

LABORATORIUM - ELEKTRONIKA

Zasilanie układów elektronicznych

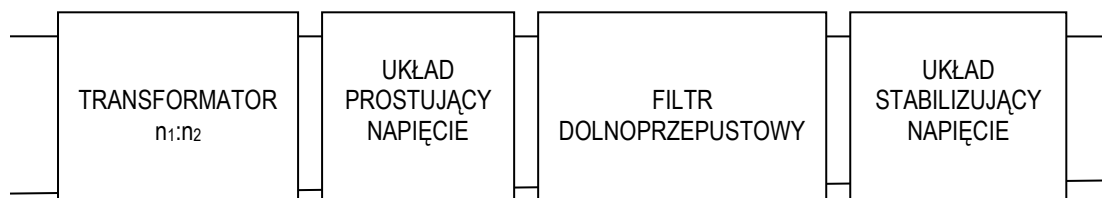
1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadą działania i doboru elementów składających się na prosty zasilacz układów elektronicznych, poprzez zaprojektowanie zasilacza o klasycznej budowie i zadanych parametrach.

2. Bardzo ogólnie o zasilaczu

Na Rysunku 1 pokazano podstawową budowę zasilacza małej mocy, składającego się z:

- transformatora,
- prostownika,
- filtru dolnoprzepustowego,
- stabilizatora.



Rysunek 1. Ogólny schemat budowy zasilacza

Transformator jest układem, który ma za zadanie zredukować napięcie sieci¹ do poziomu najbardziej przydatnego do zasilania układów elektronicznych, dostarczanego na wejście prostownika. Generalna zasada jest taka, że stabilizator napięcia wymaga napięcia wejściowego (wartość szczytowa) o co najmniej około 2,5 do 3 V wyższego od specyfikowanego napięcia wyjściowego.

Zadaniem prostownika jest przekształcenie napięcia przemiennego (dwukierunkowego), na prąd jednokierunkowy. Najprostszym prostownikiem jednopółkownym jest pojedyncza dioda prostownicza, która z zasady przewodzi prąd tylko w jednym kierunku. Jednak z powodu niskiej sprawności działania takiego układu („wycinanie” połowy sinusoidy), stosuje się inne, nieco bardziej skomplikowane układy, z których najczęściej wykorzystywanym jest prostownik zbudowany z czterech diod pracujących w układzie tzw. mostka Graetza (który zamiast „ucinać” połowę sinusoidy, zmienia jej polaryzację).

Napięcie uzyskane z prostownika nie jest napięciem stałym, zależnie od zastosowanego układu prostującego ma charakter mniej lub bardziej pulsujący, tyle że o stałej polaryzacji. Konsekwencją tego faktu jest przymus filtracji niepożądanych tętnień napięcia. Najprostszy filtr dolnoprzepustowy stanowi kondensator włączony do układu równolegle do obciążenia. Nie jest to oczywiście filtr idealny, niemniej napięcie uzyskane z prostownika, odfiltrowane kondensatorem o odpowiednio dobranej pojemności, może być (i jest) z powodzeniem stosowane w wielu przypadkach.

Stabilizator ma za zadanie utrzymywać na wyjściu możliwie stałego napięcia niezależnie od obciążenia układu i wahań napięcia zasilającego. Najprostszym stabilizatorem jest dioda Zenera, w praktyce zwykle stosuje się stabilizatory bardziej skomplikowane – najczęściej scalone serii 78xx (na napięcia dodatnie) i 79xx (na napięcia ujemne), gdzie xx w oznaczeniu stabilizatora scalonego wskazuje wartość napięcia stabilizacji (np. 7906 – stabilizacja na poziomie -6V).

¹ W Europie lokalna sieć elektroenergetyczna tzw. „niskiego napięcia”, doprowadzona bezpośrednio do odbiorcy indywidualnego dostarcza prądu przemiennego o częstotliwości 50Hz pod napięciem $230V \pm 10\%$ (wartość skuteczna). W USA, Kanadzie, Japonii i niektórych innych krajach świata standardem jest sieć o częstotliwości 60Hz pod napięciem 120V/240V.

PRZEBIEG ĆWICZENIA

Ćwiczenie polega na zaprojektowaniu zasilacza o zadanych przez prowadzącego (Tabela 1 w protokole) parametrach.

Student ma za zadanie krok po kroku, zgodnie z podanymi niżej zasadami, zbudować w programie MultiSIM zasilacz o zadanych parametrach, na każdym etapie projektu symulacyjnie sprawdzając, czy uzyskiwane przebiegi zgodne są z oczekiwaniami.

