



*VI Konferencja
eTechnologie w Kształceniu Inżynierów eTEE'2019
Politechnika Gdańska*



ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEJ SYMULACJI W ŚRODOWISKU MULTISIM W PROCESIE KSZTAŁCENIA INŻYNIERA

Krystyna Maria NOGA

19-20 wrzesień 2019

Plan



➤ WSTĘP

➤ PRZYKŁADOWE SYMULACJE

▪ Układy elektroniczne

- układ do badania charakterystyki prądowo - napięciowej diody,
- układ całkujący

• Układy z zakresu cyfrowego przetwarzania sygnałów

- filtr środkowozaporowy,

• Układy cyfrowe

- układ pomiarowy dla bramki OC

• Układy z zakresu teorii obwodów, elektrotechniki

- obwód RLC prądu stałego,
- szeregowy obwód RLC prądu zmiennego ,
- prostownik dwupołówkowy z mostkiem Graetza z filtrem

➤ WNIOSKI

WSTĘP

- Rozwijające się w ogromnym tempie nauki techniczne powodują konieczność dyskusji nad programami nauczania na poziomie szkoły średniej i wyższej, nad metodami i technikami nauczania.
- Dotyczy to między innymi takich przedmiotów jak:
 - **elektronika,**
 - **teoria obwodów, elektrotechnika,**
 - **technika cyfrowa,**
 - **cyfrowe przetwarzanie sygnałów.**
- Przedmioty te oraz technologie z nimi związane wywarły duży wpływ na obecny poziom nauki i inżynierii.
- Zmiany w sposobie nauczania spowodował również rozwój Internetu, co jest szczególnie widoczne na studiach technicznych. Studenci poprzez sieć mają dostęp do wielu pomocy dydaktycznych, w tym również symulacji komputerowych.

- Obecnie w dydaktyce, pracach badawczych i projektowych dużą rolę odgrywają pokazy i **badania symulacyjne**, co uwarunkowane jest również względami ekonomicznymi.
- Na rynku dostępnych jest sporo programów umożliwiających symulację różnych zjawisk i układów z zakresu inżynierii elektrycznej i elektronicznej, np. EDA, CAD.
- W badaniach naukowych oraz dydaktyce często jest wykorzystywane środowisko:
 - SPICE,
 - **Multisim** (jako wersja SPICE'a),
 - Mathcad,
 - Matlab,
 - Simulink,
 - LabVIEW.

WSTĘP cd.

- Pakiet Multisim firmy National Instruments jest wirtualnym narzędziem, które umożliwia symulację prawie każdego obwodu elektrycznego, elektronicznego, służy do komputerowej analizy układów analogowych i cyfrowych.
- Umożliwia on budowanie obwodów, do których można podłączyć różne przyrządy pomiarowe, np. oscyloskop, woltomierz, amperomierz, watomierz, multimetr, generatory różnych przebiegów, ploter Bode'a, analizator widma, analizator zakłóceń.
- Obsługa tych przyrządów jest podobna do obsługi mierników rzeczywistych, co dodatkowo potwierdza zasadność wykorzystania pakietu w procesie kształcenia.

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy elektroniczne

- W pakiecie Multisim dostępnych jest bardzo dużo różnorodnych:

diod, tranzystorów, wzmacniaczy, triaków, rezystorów, kondensatorów, cewek, bramek logicznych, przerzutników, liczników, rejestrów.

można powiedzieć, że „dostępna” jest cała elektronika

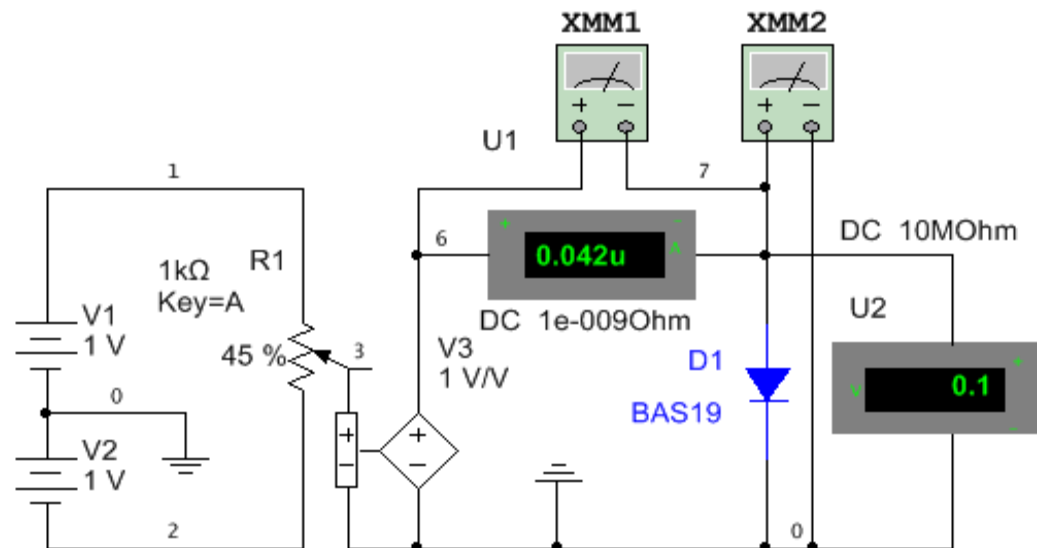
- Od pomysłowości nauczyciela, ucznia, studenta zależy jaki układ zostanie zbudowany, jaki element zostanie przetestowany.
- Gama dostępnych elementów, układów, przyrządów jest tak ogromna, że w procesie nauczania, nawet na profilu elektronicznym, trudno zaprezentować wszystkie możliwości wykorzystania pakietu Multisim.

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy elektroniczne

- W czasie zajęć audytoryjnych z elektroniki studenci poznają podstawowe układy półprzewodnikowe.
- Symulacje komputerowe doskonale obrazują zagadnienia omawiane w czasie tych zajęć.
- Na rysunku przedstawiono prosty układ do badania **charakterystyki prądowo-napięciowej diody**. Do jego budowy wykorzystano dwa źródła napięcia stałego (DC), potencjometr R1, źródło sterowane napięciem, dwa multimetry (XMM1-amperomierz, XMM2-woltomierz) oraz badaną **diode** (typu BAS19).

Część zasilająca pozwala na uzyskanie napięć z zakresu od -1 V do $+1\text{ V}$.

