

Dodatkowa instrukcja dla ćwiczenia 6 (C51)

Uzyskanie wyników w drodze symulacji

opracowanie: Łukasz Starzak, Bartosz Pękoślowski

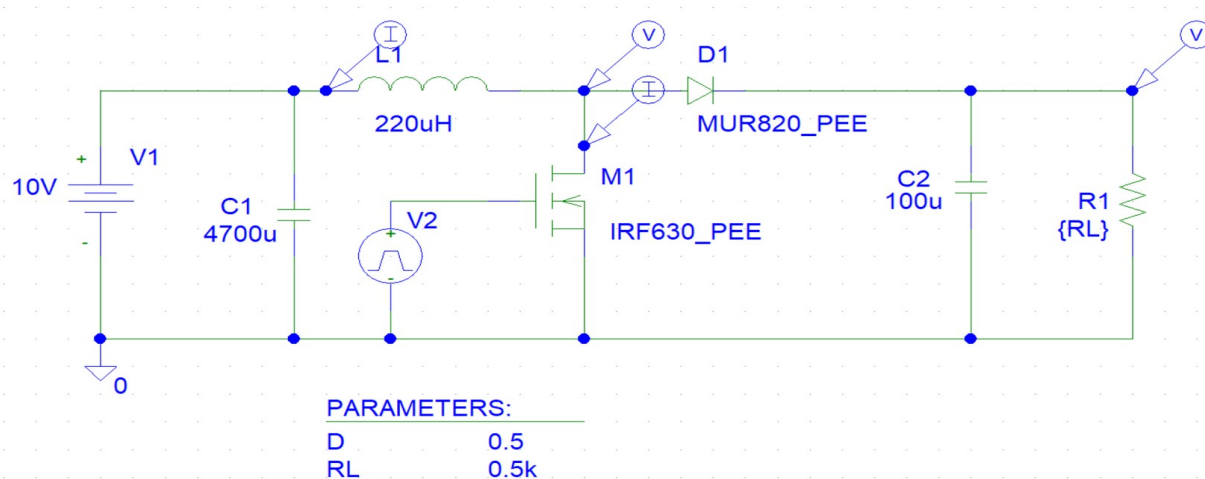
Na stronie przedmiotu dostępne jest archiwum z biblioteką elementów, które należy rozpakować do katalogu projektu. Na stronie znajdują się również linki do:

- instrukcji instalacji biblioteki;
- skróconej instrukcji ogólnej obsługi pakietu MicroSim/OrCAD, która zawiera m.in. informacje o: wstawianiu elementów, rysowaniu połączeń, konfigurowaniu i uruchamianiu symulacji, dodawaniu znaczników pomiarowych, poszukiwaniu źródeł błędów symulacji.

Pracę w pakiecie MicroSim/OrCAD należy rozpocząć i prowadzić ściśle według wskazówek podanych w powyższej instrukcji ogólnej. Potrzebne funkcje są opisane w instrukcji ogólnej.

Analizie należy poddać układy odpowiadające badanym doświadczalnie, jednak z niezbędnymi modyfikacjami obejmującymi (patrz rysunki poniżej):

- zastąpienie układu generatora sygnału PWM i sterownika bramki tranzystora uproszczonym układem złożonym ze źródła przebiegu prostokątnego o podanych czasach narastania i opadania.



Rysunek 1: Schemat układu symulacyjnego

1. Uruchom pakiet MicroSim/OrCAD zgodnie z instrukcją ogólną. Utwórz nowy projekt zgodnie z instrukcją ogólną.
2. Otwórz edytor schematów i od razu zapisz pusty schemat w katalogu projektu.
3. Do katalogu projektu rozpakuj archiwum z biblioteką elementów. Zainstaluj bibliotekę w projekcie według instrukcji na stronie.
4. Wprowadź schemat układu zgodnie z rysunkiem 1, przy czym:

- a) Środowisko MicroSim umożliwia wprowadzanie liczb wraz z przedrostkami jednostek. W przypadku opisu obwodów (m.in. w programie Schematic) są to: f, p, n, u (oznacza μ), m, k, Meg (oznacza M), G; przy czym wielkość liter nie ma znaczenia. W przypadku programu Probe są to: f, p, n, u, m, k, M, G, przy czym wielkość liter jest znacząca. W takiej formie są też wyświetlane wyniki w programie Probe. Jednostki lub ich przedrostki nie mogą być oddzielone od liczb spacją. Symulatory z rodziny SPICE posiadają własny język opisu obwodów, w którym znakiem dziesiętnym jest kropka (czyli nie przecinek). Format ten dotyczy wszystkich programów pakietu MicroSim, niezależnie od ustawień systemu operacyjnego.
- b) nazwy modeli tranzystora i diody są tożsame z ich oznaczeniami;
- c) na schemacie występują parametry globalne (element *PARAM*, bez symbolu, umieszczony poniżej rysunku): *D* i *RL* z nadanymi wartościami domyślnymi jak na rysunku;
- Parametry globalne definiuje się przez dodanie do schematu (w dowolnym miejscu) wirtualnego elementu *PARAM*, co odpowiada wstawieniu do pliku CIR instrukcji o tej samej nazwie. Każdy element tego typu (może ich być w obwodzie dowolnie wiele) pozwala na zdefiniowanie trzech nazw parametrów *NAME1...NAME3* i przypisanie im wartości – odpowiednio *VALUE1...VALUE3*.
- d) rezystora *R1* o rezystancji równej wartości zdefiniowanego wyżej parametru *RL* (odpowiednia formuła umieszczona w nawiasach klamrowych {});
- Przypomnijmy, że nawiasy klamrowe pozwalają skorzystać z opcji modelowania behawioralnego, a więc wprowadzić dowolne formuły określające parametry elementów. W tym przypadku formuła jest bardzo prosta, gdyż składa się z samej tylko nazwy jednej zmiennej.
- e) źródło *V2* jest źródłem typu *VPULSE* z ustawionym parametrem *PER* odpowiadającym okresowi przebiegu PWM (jego częstotliwość jest podana w instrukcji do ćwiczenia 6), parametrem *PW*, który jest czasem trwania impulsu, obliczanym przez program na podstawie stałej wartości okresu i parametru globalnego *D* (odpowiednia formuła umieszczona w nawiasach klamrowych {}), oraz parametrami *TR* i *TF* będącymi odpowiednio czasami narastania i opadania, wynoszącymi dla sterownika IR2117 odpowiednio 80 ns i 40 ns. Amplituda impulsów powinna wynosić 15 V.
- f) w obwodzie należy zdefiniować umowny węzeł masy, któremu zostanie przypisany numer 0 i potencjał 0 V – element *GND_ANALOG*.
5. Zmodyfikuj oznaczenie każdego elementu tak, by kończyło się pełnym (nie jednocyfrowym) numerem zespołu.
6. Skonfiguruj symulację (menu *Analysis* ▶ *Setup* albo przycisk *Setup Analysis*):
- a) uaktywnij analizę czasową (*Transient*) i parametryczną (*Parametric*), dezaktywuj wszelkie inne;
- b) kliknij *Parametric* w celu otwarcia okna ustawień i wprowadź:
- wartość zmienianą jako napięcie źródła (*Swept Var. Type: Global Parameter*);
 - rodzaj zmian jako liniowe (*Sweep Type: Linear*);
 - nazwę parametru (Name) – *RL*;
 - wartość początkową (Start Value) – 0.1k;
 - wartość końcową (End Value) – odpowiednio na podaną przez prowadzącego;
 - krok (Increment) – odpowiednio na podany przez prowadzącego.
- c) kliknij *Transient* w celu otwarcia okna ustawień i wprowadź:
- czas końcowy analizy (*Final Time*) – 0,1 s;

