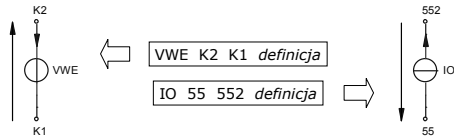


4. Źródła i klucze

- W tej części wykładu:
 - Źródła idealne niezależne
 - Źródła idealne sterowane z zależnością liniową
 - Klucze sterowane

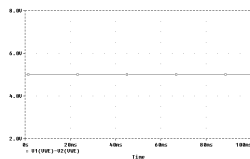
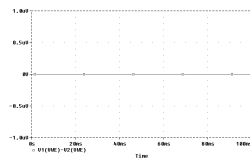
Źródła idealne niezależne

- Źródło idealne to źródło nieskończenie wydajne i stabilne, o zerowej (napięciowe) lub nieskończenie dużej (prądowe) rezystancji
- Źródło niezależne to źródło, którego wartość nie zależy od innych wielkości w obwodzie
- Opis niezależnego źródła napięcia i prądu (przypomnienie)
 - Voznaczenie plus minus [definicja]**
 - Ioznaczenie plus minus [definicja]**
 - Może występować do 3 definicji – po jednej dla analiz DC, AC i TRAN



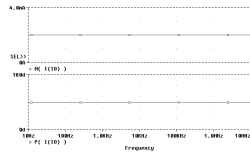
Źródła stałe

- Źródło zerowe
 - Brak definicji**
 - Zastosowanie: pomiar prądu w gałęzi, w której nie ma innych elementów
 - Zerowa wartość odnosi się do wszystkich analiz (DC, AC, TRAN)
 - VWE K2 K1
- DC – składowa stała lub źródło stałe
 - definicja := DC wartość**
 - Definicja DC jest uwzględniana w analizie DC
 - a także w analizie TRAN jeżeli nie występuje żadna z definicji: EXP, PWL, PULSE, SIN, SFFM
 - VWE K2 K1 DC 5



Definicja dla analizy AC

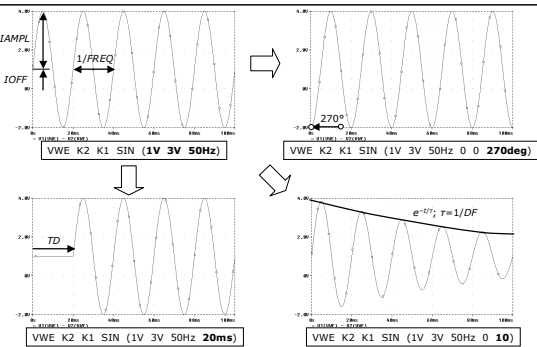
- AC – składowa przemienne
 - **definicja := amplituda [faza]**
 - Definiuje źródło sinusoidalnie zmienne o podanej *amplitudzie* i *fazie* (w stopniach)
 - Definicja AC jest uwzględniana **wyłącznie** w analizie AC
 - Dlatego nie podaje się częstotliwości – bowiem w analizie AC jest ona zmienna
 - Amplituda i faza źródła będzie stała dla wszystkich częstotliwości
 - Domyślna faza wynosi 0°
 - IO 55 552 AC 2mA 90deg
- Definicje omawiane dalej są uwzględniane wyłącznie w analizie TRAN



SIN – źródło sinusoidalne

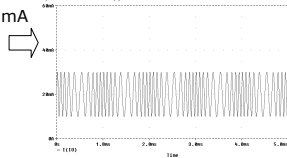
- **definicja := SIN (IOFF IAMPL FREQ TD DF PHASE)**
 - IOFF – składowa stała (ang. *offset*)
 - IAMPL – amplituda (*amplitude*)
 - FREQ – częstotliwość (*frequency*)
 - Obowiązkowe są 2 pierwsze parametry
 - Domyślna częstotliwość to odwrotność *czasu_końcowego* z instrukcji TRAN (czyli widoczny będzie jeden okres sinusoidy)
 - Pozostałe parametry wynoszą domyślnie 0
 - TD – opóźnienie (*delay time*); przed upływem tego czasu źródło ma wartość stałą
 - DF – współczynnik tłumienia (*damping factor*) – odwrotność stałej czasowej przebiegu wykładniczego; sinusoida jest mnożona przez EXP(-TIME/DF)
- Definicja SIN nie ma nic wspólnego z analizą AC