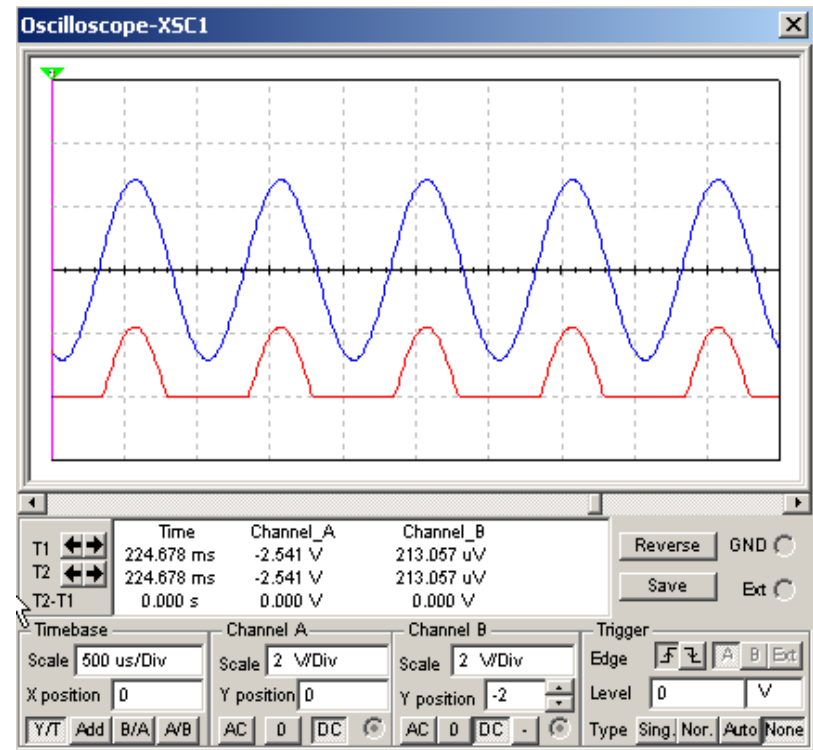
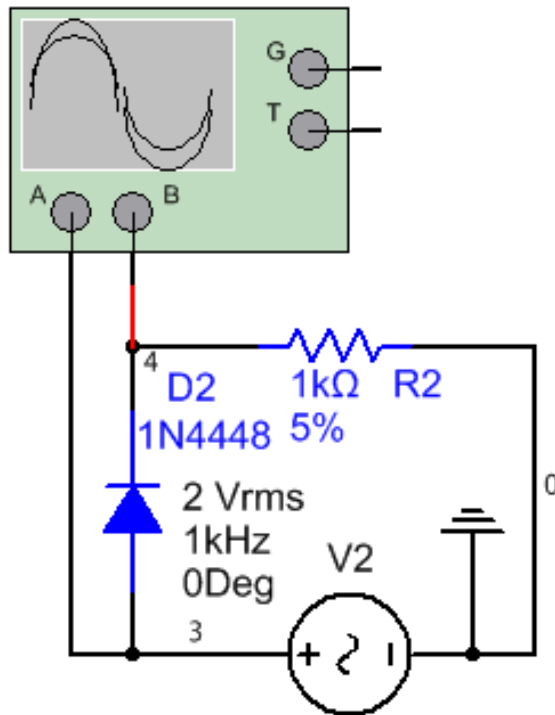
Bieżąca wartość napięcia regulujemy przy pomocy potencjometru, krok zmian rezystancji można ustawić indywidualnie.



Wyniki pomiarów wskazuje amperomierz i woltomierz, przy czym celowo zastosowano nadmiarowo **dwie wersje tych mierników**.

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy elektroniczne cd.

- W pakiecie Multisim można także zbudować układ do **obserwacji przebiegów czasowych** obwodu z diodą

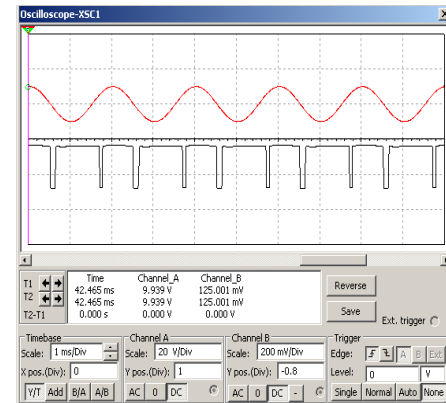
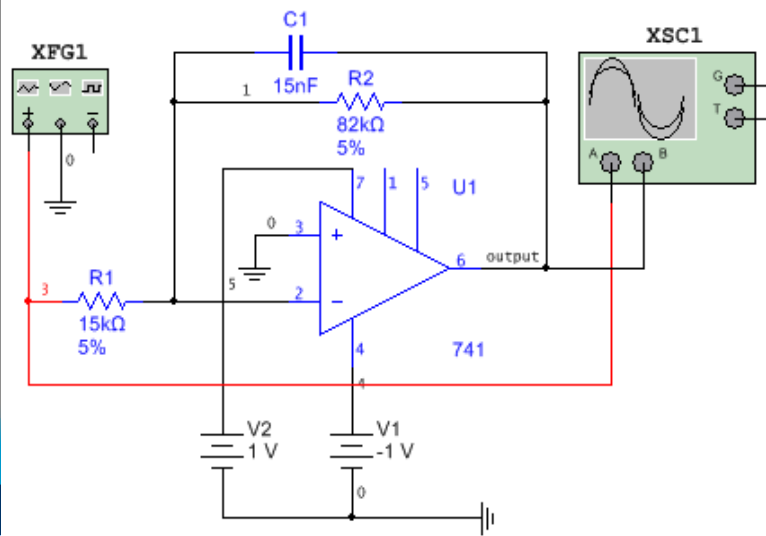


Układ do **badania diody** i uzyskane przebiegi czasowe

W podobny sposób można zbudować układy do pomiarów charakterystyk innych elementów elektronicznych i elektrycznych, np. **rezystorów**, **cewek**, **tranzystorów**.

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy elektroniczne cd.

