

# Osvětlení s LED na 230 V

Jaroslav Belza

Používání LED k osvětlení začíná v současné době nebývalý rozmach. Svítivost bílých LED je již dnes srovnatelná s kompaktními úspornými zářivkami a lze očekávat, že se během několika let ještě zvětší. Svítidla s LED budou ještě „zelenější“ než kompaktní zářivky - neobsahují rtuť a doba jejich života bude až 10x delší. Článek se zabývá srovnáním LED s jinými zdroji světla, způsoby napájení svítidel z elektrické sítě a popisem amatérsky vyrobené „LED žárovky“

## Jak svítí LED?

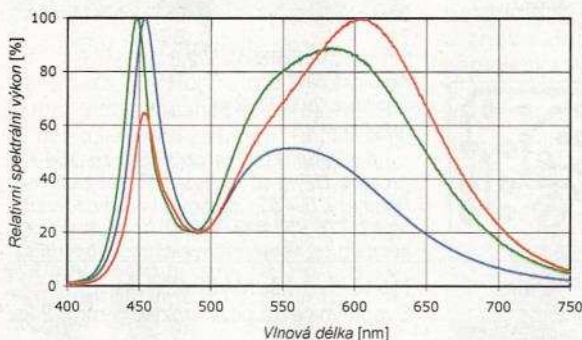
V souvislosti s LED si jistě kladete otázku, jaká je účinnost přeměny elektrické energie na světlo. V tabulce 1 je měrný světelný výkon různých zdrojů světla [1].

Porovnáme-li katalogové listy různých výrobců LED, dozvíme se, že světelný tok nových LED dosahuje 80 až 100 lm/W (XR-E [2]), přičemž vývojové vzorky mají světelný tok přes 150 lm/W. Přepočítáme-li svítivost LED a jejich příkon na měrnou svítivost, zjistíme, že největší svítivost nemají LED s příkonem 5, 10 nebo více wattů, ale LED s příkonem okolo 1 W. LED s namodralým světlem (cold white) mají větší světelný tok než LED

se světlem nažloutlým (warm white). Je to způsobeno ztrátami v luminofozu, který převádí modré světlo čipu na delší vlnové délky. Ukázka spektrální charakteristiky bílých LED je na obr. 1 (může se lišit podle výrobce).

Velké nejasnosti často provázejí oblast jednotek popisujících svítivost. Světelný tok  $\Phi$  je výkon světelného zdroje zhodnocený normálním lidským zrakem, tedy v oblasti viditelného světla a bez ohledu na směr vyzařování. Je to tedy celkové množství viditelného světla vyprodukovaného světelným zdrojem. Jednotkou světelného toku je lumen [lm].

Svítivost  $I$  je podíl světelného toku vyzařovaného zdrojem v některém směru do nekonečně malého prostrové-



Obr. 1.  
Spektrální charakteristika LED se studeným (modrá), neutrálním (zelená) a teplým (červená křivka) bílým světlem (Cree)

Tab. 1. Měrný světelný výkon  $P$  v lm/W a světelná účinnost  $K$  v % pro různé zdroje světla

Zdroj světla	lm/W	K (%)
Svíčka	0,3	0,04
Žárovka 5 W	5	0,7
Žárovka 40 W	10,5	1,5
Žárovka 60 W	11,7	1,7
Žárovka 100 W	13,4	2,0
Halogenová žárovka křemenná	24	3,5
Vysokoteplotní žárovka	35	5,1
Kompaktní zářivka (úsporná žárovka) 5 až 24 W	45 až 60	6,6 až 8,8
Zářivka trubicová	50 až 104	7 až 15,2
Výbojka metalhalogenidová	100	15
Výbojka vysokotlaká, sodíková	150	22
Výbojka nízkotlaká, sodíková	183	27
LED - teplá bílá (~3 000 K)	40 až 100	6 až 15
LED - studená bílá (~7 000 K)	50 až 120	7,5 až 18

VYBRALI JSME NA



OBÁLKU

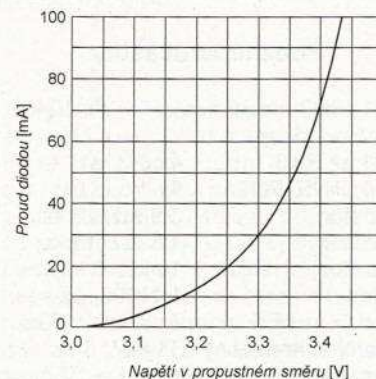


ho úhlu a velikosti tohoto úhlu. Svítivost jednoho zdroje může být v každém směru jiná. Jednotkou je kandela [cd]. V katalogu se uvádí maximální svítivost. LED, jejíž světlo je soustředěno do užšího paprsku, má větší svítivost než LED se stejným čipem, ale s větším vyzařovacím úhlem. Z hlediska posuzování účinnosti světelného zdroje je důležitější veličinou světelný tok, často (nesprávně) uváděný jako svítivost. Pokud je u veličiny svítivosti uvedena jednotka lm místo cd, nejedná se o svítivost, ale o světelný tok. Zdroj světla, který má ve všech směrech svítivost 1 cd, dává světelný tok  $4\pi$  lm.