SIN – źródło sinusoidalne



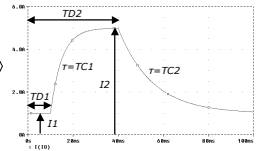
SFFM – sinusoida z modulacją częstotliwości

- Ang. *Single-Frequency Frequency-Modulated*
- **definicja := SFFM (IOFF IAMPL FC MOD FM)**
 - IOFF – składowa stała (ang. *offset*)
 - IAMPL – amplituda (*amplitude*)
 - FC – częstotliwość nośna (*carrier frequency*)
 - MOD – głębokość modulacji (*modulation index*)
 - FM – częstotliwość modulacji (*modulation frequency*)
- $IOFF + IAMPL \cdot \sin(2\pi \cdot FC \cdot t + MOD \cdot \sin(2\pi \cdot FM \cdot t))$
- IO 55 552 SFFM (20mA 1mA + 10kHz 4 1kHz)



EXP – przebieg wykładniczy

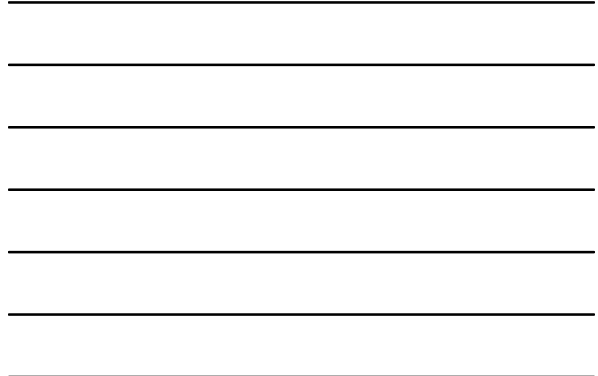
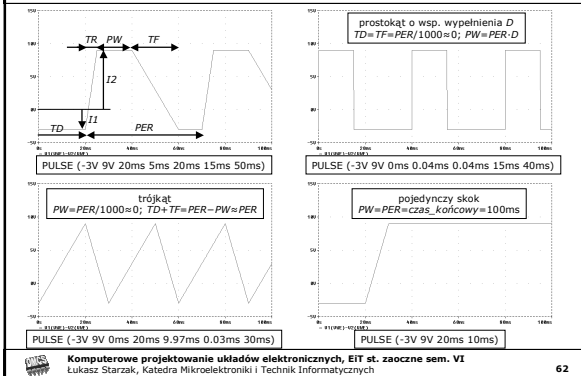
- Ang. *Exponential*
- **definicja := EXP (I1 I2 TD1 TC1 TD2 TC2)**
 - I1 – wartość początkowa
 - I2 – wartość szczytowa
 - TD – czasy opóźnień (ang. *delay time*)
 - TC – stałe czasowe (*time constant*)
- $I1 + (I2 - I1) \cdot (1 - e^{-(t - TD1)/TC1}) - (I2 - I1) \cdot (1 - e^{-(t - TD2)/TC2})$
 - 2. składnik od chwili TD1,
 - 3. składnik od chwili TD2
- IO 55 552 EXP (1V 5V + 10ms 5ms 40ms 15ms)