- krok zrzutu wyników do pliku tekstowego (*Print Step*, parametr nie używany w tej symulacji) – dowolny mniejszy od czasu końcowego;
 - czas bez rejestracji wyników (*No-Print Delay*) – 0 (tj. rejestracja od początku symulacji);
 - maksymalny krok czasowy (*Step Ceiling*) – brak ustawionego;
- d) upewnij się, że opcja *Skip initial transient solution* nie jest zaznaczona.
7. W odpowiednim i nadającym się do tego celu miejscu dodaj znaczniki umożliwiające pomiar prądu dławika i tranzystora (prąd drenu).
 8. Uruchom symulację. Ustal, po jakim czasie działanie układu stabilizuje się, tj. amplituda prądu dławika ustala się. Następnie w opcjach analizy *Transient* - wprowadź tę wartość jako parametr *No-Print Delay*.
 9. Uruchom ponownie symulację. Upewnij się, że wykreślone przebiegi napięć i prądów są zgodne z zasadą działania układu w aspekcie kształtu oraz częstotliwości. W tym celu zmień ustawienia skali czasowej wykresu (po kliknięciu na oś, zaznacz w oknie ustawień opcję *User Defined* i wprowadź czasy odpowiadające kilku ostatnim okresom napięcia sterującego).
 10. Dodaj nowy podwykres. Dodając odpowiednie znaczniki na schemacie, wyświetl na nim przebiegi napięcia tranzystora u_T i napięcia wyjściowego u_o , przy czym:
 - zgodnie z instrukcją ogólną obsługi pakietu MicroSim/OrCAD, do wyświetlenia przebiegów nie jest konieczne ponowne uruchamianie symulacji, które usunęłyby dodany podwykres;
 - znacznik potencjału może być wykorzystywany do pomiaru tylko takich napięć, które są odniesione do masy przypisanej w pkt. 4.f; inne napięcia muszą być mierzone znacznikiem napięcia (nie potencjału);
 - w przypadku znaczników napięcia należy zachować polaryzację mierzonego napięcia zgodnie z rysunkiem powyżej (dla znacznika jest ona wskazywana przez znaki „+” i „-” w kółkach).
 11. Upewnij się, że zgodnie z prawami i konwencjami teorii obwodów, wszystkie mierzone przebiegi mają w każdej chwili jednakowy znak. W przeciwnym razie:
 - a) sprawdź zgodność polaryzacji mierzonych napięć zgodnie z rysunkiem 1;
 - b) do prądu zastosuj uwagę:

Z topologii obwodu mocy i napięciowego prawa Kirchhoffa wynika, że prąd jest dodatni dla dodatniego napięcia i ujemny dla ujemnego, zgodnie z konwencją strzałkowania przyjętą w elektrotechnice. Jeżeli znak prądu wyświetlanego w programie Probe jest ujemny dla dodatniego napięcia, to wynika to wyłącznie z przyłożenia znacznika w programie Schematics do końcówki, której prąd jest umownie skierowany przeciwnie niż rzeczywisty prąd w obwodzie. Użytkownik nie ma wpływu na strzałkowanie napięć i prądów – jest to z góry zdefiniowane w modelach i symbolach elementów, bez związku z konkretnym obwodem. W takiej sytuacji należy skorygować przebieg przez przełożenie znacznika prądowego na przeciwległą końcówkę elementu w programie Schematics (powtarzanie symulacji nie jest konieczne, jeżeli pakiet MicroSim jest poprawnie zainstalowany i obsługiwany) albo przez dodanie znaku „-” w definicji przebiegu w programie Probe po dwukrotnym kliknięciu na jego opisie pod wykresem.
 12. Jeżeli wszystkie ustawienia wykresu są poprawne:
 - a) korzystając z funkcji *Display Control* (menu *Window* albo *Tools* zależnie od wersji pakietu), zachowaj uzyskaną konfigurację wykresu;
 - b) w oknie schematu, z menu *Analysis* wybierz *Probe Setup* i zaznacz *Restore last Probe session* w celu wyeliminowania konieczności przywracania konfiguracji po każdej nowej symulacji.

13. Zidentyfikuj wartości parametru RL , przy których układ pracuje w trybie CCM i DCM.

Jeżeli na wykresie widocznych jest kilka krzywych dla różnych wartości parametrów, wartość parametru odpowiadającą danej krzywej można odczytać klikając dwukrotnie na symbolu znacznika tej krzywej w legendzie pod wykresem.