- Zakres zagadnień omawianych podczas zajęć z elektroniki jest bardzo obszerny.
- Studenci poznają między innymi **wzmacniacz operacyjny**, który jest najbardziej rozpowszechnionym analogowym układem scalonym.
- Wzmacniacze operacyjne znalazły zastosowanie w **generatorach różnych sygnałów**, **filtrach**, **detektorach liniowych i wartości szczytowej**, **układach próbkujących z pamięcią**, **układach analogowych**, gdzie wykonują różne operacje.
- Podstawowe układy pracy wzmacniaczy operacyjnych to:
 - **wzmacniacz odwracający**, **nieodwracający**, **sumujący i odejmujący**,
 - układ **całkujący**, **różniczkujący**,
 - **wtórnik napięciowy**,
 - konwerter prąd–napięcie,
 - **przesuwnik fazy**,
 - prostownik idealny.



a) $f=15 \text{ kHz}$, b) $f=500 \text{ Hz}$, przy czym $f_d = \sim 129 \text{ Hz}$

Wzmocnienie układu bez pętli z rezystorem R_2 wynosi $K = 1 / (j \omega R_1 C_1)$

Wówczas dla $\omega \rightarrow 0$ wzmocnienie $K \rightarrow \infty$ co powoduje tzw. dryft stałoprądowy.

W celu wyeliminowania tego zjawiska do układu dodano, równoległe do kondensatora C_1 , rezystor R_2 , wówczas wzmocnienie układu wynosi $K = R_2 / [R_1 (1 + j \omega R_2 C_1)]$

Dodanie R_2 powoduje dla małych częstotliwości **ograniczenie wzmocnienia układu**, wówczas też otrzymujemy **układ inercyjny**.

Wzmacniacz ten dopiero dla częstotliwości większej od **granicznej** $f_d = 1 / (2 \pi R_2 C_1)$ działa jak **układ całkujący**, przy czym dobrą liniowość przebiegu wyjściowego otrzymujemy gdy **częstotliwość sygnału wejściowego** jest co najmniej 10 razy większa od f_d .

W układzie można zbadać wpływ wartości R i C na pracę układu, a przede wszystkim rezystora R_2 na poprawę stabilności punktu pracy, wpływ kształtu, amplitudy i częstotliwości sygnału wejściowego na uzyskany przebieg wyjściowy.

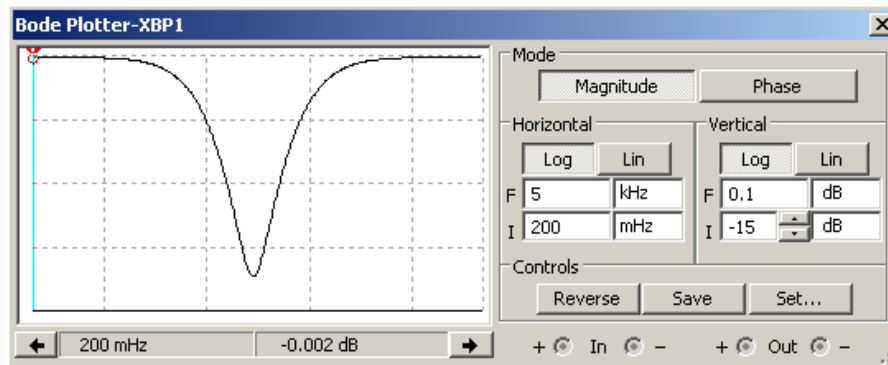
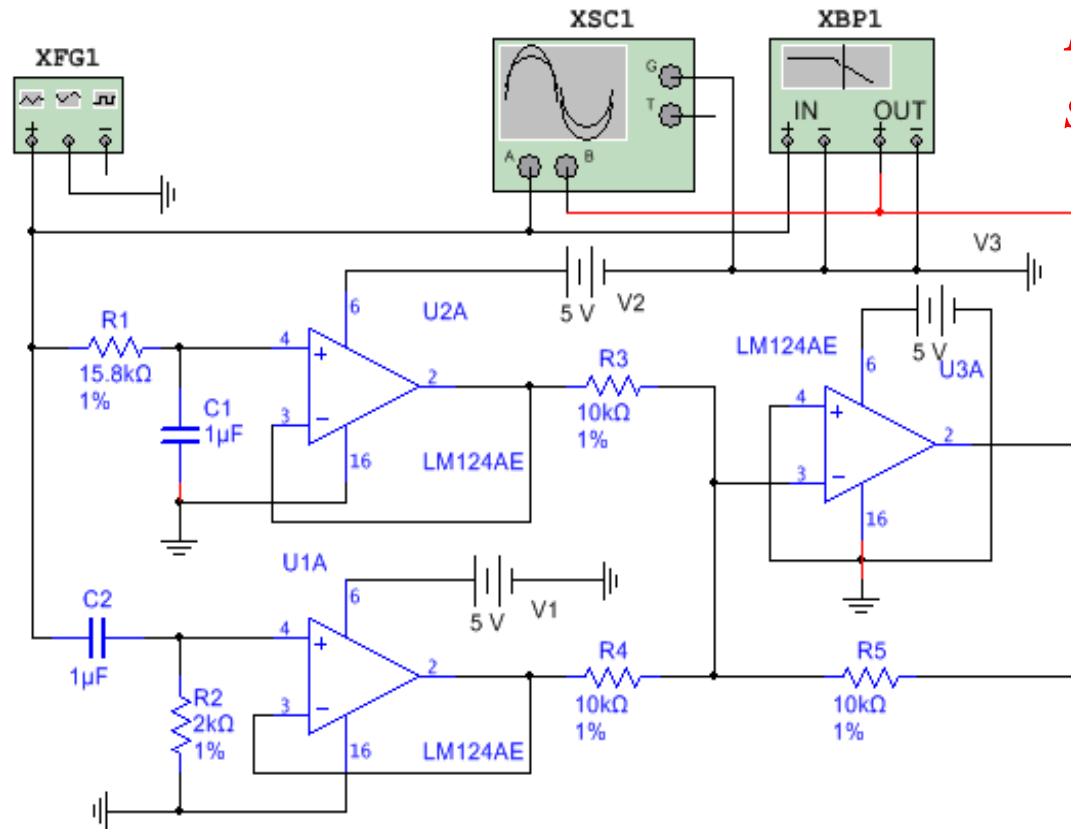
PRZYKŁADOWE SYMULACJE

