

## Násobiče napětí, zdroje s předřadnými kondenzátory

Ing Vlček

Následující text doplňuje kapitoly klasické (spínané) napájecí zdroje v publikaci *Moderní elektronika*

Pro získání většího napětí se nejčastěji používá **kaskádní násobič**.

Po připojení zdroje se první kondenzátor nabije na maximální amplitudu napětí. V následující polovině periody se napětí na kondenzátoru přičte k napětí zdroje a nabíjí se horní kondenzátor na dvojnásobek amplitudy. V další půlperiodě zdroj opět změnil polaritu a součtem napětí  $3U_{\max}$  se nabíjí sériové spojení kondenzátorů. Protože na prvním je napětí  $U_{\max}$ , zbývá na pravý spodní kondenzátor opět dvojnásobek amplitudy. Současně se dobíjel první kondenzátor přes první diodu na  $U_{\max}$ . Kromě prvního kondenzátoru je na každém dalším kondenzátoru dvojnásobek amplitudy napětí zdroje.

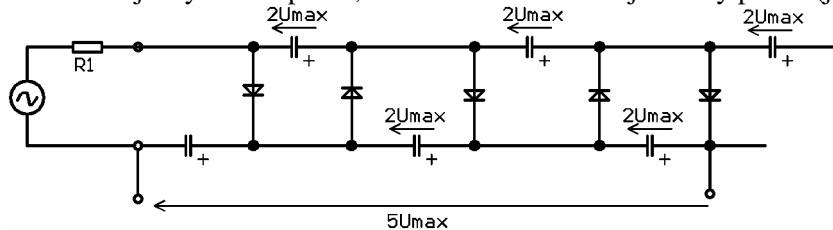
Kaskádu nelze prodlužovat donekonečna, protože se nepříznivě projevují **úbytky napětí na diodách**. Doporučuji použít Schottkyho diody, při frekvencích větších než 50 Hz je jejich použití nezbytné (krátká zotavovací doba). Kapacity jsou zde spojeny do série. Výsledná kapacita dodávající náboj do spotřebiče se stále zmenšuje. Zvětšuje se tak vnitřní odpor zdroje, který je stále měkčí.

Přibližně platí: (n je počet stupňů násobiče)

$$n U_{\text{zdroje}} = 0,85 U_{\text{výst}}$$

$$C f U_{\text{výst}} = I (4 n^2 + 2n)$$

**Vnitřní odpor zdroje napětí (R1) musí být mnohonásobně menší než zatěžovací odpor.** Při větším kmitočtu vystačíme s menšími kapacitami. Optimální je kmitočet asi 10 kHz, další jeho zvyšování vlastnosti obvodu už nezlepší (při krátkém okamžiku nabíjení je provuce nenulový vnitřní odpor zdroje, kondenzátory se nestačí plně nabít. Dává se ale často přednost kmitočtu okolo 20 kHz, aby nevznikalo rušivé pískání. Tento obvod často používáme i při kmitočtu 50 Hz, pokud potřebujeme získat zdroj s vyšším napětím, ze kterého odebíráme jen malý proud (jednotky až desítky mA).



## Zdroj záporného napětí

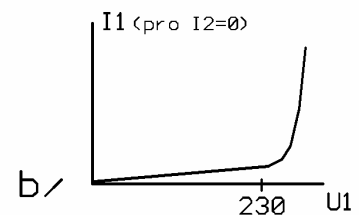
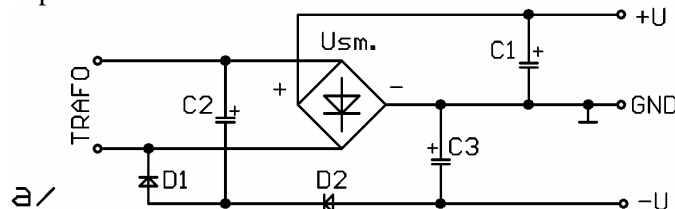
Častým požadavkem na napájecí zdroj je kromě hlavního kladného napětí získat i pomocný zdroj záporného napětí. Jeho odběr může být velmi malý (jednotky mA), slouží pro napájení OZ, A/D převodníků a dalších integrovaných obvodů, které někdy potřebují záporné předpětí (aby mohly zpracovávat napětí blízké nule). Známost aplikací je i konstrukce regulovatelného zdroje napětí s regulací od nuly.

K jeho realizaci **není nezbytná odbočka na vinutí transformátoru, stačí nám zdvojnásobit napětí.**

Tvoří jej diody  $D_1$  a  $D_2$  a kondenzátory  $C_2$  a  $C_3$ . Kapacity těchto kondenzátorů volíme 100 až 220  $\mu\text{F}$ .

Kladné napětí vytváříme běžným způsobem pomocí můstkového usměrňovače (viz obr.a)

Důležité upozornění: **Proud v kladné větvi nesmí být menší než proud v záporné větvi**, jinak začne napětí v kladné větvi vzrůstat.



