

## Dodatkowa instrukcja dla ćwiczenia 4 (C31)

### Uzyskanie wyników w drodze symulacji

opracowanie: Łukasz Starzak, Bartosz Pękoślowski

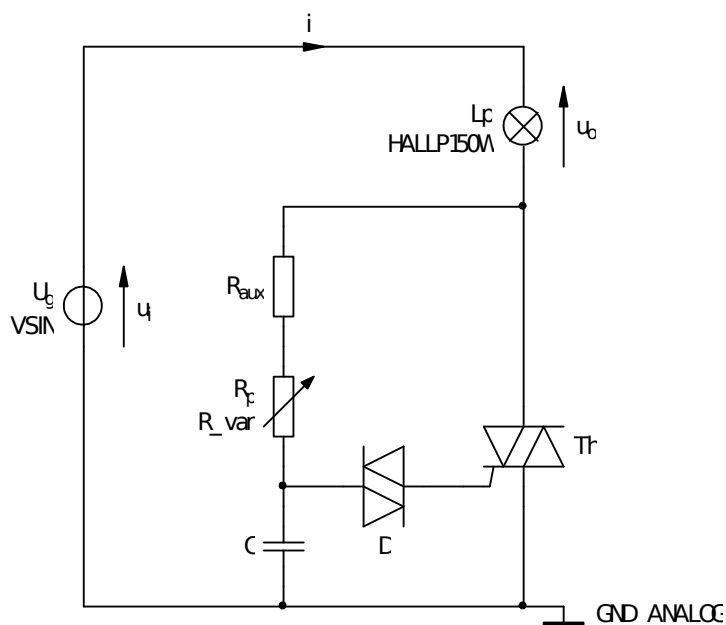
Na stronie przedmiotu dostępne jest archiwum z biblioteką elementów, które należy rozpakować do katalogu projektu. Na stronie znajdują się również linki do:

- 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 układ odpowiadający badanemu doświadczalnie, jednak z niezbędnymi modyfikacjami obejmującymi (patrz rysunek poniżej):

- usunięcie mierników, zamiast których zostaną później użyte odpowiednie znaczniki i funkcje pomiarowe;
- odzwierciedlenie sieci zasilającej przez idealne źródło napięcia;
- odzwierciedlenie odbiornika RL jako szeregowego połączenia rezystorów i dławika z rezystorem szeregowym o wartości  $4\ \Omega$ ;
- odzwierciedlenie żarówki przez jej odpowiedni model (punkt 16 i 17 instrukcji do ćwiczenia 4).