- Zasady przeprowadzania analizy pracy wzmacniacza operacyjnego w różnych konfiguracjach są podobne.
- W układach ze wzmacniaczami możliwe jest wyznaczenie:
 - charakterystyki statycznej $U_{wy} = f(U_{we})$,
 - obliczenie wzmocnienia wzmacniacza i porównanie wyników z wynikami obliczonymi według wzorów,
 - pomiar wzmocnienia napięciowego w układzie z otwartą pętlą,
 - porównanie zgodności otrzymanych wyników z danymi katalogowymi.
- Zakres możliwych badań tylko wzmacniaczy operacyjnych jest szeroki, a **opracowanie symulacji wymaga trochę czasu, cierpliwości i motywacji do głębszego poznania określonych obwodów.**

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy z zakresu cyfrowego przetwarzania sygnałów

- Cyfrowa obróbka sygnałów polega na wykonywaniu operacji matematycznych na kolejnych próbkach, co przy pomocy algorytmów obliczeniowych pozwala między innymi na filtrację sygnału.
- Każde urządzenie posiadające selektywne charakterystyki częstotliwościowe jest nazywane **filtrem**, który może pracować jako **górnoprzepustowy**, **dolnoprzepustowy**, **pasmowoprzepustowy**, **pasmowozaporowy**.
- Filtry znajdują zastosowanie w modulacji i demodulacji, odszumianiu sygnału, separacji sygnałów, przetwornikach C/A, całkowaniu.
- Niektóre zagadnienia z zakresu CPS i związane z nimi symulacje komputerowe, opracowane w środowisku Multisim, zostały omówione w innych moich pracach. Przedstawiono w nich między innymi zagadnienia związane z:
 - **analizą Fouriera**,
 - **filtracją**,
 - **modulacją, demodulacją**,
 - **kodowaniem i dekodowaniem**.

Filtr środkowozaporowy



Charakterystyka amplitudowa

W układzie możliwe jest zbadanie wpływu parametrów sygnału wejściowego, wartości $R1$, $R2$, $R3$, $R4$, $R5$, C , $C2$ na uzyskane przebiegi, określenie częstotliwości granicznych oraz porównanie tych wielkości z obliczonymi.

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy cyfrowe

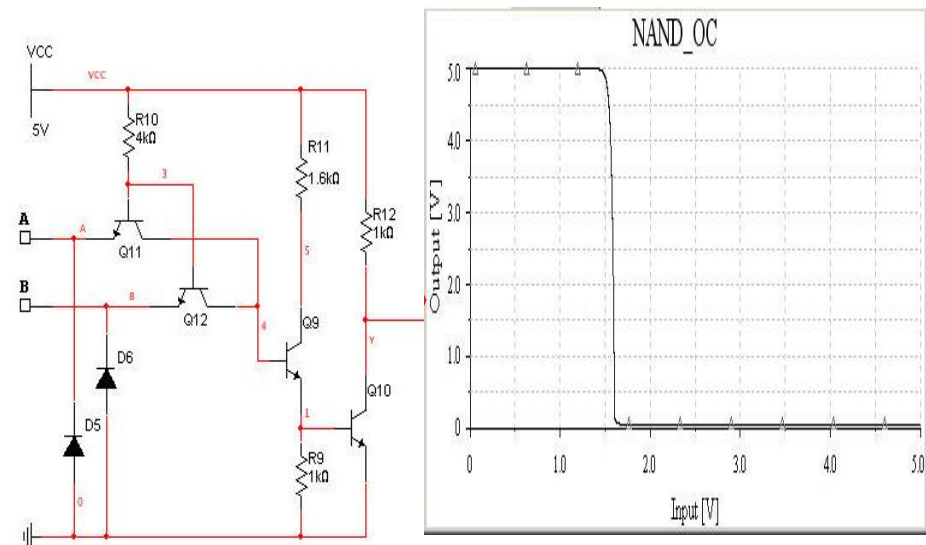
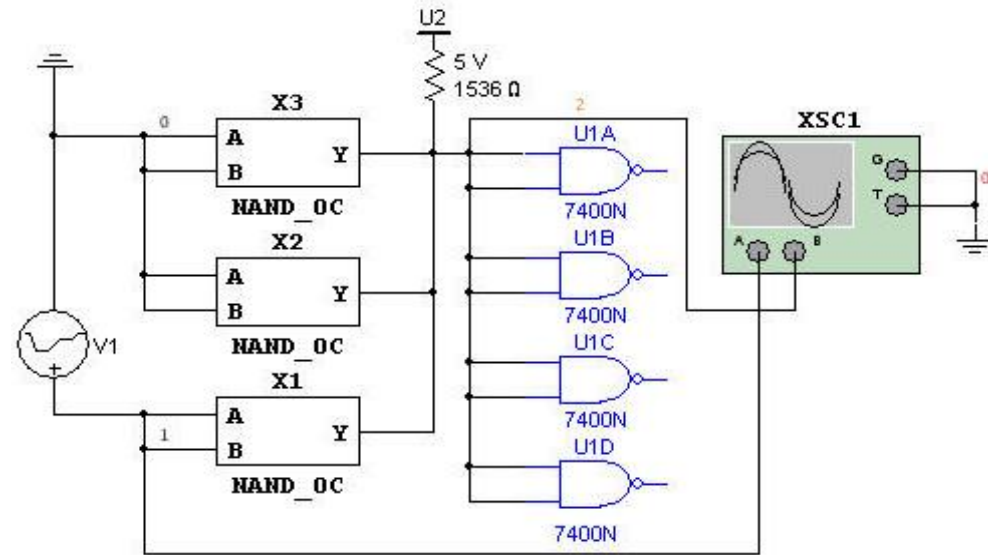
- Środowisko Multisim zawiera bardzo bogatą bibliotekę różnych układów cyfrowych wykonanych w technologii TTL, CMOS, tj. dostępne są różne bramki logiczne, przerzutniki, liczniki, rejestry, układy arytmetyczne, komutacyjne.
- na stronie www.atol.am.gdynia.pl/tc przedstawiłam liczne schematy do pomiaru charakterystyk statycznych i dynamicznych bramek logicznych
- **Modele bramek zawarte w bibliotece programu Multisim są uproszczone.**
- **W rzeczywistych układach** można zaobserwować etapy **załączenia** i **wyłączenia** bramki, w których należy uwzględnić **czas** niezbędny do załączenia poszczególnych tranzystorów, **czas** narastania odpowiedzi, **czas** potrzebny na wyłączenie tranzystorów i oscylacje.

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy cyfrowe

Zbliżoną do rzeczywistej charakterystykę przejściową bramki w programie Multisim można uzyskać poprzez **budowę modelu bramki z tranzystorów**.

