

Dodatkowa instrukcja dla ćwiczeń 1 i 2 (C11c i C11p)

Uzyskanie wyników w drodze symulacji

opracowanie: Bartosz Pękosiński

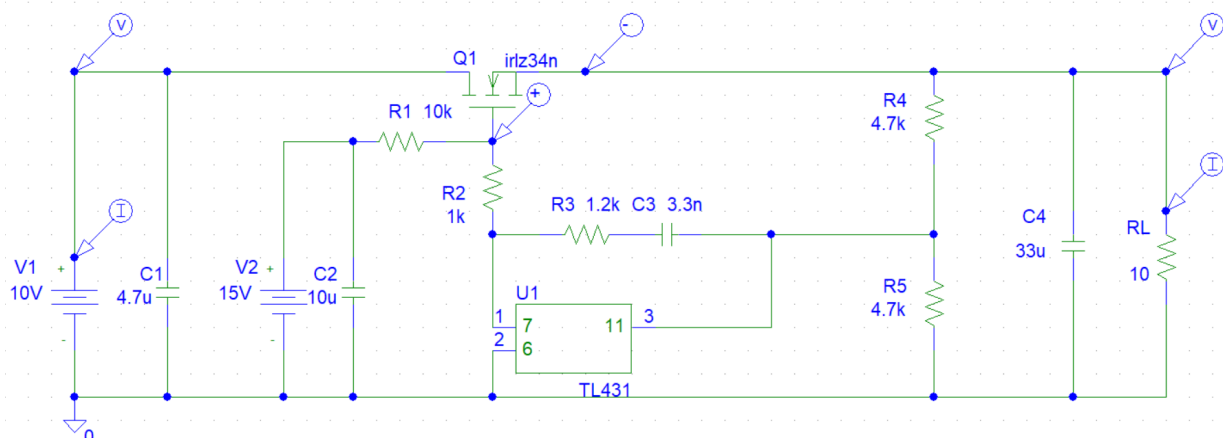
Na stronie przedmiotu dostępne jest archiwum z biblioteką elementów, które należy rozpakować do katalogu projektu. Na stronie znajdują się również linki do:

- 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.

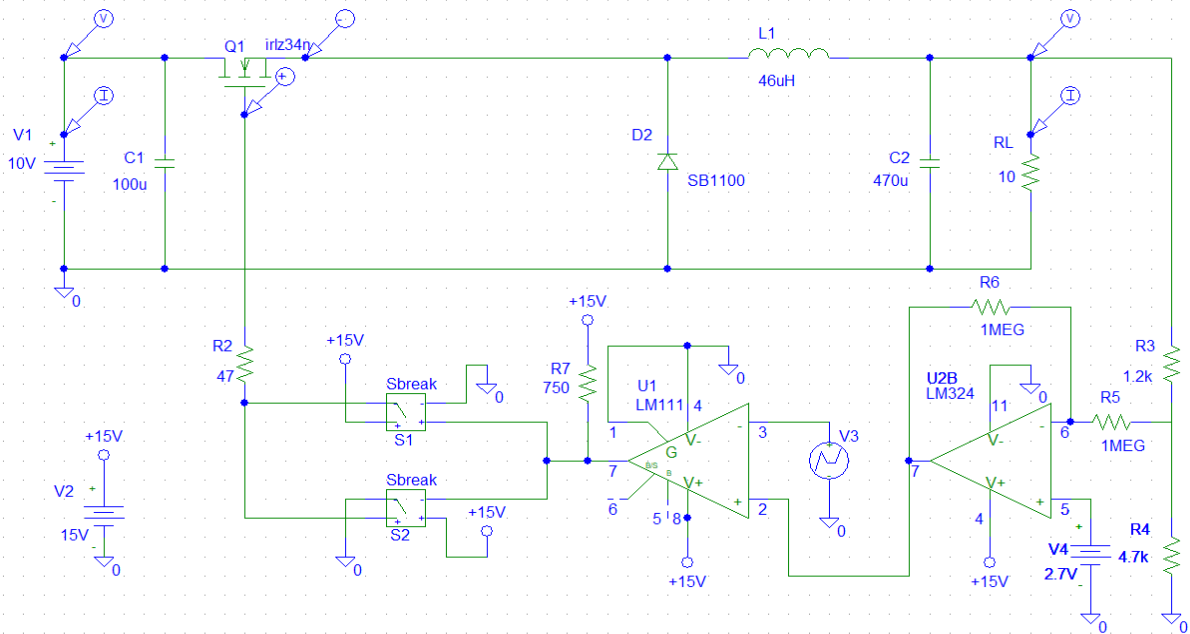
Pracę w pakiecie MicroSim/OrCAD należy rozpocząć i prowadzić ściśle według wskazówek podanych w powyższej instrukcji ogólnej. Potrzebne funkcje są opisane w instrukcji ogólnej.