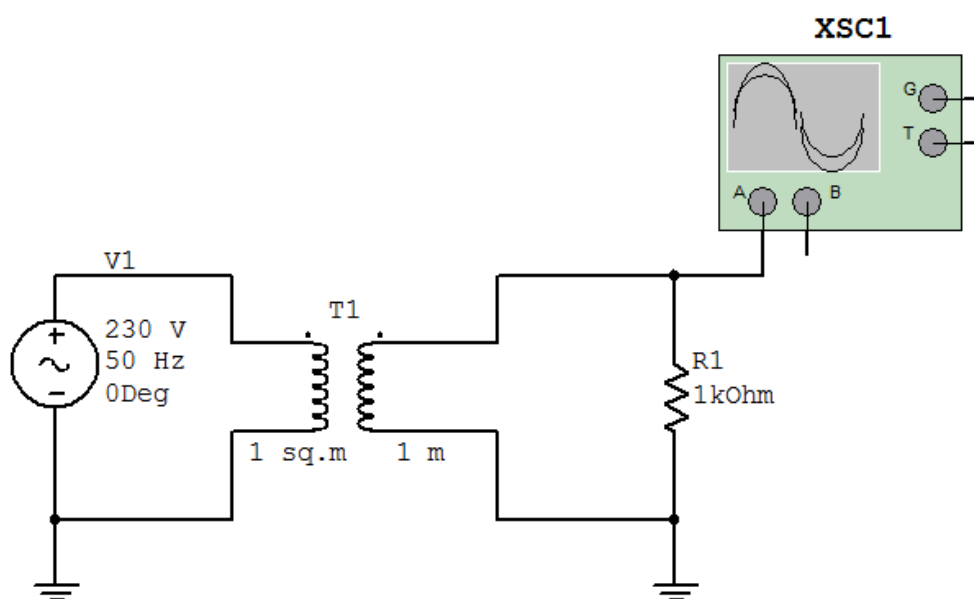
3. **Uruchomić program MultiSIM** (skrót powinien być na pulpicie, ewentualne komunikaty o błędach można zignorować).
4. **Wstawić do układu** (prawy przycisk myszy -> *Place Component* -> (po lewej) *Group: Sources, Family: Power Sources* -> (po prawej) *Component: AC_POWER*) źródło, które będzie symulować sieć elektryczną.

Zmienić (dwuklik w układ) parametry źródła V1 tak, by odpowiadało standardowi europejskiemu (tzn. *Voltage: 230V, Frequency: 50Hz*).

5. **Kolejno wstawić do układu:**

- transformator T1 (*Group: Basic, Family: Basic Virtual -> Component: NLT_VIRTUAL*),
- rezystor obciążający R1 (*Group: Basic, Family: Basic Virtual -> Component: RESISTOR_VIRTUAL*),
- uziemienie (*Group: Sources, Family: Power Sources -> Component: GROUND*),
- oscyloskop (menu po prawej stronie ekranu -> *Oscilloscope*).

Połączyć układ według rysunku (łączenie sprowadza się do klikania w końcówki elementów):



6. Na tym etapie należy dobrać transformator.

W praktyce sprowadza się to najczęściej do zakupu elementu o wymaganych parametrach (tj. napięcie wyjściowe U i prąd obciążenia I). My w tym miejscu zaprojektujemy (czyli dobierzemy przekrój rdzenia i ilość zwojów na obu uzwojeniach) właściwy transformator. Do projektu zasilacza małej mocy wystarczająca będzie metoda uproszczona.

Projektowanie tą metodą polega na:

Obliczeniu maksymalnej mocy pobieranej przez obciążenie: $P_2 = I \cdot U$ (wartości I oraz U z Tabeli 1 zadanej przez prowadzącego). Czasem dla zwiększenia niezawodności dokłada się rezerwę prądową na poziomie około 20%, a bywa, że większą. Decyzję o ewentualnej rezerwie pozostawiam wykonującym ćwiczenie, to w końcu Wasz projekt;)

Obliczeniu mocy pobieranej z sieci: $P_1 = k \cdot P_2$, gdzie k jest współczynnikiem uwzględniającym sprawność transformatora (straty w żelazie rdzenia i uzwojeniach). Niech $k = 1,1$.

Obliczeniu przekroju rdzenia (w cm^2) z wzoru $S = 1,25 \cdot \sqrt{P_1}$.

