

DESIGN OF THE LED LIGHT

Jakub Kozdon

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xkozdo00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jaroslav Bousek

E-mail: bousek@feec.vutbr.cz

Abstract: In this work I will show how to design and make LED powered light source. In this light is used three Cree XM-L High Voltage LEDs in series. One part of design is focused on thermal design. Driver IC for sourcing LEDs is chosen with respect to availability all parts and low cost. By light power this lamp can replace 40W incandescent.

Keywords: LED, light, design

1. ÚVOD

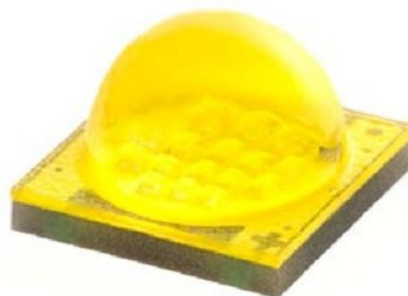
Tato práce se zabývá návrhem svítidla s LED. Vzhledem ke stále přísnějším požadavkům na nízkou spotřebu elektronických zařízení, bylo potřeba vyvinout i nové způsoby osvětlení. Diody LED mají výborné parametry, které jsou nadále ještě zlepšovány. Tento návrh ukazuje návrh celého svítidla, zahrnující výběr diod, jejich světelný tok a chlazení a nakonec i obvod pro jejich napájení.

2. NÁVRH SVÍTIDLA

Svítidlo sestává z několika částí. Hlavní částí jsou diody LED, které jsou instalovány na patřičném chladiči. Další částí je napájecí zdroj, jenž zajistí převod napětí ze síťového na proud sloužící k napájení LED.

2.1. LED

Jako světelný zdroj jsou použity diody LED firmy Cree . Tyto diody mají v pouzdře několik diod v sérii, takže pro jejich napájení není potřeba velký proud. Což je výhodné zvláště pro síťově napájené svítidla. Jedna dioda má napětí v propustném směru typicky 46 V, při 44 mA a teplotě 85°C. Zapojeny jsou tři diody v sérii, tudíž výsledné napětí je 138 V.



Obrázek 1: XM-L High Voltage

Vybrané diody svítí v neutrálním odstínu – teplota chromatičnosti od 3700 K po 5000 K. Diody v teplejším odstínu nemají takovou účinnost a naopak diody ve studeném odstínu jsou pro osvětlování domácností, zvláště pak prostor určených k odpočinku, nevhodné kvůli světelné pohodě. Neutrální odstín je rovněž podobný slunečnímu světlu při jasné obloze. Diody se dělí jak podle

jejich odstínu (aj. tint), tak i podle světelného toku při určitém proudu (aj. bin). Bin takovými způsobem ukazuje nepřímo na účinnost dané diody. Vybral jsem nejlepší bin v neutrálním odstínu, tedy bin T2, který má minimálně 200 lm při 44 mA a je v prodeji. Existují i lepší biny (T3, T4 a další), ale nemusí být v prodeji, jsou dostupné jen v malých množstvích anebo jsou jen u studenějších odstínů. Celkový světelný tok ze všech diod po ohřátí je:

$$\Phi = n \cdot \Phi_{LED} = 3 \cdot 200 = 600 \text{ lm} \quad (1)$$

kde n je počet LED [-]
 Φ celkový světelný tok [lm]
 Φ_{LED} světelný tok jedné LED [lm]

V případě použití optiky tvarující světelný kužel, vhodné je použití kolimátoru, jehož optická účinnost je přibližně 90%, pak klesne výsledný světelný tok na 540 lm (2).

$$\Phi_{opt} = \Phi \cdot \eta_{opt} = 600 \cdot 0,9 = 540 \text{ lm} \quad (2)$$

kde Φ_{LED} je výstupní světelný tok [lm]
 η_{OPT} optická účinnost [-]

Minimální počáteční světelný tok pro náhradu 40 W žárovky je, podle Energy Star 450 lm pro všesměrové lampy. Tento limit tedy je splněn. Dalším limitem je účinnost, ta musí být minimálně 50 lm/W pro světla o výkonu do 10 W a 55 lm/W pro výkonnější svítidla. V případě, že napájecí elektronika má 90% účinnost, pak je celkový příkon 6,75 W (3).

$$P = \frac{n \cdot U_{LED} \cdot I_{LED}}{\eta_{EL}} = \frac{3 \cdot 46 \cdot 0,044}{0,9} = 6,75 \text{ W} \quad (3)$$

kde P je celkový příkon [W]
 U_{LED} napětí na jedné LED [V]
 I_{LED} navrhovaný proud diodami [mA]
 η_{EL} účinnost napájecí elektroniky [-]

Výsledná účinnost je 80 lm/W (4) splňuje limit Energy Star. Zároveň je nutné brát na vědomí, že účinnost počítá i s optickými ztrátami, což se u většiny světelných zdrojů vůbec nebere na zřetel. Pak se uvádí pouze účinnost světelného zdroje a napájecí elektroniky.

$$\eta = \frac{\eta_{OPT}}{P} = \frac{540}{6,75} = 80 \text{ lm/W} \quad (4)$$

kde η je celková účinnost [lm/W]

