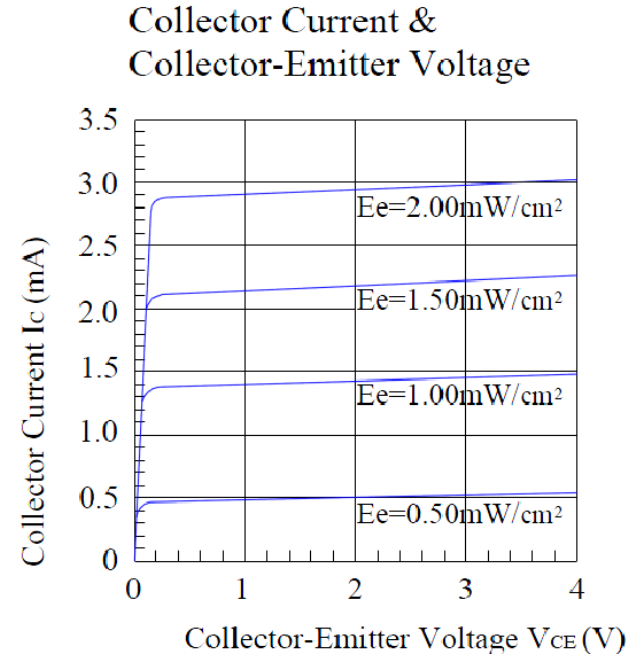
Tranzistor BC546C má typickou hodnotu parametru  $h_{21E} = 400 - 600$ , tedy zesílení proudu bude stejné, cca 500x. Proud fototranzistoru LL-304PTC4B-1AD velikosti **1 uA** po zesílení způsobí proud LED cca **0,5 mA**, což způsobí znatelný svit LED. Pro proud fotor. 1 uA lze z grafu odhadnout  $E_{e1} = 0,0001 \text{ mW/cm}^2 = 1 \text{ mW/m}^2$ . To je malá intenzita ozáření, která je v normálně osvětlené místnosti vždy překročena. Pro zhasnutí LED se musí fototranzistor důkladně zakrýt. Takovýto senzor pro nás tedy má příliš velkou citlivost.

Použití rezistoru  $R_B$  způsobí, že až LED nebude svítit, pokud napětí na bázi BC546 bude menší než do napětí cca 0,6V. Tedy součin  $I \cdot R_B$  musí dosáhnout 0,6 V (Ohmův zákon). Volbou velikosti  $R_B = 0,6 \text{ V} / I$  se nastaví práh proudu, pod kterým LED nebude svítit.

Tedy např. použití  $R_B = 10 \text{ k}$  nastaví práh na 60 uA. Z grafu se odhadne a následným výpočte určí potřebná intenzita ozáření fototranzistoru jako  $E_{e2} = 60 \text{ uA} \times 0,5 \text{ (mW/m}^2) / 0,5 \text{ mA} = 0,6 \text{ W/m}^2$ , což je 600 x větší hodnota oproti  $E_{e1}$ .

Další nárůst proudu fototranzistoru, např. o 5 - 10 uA, způsobí nárůst proudu báze a následně i prudký nárůst zesíleného proudu kolektoru, čímž vzroste úbytek napětí na rezistoru 68 k. Tím poklesne napětí na kolektoru tranzistoru až na desetiny voltu – tranzistor bude sepnut. Tento blok lze tedy využít jako zjednodušený jednoduchý dvouhodnotový snímač osvětlení a jeho výstup může být napojen na logický vstup mikrořadiče.

Výpočty výše pro názornost využívají zjednodušené náhrady chování tranzistoru

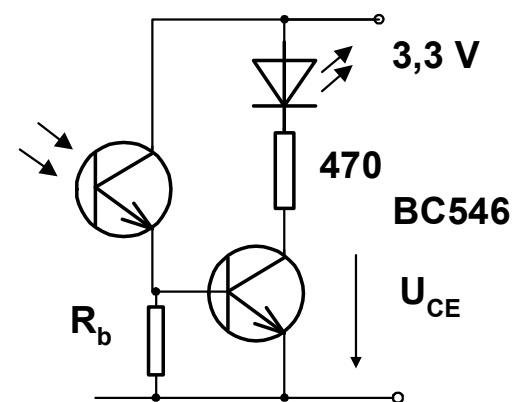


## Vložená informace – doplňkový výklad pro samostudium

Reakce na dotaz z lab.

Pokud by se voltmetrem měřilo **napětí  $U_{BE}$**  tranzistoru BC546 **v závislosti na osvětlení**, zjistilo by se, že roste lineárně do cca 600 mV a pak přestane růst, protože další nárůst proudu fototranzistoru způsobí pouze **nárůst proudu báze** BC546 a ne proudu rezistorem  $R_B$ .

Jedná se o zjednodušený přístup. Korektně by se musel zahrnout např. i **parametr  $h_{11E}$**  tranzistoru, což není náplní tohoto kursu.



## Projekt - „Kohout“

Realizujte obvod, který bude vyhodnocovat

**velikost okolního osvětlení** a při jisté velikosti bude **akusticky signalizovat „ráno“** – „**Projekt Kohout**“ .

*Pokuste se generovat akustický signál alespoň vzdáleně podobný kokrhání kohouta.*

Způsob řešení:

Pro snímání světla využít fototranzistor a

**prahování s BC546** a logický vstup,

**nebo**

měřit **napětí** na rezistoru ( bez dalšího tranzistoru) **pomocí převodníku ADC a prahovat programově.**

V **mbed** využít třídu **AnalogIn** .

# Součástky použité v ETC

## Výrobce Lucky – Light

- **LL-304PTC4B-1AD Fototranzistor**, pouzdro čiré, průměr 3 mm  
kolektor – označen ploškou na boku
- **LL-304PTD4B-1A Fototranzistor- infra**, pouzdro temné, průměr 3 mm  
kolektor – označen ploškou na boku
- **LL-503IRT2E-2AC IRED, infračerveně zářící dioda**  
pouzdro průměr 5 mm, průhledné, modré, katoda označena ploškou, použít proud do 20 mA, typická hodnota napětí v předním směru  $U_F = 1,2 \text{ V}$

## Příště

**IRE**D - Infra dioda, Infra fototranzistor,  
optická závory, projekt – „*Hlídací pes*“

**Reflexní snímač**, projekt – „*Couvací senzor*“, - proti odrazce nebo  
bílému papíru, příp. reflexní snímač na **ofukovač rukou**.