

TRI-BAND LED LIGHT SOURCE FOR BIOLOGICAL PURPOSES

Martin Vondráček

Secondary School (8), Gymnázium Jana Blahoslava, Ivančice, Lány 2

E-mail: marvon@seznam.cz

Supervised by: Miloslav Steinbauer, Vítězslav Světlík

E-mail: steinbau@feec.vutbr.cz, svetlik@gjbi.cz

Abstract: The subject of my paper is tri-band LED light source for biological purposes developed within the Institute of Experimental Technology 1, Brno University of Technology. The device is composed of independently regulated LED modules with the wavelengths of 470 nm, 660 nm and 740 nm. The light source is intended for application in the biological research of photochemical processes in plants in Mendel University in Brno. Control unit DR-12, based on Atmel ATmega16 microcontroller, can be controlled locally and using a computer as well. It also allows a range of additional features.

Keywords: EEICT, LED, Atmel ATmega16, PWM, USART, photochemical process

1. ÚVOD

Projekt se skládá ze studie, návrhu a konstrukce speciálního světelného zdroje se třemi nezávisle nastavitelnými skupinami LED o vlnových délkách 470 nm, 660 nm a 740 nm. Zdroj je určen k výzkumu fotochemických procesů v rostlinách na Mendelově univerzitě v Brně. Zařízení využívá LED moduly GreenPower společnosti Philips, které jsou ovládány mikroprocesorovým řídicím obvodem na platformě Atmel s možností ovládní lokálně a pomocí počítače přes sběrnici USB.

2. SVĚTELNÉ ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ

Světlo je viditelné elektromagnetické vlnění, které můžeme charakterizovat frekvencí v intervalu od $3,8 \cdot 10^{14}$ Hz do $7,7 \cdot 10^{14}$ Hz. Těmito frekvencím odpovídají vlnové délky světelného vlnění ve vakuu od 790 nm do 390 nm. Na základě frekvence rozlišuje lidské oko rozdílné barvy světla. Nejcitlivěji vnímá světlo o vlnové délce přibližně 550 nm. Elektromagnetické vlnění složené z vlnění jedné frekvence označujeme jako monofrekvenční, sluneční světlo je příklad nemonofrekvenčního vlnění.

Světlo můžeme také označit jako proudění fotonů. Množství fotonů lze vyjádřit pomocí jednotky mol používané pro látkové množství.

Na rozdíl od lidského oka jsou rostliny citlivé na jiné složky spektra. Světlo, které rostliny vyžadují k fotosyntéze, se označuje zkratkou PAR z anglických slov photosynthetically active radiation a zahrnuje vlnové délky v intervalu přibližně od 400 nm do 700 nm. Jednotkou PAR je buď výkon tohoto záření na jednotku plochy $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, nebo množství molů fotonů dopadajících na plochu za jednotku času $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ [1].

Interval vlnové délky přibližně od 400 nm do 520 nm je důležitý pro fotosyntézu a je silně absorbován chlorofylem. Interval přibližně od 610 nm do 750 nm je chlorofylem absorbován méně, má však také významný vliv na fotosyntézu. Světlo s vlnovou délkou v intervalu přibližně od 750 nm do 1000 nm má nižší absorpci chlorofylem, je ale důležité pro kvetení a pro fotoperiodicitu. Při nedostatku světla s vhodným spektrálním složením dochází ke zpomalení růstu nebo metabolickým poruchám rostlin [1].

3. OSVĚTLOVACÍ MODULY LED

Výkonová část zařízení sestává z dvou osvětlovacích hlavice, každá z nich je osazena třemi výkonnými LED moduly Green Power od firmy Philips. LED moduly ve skupině po třech vyzařují spektra s třemi dominantními vlnovými délkami 470 nm (modrá), 660 nm (červená) a 740 nm (vzdálená červená). Výstupní světelný tok je regulovatelný nezávisle pro všechny vlnové délky. Maximální příkon hlavice činí 35 W, vyzařovaný fotonový tok PAR je $10 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ pro modrou a červenou barvu, resp. $6 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ pro vzdálenou červenou.

4. ŘÍDICÍ JEDNOTKA DR-12

Řídicí jednotka DR-12 (viz obr. č. 1) obsahuje mikrokontrolér ATmega16 a generuje tři nastavitelné PWM signály, kterými jsou ovládány LED moduly. Napájení zařízení je možné pomocí zdroje napětí 12 V. Zařízení obsahuje několik periférií, mezi které patří: LCD o 2×16 znacích, LED signalizující zobrazenou nabídku nastavení, 4 tlačítka sloužící k ovládání zařízení a USB komunikace pro ovládání pomocí počítače. Na straně řídicí jednotky jsou tři konektory: USB B pro USART komunikaci, 6pinový konektor k propojení generovaných PWM signálů ke zdroji napájení LED panelů a konektor pro napájení řídicí jednotky.