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 powyżej oraz danymi podanymi w instrukcji do ćwiczenia 4 (par. 3.2), 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  $\mu$ ), 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) wartości elementów układu RC:  $R_{aux} = 10k\Omega$ ;  $R_p = 470k\Omega$ ;  $C = 100nF$  ;
  - c) źródło napięcia wejściowego powinno być – zgodnie z rzeczywistością – typu sinusoidalnie zmiennego (element *V SIN*), dla którego należy podać parametry:
    - *VOFF* – składowa stała – zerowa, gdyż napięcie w sieci nie posiada składowej stałej,
    - *FREQ* – częstotliwość – zgodnie ze standardem polskiej sieci niskiego napięcia (50 Hz),
    - *VAMPL* – amplituda tj. wartość maksymalna (nie międzyszczytowa) – zgodnie z indywidualną wartością skuteczną podaną na stronie przedmiotu;
  - d) nazwa modelu lampy podana jest na rysunku; należy dla niego podać nominalną rezystancję zastępczą lampy  $R_{Lp(nom)}$  (parametr *R NOM*), którą należy obliczyć z zależności na moc czynną dwójnika rezystancyjnego, uwzględniając jej moc i napięcie znamionowe;
  - e) nazwy modeli triaka i diaka są tożsame z ich oznaczeniami i są to odpowiednio BT136-600 oraz DB3;
  - f) potencjometr (któremu dokładnie odpowiada element 3-końcówkowy *POT*), ze względu na rozwarcie jego jednej końcówki, wygodniej zastąpić opornikiem nastawnym (element 2-końcówkowy *R var*), którego parametry to:
    - *VALUE* – rezystancja całkowita,
    - *SET* – położenie wirtualnego ślizgacza podane jako wartość względna w odniesieniu do całej długości (tj. wartości 0 i 1 odpowiadają przesunięciu ślizgacza na przeciwległe końce potencjometru) – wstępnie 0,5;
  - g) w obwodzie należy zdefiniować umowny węzeł masy, któremu zostanie przypisany numer 0 i potencjał 0 V – element *GND\_ANALOG* (zaleca się przyjąć za taki węzeł wskazany na rysunku, gdyż jest on wspólny dla obwodu mocy i sterowania, a jednocześnie stanowi ujemną końcówkę źródła i triaka).
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*) – dla odbiornika R i RL wstępnie 0,1 s, a dla żarówki umożliwiający ustalenie się jej temperatury - cieplna stała czasowa to ok. 0,5 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*) – wstępnie 0 (tj. rejestracja od początku symulacji);
      - maksymalny krok czasowy (*Step Ceiling*) – rzędu 1/100 półokresu napięcia wejściowego (tak aby uzyskać co najmniej 100 punktów w każdym półokresie);
    - c) upewnij się, że opcja *Skip initial transient solution* nie jest zaznaczona.

7. W odpowiednim i nadającym się do tego celu miejscu dodaj znacznik umożliwiający pomiar prądu obciążenia (układu RL, R lub żarówki) *i*. Wykorzystane modele żarówki i triaka mają postać podobwodów, w związku z czym należy zastosować się do poniższej uwagi:

*Nie jest możliwe przyłożenie znacznika prądowego do końcówek powiązanego z podobwodem symbolu graficznego. Dlatego prąd danego podobwodu musi być mierzony w dowolnym innym elemencie układu, przez który – zgodnie ze schematem – prąd ten również płynie. W przypadku korzystania z funkcji Add Trace w programie Probe, nie należy wykreślać wielkości występujących w podobwodzie. Charakterystyczne dla tych przebiegów jest występowanie litery „X” w ich nazwach. Wielkości te można w oknie Add Trace ukryć wyłączając opcję Subcircuit Nodes.*

8. Uruchom symulację. Upewnij się, że wykreślony przebieg prądu jest zgodny z zasadą działania układu zobrazowaną w instrukcji do ćwiczenia 4 w aspekcie kształtu oraz częstotliwości.
9. Ustal, po jakim czasie działanie danego odbiornika stabilizuje się, tj. amplituda jej prądu ustala się. Ustalona liczba musi być całkowitą wielokrotnością okresu napięcia wejściowego. Następnie w opcjach analizy *Transient*:
- wprowadź tę wartość jako parametr *No-Print Delay*;
  - parametr *Final Time* zmodyfikuj tak, aby między *No-Print Delay* a *Final Time* mieściła się całkowita liczba okresów (nie półokresów) napięcia wejściowego.
10. Ponownie dokonaj symulacji. Dodaj nowy podwykres. Dodając odpowiednie znaczniki na schemacie, wyświetl na nim przebiegi napięcia wejściowego  $u_i$  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.g; 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:
- sprawdź zgodność polaryzacji mierzonych napięć zgodnie z rysunkiem powyżej;
  - 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. Na podwykres prądu dodaj przebieg kroczącej wartości skutecznej:

- aktywuj podwykres prądu pojedynczym kliknięciem (powinno to spowodować przeniesienie znacznika SEL>> przy lewej podziałce);

