

# CONTROLLED SOURCE OF OPTICAL RADIATION

**Tomáš Pazderský**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpazde01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Pavel Škarvada

E-mail: skarvada@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The paper deals with a choice of specific LEDs covering all range for controlled source of optical radiation. The characteristics of the spectra of individual LEDs and their light output were measured. The current in source was controlled by power control method using pulse width modulation. Finally the way for future development of measuring set-up is described.

**Keywords:** LED, microcontroller, pulse width modulation

## 1. ÚVOD

V dnešní době existuje velké množství měřících přístrojů, které časem ztrácejí svoji přesnost. Proto z důvodu kontroly správnosti měření, nebo pro znovunastavení (kalibrování) daného měřícího přístroje, je potřeba určitý přípravek nebo zařízení s danými parametry. Tato práce se zabývá návrhem řízeného zdroje zářivého toku. Toto zařízení umožní řízení zářivého toku v rozsahu vlnových délek od ultrafialového (400 nm) po infračervené záření (1300 nm). Přípravek bude možné použít ke kalibraci spektrometru a k testování fotocitlivých prvků na určité vlnové délce.

## 2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

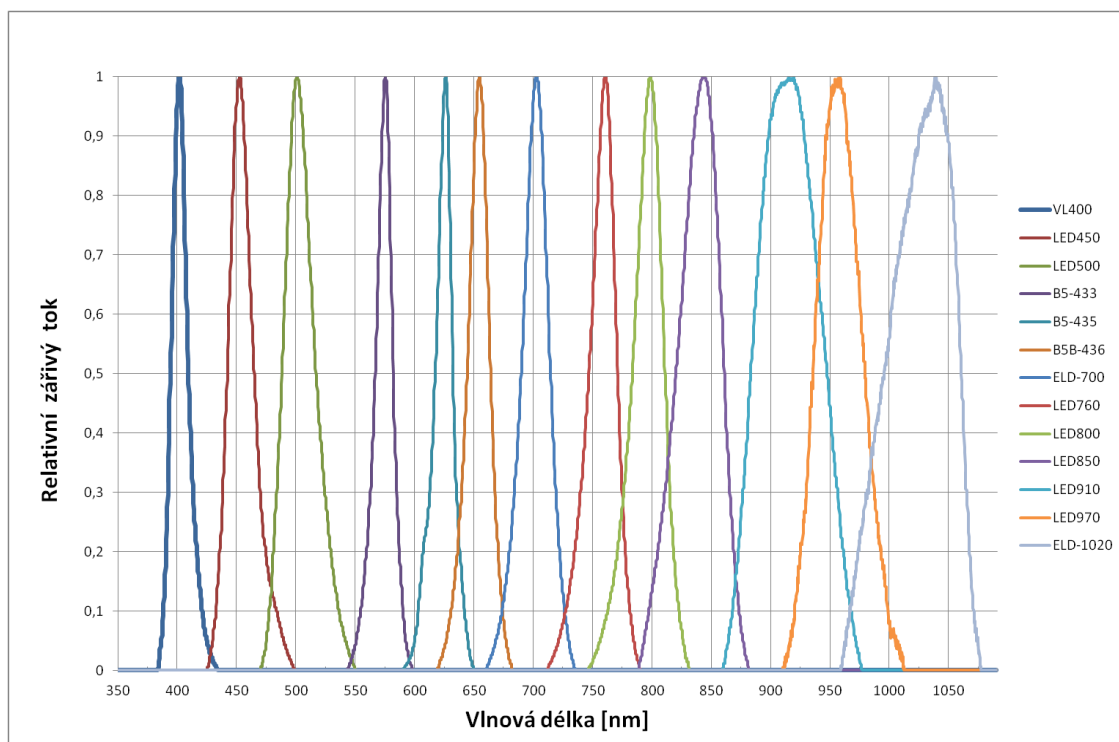
### 2.1. VÝBĚR LED

Po prozkoumání aktuální nabídky svítivých diod bylo zjištěno, že dnes jsou vyráběny od 245 nm až po 4500 nm. Diody do 375 nm a od 1600 nm jsou drahé a většinou vyráběny ve speciálním pouzdře. Tudíž tyto diody jsou pro naše účely nevhodné. Vyjdeme tedy z toho, že máme k dispozici diody z rozsahu od 400 nm po 1500 nm. Diody byly vybrány tak, aby jejich vlnové délky byly co nejvíce rozprostřeny ve spektru od 400 nm po, pro nás dostačujících, 1300 nm.

