

ELA2 - Projekt

Najczęściej zadawane pytania

Autor: Maciej Grzegorzółka

Wszelkie uwagi proszę kierować na adres e-mail: maciej.grzegorzolka@pw.edu.pl

1. Jak oceniany jest projekt?

Projekt jest oceniany w skali 0-20 pkt. Za projekt nie można otrzymać mniej niż 0 pkt.

Na ocenę za projekt składają się:

- 4 * 0-1 pkt – uzasadnienie dla wyboru elementów.
- 4 * 0-1,5 pkt – poprawny schemat układu
- 4 * 0-2 pkt – symulacje indywidualnych sekcji i wnioski
- -20-2 pkt – formatowanie tekstu

Dodatkowo przewidziane są punkty karne za następujące błędy:

- -2 pkt za każdą stronę powyżej 6 stron (jeżeli strona tytułowa jest osobną stroną to nie jest wliczana do limitu)
- -5 pkt za brak plików z symulacjami
- -5 pkt za brak kart katalogowych
- -2 pkt opóźnienia za każdy dzień oddania projektu po terminie.

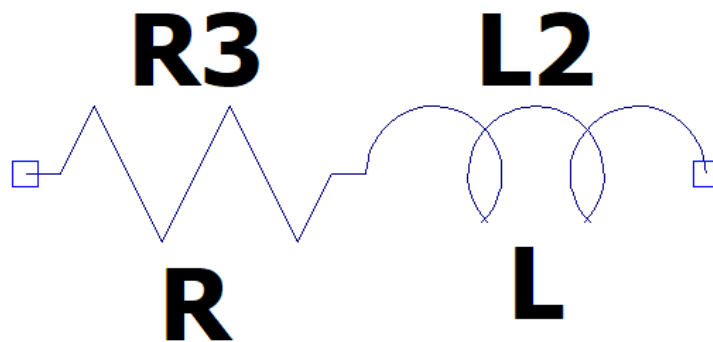
2. Jak modelować elementy pasywne?

a. Rezystory

Rezystory można modelować jako idealne, tzn. nie trzeba dodawać im żadnych elementów pasożytniczych.

b. Cewki

Cewki należy modelować przy pomocy układu pokazanego na rysunku poniżej.



Do modelowania można użyć pól „Series Resistance” w oknie ustawień elementu. Wartość ESR powinna być podana przez producenta wybranego elementu. Dodatkowo w symulacjach należy uwzględnić nasycenie się rdzenia cewki. Można to zrobić poprzez wpisanie jako wartość cewki następującej formuły:

$$flux = \{IND * ISAT\} * \tanh(x / \{ISAT\})$$

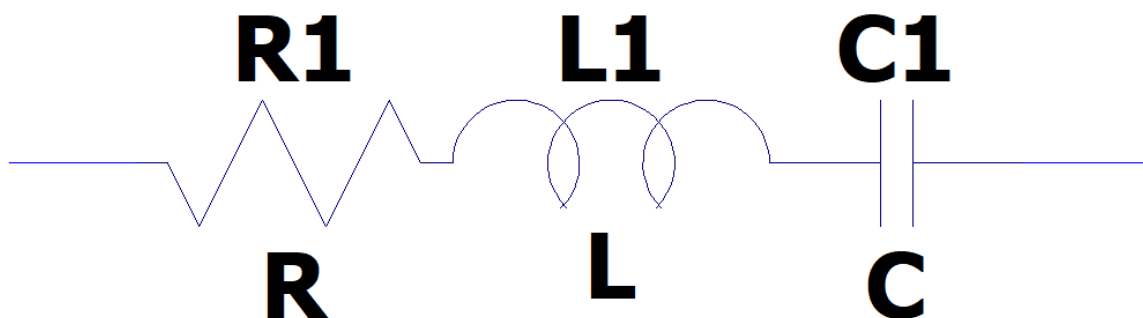
Gdzie IND – to wartość indukcyjności cewki, a ISAT to prąd nasycenia.