PULSE – impulsy trapezoidalne

- Ang. *Pulse* – impuls
- **definicja := PULSE (I1 I2 TD TR TF PW PER)**
 - I1, I2 – poziom początkowy, poziom impulsu
 - TD – opóźnienie (ang. *delay time*)
 - TR, TF – czas narastania (*rise time*), czas opadania (*fall time*)
 - PW – czas trwania impulsu (*pulse width*)
 - PER – okres powtarzania (*period*)
- Uwagi do parametrów
 - określenia „czas narastania” i „czas opadania” są umowne; precyzyjnie: „czas zmiany z I1 na I2” i „czas zmiany z I2 na I1”
 - jeżeli $I2 < I1$, to TR będzie faktycznie czasem opadania, a TF – narastania
 - domyślnie PER=czas_końcowy z instrukcji TRAN (PER=0 lub nie podane)
 - jeżeli nie podamy PER, to otrzymamy pojedynczy impuls (nie okresowy)
 - domyślnie PW=czas_końcowy (PW=0 lub nie podane)
 - jeżeli nie podamy PER ani PW, to otrzymamy pojedynczy skok z I1 na I2
 - aby otrzymać trójkąt lub piłę (brak trwania impulsu), PW nie może być zerowe; rozwiązanie: bardzo mała wartość, np. PER/100, PER/1000
 - domyślnie TR, TF=krok_danych_wyjściowych z instrukcji TRAN
 - dla nieskończenie stromego zbocza podać bardzo małą wartość

PULSE – impulsy trapezoidalne

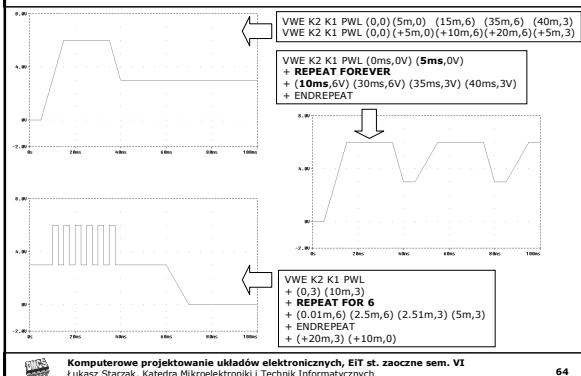


PWL – linia łamana

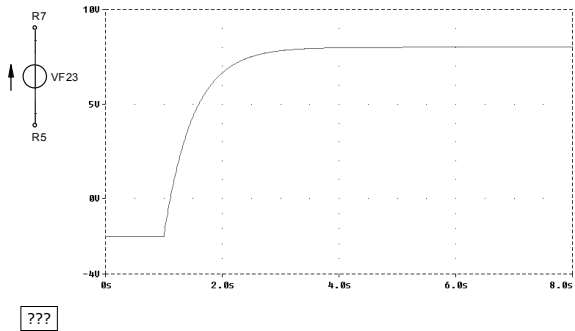
- Ang. *Piece-Wise Linear* – odcinkowo liniowe
- definicja** := **PWL [mnożnik_czasu] [mnożnik_wartości] (T1,I1) (T2,I2) ... (Tn,In)**
 - $T1, T2, \dots$ – wartości czasu w kolejnych wierzchołkach łamanej; muszą to być liczby
 - jeżeli czas poprzedza znak +, to jest on liczony od poprzedniego punktu
 - $I1, I2, \dots$ – wartości prądu/napięcia w kolejnych wierzchołkach; mogą to być liczby lub wzory w nawiasach klamrowych
 - mnożnik_czasu** – współczynnik, przez który przeskalowane zostaną wartości $T1...Tn$
 - mnożnik_wartości** – współczynnik, przez który przeskalowane zostaną wartości $I1...In$
- Powtarzanie fragmentów przebiegów
 - powtórzenie n -krotne
 - REPEAT FOR n współrzędne_punktów ENDREPEAT**
 - przebieg okresowy (powtarzany do końca symulacji)
 - REPEAT FOREVER współrzędne_punktów ENDREPEAT**
 - wewnątrz pętli REPEAT czasy są liczone od początku pętli, a nie od początku symulacji