Intenzita osvětlení  $E$  je podíl světelného toku  $\Phi$  a velikosti plochy, na kterou světelný tok dopadá. Jednotkou je lux [lx]. Světelný zdroj se svítivostí 1 cd, který kolmo osvětluje plochu ze vzdálenosti 1 m, vytvoří intenzitu osvětlení 1 lx. Je-li plocha velká 1 m<sup>2</sup>, je světelný tok právě 1 lm. Intenzita osvětlení ubývá kvadraticky se vzdáleností.

## Napájení LED

Napájení osvětlovacích LED se v zásadě neliší od napájení běžných



Obr. 2.  
Voltampérová charakteristika bílé LED se jmenovitým proudem 30 mA



indikačních LED. Bílá LED se chová jako dioda s úbytkem napětí 3 až 3,5 V v propustném směru. Napětí „kolena“ na voltampérové charakteristice (obr. 2) se mění i podle teploty, a tak LED není vhodné napájet ze zdroje napětí, neboť i malá změna napětí nebo teploty vyvolá velkou změnu napájecího proudu. Používá-li se pro LED zdroj (stejnosměrného) napětí, musí být proud LED nějakým způsobem omezen. V nejjednodušším případě je v sérii s LED zapojen rezistor. Toto zapojení však není pro výkonové LED příliš vhodné, neboť na rezistoru se může ztratit více výkonu než na LED. Pro malá napětí se s výhodou využívají různé typy snižujících nebo zvyšujících měničů, zpravidla upravených tak, že místo výstupního napětí stabilizují přímo výstupní proud. Účinnost těchto měničů bývá 75 až 95 %. Předmětem článku je popsat způsoby napájení LED z elektrozvzdácné sítě 230 V.

V nejjednodušším případě lze použít síťový zdroj s transformátorem a na výstup zapojit LED s předřadným rezistorem. Účinnost tohoto zapojení

je však malá. Samotný napájecí zdroj má účinnost asi 60 %, další výkon se ztratí na předřadném rezistoru. Z hlediska celkové účinnosti je výhodnější použít spínací zdroj se stabilizovaným napětím. Např. ke zdroji 12 V lze připojit 3 sériově zapojené LED s předřadným rezistorem, na kterém bude úbytek jen asi 1,5 V. Pro napájení jedné nebo dvou 1 W LED lze použít nabíječku pro mobilní telefon se spínacím zdrojem. Tyto nabíječky lze občas koupit ve výprodeji i za méně než 100 Kč. Výstupní napětí je zpravidla 5 V a maximální výstupní proud podle typu 300 až 700 mA (obr. 3).

K napájení LED na obr. 4 je použit zdroj se sériovým kondenzátorem. Proud procházející LED je omezen reaktancí kondenzátoru. Zapojení je vhodné pro svítidla s větším počtem sériově zapojených LED a proud až 50 mA. Lze s ním realizovat svítidla až do příkonu několika wattů. V zapojení vznikají ztráty jen na ochranném rezistoru R1, vybíjecím rezistoru R2 a usměrňovacích diodách, účinnost zdroje je přes 90 %. Kondenzátor C1 by měl být na stejnosměrné napětí

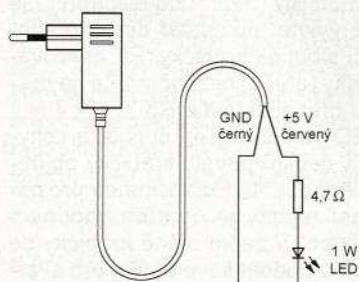
630 V, případně můžete použít odrušovací kondenzátor pro střídavé napětí 250 nebo 275 V (bývá označen X2). V tab. 2 je uveden proud pro různý počet LED a pro několik kapacit kondenzátoru C1. Rezistor R1 a kondenzátor C2 chrání LED před proudovými impulzy, které mohou vzniknout při prudkých změnách napájecího napětí. C2 také zmenšuje zvlnění proudu, který prochází LED, jeho vliv na střední proud LED je však malý. „LED žárovka“ s využitím tohoto zdroje bude popsána dále v článku.