## Spotřeba napájecích zdrojů v režimu naprázdno

Příkon transformátoru není nulový, když z něj neodebíráme žádný výkon. **Primárním vinutím** teče **magnetizační proud**, přemagnetováním jádra vznikají **tepelné ztráty** (jsou úměrné ploše hysterezní

smyčky použitého materiálu). Můžeme se o tom velmi snadno přesvědčit. Starší typy nabíječek k mobilním telefonům (větší a těžší) se zahřívají i v režimu naprázdno. U nejmenších transformátorů je jejich ztrátový výkon zhruba 1 W. S rostoucím výkonem tento ztrátový výkon roste (ne lineárně, účinnost větších transformátorů je větší než účinnost menších transformátorů). Na výše uvedeném obrázku b je znázorněna závislost magnetizačního proudu transformátoru na jeho primárním napětí. (Pokud bychom primární napětí zvětšili více než je povoleno a dostali se za „koleno“ této charakteristiky, jádro by se začalo přesycovat. Transformátor by se silně přehříval a zničil by se.) Tyto ztráty nám mohou ve srovnání s výkonem ostatních elektrospotřebičů připadat zanedbatelné. Pokud jsou tyto transformátory trvale zapojeny není tomu tak. Každý watt ztrátového výkonu nám zvýší roční spotřebu elektřiny o 8,76 kWh. Když tuto hodnotu vynásobíme cenou elektřiny a předpokládanou dobou života zařízení, zjistíme, že se nejedná o zanedbatelnou částku. Řešením je **náhrada klasických zdrojů spínanými zdroji**. Jejich výroba je již ekonomická i pro nejmenší síťové adaptory. Tyto zdroje jsou také menší a lehčí viz nové typy nabíječek k mobilním telefonům.

Pokud síťové spotřebiče (TVP) ovládáme dálkovým ovládaním, musíme si uvědomit, že v nich jsou některé obvody trvale pod napětím a že je zde určité (i když velmi malé) riziko požáru. Měli bychom rozhodně vědět, jaký je odběr těchto zařízení v klidovém (Stand-by) režimu a kolik nás jejich provoz stojí.

## Zdroje napětí s předřadnými kondenzátory

V některých aplikacích potřebujeme síťovým napětím napájet obvody s velmi malým odběrem proudu, například pro buzení optotriaků a napájení dalších obvodů s operačními zesilovači a s LED (okolo 10 mA).

Použití síťového transformátoru není ekonomické (cena, trvalý odběr proudu v režimu naprázdno). Kdybychom použili předřadný rezistor, byly by na něm zbytečné tepelné ztráty.

Použijeme raději předřadný kondenzátor ( $C_1$ ). Jeho hlavní výhodou je, že na něm nevznikají tepelné ztráty. Vzniká pouze zanedbatelný jalový výkon kapacitního charakteru, který uživatelé neplatí a který nemají povinnost kompenzovat (kompenzovat se musí pouze velký indukční jalový výkon – velké motory).

Pro proud, který jím teče, platí přibližně vztah  $I = U / X_c$ , kde  $X_c = 1 / 2 \pi f C$

$I = 2 \pi f C U$  (za předpokladu, že výstupní napětí zdroje je výrazně menší než síťové napětí) za f dosadíme 50 Hz, za U 230 V.

Následující tabulka udává maximální velikost proudu zátěže v závislosti na kapacitě předřadného kondenzátoru  $C_1$ . Skutečný proud bude v tomto zapojení menší.

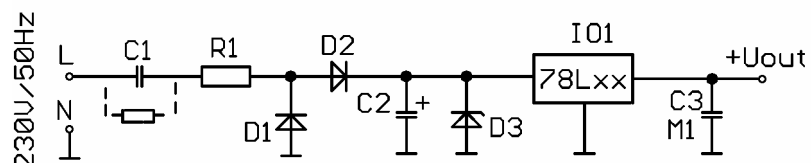
$C_1$ (nF)	100	220	330	470	680
$I_{\max}$ (mA)	7	15	23	33	49

Vidíme z ní, že tento obvod je použitelný pouze pro malý odběr proudu. Pro větší odběr proudu je lepší použít transformátor nebo spínaný zdroj.

Dále nesmíme zapomenout, že **zátěž je galvanicky spojena se sítí**. Případná záměna fázového a nulového vodiče by na zátěž přivedla fázové napětí. Tento zdroj nesmí být používán tam, kde by mohlo dojít k dotyku osob nebo zvířat s tímto napětím. Zdroj je potřeba napájet z **pevného přívodu síťového napětí**. U pohyblivých přívodů může při použití starších typů síťových rozdvojek k této záměně dojít.

Kondenzátor  $C_1$  musí být dimenzován na síťové napětí (špičkové napětí sítě je 1,41 krát větší než jeho efektivní hodnota). Při připojení k síti vzniká přechodový jev. K omezení nabíjecího proudu krátce po zapnutí zapojujeme rezistor  $R_1$ . Jeho hodnota je v řádu stovek ohmů, aby na něm za provozu nebyl velký úbytek napětí. Někdy při použití předřadného kondenzátoru s větší kapacitou k němu paralelně zapojujeme vybíjecí rezistor 1 M $\Omega$  za účelem odstranění náboje po odpojení obvodu (ve schématu připojen čárkovaně). Střídavé napětí usměrňujeme diodami  $D_1$  a  $D_2$  a filtrujeme elektrolytickým kondenzátorem  $C_2$ . Diody dimenzujeme minimálně na špičkové napětí sítě (1N4007), kondenzátor  $C_2$  na malé napětí. K dostatečné filtraci kapacita 100  $\mu$ F bohatě stačí. Rezistor  $R_1$  má být dimenzován na síťové napětí (které je na něm pouze nepatrný zlomek sekundy), neměl by být proto miniaturní nebo SMD.

Výstupní napětí je potřeba stabilizovat Zenerovou diodou  $D_3$ , která zachytí špičku napětí při zapnutí, dále jej můžeme kvalitně stabilizovat monolitickým stabilizátorem  $IO_1$ .



Literatura:

Robert Láníček: Obvody součástky, děje, BEN2004