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

- zastąpienie układu sterowania dla przeksztaltnika o działaniu przełączającym uproszczonym układem złożonym ze modulatora PWM i wzmacniacza błędu.



Rysunek 1: Schemat układu symulacyjnego przeksztaltnika o działaniu ciągłym



Rysunek 2: Schemat układu symulacyjnego przekształtnika o działaniu przełączającym

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 układu scalonego są tożsame z ich oznaczeniami;
 - c) 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*), dezaktywuj wszelkie inne;
 - b) kliknij *Transient* w celu otwarcia okna parametrów 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;
- c) 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 wejściowego (źródło $V1$) i obciążenia (rezystor RL).
 8. Uruchom symulację. Upewnij się, że wykreślony przebieg prądu jest zgodny z zasadą działania układu w aspekcie kształtu oraz częstotliwości.
 9. Dodaj nowy podwykres. Dodając odpowiednie znaczniki na schemacie, wyświetl na nim przebiegi napięcia wejściowego u_i , napięcia u_{gs} 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.c; 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).
 10. 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.
 11. Dodaj trzeci podwykres i skopiuj na niego przebieg prądu. Zmodyfikuj jego równanie tak, by uzyskać wzór na moc wejściową p_i , dodając odpowiedni operator arytmetyczny i przepisując podpis przebiegu napięcia wejściowego u_i wyświetlany pod drugim podwykresem zgodnie z punktami:
 - a) utwórz podwykres – menu Plot ▶ Add Plot; dodany podwykres powinien być wskazany jako aktywny napisem „SEL” – w przeciwnym razie go wybrać klikając gdziekolwiek wewnątrz;
 - b) z dolnego podwykresu skopiuj na górny przebieg prądu – zaznacz go klikając na opisie pod wykresem (opis powinien zostać podświetlony innym kolorem), a następnie użyj menu, ikon lub klawiatury w celu wywołania funkcji Kopiuj i Wklej;

- c) dwukrotnie kliknij na opisie skopiowanego przebiegu (pod górnym podwykresem) i zmodyfikuj opisujące go wyrażenie matematyczne (Trace Expression) tak, aby wyrażało moc; zrozumiałe dla programu Probe oznaczenia wielkości należy odczytać z opisów przebiegów pod dolnym podwykresem; należy zwrócić uwagę, że uzyskana krzywa musi przyjmować wartości dodatnie. Jeżeli w formule występuje połączenie znaku mnożenia i minusa, wyrażenie z minusem należy ująć w nawiasy. W przeciwnym razie może wystąpić błąd obliczeniowy, który spowoduje zamknięcie aplikacji.
12. Powtórz punkt 11 dla mocy wyjściowej.
 13. 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.
 14. 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.
 15. Dla napięcia wejściowego podanego przez prowadzącego, uzyskaj i zapisz dane zastępujące wyniki pomiarów:
 - a) moc wejściową P_i ;
 - b) moc wyjściową P_o ;
 - c) prąd wejściowy I_i i wyjściowy I_o ;
 - d) napięcie wyjściowe (na odbiorniku) U_o .
 16. Zapisz obraz przebiegów (menu *Window* ▶ *Copy to Clipboard*).
 17. Skonfiguruj symulację (menu *Analysis* ▶ *Setup* albo przycisk *Setup Analysis*):
 - a) uaktywnij analizę czasową (*DC Sweep*), dezaktywuj wszelkie inne;
 - b) kliknij *Transient* w celu otwarcia okna parametrów i wprowadź/zaznacz:
 - wartość zmienianą jako napięcie źródła (*Swept Var. Type: Voltage Source*);
 - rodzaj zmian jako liniowe (*Sweep Type: Linear*);
 - nazwę źródła (*Name*) – $V1x$ (x zmienić na cyfrę odpowiednio dla danego zespołu);
 - wartość początkową (*Start Value*) – 0;
 - wartość końcową (*End Value*) – 15;
 - krok (*Increment*) – odpowiednio na podany przez prowadzącego.
 18. Uruchom symulację. Upewnij się, że napięcie wyjściowe ma stałą wartość 5 V dla odpowiednio dużych napięć wejściowych (powyżej 5 V).
 19. Dodaj nowy podwykres. Wyświetl (skopiuj) na nim charakterystykę napięcia wyjściowego u_o w funkcji napięcia wejściowego.
 20. Dodaj nowy podwykres. Wyświetl (skopiuj) na nim charakterystykę napięcia u_{gs} w funkcji napięcia wejściowego.
 21. Usuń pozostałe podwykresy/charakterystyki.
 22. Zapisz obraz wykresów (menu *Window* ▶ *Copy to Clipboard*).