Znając przekrój rdzenia, z zależności $N = 45,5 / S$ obliczamy liczbę zwojów przypadającą na każdy wolt napięcia na każdym z uzwojeń.

Pozostało obliczyć napięcie U_1 , które chcemy uzyskać na uzwojeniu wtórnym.

Nie jest to napięcie równe napięciu U projektowanego zasilacza!

Zasada jest następująca – na uzwojeniu wtórnym chcemy uzyskać wartość szczytową większą o 2,5-3V (Ile dokładnie? Wasza decyzja.) od pożądanej wartości napięcia wyjściowego projektowanego zasilacza U , a zatem $U_1 = U + 2,5 \div 3[V]$.

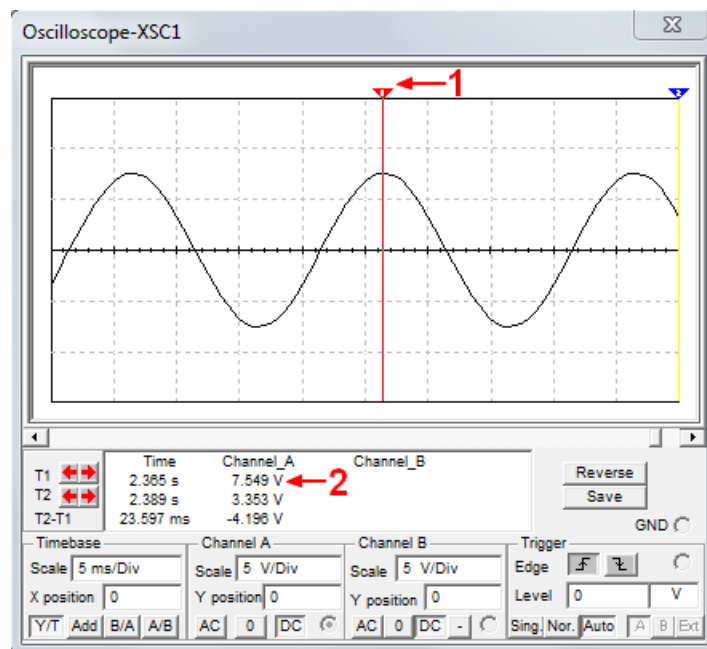
W tym momencie mamy wszystkie dane potrzebne do obliczenia liczby zwojów na uzwojeniach transformatora:

- uzwojenie pierwotne $n_{zP} = 230 \cdot N$,
- uzwojenie wtórne $n_{zW} = (U_1 \cdot N) / 1,414$, gdzie 1,414 jest poprawką wynikającą z przeliczenia wartości skutecznej na szczytową.

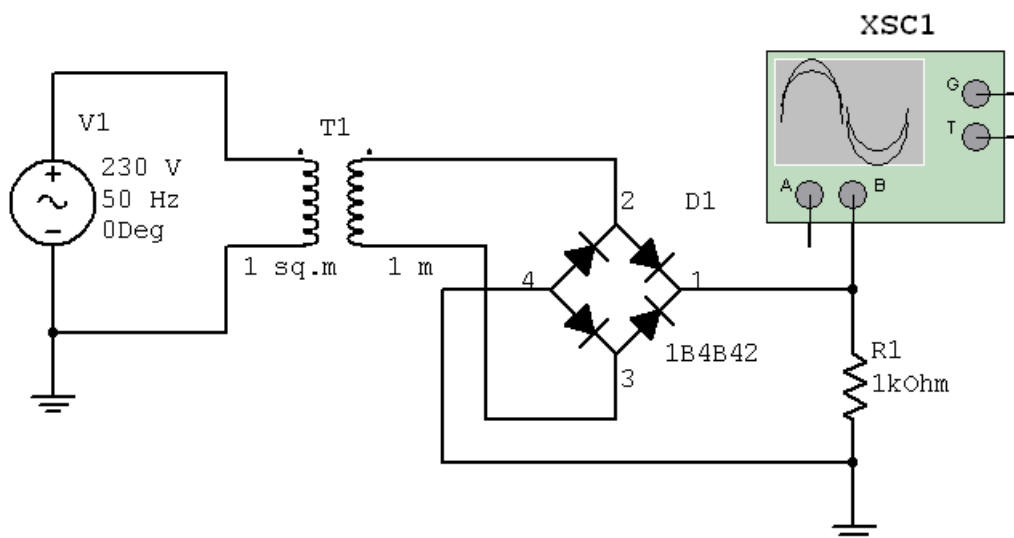
Obliczone i zaokrąglone wartości n_{zP} i n_{zW} można wprowadzić do symulacji, tzn. po dwukliku w transformator T1 (pozycje *Primary turns* i *Secondary turns*).