Układ do pomiaru charakterystyki przełączania bramki Open Collector OC zawiera **3 bramki OC** zawarte w podobwodzie, **4 bramki NAND** oraz **rezystor R** jako obciążenie. Bramki OC wymagają podłączenia ich wyjść do zewnętrznego rezystora R. Jego wartość jest uzależniona od ilości wspólnie podłączonych bramek OC oraz ilości bramek obciążających. Dla układu jak na rysunku wartości graniczne oporności wynoszą: $R_{max} = 2857\ \Omega$ oraz $R_{min} = 215\ \Omega$. Do symulacji, jako źródło sygnału wejściowego, wykorzystano **LINEAR_VOL-TAGE**, dzięki czemu uzyskano płynną zmianę napięcia wejściowego w zakresie **0–5V**.

W czasie zajęć laboratoryjnych studenci dokonują również pomiarów dla układów rzeczywistych, które porównują z wynikami uzyskanymi w środowisku Multisim.



PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy z zakresu teorii obwodów

- Zakres zagadnień omawianych w ramach przedmiotu teoria obwodów, elektrotechnika jest również obszerny.
- Obejmuje między innymi poznanie :
 - praktycznych zastosowań prawa Ohma i Kirchhoffa,
 - zasad pomiaru natężenia prądu, napięcia, rezystancji, indukcyjności, pojemności.
- Istotne są również zagadnienia związane z :
 - obwodami prądu sinusoidalnego,
 - obwodami magnetycznymi,
 - jednofazowymi i trójfazowymi,
 - czwórnikami,
 - filtrami częstotliwościowymi.
- *Wszystkie te zagadnienia można zobrazować prezentując wirtualne układy zbudowane w środowisku Multisim.*
- Wykorzystanie możliwości pakietu zależy ponownie od pomysłowości prowadzącego zajęcia, motywacji oraz dostępnego czasu.

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy z zakresu teorii obwodów

- Obwody zawierające tylko źródła napięcia lub prądu, rezystory, kondensatory, cewki nie są trudne do analizy.

- Zdecydowana większość obwodów spotykanych w praktyce to **obwody prądu zmiennego**. Analiza i synteza takich obwodów jest bardziej złożona niż w przypadku obwodów prądu stałego.

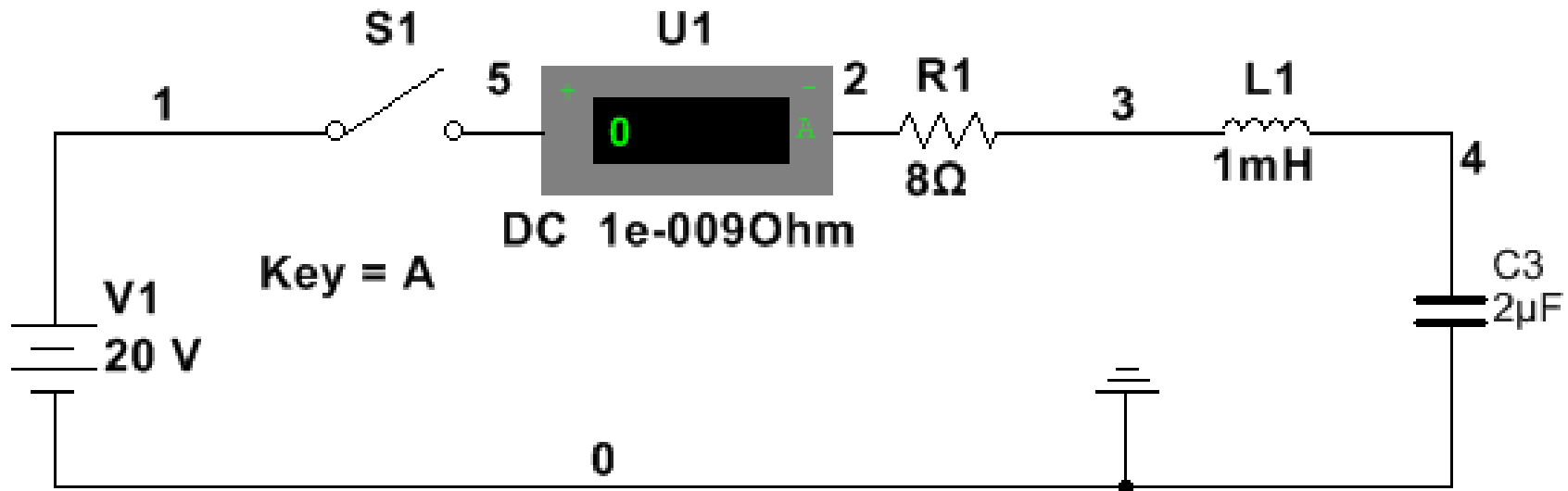
- Do analizy takich obwodów często wymagana jest znajomość zaawansowanych metod matematycznych, np. transformaty Laplace'a.

- Zjawiska w takich obwodach można łatwo zrozumieć dzięki :
 - obserwacji przebiegów prądów i napięć,
 - analizując charakterystyki częstotliwościowe na wirtualnych przyrządach.

- W środowisku Multisim można zbudować dowolny układ zbudowany z elementów **R, C, L**.

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy z zakresu teorii obwodów

- Przykładowo analizę obwodu **prądu stałego** metodą prądów oczkowych można przeprowadzić na podstawie prostego układu przedstawionego na rysunku, gdzie obwód RLC załączamy jest do napięcia stałego **E**.
- W analizowanym układzie można dodać przyrząd Bode_ploter, można wskazać inne cechy charakterystyczne tego obwodu.
- Na zajęciach tablicowych lub w ramach zajęć własnych student może zbudować dowolny układ i **porównać wyniki z symulacji i obliczeń**.



PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy z zakresu teorii obwodów

➤ W szeregowym obwodzie RLC prądu zmiennego można określić częstotliwość rezonansową i inne cechy charakterystyczne obwodu.

➤ Jest to obwód rezonansowy, który dla pewnej częstotliwości nie tłumi napięcia wejściowego.