2.2. CHLAZENÍ

Pro dosažení dlouhé životnosti je potřeba LED dobře chladit. Dioda má teplotní odpor 3,5 °C/W. Diody jsou připájeny na plošném spoji s hliníkovým jádrem, určeným pro chlazení výkonových součástek. Při zanedbání teplotního odporu plošného spoje je potřeba chladit výkon 6,06 W. Při teplotě okolí 40 °C a uvažované teplotě čipu 85 °C musí být teplotní odpor chladiče menší než 6,26 °C/W (5).

$$R_{T_{h-a}} = \frac{T_j - T_a}{n \cdot P_{LED}} - \frac{R_{T_{j-sp}}}{n} = \frac{85 - 40}{3 \cdot 2,02} - \frac{3,5}{3} = 6,26 \text{ °C/W} \quad (5)$$

kde T je teplotní rozdíl přechod-pájecí bod [°C]
 R_T teplotní odpor přechod-pájecí bod [°C/W]
 P_{LED} příkon jedné LED [W]

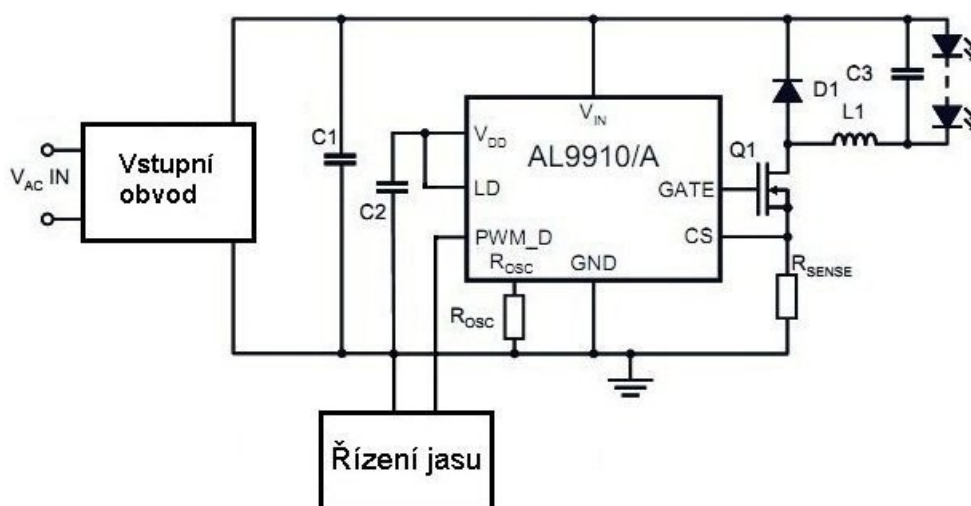
Teploty by měly vycházet příznivěji, protože diody LED mají účinnost odhadem 30 %, takže nebude nutné chladit takový výkon.

2.3. NAPÁJECÍ ELEKTRONIKA

Napájecí elektronika (driver) musí zajistit správné napájení diody. Zároveň musí splňovat požadavky na dobrou účinnost a neměla by být zbytečně drahá. Driver je napájen ze sítě, tedy 230 V střídavých. Topologie napájecího obvodu je snižovací z důvodu jednoduchosti zapojení a dostupnosti součástek, zvláště vinutých dílů. Avšak snižující měnič nezajistí galvanické oddělení od sítě, proto bude svítidlo vhodné do aplikací, kde k němu nebude volný přístup.

Pro řízení celého obvodu byl vybrán AL9910, který je určen pro tyto aplikace. Základní schéma je na Obr. 2. Obsahuje většinu potřebných částí, jako je měření a regulace proudu přes externí odpor (vstup CS), řízení jasu a ovládání spínacího prvku. Spínací MOS-FET je umístěn mimo obvod (výstup GATE). Toto dává obvodu velkou variabilitu. Dále obsahuje vstup pro PWM stmívání (PWM_D), který přivedením na zem vypne obvod a přivedením na V_{DD} AL9910 zapne. A vstup pro analogové stmívání (LD).

Obvod je rozdělen na několik částí. Vstupní obvod obsahuje filtr, usměrňovač a hlavní filtrační kondenzátor. Tento obvod je pak umístěn na samostatné desce ze skloepoxidového laminátu kvůli nutnosti použít vývodové součástky. Hlavní část obvodu, tedy vlastní napájecí obvod i s diodami LED je umístěn na plošném spoji s izolovaným kovovým jádrem kvůli odvodu tepla. Tato část je umístěna na chladiči.



Obrázek 2: Schéma napájecího obvodu s AL9910

3. ZÁVĚR

Výsledkem je LED lampa napájená síťovým napětím s regulací jasu. Výkonově by měla odpovídat 40 W žárovce, ale její spotřeba by měla být mnohem menší, pouhých 6,75 W.

REFERENCE

- [1] *AL9910/AL9910A/AL9910-5* [online]. Diodes, Inc. [vid. 2012-3-2]. Dostupné z: http://www.diodes.com/datasheets/AL9910_A.pdf
- [2] *Cree® XLamp® XML- HVW LEDs* [online]. Cree, Inc. February 2012. [vid. 2012-2-29]. Dostupné z: http://www.cree.com/products/pdf/XLampXM-L_HVW.pdf
- [3] *ENERGY STAR® Program Requirements for Integral LED Lamps* [online]. U.S. Environmental Protection Agency. March 22, 2010. [vid. 2012-3-1]. Dostupné z: http://www.energystar.gov/ia/partners/product_specs/program_reqs/ILL_prog_reqs.pdf?5217-d41d