Jiný způsob získání vhodného napětí pro LED je na obr. 5. U tohoto zdroje jsem se inspiroval zapojením v [3]. Vhodné napětí je „vyseknuto“ ze síťového napětí. Mezi usměrňovačem a filtračním kondenzátorem je zapojen tranzistor T1. Ten je na začátku půlperiody otevřený a usměrňovač nabíjí přes T1 a D1 filtrační kondenzátor C1, viz obr. 6. Po dosažení potřebného napětí na C1 (nebo proudu LED) se tranzistor uzavře a kondenzátor se dále nenabíjí. V původním zapojení se stabilizovalo výstupní napětí, zde se snímá proud LED na rezistoru R5. Poté, co proud vytvoří na R5 úbytek napětí asi 0,5 V, otevře se tranzistor T2 a následně i T3. Oba tranzistory lavičovitě sepnou, napětí na gate T1 se zmenší a T1 se uzavře. T2 a T3 zůstanou otevřeny po zbytek půlperiody, dokud se napětí na výstupu usměrňovače nezmenší k nule a nezanikne proud procházející rezistorem R2. Tranzistory T2 a T3 fungují jako tyristor a také je lze miniaturním tyristorem (např. BT169) nahradit. Při malých proudech však zapojení s tranzistory pracuje lépe. Zenerova dioda ZD1 chrání gate T1 před přepětím, dioda D1 odděluje tranzistor T1 od filtračního kondenzátoru C1. Bez ní by se po uzavření T1 vybíjel C1 přes D1, T2 a T3, což by vedlo k jejich zničení. Proud řetězce LED je určen rezistorem R5, při odporu 22 Ω je asi 19 mA, při 18 Ω asi 24 mA a při 15 Ω asi 28 mA.

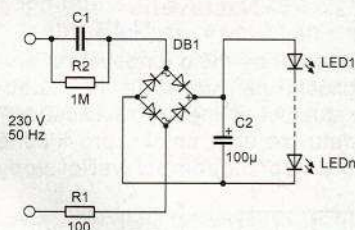
Ačkoli je toto zapojení zcela funkční, měla by být pro praktické použití vyřešena ochrana při závadě sloupce LED (přerušení, celkový zkrat) a zajištěno vybití C1 po vypnutí. Protože toto zapojení odebírá ze sítě krátké silné proudové impulzy, mělo by být ještě doplněno odrušovacím filtrem. Rezistor R1 by měl být drátový, a přestože je jeho odpor menší než odpor R1 v zapojení na obr. 4, ztratí se na něm větší výkon, což je dáno impulzním charakterem odebíraného proudu.

Budete-li s tímto zapojením provádět experimenty, velmi doporučuji použít oddělovací transformátor a do přívodu zapojit žárovku 10 až 25 W/230 V, která ochrání LED před zničením, rozpojí-li na okamžik regulační smyčku.

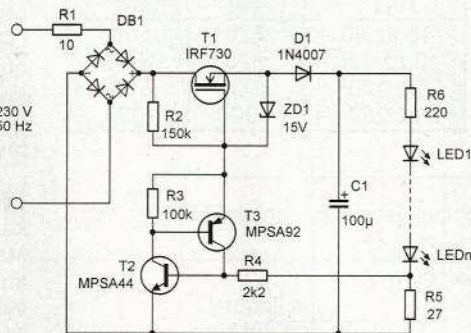
(Dokončení příště)



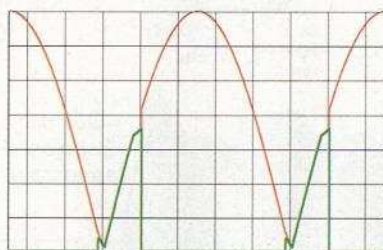
Obr. 3. Síťový adaptér 5 V nebo nabíječka pro mobilní telefon jako zdroj pro 1 W LED



Obr. 4. Budič LED s omezením proudu kondenzátorem



Obr. 5. Budič LED s přímým připojením k síti



Obr. 6. Průběh napětí na výstupu usměrňovače (červená křivka) a na gate T1 (zelená křivka)

Tab. 2. Proud sériově zapojenými LED v závislosti na C1 v zapojení na obr. 4

Kapacita C1	Počet LED					
	1*)	10**)	20	30	50	70
1000 nF	64 mA	57 mA	49 mA	42 mA	32 mA	20 mA
680 nF	44 mA	39 mA	34 mA	29 mA	22 mA	14 mA
470 nF	30 mA	27 mA	24 mA	20 mA	15 mA	-
330 nF	21 mA	19 mA	17 mA	14 mA	-	-
220 nF	14 mA	13 mA	11 mA	-	-	-
Celkové napětí [V]	3,5 V	35 V	70 V	105 V	165 V	230 V

\*) C2 = 1000 μF, \*\*) C2 = 470 μF