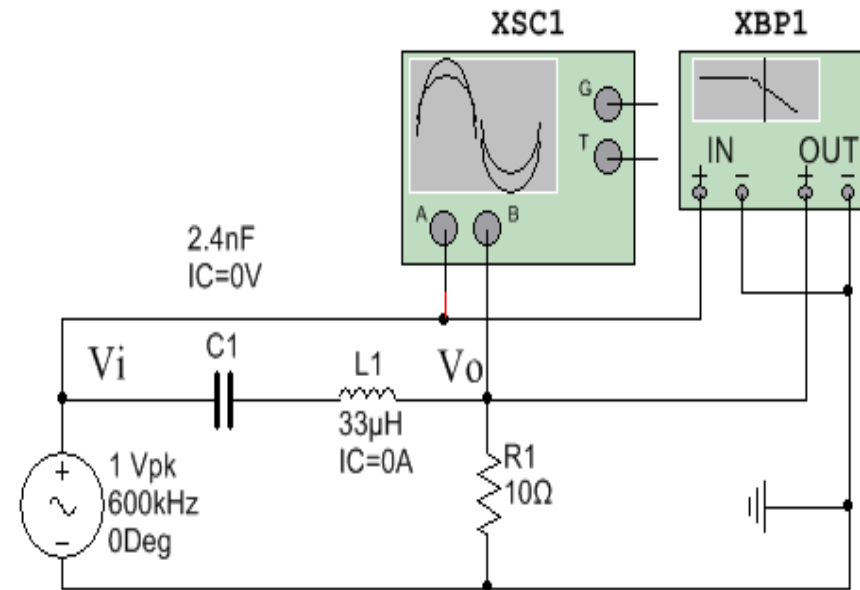
➤ Częstotliwość rezonansowa obwodu jest określona zależnością

$f_C = 1 / (2\pi \sqrt{LC})$ dla analizowanego obwodu wynosi **565,5 kHz**.

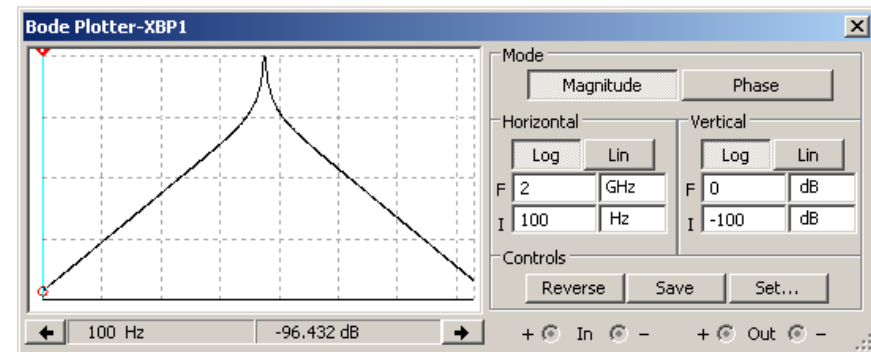
➤ W obwodzie można ponadto określić szerokość pasma 3 dB, czyli tłumienie mniejsze niż 3 dB

$$B_w = R / (2 \pi L)$$

➤ Z kształtu charakterystyki amplitudowej można wywnioskować, że jest to **filtr środkowoprzepustowy**.

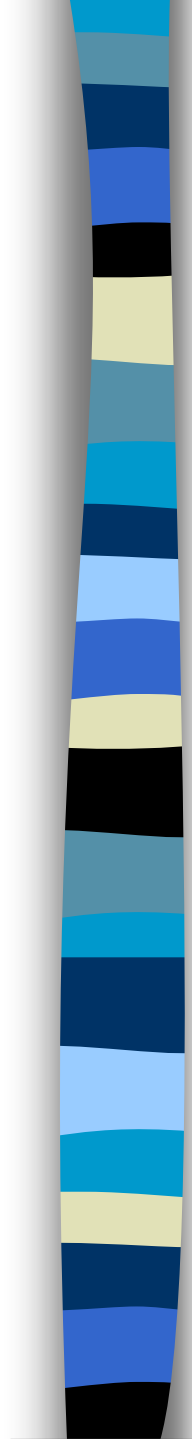


Szeregowy obwód RLC prądu zmiennego



Charakterystyka amplitudowa

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy z zakresu teorii obwodów

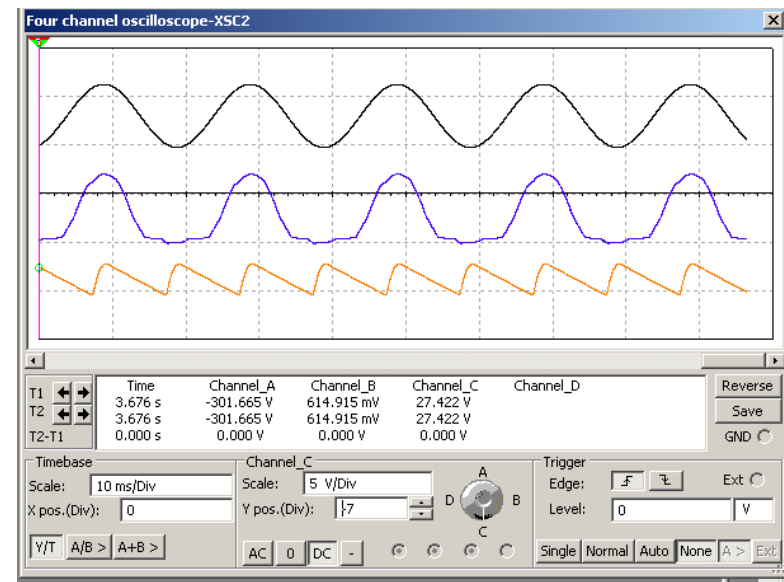
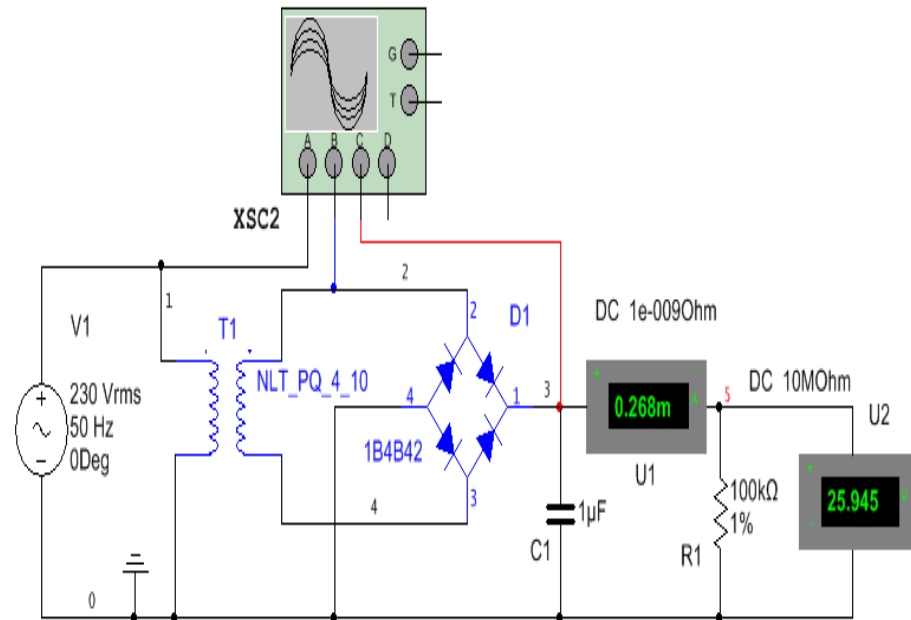
- 
- W życiu codziennym bardzo często stosowanymi układami są **prostowniki**.
 - Rodzaj dostępnych prostowników jest bardzo szeroki, przykładowo w praktyce są wykorzystywane prostowniki:
 - trójfazowe jednopółwkowe lub dwupółwkowe,
 - jednopółwkowe,
 - dwupółwkowe z mostkiem Graetza.