### 2.2. MĚŘENÍ SPEKTRA VYBRANÝCH LED

První operací u zvolených LED bylo otestovat jejich funkčnost a parametry. Pro toto ověření jsem postupně jednotlivé LED zapojil k laboratornímu zdroji, na němž jsem nastavil omezení odpovídající maximální hodnotě proudu a napětí. Tyto hodnoty byly zjištěny z katalogového listu diod. Při tomto testování funkčnosti diod bylo změřeno spektrum diod pomocí mřížkového CCD spektrometru SPM-002-E. Tento spektrometr je schopen změřit vlnové délky v rozsahu 200–1090 nm, takže jsem změřil spektrum pouze do 1020 nm. Nad touto hodnotou měl spektrometr již malou citlivost z důvodu horní hranice vlnové délky, které je schopen křemíkový čip zaznamenat. Pro vlnové délky větší jak 1100 nm je však možné použít vysokorychlostní světelný detektor PDA255. Dominantní vlnové délky jednotlivých LED jsou znázorněny v obr.1. Jednotlivá spektra diod jsou v grafu normalizována. Z grafu vyplývá, že:

- a) vlnové délky vybraných diod odpovídají katalogovým hodnotám,
- b) vybrané vlnové délky LED jsou rovnoměrně rozprostřeny v celém zvoleném spektru,
- c) šířka pásma jednotlivých diod je různá.



Obrázek 1: Spektrální charakteristika jednotlivých diod.

### 2.3. MĚŘENÍ SVĚTELNÉHO VÝKONU

Pro řízení výkonu diod bylo nejprve zapotřebí změřit světelný výkon všech diod. Pro toto měření byla zvolena kalibrovaná fotodioda FSD100.

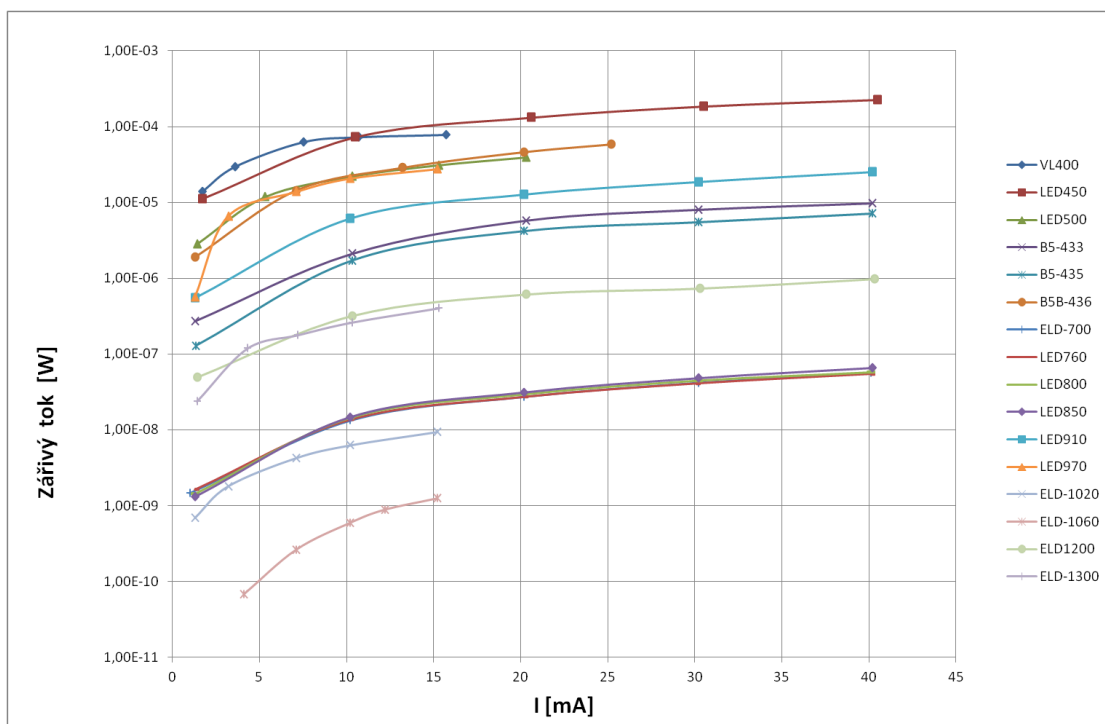
Zapojením LED do obvodu začne na fotodiodě vlivem záření z LED procházet proud, čímž dojde ke změně hodnoty napětí na odporu zapojeném v sérii. Aktivní plocha fotodiody má rozměr  $13 \text{ mm}^2$ . Z této plochy se měří dopadající světelná energie vyzářená diodou. K výpočtu zářivého toku LED bylo potřeba znát hodnotu responsivity  $R_\lambda$  (tj. citlivosti  $A/W$  na určité vlnové délky), kterou je možné orientačně zjistit z grafu v katalogovém listu. Po změření a dohledání všech potřebných hodnot vyjdeme z rovnice (1), kde  $P$  je výkon zářivého toku,  $I$  intenzita proudu diodou,  $U$  napětí a  $R$  předřadný odpor diody.