23. Wprowadź schemat układu zgodnie z rysunkiem 2, przy czym:
 - a) nazwy modeli tranzystora, diody, kluczy sterowanych i układów scalonych są tożsame z ich oznaczeniami;
 - b) źródło napięcia $V3$ należy wybrać jako element *VPWL_RE_FOREVER* i ustawić na nim następujące parametry: *FIRST_nPAIRS: (0s, 0)*; *SECOND_nPAIRS: (91us, 5)*; *THIRD_nPAIRS: (91.1us, 0)* – odpowiada to przebiegowi trójkątnemu o częstotliwości około 110 kHz (takiej jak w przypadku układu badanego);
 - c) w obwodzie należy zdefiniować umowny węzeł masy, któremu zostanie przypisany numer 0 i potencjał 0 V – element *GND_ANALOG*.
24. Zmodyfikuj oznaczenie każdego elementu tak, by kończyło się pełnym (nie jednocyfrowym) numerem zespołu.
25. Skonfiguruj symulację (menu *Analysis* ▶ *Setup* albo przycisk *Setup Analysis*):
 - a) uaktywnij analizę czasową (*Transient*), dezaktywuj wszelkie inne;
 - b) kliknij *Transient* w celu otwarcia okna parametrów 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;
 - c) upewnij się, że opcja *Skip initial transient solution* nie jest zaznaczona.
26. W odpowiednim i nadającym się do tego celu miejscu dodaj znaczniki umożliwiające pomiar prądu wejściowego (źródło $V1$) i obciążenia (rezystor RL).
27. Uruchom symulację. Upewnij się, że wykreślony przebieg prądu jest zgodny z zasadą działania układu w aspekcie kształtu oraz częstotliwości.
28. Ustal, po jakim czasie działanie układu stabilizuje się, tj. amplituda prądu odbiornika ustala się. Następnie w opcjach analizy *Transient* - wprowadź tę wartość jako parametr *No-Print Delay*.
29. Dodaj nowy podwykres. Dodając odpowiednie znaczniki na schemacie, wyświetl na nim przebiegi napięcia wejściowego u_i , napięcia u_{gs} 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. 23.c; 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).
30. 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 2;
 - b) do prądu zastosuj uwagę z punktu 10.b.
31. Powtórz punkt 11.

32. Zmodyfikuj równanie przebiegu skopiowanego klikając dwukrotnie na jego podpisie, w taki sposób, by obecny podpis stał się argumentem funkcji $AVG()$ - średnia krocząca.
33. Powtórz punkty 31 i 32 dla mocy wyjściowej.
34. Powtórz punkty 13 i 14.
35. Dla napięcia wejściowego podanego przez prowadzącego, uzyskaj i zapisz dane zastępujące wyniki pomiarów:
 - a) moc wejściową P_i - ustawiając kursor na końcu symulacji;
 - b) moc wyjściową P_o - ustawiając kursor na końcu symulacji;
 - c) prąd wyjściowy I_o - ustawiając kursor na końcu symulacji;
 - d) napięcie wyjściowe (na odbiorniku) U_o - ustawiając kursor na końcu symulacji.
36. Zapisz obraz przebiegów (menu *Window* ▶ *Copy to Clipboard*).
37. Usuń podwykres prądów i podwykres mocy.
38. Dodaj nowy podwykres. Wyświetl (skopiuj) na nim przebieg napięcia wyjściowego u_o .
39. Dodaj nowy podwykres. Wyświetl (skopiuj) na nim przebieg napięcia u_{gs} .
40. Usuń pozostałe podwykresy/przebiegi.
41. Ustaw oś czasu na przedział obejmujący około jednego pełnego okresu przebiegu napięcia u_{gs} .
42. Zmieniając napięcie wejściowe od indywidualnej wartości i z krokiem podanym przez prowadzącego, uzyskaj (za pomocą kursorów) i zapisz dane zastępujące wyniki pomiarów:
 - a) czas trwania stanu wysokiego i okres przebiegu u_{gs} ;
 - b) średnią wartość napięcia wyjściowego (w połowie wysokości przebiegu);
 - c) międzyszczytową wartość tętnień napięcia wyjściowego (dla maksymalnego badanego napięcia wejściowego).
43. Zapisz obraz przebiegów dla maksymalnego badanego napięcia wejściowego (menu *Window* ▶ *Copy to Clipboard*).