PRZYKŁADOWE SYMULACJE - układy z zakresu teorii obwodów

➤ Najczęściej stosowanym typem prostownika jest dwupołkowy z mostkiem Graetza z filtrem.

➤ Przebiegi czasowe dla tego układu zostały przedstawione na rysunku, wzmocnienia dla poszczególnych wykorzystanych kanałów w oscyloskopie są różne,

- kanał A - 500V/działkę,
- kanał B - 20 V /działkę,
- kanał C - 5 V /działkę.



Wnioski

- Nauczanie przedmiotów technicznych, a szczególnie elektroniki, teorii obwodów, elektrotechniki i techniki cyfrowej obejmuje dwa zagadnienia:
 - naukę ogólnych zasad,
 - naukę określonych technik charakterystycznych dla różnych zastosowań.
- Obserwowany obecnie rozwój technologii wskazuje jak ważne jest poznanie i zrozumienie podstawowych zasad.
- Prawie każdy inżynier posiada przynajmniej podstawową wiedzę na temat budowy układów elektronicznych, bez tej wiedzy raczej nie mógłby czuć się komfortowo w świecie nowych technologii.
- Nowe technologie powstały i będą powstawać dzięki kolejnym badaniom, w tym również przeprowadzanym na etapie **symulacji komputerowych**.
- Przedstawione zagadnienia nie wyczerpują możliwości pakietu Multisim.
- Warunkiem prawidłowego procesu zdobywania wiedzy jest również zaangażowanie ze strony studentów, a to niestety w ostatnim okresie nie zawsze jest standardem.

Wnioski cd.

- Przedstawione wirtualne układy spełniają niezbędne wymagania, którymi powinny charakteryzować się eksperymenty laboratoryjne, tj.
 - odzwierciedlają zagadnienia spotykane w praktyce,
 - są ciekawe wizualnie,
 - są łatwe do zrozumienia i przedstawienia,
 - Układy te wymuszają także kształcenie umiejętności praktycznych.

- Student może
 - dokonać analizy pracy przedstawionych układów,
 - ocenić wpływ parametrów wejściowych na sygnały i efekty wyjściowe,
 - dokonać modyfikacji analizowanych układów.
 - przedstawić własne propozycje realizacji omawianych zagadnień lub też innych zagadnień.

Wnioski cd.

- Problemem jest znalezienie proporcji pomiędzy przekazywaniem wiedzy teoretycznej i kształceniem umiejętności praktycznych.
- Rozwiązanie tego problemu nie jest łatwe, wymaga wielu doświadczeń.
- Praca własna studenta, realizacja własnych układów, uzyskanie określonych efektów końcowych powinno powodować :
 - wzrost motywacji studenta do nauki,
 - zwiększenie możliwości rozwoju zawodowego,
 - po zakończeniu cyklu nauki lepszą pozycję w poszukiwaniu pracy.
- Przedstawione przykładowe symulacje uczą logicznego i krytycznego myślenia, a to jest ważny element pracy i życia inżyniera.
- Student dobrze przygotowany do zajęć nie powinien mieć kłopotów z zaliczeniem, wykonaniem ćwiczeń laboratoryjnych, z wykorzystaniem układów i urządzeń rzeczywistych.
- **Nie powinien ponadto mieć problemów w przyszłej pracy zawodowej.**

Dziękuję za uwagę

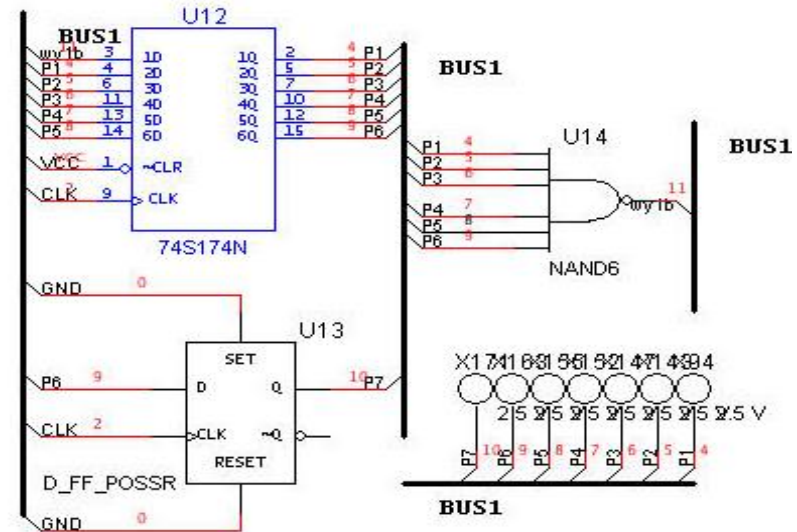


WSTĘP cd.

