

LED LIGHT SYSTEM WITH ADJUSTABLE SPECTRAL RADIATION

Ondřej Satora

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xsator00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Lukáš Klozar

E-mail: xkloza00@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of this project is the design of the LED lighting system for breeding and growing purposes as replacement for the classical high-pressure sodium lamps and other sources of light used today. The whole system can be controlled locally by buttons or remotely by web server using Ethernet interface. LEDs are powered by five-channel step-down converter with current feedback. Converters are controlled by pulse width modulation generated by microcontroller. Systems parameters such as temperature, humidity and LED currents are monitored and logged on remote server for ensuring long life of power LED.

Keywords: adjustment current source, ENC28J60, FT232RL, high power LED, LED lighting, NCP3065, plants cultivation, STM32F100

1. ÚVOD

Cílem práce je navrhnout a realizovat osvětlovací systém na bázi výkonových LED diod pro pěstování rostlin a chov živočichů. Tento systém bude možno ovládat ze vzdáleného místa pomocí ethernetové sítě a měnit nastavení vyzařovaného spektra a světelného výkonu. Kvůli zjednodušení osvětlovací soustavy je návrh zaměřen na osvětlování rostlin a má ukázat možnosti současných výkonových LED diod. Zejména pak jejich schopnost nahradit v současnosti používané jiné zdroje světla, mezi něž patří například vysokotlaké sodíkové výbojky (HPS). LED diody vyzařují pouze v definovaném úzkém spektru. Vhodným složením různých druhů LED diod, je možné měnit celkové vlastnosti výsledného osvětlovacího systému. Díky tomu lze osvětlení jednoduše a efektivně navrhnout podle individuálních požadavků osvětlovaného objektu, což HPS nedokážou.

2. ROZBOR

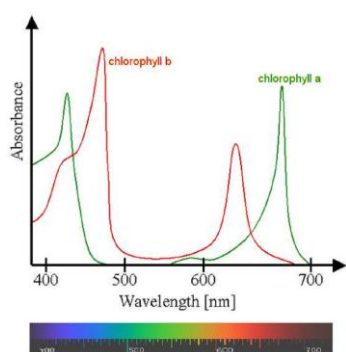
Osvětlovací systém se skládá ze tří hlavních částí. První část je tvořena výkonovými LED diodami, druhou část tvoří zdroje pro LED diody a poslední je řídicí část celého systému osvětlení. Aby byla splněna možnost softwarové konfigurace parametrů osvětlení, jsou LED diody rozděleny do celkem pěti skupin podle jejich vlnové délky. Díky tomu lze v každém z těchto pěti kanálů samostatně ovlivňovat příkon LED diod a měnit tak rozložení světelného výkonu ve spektru.

Aby byla zajištěna správná a hlavně dlouhodobá funkčnost výkonových LED diod, je potřeba je jak správně napájet, tak i dostatečně chladit. Proto jsou pro napájení použity proudové zdroje a v několika klíčových částech systému je monitorována teplota.

2.1. POŽADAVKY NA VÝKONOVÉ LED DIODY

Rostliny potřebují pouze některé části člověkem viditelného spektra („modrou“ a „červenou“) a část infračervené oblasti. U rostlin je tak vidět, že při použití „bílého“ světla je využita pouze malá část spektra a ostatní (jako například „zelená“) jsou rostlinou odráženy. V grafu na obrázku 1 je závislost účinnosti absorpce světla na jeho vlnové délce u dvou hlavních pigmentů rostlin zodpo-

vědných za fotosyntézu. Z maxim jsou pak odvozeny potřebné typy LED. Kromě těchto vlnových délek využívá rostlina ještě některé další zahrnuté ostatními skupinami LED. Nároky na potřebné rozložení světla ve spektru se navíc liší podle životního období rostliny (klíčení, růst, květ). LED byly vybrány s ohledem na požadavky rostlin a také na jejich kusovou dostupnost. Jejich seznam je uveden v tabulce níže. U LED s neutrální „bílou“ barvou světla není uveden optický výkon v mW, protože ho výrobce uvádí v dokumentaci pouze v lumenech. Protože se nejedná o úzkopásmový zdroj světla, nebylo možno ho na wattly jednoduše přepočítat.



Skupina LED / Parametr	1	2	3	4	5
Vlnová délka [nm]	455	645	660	735	430-620 „bílá“
Počet LED	2	5	1	1	1
Celkový optický vyzářený výkon [mW]	870	1050	650	310	-
Označení	ASMT-AL31-NPQ00	LXHL-PD09	LZ1-00R205	LZ1-00R300	OVTLO1 LGAWDS

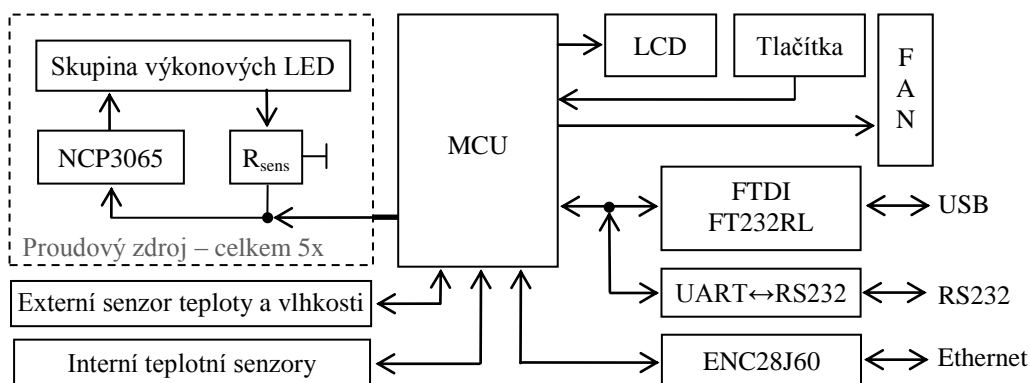
Obrázek 1: Účinnost absorpce světla chlorofylem v závislosti na vlnové délce světla [5]

3. REALIZACE

Výběr jednotlivých součástí zapojení byl závislý hlavně na proudových požadavcích výkonových LED diod a na plánu implementace vzdáleného uživatelského rozhraní na bázi webového serveru bez potřeby speciálního softwaru.