PWL – linia łamana

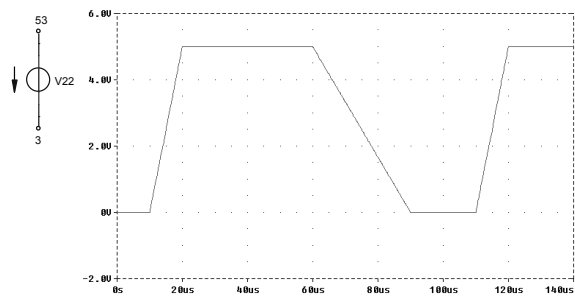


Przykład 4.1 a



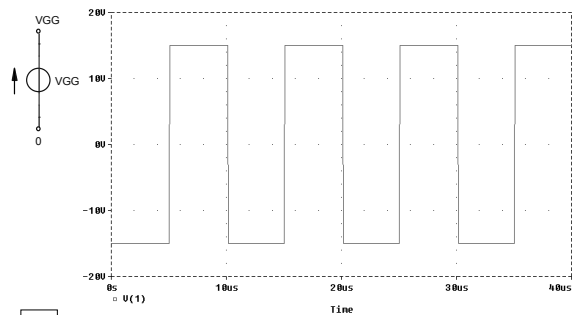
???

Przykład 4.1 b



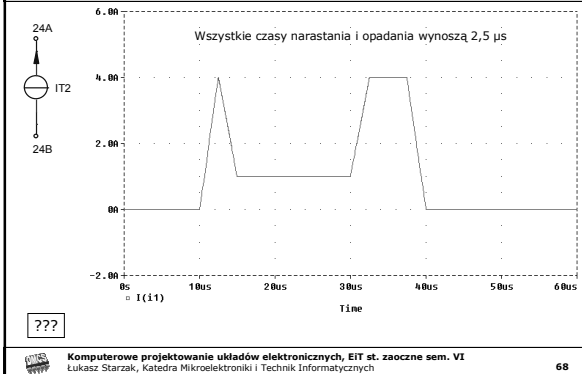
???

Przykład 4.1 c

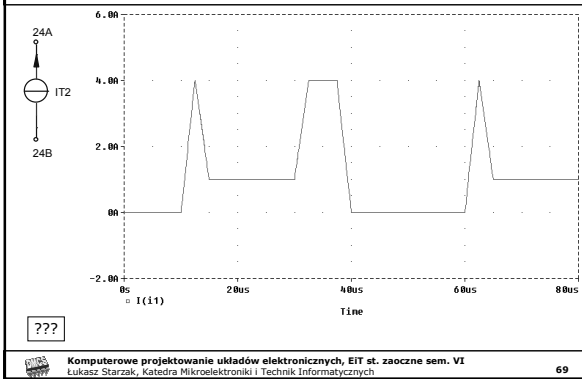


???

Przykład 4.1 d



Przykład 4.1 e



Przykład 4.1 f



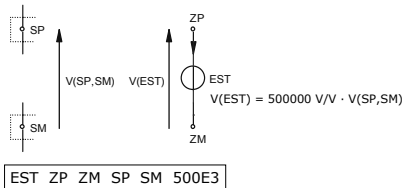
Źródła idealne sterowane z zależnością liniową

- **Źródło sterowane** to źródło, którego wartość zależy od przebiegu napięcia lub prądu w innym punkcie obwodu
- Źródła definiuje się odmiennie w zależności od sposobu sterowania:
 - źródła sterowane napięciem (różnica potencjałów dwóch węzłów) – E, G
 - źródła sterowane prądem (prąd niezależnego źródła napięcia – może być zerowe) – F, H
 - w symulatorze PSPICE dodatkowo specjalne definicje źródeł sterowanych napięciem – napięcie wyjściowe niekoniecznie zależne od różnicy dwóch potencjałów (to zagadnienie będzie omówione później)
- W tym miejscu omówiony zostanie najprostszy przypadek sterowania – liniowa zależność przebiegu źródła od przebiegu sterującego



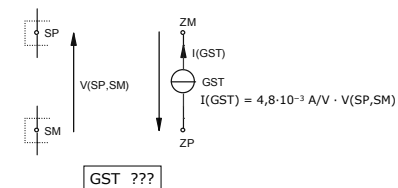
Źródła sterowane napięciem

- Sygnał sterujący: napięcie między dowolnymi dwoma węzłami
- Źródło napięcia sterowane napięciem
 - **Eoznaczenie plus minus plus sterowania + minus sterowania wzmacnienie napięciowe**
 - $V(\text{plus}, \text{minus}) = \text{wzmocnienie_napięciowe} \cdot V(\text{plus_sterowania}, \text{minus_sterowania})$