7. **Uruchomić symulację (przyciskiem ON/OFF lub F5) i kliknąć dwa razy w oscyloskop.**

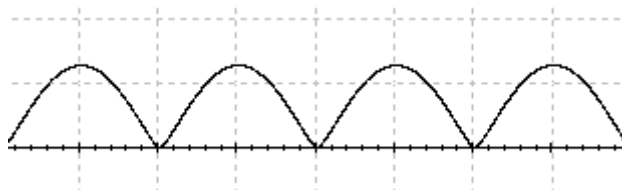
Na widocznych przebiegach, można kursorem (1), sprawdzić, czy uzyskana wartość napięcia szczytowego (2) na wyjściu transformatora jest właściwa (w tym przypadku wartość $\sim 7,5V$ byłaby odpowiednia np. dla zasilacza 5V):



8. **Kolejnym elementem zasilacza jest prostownik.** Uzupełnijmy więc nasz projekt o prostownik dwupołkowy D1 w postaci mostka Graetza (Group: Diodes, Family: FWB -> Component: dowolny):



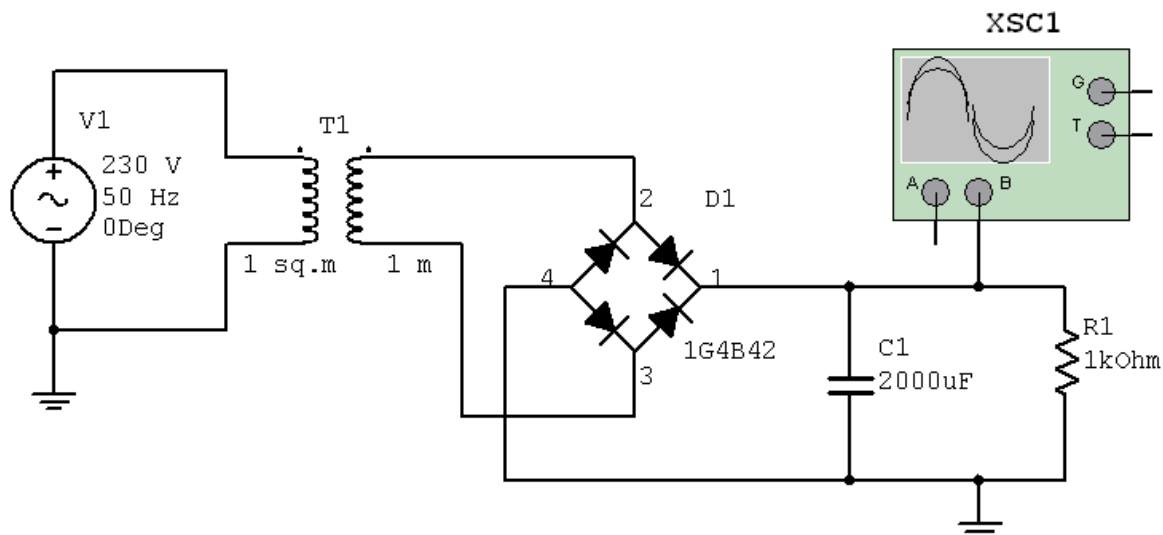
Po uruchomieniu symulacji przebieg na wyjściu układu powinien mieć kształt zbliżony do poniższego:



9. Przebieg jest już wyprostowany (tzn. nadal zmienny, ale już jednokierunkowy).

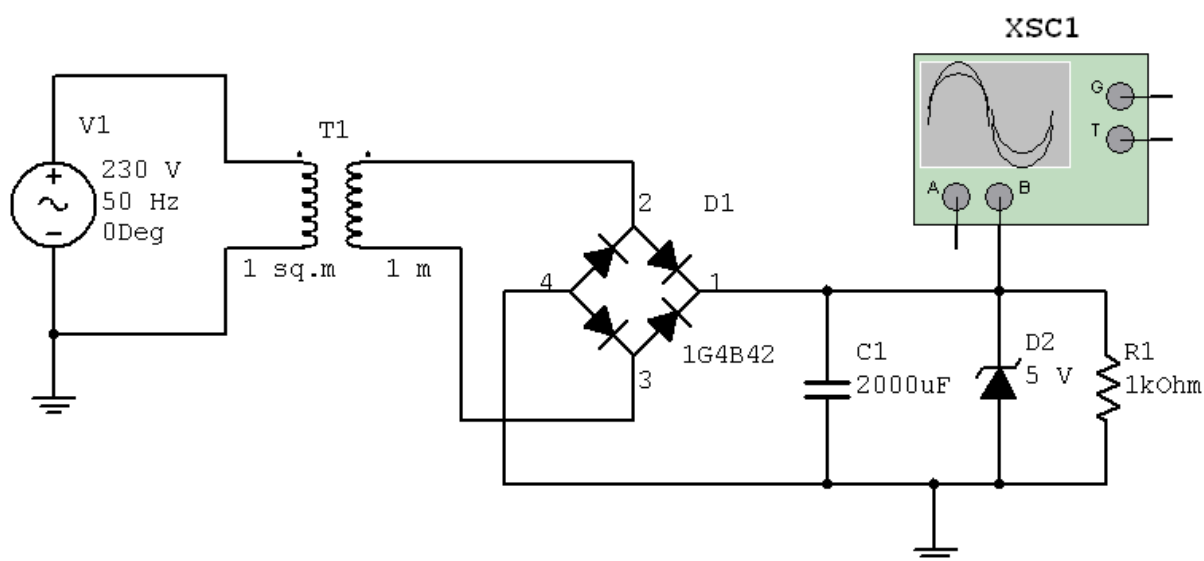
Kolejnym elementem zasilacza jest filtr dolnoprzepustowy, mający za zadanie wygładzić napięcie.

Filtrem tym będzie dołączony równolegle do obciążenia kondensator C1 (Group: Basic, Family: Basic Virtual -> Component: CAPACITOR_VIRTUAL) o pojemności dobieranej według zasady: minimum 2000uF na każdy amper prądu wyjściowego.



Po wstawieniu odpowiedniego kondensatora (z uwagi na jego wartość w praktyce byłby to kondensator elektrolityczny) warto sprawdzić, jak zmieni się przebieg wyjściowy przy zmianie obciążenia R1 z 1kΩ np. na 50Ω.

10. Ostatnim elementem będzie dioda Zenera D2 (Group: Diodes, Family: DIODES_VIRTUAL -> Component: ZENER_VIRTUAL), czyli najprostsza wersja stabilizatora, także włączona równolegle do obciążenia, w ustawieniu zaporowym. Diodę Zenera należy edytować, by ustawić napięcie Zenera (Breakdown Voltage) na poziomie odpowiadającym napięciu wyjściowemu projektowanego zasilacza.

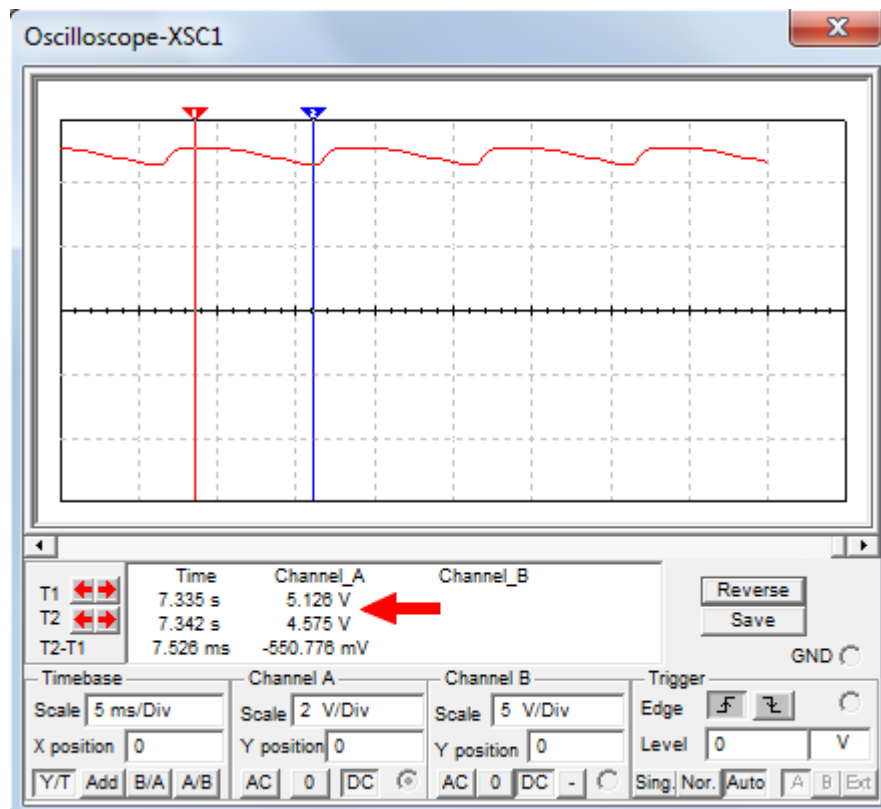


Sprawdzić przy pomocy obrazu na oscyloskopie, czy przebieg napięcia wyjściowego jest zgodny z oczekiwaniami. Oczekiwaniem w tym miejscu jest już oczywiście prąd "jak najbardziej stały", tj. zbliżony do linii prostej poziomej.

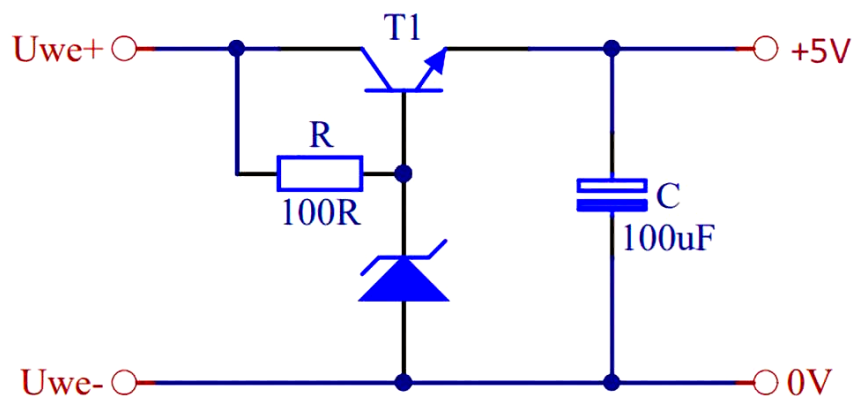
11. Zmierzyć przy pomocy oscyloskopu (odpowiednio, czyli tak jak na rysunku poniżej, ustawiając kursory) i umieścić w protokole wartości tętnień U_T i amplitudę sygnału wyjściowego U_A dla małego ($1k\Omega$) i dużego (50Ω) obciążenia zasilacza. Dla przykładu, jeżeli przebieg wygląda jak poniżej, to z widocznych pod przebiegiem wartości wynika, że:

- $U_A = 5,126[V]$,
- $U_T = 5,126[V] - 4,575[V] = 0,551[V]$.

Oczywiście w idealnym przypadku wartości te powinny wynieść $U_A = U$ przy $U_T = 0[V]$.



12. Jeżeli wyniki są sensowne (tj. amplituda odpowiada zadanej, a tętnienia nie przekraczają 10% amplitudy) należy przerysować projekt swojego zasilacza do protokołu.
13. Następnie, należy rozbudować zasilacz o:
- Bezpiecznik na jego wejściu (*Group: Misc, Family: MISC_VIRTUAL -> Component: FUSE_VIRTUAL*);
 - Sygnalizację napięcia wyjściowego na jego wyjściu, czyli szeregowe połączenie diody LED (*Group: Diodes, Family: LED -> Component: LED* - dowolnego koloru) i rezystora o niewielkiej rezystancji (np. $300\ \Omega$), zabezpieczającego tę diodę LED;
 - Nieco lepszą wersję stabilizatora napięcia, tj. należy zastąpić diodę Zenera prostym stabilizatorem z rysunku poniżej, tranzystor wziąć z *Group: Transistors, Family: TRANSISTORS_VIRTUAL -> Component: BJT_NPN_VIRTUAL*:



14. Napięcie Zenera diody należy dobrać eksperymentalnie, tj. dla obciążenia zasilacza równego 50Ω dobrać je tak, by amplituda napięcia wyjściowego była równa dokładnie zadanej.
Następnie zmienić obciążenie zasilacza na $1k\Omega$ i zanotować w protokole jaka jest wartość amplitudy napięcia wyjściowego.
15. Ewentualnie nasuwające się wnioski/przemyślenia można zamieścić na odwrocie protokołu.

Literatura

- [1] Borkowski A., „Zasilanie urządzeń elektronicznych”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990
- [2] Carr J.J., „Zasilacze urządzeń elektronicznych”, Wydawnictwo BTC, Warszawa 2004
- [3] zbiorowa pod red. Pietrzyk W., „Laboratorium z elektroniki”, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2002

Opracowanie ćwiczenia: Seweryn Lipiński