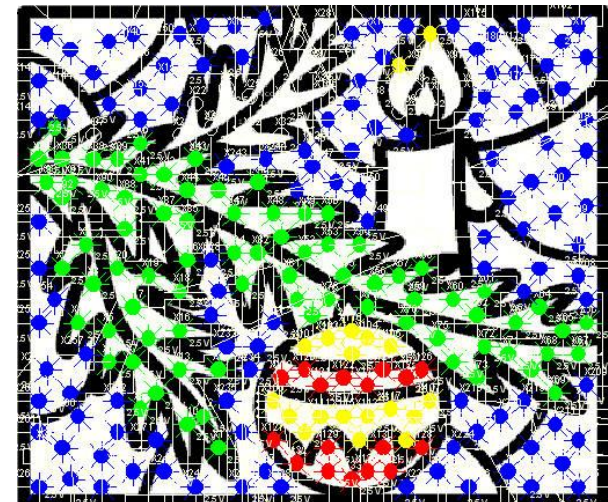
- Multisim w zależności od typu badanych obwodów oferuje różne rodzaje symulatorów, które bazują na języku SPICE, VHDL lub Verilog.
- Koordynacja komunikacji pomiędzy modelami opracowanymi w tych językach odbywa się automatycznie, jest zapewnione całkowite współdziałanie. W zależności od badanych obwodów program Multisim sam dobiera odpowiedni rodzaj symulacji oraz kontroluje przepływ informacji między symulatorami, bez interwencji użytkownika.
- W artykule zostały przedstawione przykłady zastosowania pakietu Multisim w procesie kształcenia inżyniera, a szczególnie w zakresie:
 - **elektrotechniki,**
 - **teorii obwodów,**
 - **elektroniki,**
 - **techniki cyfrowej, !!!!!!!!!!!!!!!**
 - **cyfrowego przetwarzania sygnałów. !!!!!!!!!!!!!!!**

- Studentom pozostawiono dużą dowolność, zakładając konieczność wykorzystania wirtualnej szyny, elementów generujących dźwięk oraz przedstawienia ruchu. W ostatnim okresie niektórzy studenci realizują coraz mniej ciekawych projektów, wymagających nieco większego nakładu pracy.
- Przykładem **ciekawego** projektu jest układ, w którym wykorzystano gotowy rysunek z elementami świątecznymi. Wydaje się, że schemat sterowania nie jest bardzo skomplikowany, tym bardziej że z takim układem studenci zapoznali się w czasie wcześniejszych zajęć.
- Na uwagę jednak zasługuje pomysł wykorzystania rejestru, pracowitość studenta oraz również **odpowiedni gust artystyczny**.

Cyfrowe życzenia świąteczne



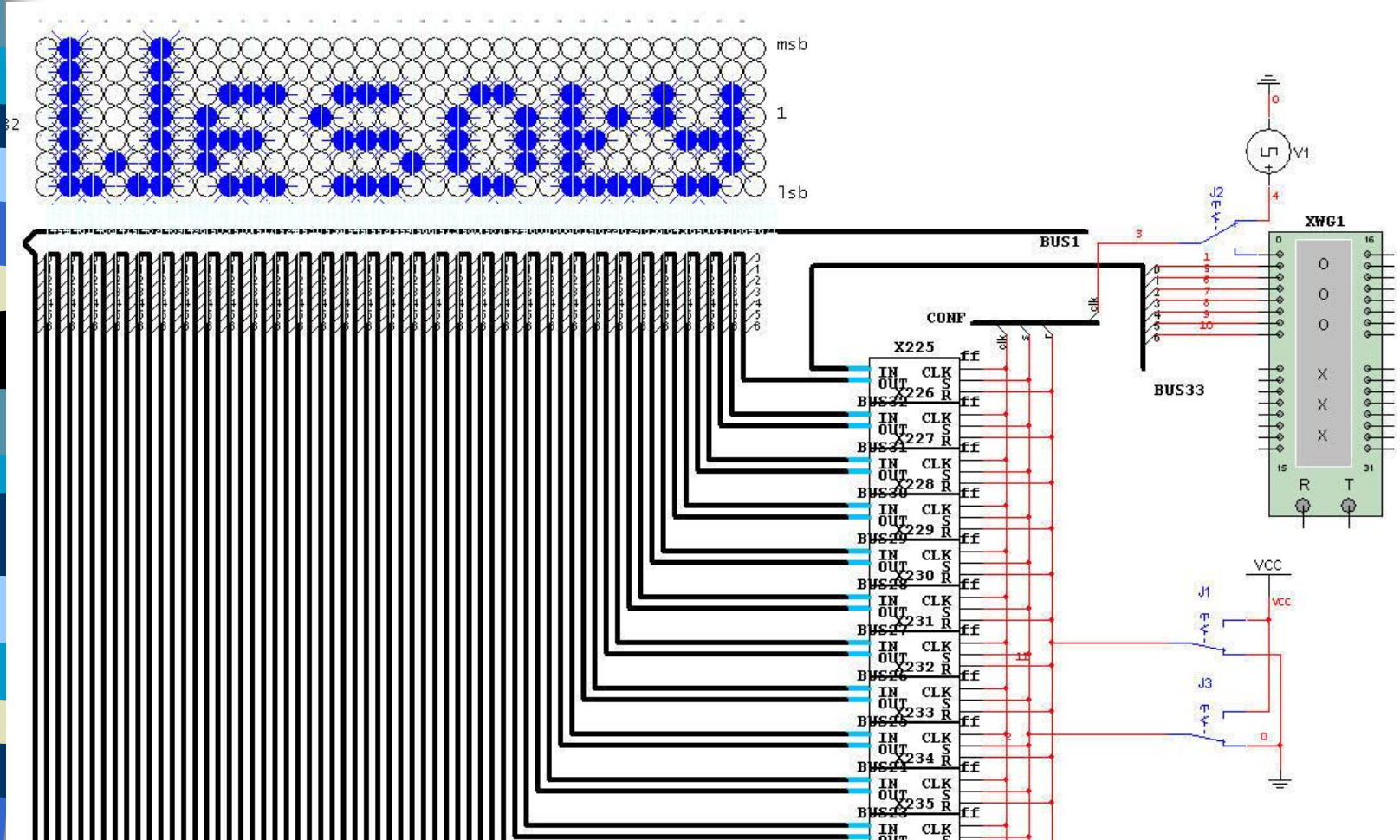
Sterowanie cyfrowe diodami



Inny przykłady symulacji

Wyświetlany tekst :

Wesołych świąt Bożego Narodzenia oraz wystrzałowego Nowego Roku



Podobwód
zawierający
rejestr
przesuwny,
wykorzystano go
– 32 razy