Przykładowe ustawienia dla cewki o indukcyjności 10 uH, rezystancji szeregowej 200 mΩ, i prądzie nasycenia 3 A.

Zawartość pola „Inductance” to: $flux=\{10u*3A\}*tanh(x/{3A})$

c. Kondensatory

Kondensatory należy modelować przy pomocy układu pokazanego na rysunku poniżej



Do modelowania można użyć pola „Series Resistance” i „Series Inductance” w oknie ustawień elementu. Wartość ESR powinna być podana przez producenta wybranego elementu. Wartość indukcyjności szeregowej można obliczyć ze wzoru na częstotliwość rezonansową:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

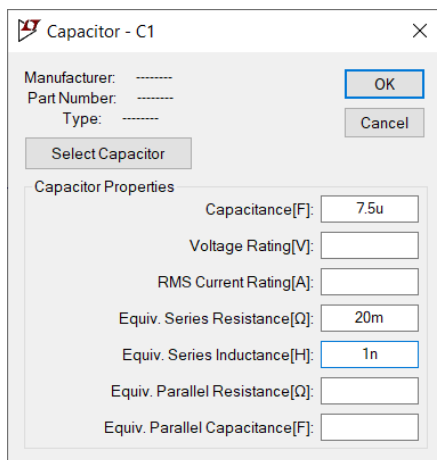
Jeżeli producent nie podaje wartości ESR należy przyjąć 100 mΩ. Jeżeli producent nie podaje ESL lub informacji o częstotliwości rezonansowej należy wybrać wartość ESL z tabeli poniżej:

Rodzaj obudowy	Indukcyjność szeregowa (ESL)
0402	0,4 nH
0603	0,6 nH
0805	0,8 nH
1206/1210	1,5 nH
1812	1,8 nH
> 1812 (SMD)	3 nH
Montaż THD	50 nH

Dodatkowo w symulacjach kondensatorów należy uwzględnić spadek pojemności wraz ze wzrostem napięcia polaryzującego. Jeżeli producent nie zawiera informacji o tym jak zmienia się pojemność kondensatora w funkcji napięcia polaryzującego to należy przyjąć, że maleje ono liniowo i przy napięciu 0 V kondensator ma swoją nominalną pojemność, a przy napięciu równym napięciu znamionowego

osiąga 50 % nominalnej pojemności.

Przykładowe ustawienia dla kondensatora ceramicznego o pojemności 10 uF, rezystancji szeregowej 20 mΩ, indukcyjności szeregowej 1 nH i napięciu znamionowym 10V, pracującym z napięciem polaryzującym 5 V (w związku z tym zakładamy spadek pojemności znamionowej o 25 %).



d. Diody

W przypadku diód najlepiej korzystać z modeli zawartych w bibliotece LTSpice. Można też używać elementów z poza tej listy jeśli będzie dla nich dostępny model Spice, który należy odpowiednio zaimportować do symulacji. Jeżeli model jest załączany jako osobny plik to również musi być dołączony przy przesyłaniu rozwiązania.

3. Jak modelować elementy aktywne?

W przypadku tranzystorów najlepiej korzystać z modeli zawartych w bibliotece LTSpice. Można też używać elementów z poza tej listy jeśli będzie dla nich dostępny model Spice, który należy odpowiednio zaimportować do symulacji. Jeżeli model jest załączany jako osobny plik to również musi być dołączony przy przesyłaniu rozwiązania.