14. Zapisz obraz wykresów (menu *Window* ▶ *Copy to Clipboard*).
15. Zmodyfikuj wartości elementów/parametrów na schemacie zgodnie z sekcją *Prąd graniczny dławika* w instrukcji do ćwiczenia 6.
16. Dodaj znacznik umożliwiający pomiar prądu wyjściowego. Usuń znacznik pomiaru prądu tranzystora.
17. Odznacz opcję *Parametric* w ustawieniach symulacji. Uruchom symulację.
18. Zmodyfikuj równanie przebiegu napięcia wyjściowego klikając dwukrotnie na jego podpisie, w taki sposób, by obecny podpis stał się argumentem funkcji $AVG()$ - średnia krocząca. Zachowaj konfigurację wykresu.
19. Aktywuj kursory ikoną *Toggle cursor* albo z menu *Tools* ▶ *Cursor* ▶ *Display*. Kursory umieszcza się następnie na konkretnym przebiegu przez kliknięcie na jego znaczniku graficznym (nie podpisie tekstowym) pod wykresem – lewym klawiszem myszy dla kursora 1, prawym dla kursora 2.
20. Sprawdź czy wartość średnia napięcia wyjściowego wynosi około 30 V (dla trybu pracy CCM lub BCM; jeśli układ pracuje w trybie DCM przejdź do punktu następnego). Jeśli nie, zmień napięcie wejściowe i powtórz symulację do czasu uzyskania napięcia 30 V.
21. Sprawdź czy układ pracuje w trybie BCM. Jeśli nie, zmień wartość parametru RL i powtórz symulację (dla nowej wartości parametru RL może konieczna być zmiana napięcia wejściowego aby utrzymać wartość napięcia 30 V na wyjściu – patrz punkt poprzedni).
22. Zmodyfikuj równanie przebiegu prądu dławika i prądu wyjściowego klikając dwukrotnie na jego podpisie, w taki sposób, by obecny podpis stał się argumentem funkcji $AVG()$ - średnia krocząca. Zachowaj konfigurację wykresu.
23. Zmniejszając wartość parametru D od wartości 0,8 do indywidualnej wartości końcowej z krokiem podanym przez prowadzącego, uzyskując za każdym razem tryb pracy BCM i napięcie wyjściowe 30 V, odczytaj (za pomocą kursorów) i zapisz dane zastępujące wyniki pomiarów:
 - a) składową stałą prądu dławika, która z definicji stanowi graniczny prąd dławika I_{LB} (składowa stała jest równa wartości średniej);
 - b) wartość prądu wyjściowego, która z definicji stanowi graniczny prąd wyjściowy I_{oB} ;
 - c) napięcie wejściowe U_i (zannotuj ustawioną aktualnie wartość napięcia źródła V_1).
24. Zmodyfikuj wartości elementów/parametrów na schemacie zgodnie z sekcją *Charakterystyki sterowania* instrukcji do ćwiczenia 6, przyjmując wartość parametru RL równą 0,1k. Uruchom symulację.
25. Sprawdź czy stosunek napięcia wejściowego do wyjściowego wynosi około 0,5. Jeśli nie, zmień wartość współczynnika D i powtórz symulację do czasu uzyskania stosunku napięć 0,5.
26. Zwiększając wartość parametru RL od wartości 0,1k do indywidualnej wartości końcowej z krokiem podanym przez prowadzącego, uzyskując za każdym razem stosunek napięć 0,5, odczytaj (za pomocą kursorów) i zapisz dane zastępujące wyniki pomiarów:
 - a) wartość prądu wyjściowego, która z definicji stanowi graniczny prąd wyjściowy I_{oB} ;
 - b) tryb pracy (CCM, BCM lub DCM);
 - c) wartość parametru D (aktualnie ustawioną).

27. Powtórz punkty 25 - 26 dla stosunków napięć 0,3 i 0,7.