- b) zaznacz przebieg prądu klikając na jego podpisie (nie znaczniku graficznym) pod wykresem (powinno to spowodować podświetlenie podpisu na czerwono);
  - c) skopiuj i wklej przebieg;
  - d) zmodyfikuj równanie przebiegu skopiowanego klikając dwukrotnie na jego podpisie, w taki sposób, by obecny podpis stał się argumentem funkcji  $RMS()$ , np.  $RMS(I(V1))$  jeżeli dotychczasowy podpis brzmiał  $I(V1)$ .
13. Analogicznie do pkt. 12, na podwykres napięć dodaj przebiegi kroczącej wartości skutecznej obu wykreślonych napięć. Korzystając z kursora upewnij się, że wartość skuteczna napięcia wejściowego jest zgodna ze standardem polskiej sieci niskiego napięcia (pkt 4.c). W przeciwnym razie popraw wpisane parametry źródła napięcia.
  14. Dodaj trzeci podwykres i skopiuj na niego przebieg prądu. Zmodyfikuj jego równanie tak, by uzyskać wzór na moc czynną 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.
  15. Analogicznie do pkt. 13, na podwykres mocy dodaj przebieg kroczącej średniej z mocy chwilowej [funkcja  $AVG()$ ].
  16. Powtórz punkty 14 i 15 dla mocy czynnej wyjściowej.
  17. Dwukrotnie kliknij bezpośrednio pod osią czasu albo wybierz z menu Plot ▶ Axis Settings. W zakładce X Axis wybierz Data Range: User Defined i ogranicz zakres osi czasu tak, by obserwować jeden pełny okres (nie półokres) napięcia wejściowego, tj. po wprowadzeniu tej zmiany na lewym krańcu wykresu powinno znajdować się jedno zero napięcia  $u_i$  na zboczu rosnącym, a na prawym końcu wykresu – następne zero napięcia  $u_i$  na zboczu rosnącym.
  18. 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.
  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. Zwiększając ustawienie potencjometru  $R_p$  (parametr SET) od indywidualnej wartości i krokiem podanym przez prowadzącego, uzyskaj i zapisz dane zastępujące wyniki pomiarów:

- a) moc czynną wejściową  $P_i$  – wartość średniej kroczącej za okres, tj. odczytana kursorem dokładnie na prawym krańcu okna wykresu, o ile zostało ono skonfigurowane zgodnie z pkt. 17;
  - b) moc czynną wyjściową  $P_o$  – wartość skuteczna krocząca odpowiedniego przebiegu za okres, tj. odczytana jak w ppkt. a);
  - c) prąd skuteczny  $I$  – wartość skuteczna krocząca odpowiedniego przebiegu za okres, tj. odczytana jak w ppkt. a);
  - d) napięcie skuteczne wejściowe  $U_i$  – wartość skuteczna krocząca odpowiedniego przebiegu za okres, tj. odczytana jak w ppkt. a);
  - e) napięcie skuteczne wyjściowe (na odbiorniku)  $U_o$  – wartość skuteczna krocząca odpowiedniego przebiegu za okres, tj. odczytana jak w ppkt. a);
  - f) długość odcinka czasu  $\Delta t_\alpha$  odpowiadającego kątowni fazowemu opóźnienia załączania triaka – współrzędna czasowa (tj. x nie y) odczytana z pola *dif* po ustawieniu kursorów w ten sposób, że:
    - kursor 1 znajduje się w chwili, w której zaczyna płynąć prąd  $i$ ,
    - kursor 2 znajduje się w poprzedzającym powyższą chwilę zerze napięcia wejściowego  $u_i$ .
21. Dla nastawy *SET*, która dała największą moc czynną wejściową  $P_{i(\max)}$ :
- a) zmierz kursorem i zanotuj wartość maksymalną prądu  $I_m$  – do użycia w przyszłości w sprawozdaniu;
  - b) zmodyfikuj ustawienia osi czasu tak, by obserwować od 4 do 5 okresów przebiegów;
  - c) usuń wszystkie przebiegi poza dwoma: napięciem wejściowym  $u_i$  i prądem  $i$ ;
  - d) zapisz obraz przebiegów (menu *Window* ▶ *Copy to Clipboard*).