$$R_\lambda = \frac{I_p}{P} \quad (1)$$

Úpravou této rovnice dostaneme rovnici (2), pomocí které vypočteme zářivý tok  $\Phi$

$$\phi = \frac{U}{R_\lambda} \cdot R \quad (2)$$

Získané hodnoty závislosti vypočteného zářivého toku na nastaveném proudu LED jsou zobrazeny v obr. 2. Z grafu je patrné, že se nejedná o lineární závislost, jak lze u luminiscenčních diod předpokládat. To znamená, že k největší změně svítivosti diody dochází v první třetině až polovině maximálního proudu. Tohoto zjištění využijeme v pozdější aplikaci pro řízení svítivosti LED.



Obrázek 2: Závislosti zářivého toku jednotlivých diod na proudu.

#### 2.4. REGULACE DIOD POMOCÍ ŘÍZENÉHO ZDROJE PROUDU

Pro řízení jsem vytvořil několikanásobný napětím řízený zdroj proudu. Jako řídicí obvod jsem využil mikrokontrolér ATmega128a, na němž je pulsní šířková modulace (PWM) generována softwarově, a počet výstupních signálů je tedy omezen pouze počtem výstupních bran. Takto generovaný signál je přiveden na RC filtr, který slouží jako dolní propust a výstupem je analogová hodnota napětí. Ta je přiváděna na napětím řízený zdroj proudu tvořený operačním zesilovačem. Výstupní proud je přiveden do báze tranzistoru a touto hodnotou je řízen proud protékající diodou.

### 3. ZÁVĚR

Vybral jsem a otestoval LED diody, které umožní pokrýt požadovanou oblast vlnových délek (400 -1020 nm). U každé jsem změřil emitované spektrum a závislost zářivého toku na procházejícím proudu. Navrhl jsem obvod řízení zářivého toku jednotlivých LED bez blikání a přímého použití PWM, které jsem následně otestoval. Pro laboratorní účely, pro které je zařízení plánováno, není blikání diod přípustné.

Dále jsem navrhl celkové schéma zapojení. Jako USB převodník pro komunikaci s PC je použit FT232BL. Řídicí jednotku tvoří mikrokontrolér ATmega128a, jenž bude hlavní řídicím obvodem celého zařízení. Jeho úkolem bude komunikace s PC, zpracování požadavků z nadřazené aplikace, nezávislé řízení zářivého toku jednotlivých diod, případně softwarová linearizace výstupních charakteristik. Každá LED bude buzena vlastním zdrojem proudu.