Použitý mikrokontrolér je postaven na Harvardské architektuře. Mikrokontrolér disponuje 16 kB Flash paměti pro instrukce programu, 1 kB paměti SRAM a 512 B EEPROM paměti pro data. EEPROM paměť je schopna uchovat data i po odpojení napájení.

K regulaci LED modulů využívá řídicí jednotka tři nezávisle nastavitelné PWM signály. Mikrokontrolér využívá dva vnitřní osmibitové čítače/časovače a jeden šestnáctibitový čítač/časovač. Ke změně hodnoty signálu dochází při přetečení čítače/časovače a při shodě s komparační hodnotou v příslušném registru. Změnou hodnoty v komparačním registru je docíleno změny hodnoty střídý daného signálu, a tím jeho regulace.

Ke komunikaci mezi mikrokontrolérem a počítačem přes sběrnici USB je využíváno USART rozhraní. Pro ovládání mikrokontroléru pomocí počítače byly vytvořeny instrukce, které při doručení provedou konkrétní úkon.

instrukce	úkon
SY	Zapne nebo vypne zvolený výstup
xxxY	Nastaví zadanou hodnotu střídý pro zvolený výstup
P	Zapne nebo vypne pamatování nastavených hodnot
?	Vypíše nápovědu pro USART komunikaci do počítače

Tabulka 1: Některé instrukce USART komunikace

V tabulce 1 zastupuje znak x číslici pro zadání hodnoty a znak Y písmeno A, B nebo C pro označení výstupu.

5. REALIZACE

Po prostudování materiálů [1], [2], [3], [4] a [5] bylo přistoupeno k realizaci. Před konstrukcí zařízení bylo vytvořeno schéma a návrh osazení desky plošných spojů řídicí jednotky DR-12 v programu Eagle. Při návrhu bylo také využito a přepracováno zapojení některých částí zařízení KME control board ATmega16 [2].

Program mikrokontroléru byl vytvořen a odladěn ve vývojovém prostředí AVR Studio v jazyce C s použitím překladače WinAVR. Program umožňuje popsané generování PWM signálů a ovládání lokálně i pomocí počítače s využitím volně dostupného programu Terminal v1.9b. V programu je možné nastavit podsvícení displeje, aktualizaci nastavených hodnot do počítače a značení pomo-

cí LED. PWM výstupy jsou označeny hodnotami vlnových délek, které je možné také nastavit. Nastavitelná je též frekvence generovaných PWM signálů. Mikrokontrolér disponuje i možností pamatování, kdy jsou nastavené hodnoty uloženy a při spuštění dochází k jejich nahrání z paměti EEPROM.

6. FOTODOKUMENTACE



Obrázek 1: Řídicí jednotka DR-12, zapojené zařízení s LED panelem a zdrojem napájení

7. ZÁVĚR

Zkonstruované funkční zařízení a projekt v rámci IET1 byly úspěšně obhájeny na VUT FEKT v Brně. Práce v rámci IET1 se zaměřuje nejen na vlastní konstrukci zařízení, ale obecněji i na fotometrii a programování, obsahuje vývojové diagramy programu pro řídicí jednotku. Práce také obsahuje disk s dokumenty v elektronické podobě, katalogy [3], softwarem a fotografiemi výsledného zařízení. Písemná práce také zahrnuje popis postupu ovládní zařízení lokálně a pomocí počítače. Zařízení bude využíváno k výzkumu fotochemických procesů v rostlinách na Mendelově univerzitě v Brně.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu Institutu experimentálních technologií 1 v Brně.

Za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mého projektu děkuji doc. Ing. Miloslavu Steinbauerovi, Ph.D., a Mgr. Vítězslavu Světlíkovi.

REFERENCE

- [1] ESTEDE | Business Solutions, Bredevoortsestraatweg 101, 7121BE Aalten, *Brochure on Light measurement* [on-line]. 2008. Dokument dostupný na URL http://www.estede.nl/pdf/spectrum/Brochure_light.pdf (březen 2013).
- [2] NAVRÁTIL, Petr. *Didaktická příručka pro vývojový kit s ATMEL*. [bakalářská práce] Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 52 s., 50 s. příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Friedl.
- [3] ATMEL CORPORATION. *Datasheet ATmega16* [online]. © 2010, 2010. Dokument dostupný na URL <http://www.atmel.com/Images/doc2466.pdf> (březen 2013).
- [4] LEPIL, Oldřich; KUPKA, Zdeněk. *Fyzika pro gymnázia: Optika*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1993. 167 s. ISBN 80-04-26092-6
- [5] RAIDA, Zbyněk; HLAVIČKOVÁ, Irena; POKORNÝ, Michal. *Počítače a programování 2 přednášky*. 2. vydání, přepracované. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, Purkyňova 118, 612 00 Brno, 2007. 113 s. ISBN 978-80-214-3536-0