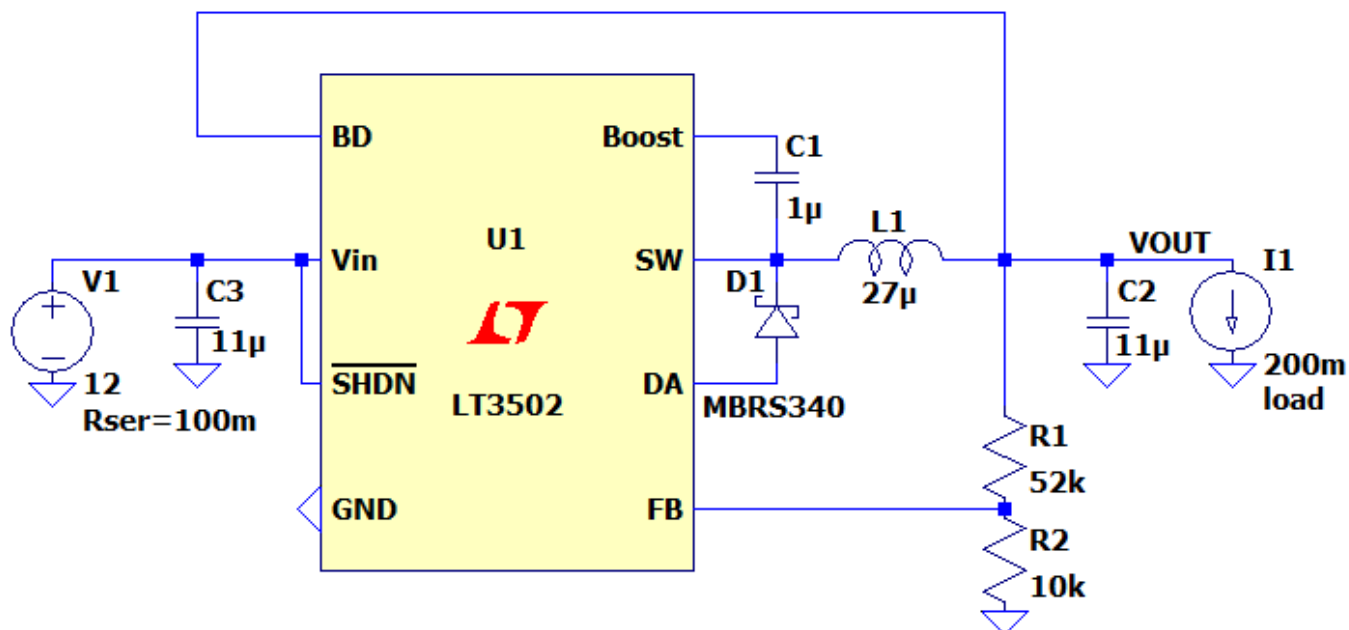
Do symulacji układów scalonych najlepiej używać tych zintegrowanych w programie LTSpice. Sprowadza się to używania elementów, których producentem jest firma Analog Devices. Jej oferta jest na tyle rozległa, że bez problemu możliwe będzie znalezienie odpowiednich elementów.

4. Jak modelować źródło napięcia?

Symulacje będziemy wykonywać ze źródłem napięcia z dodatkową pasożytniczą rezystancją i indukcyjnością. Pozwoli to na zbadanie wpływu tętnień prądu wejściowego przetwornic na napięcie wejściowe. W tym celu do źródła należy dołożyć szeregową rezystor o wartości 100 mΩ (do symulacji rezystancji szeregowej można użyć parametru „Series Resistance” w ustawieniach źródła napięcia).

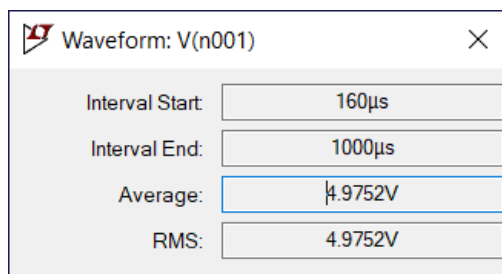
5. Jak wykonać symulację napięcia wyjściowego?

Odpowiedzi na pytania 5 – 8 będą pokazane na przykładzie przetwornicy obniżającej napięcie, opartej o układ LT3502. Przetwornica obniża napięcie z +12 V do +5V. Schemat tego układu jest przedstawiony poniżej.



```
.tran 1m
.meas TRAN Vout_pp PP V(Vout) FROM 900u TO 1m
```

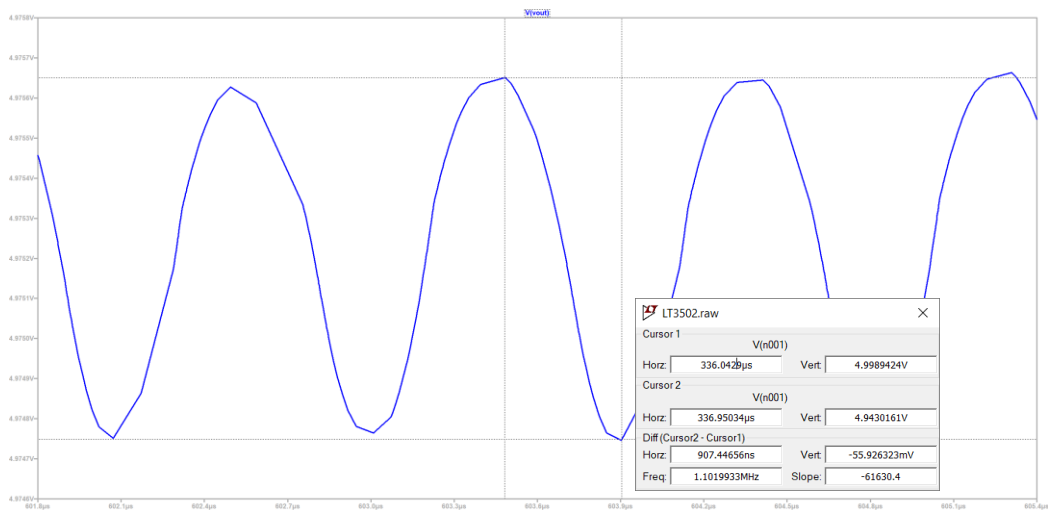
Do symulacji napięcia wejściowego (jak i wszystkich pozostałych) będziemy używać symulacji „tran”. W tym celu należy wybrać odpowiednio długi czas symulacji. Czas ten musi być wystarczająco długi, aby napięcie na wyjściu przetwornicy ustabilizowało się. Pomiar napięcia w jednym punkcie będzie obarczony dużym błędem ze względu na tętnienia. Aby tego uniknąć należy podać wartość średnią z fragmentu przebiegu (czas równy przynajmniej 100 okresom pracy przetwornicy). Aby sprawdzić wartość średnią w programie LTSpice należy wcisnąć klawisz CTRL i nacisnąć na nazwę przebiegu. W tym momencie powinno wyświetlić nam się okno jak na rysunku poniżej.



Możemy z niego łatwo odczytać wartość średnią, którą możemy uznać za wartość napięcia wyjściowego.

6. Jak wykonać symulacje tętnień napięcia wejściowego i wyjściowego?

W celu zmierzenia tętnień należy powiększyć przebieg napięcia aby było widać dobrze przynajmniej jeden cały okres przebiegu napięcia. Pomiaru tętnień należy oczywiście dokonywać po ustabilizowaniu się napięcia na wyjściu przetwornicy. Pomiaru można dokonać przy użyciu kursorów, które możemy wywołać poprzez dwukrotne kliknięcie na nazwie przebiegu, który chcemy zmierzyć. Aby zmierzyć tętnienia musimy przesunąć wskaźniki w pozycję o największej i najmniejszej wartości. Z okna kursorów (wyświetla się zazwyczaj w prawym dolnym rogu ekranu) możemy odczytać różnicę pomiędzy wskaźnikami, a więc wartość międzyszczytową tętnień napięcia. Przykładowy przebieg, dla którego dokonywany jest pomiar tętnień został przedstawiony na rysunku poniżej.

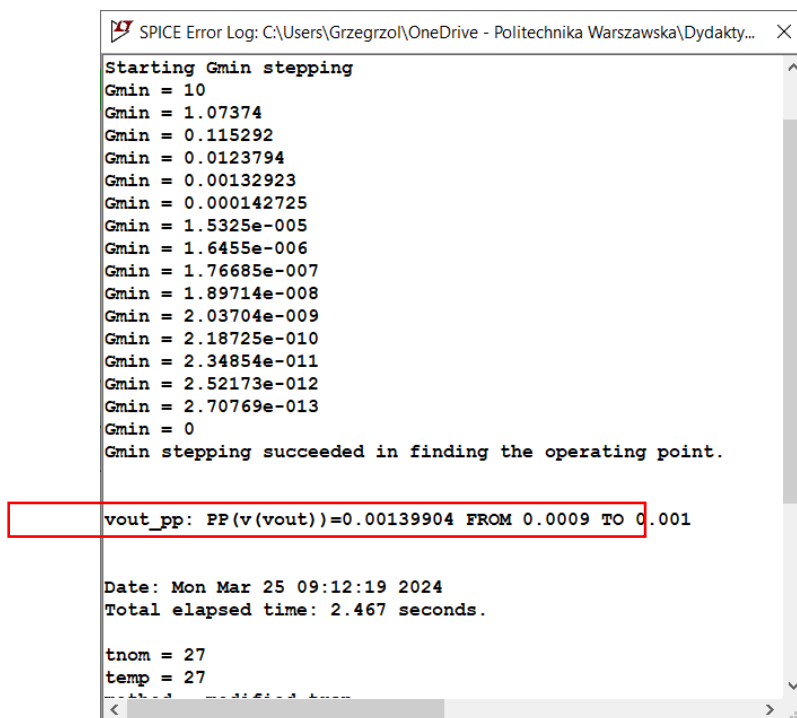


Pomiaru tętnień można też dokonać przy użyciu komendy `.meas`. Przykładowa komenda pozwalająca na pomiar tętnień napięcia `Vout` wygląda następująco:

`.meas TRAN Vout_pp PP V(Vout) FROM 900u TO 1m`

Przy jej pomocy możemy zmierzyć wartość międzyszczytową dla napięcia `Vout` w czasie (liczonym od początku symulacji) 900 µs do 1 ms. Po dodaniu komendy będzie można jej parametry edytować w dedykowanym dla niej oknie.

Wyniki można odczytać w oknie Spice Error Log (starsze wersje LTSpice) lub Spice Log (nowsze wersje LTSpice). Można go uruchomić poprzez wciśnięcie `CTRL + L` lub poprzez wybranie go w zakładce `view`. Na rysunku poniżej znajduje się okno Spice Error Log z zaznaczonym wynikiem komendy `meas`.



7. Jak wykonać symulację sprawności?

Do zbadania sprawności potrzebny jest pomiar 4 wartości:

- napięcia wejściowego,
- prądu wejściowego,
- napięcia wyjściowego,
- prądu wyjściowego.

Wartość napięcia wejściowego jest nam znana i jest to wartość napięcia, która ustawiliśmy na źródle napięcia wejściowego. Dla testowanego układu jest to 12 V. Pomiar napięcia wyjściowego został opisany

w punkcie 5. Analogicznie, tzn. przez określenie wartości średniej, należy zmierzyć prąd wejściowy i wyjściowy. Jeżeli jako obciążenie użyjemy źródła prądowego (patrz punkt 9) to nie ma potrzeby mierzyć prądu wyjściowego. Można użyć od razu wartości źródła. Sprawność można obliczyć korzystając z następującego wzoru:

$$\eta = \frac{P_{WY}}{P_{WE}} = \frac{I_{WY}U_{WY}}{I_{WE}U_{WE}}$$

8. Jak symulować obciążenie układu?

Obciążenie układu można symulować na dwa sposoby: przy użyciu rezystora lub przy pomocy źródła prądowego. W przypadku rezystora wartość rezystora można obliczyć dzieląc napięcie wyjściowe przez pożądaną pobór prądu. W przypadku używania źródła prądowego należy po prostu podać pożądaną wartość prądu DC. W przypadku używania źródła prądowego należy jeszcze zaznaczyć pole „This is an active load” widoczne w ustawieniach źródła prądowego po kliknięciu przycisku „Advanced”.