3.1. ŘEŠENÍ HARDWARE LED SYSTÉMU

Na obrázku 2 je uvedeno blokové schéma celého systému, ze kterého bylo z důvodu přehlednosti vynecháno naznačení zpětných vazeb z proudových zdrojů do mikrokontroléru. Ty slouží k měření proudu protékajícího každou z pěti skupin výkonových LED diod. Aby byla zajištěna co možná největší efektivita celého zařízení, byly pro napájení LED diod použity spínané proudové zdroje (DC/DC) typu step-down. K realizaci byl využit obvod NCP3065 s pevně nastaveným výstupním proudem. Regulaci (snižování) výstupního proudu zastává pulzně šířkově modulovaný (PWM) signál o kmitočtu 500 Hz generovaný MCU. Tento signál uměle impulsně zvyšuje napětí ve zpětné vazbě zdroje a způsobuje tak rozepínání hlavního spínacího tranzistoru měniče. Snižuje tak výstupní proud do LED, který je díky tomu nespojitý. Potřebné napájecí napětí celého systému určuje skupina LED diod s největším součtem pracovního napětí (pro max. proud). V případě navrženého systému je to 15 V a určuje jej skupina LED číslo dvě.



Obrázek 2: Blokové schéma osvětlovacího systému

Celé zařízení je řízeno 32-bitovým mikrokontrolérem ARM od firmy STMicroelectronic, který byl vybrán pro dostatek periférií, velikost paměti a výpočetní kapacitu potřebnou pro implementaci webového serveru. Teplotní senzory jsou tvořeny digitálními čidly DS18B20. Doplnkové čidlo relativní vzdušné vlhkosti je realizováno analogovým kapacitním senzorem. Jeho hodnota je převedena na kmitočet, který je měřen pomocí mikrokontroléru a přepočítán na relativní vlhkost.

3.2. SOFTWAREVÉ MOŽNOSTI LED SYSTÉMU

Celý systém je řízený jediným mikrokontrolérem, který zastává hned několik důležitých funkcí. Umožňuje zařízení jeho autonomní provoz, monitoruje LED diody a chrání je před přehřátím a vytváří uživatelské rozhraní pro místní ovládání všech funkcí skrze LCD a tlačítka. Dále má na starosti vytvoření webového serveru sloužícího k pohodlné konfiguraci z PC přes ethernetové rozhraní a to z jakéhokoliv místa v síti, do níž je zařízení připojeno. Ethernetové rozhraní je využito také k zaznamenávání všech parametrů zařízení, jako jsou teplota a napájecí proudy LED, společně s teplotou a relativní vzdušnou vlhkostí osvětlovaného objektu. Tyto informace jsou odesílány na vzdálený server, kde budou ukládány do SQL databáze pro další zpracování. K ovládání lze taktéž použít Telnet a sériový port nebo USB port v režimu virtuálního sériového portu. Parametry osvětlení lze měnit buďto manuálně přes rozhraní popsaná výše a nebo pomocí plánovače umožňujícího měnit nastavení ve stanovený čas a den s možností cyklického opakování.

4. ZÁVĚR

Projekt popisuje způsob návrhu a realizace osvětlovacího systému pro pěstování rostlin s možností uživatelského nastavení parametrů generovaného světla. Návrh je primárně vytvořen pro rostliny, ale v případě použití jako osvětlení pro živočichy, kteří jsou náročnější na spektrum světla, by bylo nutné pouze zaměnit použité LED za jiné (s jinou vlnovou délkou v závislosti na chovaném zvířeti) a v případě nutnosti upravit dimenzování proudových zdrojů. Zbytek zařízení, včetně programového vybavení, je univerzálně použitelný pro obě varianty a je limitován pouze maximálním počtem pěti skupin výkonových LED (je dáno omezeným počtem HW PWM kanálů mikrokontroléru). Navržený systém byl testován a po HW stránce je plně funkční. Je napsána a odzkoušena větší část SW vybavení mikrokontroléru. Další postup práce bude dokončení SW a finální otestování. Celý systém lze v budoucnu rozšířit například o IP kameru pro vzdálené sledování osvětlovaného objektu (není součástí tohoto projektu) a její navázání na webový server osvětlení.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za podpory interního projektu FEKT-S-11-12 MOB YS a projektu CZ.1.07/2.3.00/20.0007 WICOMT, financovaného z operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.

REFERENCE

- [1] TAMULAITIS, G. et al. High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation. Journal of physics D: Applied physics, 2005, vol. 38, no. 17, p. 3182-3187
- [2] MANN BURKHARD, C pro mikrokontroléry – 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003. 280 s. ISBN 80-7300-077-6
- [3] STM32F100R8T6B – STMicroelectronic [online]. 2011 - [cit. 25. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://www.st.com/internet/mcu/product/216843.jsp>.
- [4] NCP3065 – ON Semiconductor [online]. 2008 [cit. 10. prosince 2011]. Dostupné na www: <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/product.do?id=NCP3065PG>
- [5] Chlorophyll – Simple English Wikipedia, the free encyclopedia [online]. [cit. 22. března 2011]. Dostupné na www: <http://simple.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll>