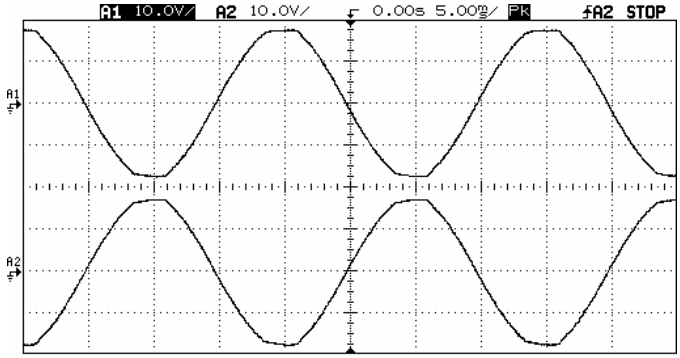
Usměrňovač

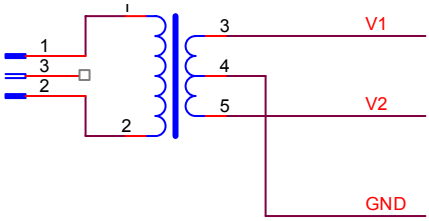
Milan Horkel

Článek se zabývá tím, jak pracuje obyčejný usměrňovač napájecího zdroje. Skutečné průběhy napětí vypadají poněkud jinak, než bývá v učebnicích nakresleno.

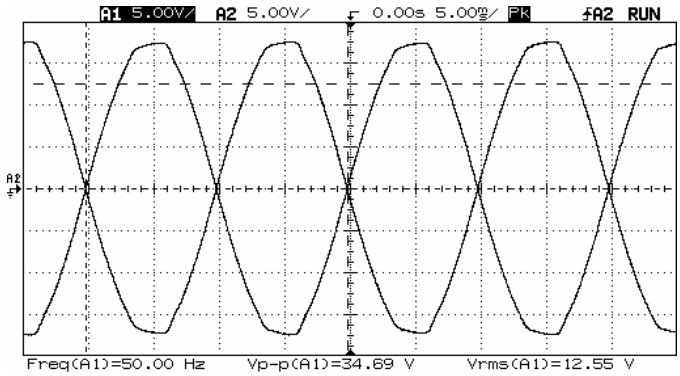
1. Změřené průběhy

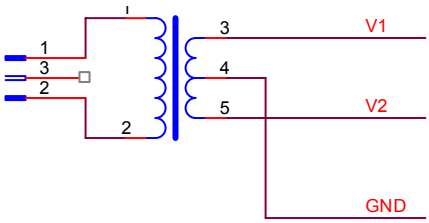
Obrázek ukazuje střídavé napětí na volných koncích sekundárního vinutí transformátoru. Když je na jednom konci plné kladné napětí, na druhém je plné záporné.



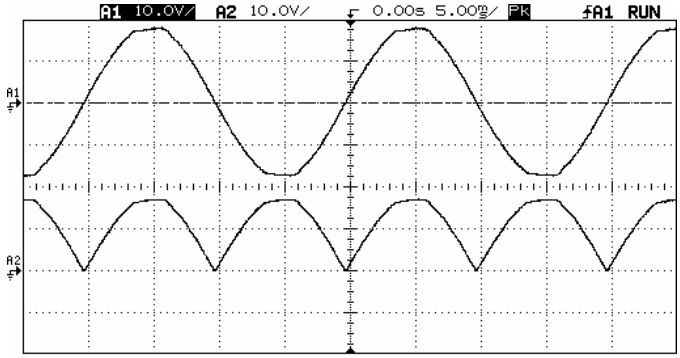


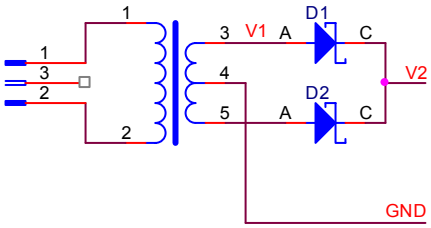
To je totéž ale s nulovým napětím ve středu obrazovky.



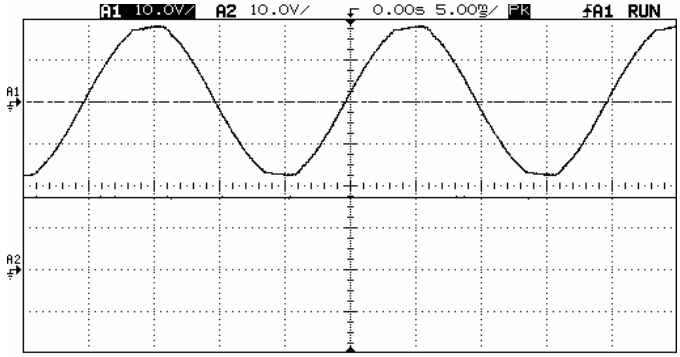


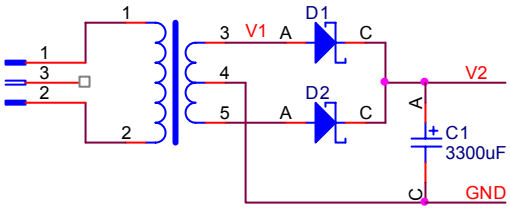
Tento obrázek ukazuje výstup za dvojčinným usměrňovačem. Výstupní napětí 2x za periodu sítě (20ms) dosahuje špičkové hodnoty a 2x klesá k nulové hodnotě napětí.



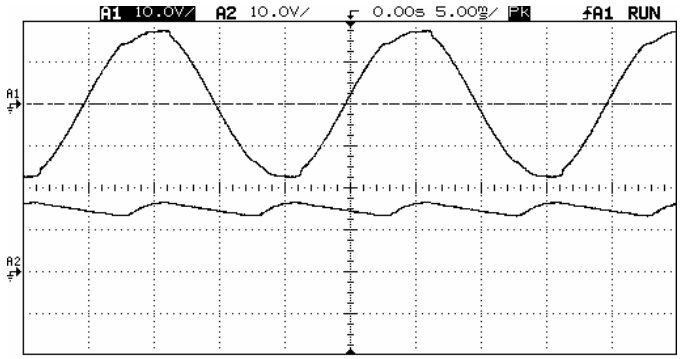


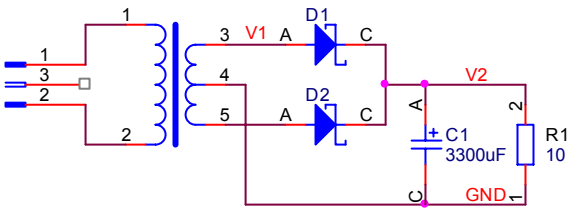
Po přidání kondenzátoru dojde k vyhlazení výstupního napětí. Výstupní napětí se téměř totožné s napětím maximálním strádavého průběhu.



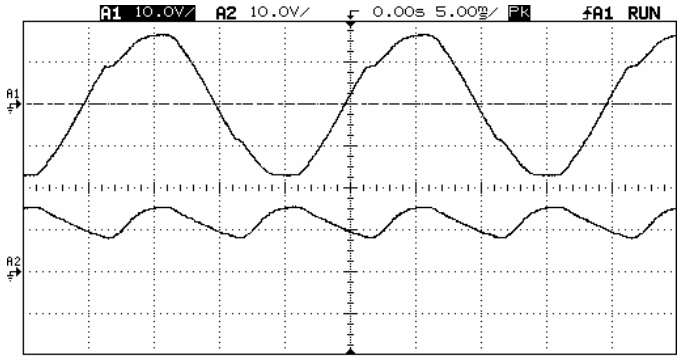


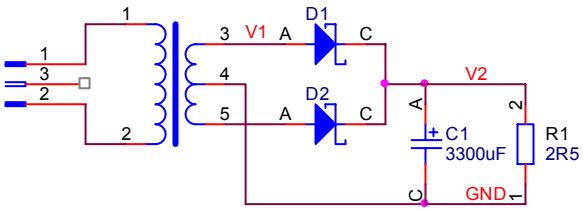
Při zatížení výstupu (zde cca 1.5A) dojde ke zvlnění výstupního napětí.





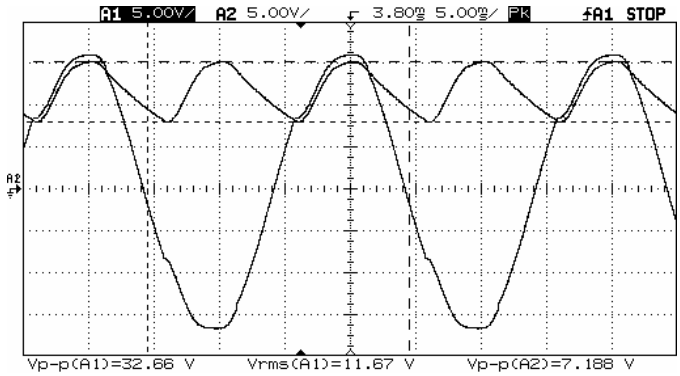
Zvlnění je tím větší, čím je větší odebíraný proud. Zde je odebíraný proud cca 6A.

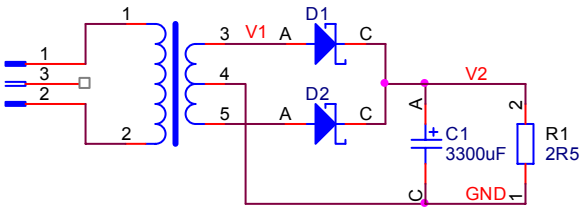




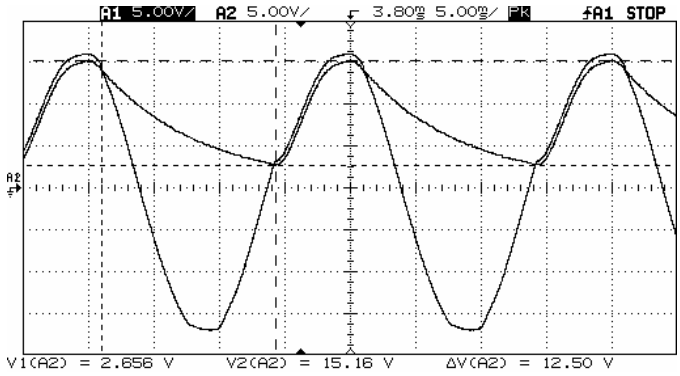
Aby bylo na průběhy lépe vidět zvětšíme si je a položíme si je přes sebe. Začne být vidět úbytek na usměrňovací diodě. Připomínám, že sledujeme vstupní napětí jen v jedné větvi, druhá větev tam je také ale není vidět (máme málo vstupů osciloskopu). Stále používáme zátěž 6A.

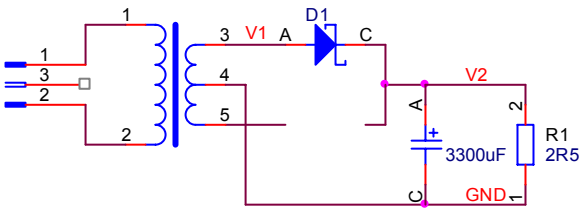
Všimněte si, že napětí na transformátoru je zkresleno vlivem proudu diodou. Transformátor není ideálním zdrojem napětí a proto napětí na jeho výstupu klesá když se zvýší proud. Proud ale teče jen tehdy, kdy je napětí na transformátoru o něco (úbytek na diodě) větší než napětí na filtračím kondenzátoru.



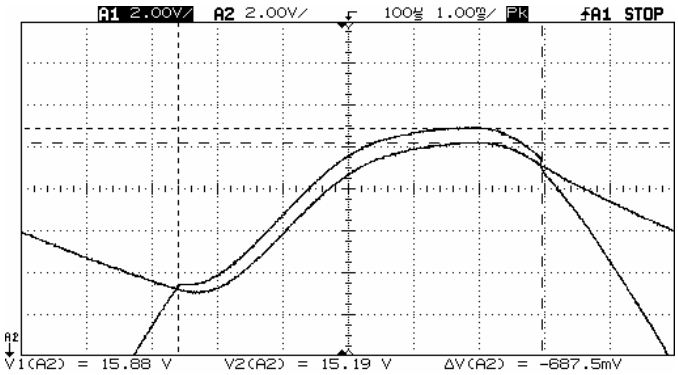


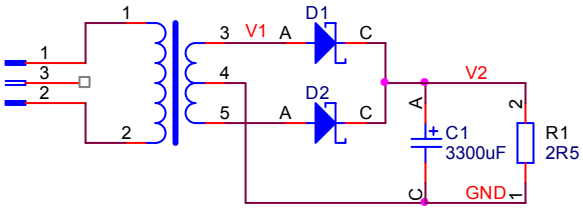
Pokud bychom použili jen jednocestné usměrnění dostaneme mnohem větší zvlnění protože kondenzátor musí dodávat proud na výstup místo cca 5ms u dvoucestného usměrňovače cca 15ms.



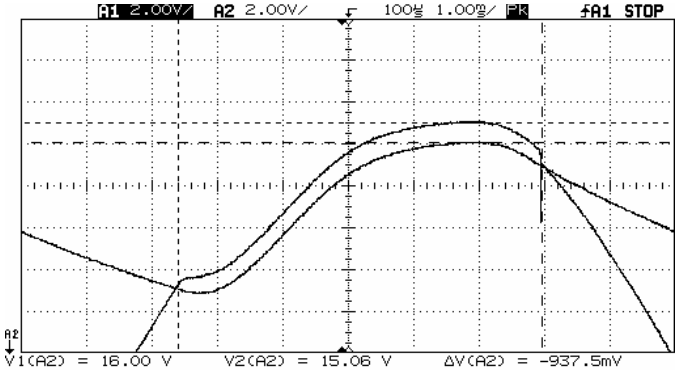


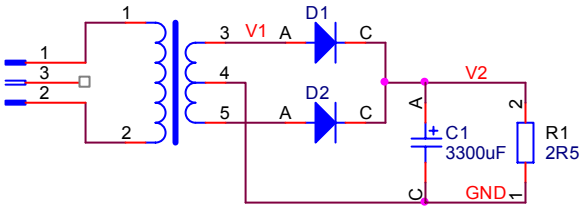
Žádná dioda není ideální a tak je na ní určitý úbytek. Zde je použita Schottkyho dioda. Díky poměrně velkému proudu je i zde úbytek znatelný, cca 600mV.





Pokud místo Schottkyho diody použijeme obyčejnou křemíkovou diodu bude na ní úbytek napětí větší, zde cca 900mV.





2. Vysvětlení a komentář

2.1. Napětí v síti je sinusové

Kdepak. Není. Záleží zejména na síle sítě a množství a druhu spotřebičů. Obvykle mívá tvar lichoběžníka. Je to způsobeno přítomností vyšších harmonických kmitočtů, obvykle lichých. Třetí harmonická má kmitočet 3x50Hz, tedy 150Hz.

Kromě kvality sinusovky v síti je tvar střídavého napětí na sekundární straně transformátoru zkreslena tím že nastává úbytek na odporu vinutí transformátoru. U malých spotřebičů je možné zanedbat vnitřní odpor rozvodné sítě.

2.2. Úbytek na diodě je 0.7V

Obvykle se předpokládá, že úbytek na křemíkové diodě je cca 0.7V a na Schottkyho diodě je 0.3V. Ve skutečnosti bývají diody ve zdrojích značně zatížené a napěťový úbytek je pak větší, u obyčejné diody i kolem 1V.

Dioda je navíc otevřená jen krátkou dobu během periody sítě a musí ji tedy téci tím větší proud. Můžeme odhadnout, že bude asi dvojnásobný než je výstupní proud zdroje (pro dvoucestný usměrňovač).

Nepříjemným důsledkem je to, že dioda bude hřát a při větších proudech dost značně.

Pozor, Schottkyho diody se snadněji zničí pokud je necháme přehřát. Při vyšší teplotě dochází snadno k průrazu i při proudech a napětích hluboko pod maximálními hodnotami. To obyčejné diody nedělají. Schotkkyho diody nelze provozovat bez chladiče ani při krátkodobých pokusech. Vyzkoušeno.

3. Volba filtračního kondenzátoru

Filtrační kondenzátor pokrývá výstupní proud v době, kdy není otevřena ani jedna dioda v usměrňovači. Pokud není zvlnění výstupního napětí velké, je možné zjednodušeně předpokládat, že pokles napětí je úměrný výstupnímu proudu a tím menší, čím je větší kondenzátor.

DeltaU = I * Toff / C

DeltaU [V]	pokles napětí
I [A]	výstupní proud
C [F]	kapacita filtračního kondenzátoru
Toff [s]	doba, po kterou kondenzátor dodává proud na výstup

3.1. Jednocestný usměrňovač

Toff je cca 15ms.

3.2. Dvoucestný usměrňovač

Toff je cca 5ms.