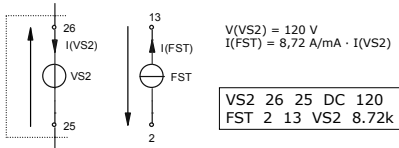
Źródła sterowane napięciem

- Źródło prądu sterowane napięciem
 - **Goznaczenie plus minus plus sterowania + minus sterowania transkonduktancja**
 - $I(\text{Goznaczenie}) = \text{transkonduktancja} \cdot V(\text{plus_sterowania}, \text{minus_sterowania})$
 - Uwaga na strzałkowanie napięcia i prądu źródła



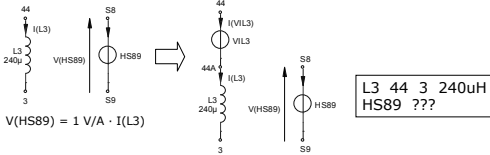
Źródła sterowane prądem

- Sygnał sterujący: prąd dowolnego niezależnego źródła napięcia
- Źródło prądu sterowane prądem
 - **Foznaczenie plus minus nazwa_źródła_sterującego + wzmacnienie_prądowe**
 - $I(\text{Foznaczenie}) = \text{wzmacnienie_prądowe} \cdot I(\text{nazwa_źródła_sterującego})$



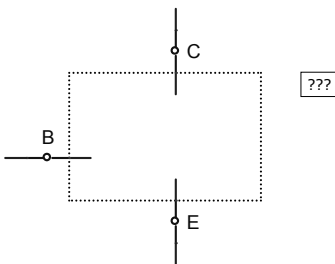
Źródła sterowane napięciem

- Źródło prądu sterowane napięciem
 - **Hoznaczenie plus minus nazwa_źródła_sterującego + transzystancja**
 - $V(\text{plus,minus}) = \text{transzystancja} \cdot I(\text{nazwa_źródła_sterującego})$
 - Uwaga na strzałkowanie napięcia i prądu źródła
- Jeżeli potrzebne jest sterowanie prądem gałęzi, w której nie ma niezależnego źródła prądowego, należy włączyć w nią w szereg zerowe źródło napięcia



Przykład 4.2

- Przedstawić tranzystor bipolarny jako wzmacniacz prądowy o wzmacnieniu równym 148



Klucze sterowane

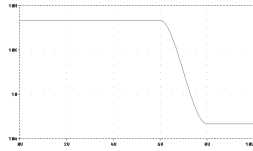
- Klucz sterowany to opornik o rezystancji zależnej od bieżącej wartości sygnału sterującego
- Klucz sterowany napięciem
 - **Soznaczenie plus minus plus sterowania + minus sterowania nazwa_modelu**
 - **.MODEL nazwa_modelu VSWITCH ROFF=ROFF + RON=RON VOFF=VOFF VON=VON**
 - ROFF – rezystancja klucza otwartego (załączonego)
 - RON – rezystancja klucza zamkniętego (wyłączonego)
 - VOFF – próg otwarcia
 - VON – próg zamknięcia
 - Uwagi do parametrów modelu
 - Domyślnie ROFF = 1 MΩ, RON = 1 Ω, VOFF = 0 V, VON = 1 V
 - Wartości parametrów mogą być dowolne, jednak zwykle przyjmuje się naturalne zależności: ROFF > RON, VON > VOFF
 - Wymaganie ze względu na zbieżność obliczeń: ROFF/RON ≤ 10¹²

Klucze sterowane

- Klucz sterowany napięciem (c.d.)
 - Działanie (przy założeniu VON > VOFF)

Napięcie sterujące $U_S = V(\text{plus_sterowania, minus_sterowania})$	Rezystancja klucza
$U_S \leq V_{OFF}$	ROFF
$V_{OFF} \leq U_S \leq V_{ON}$	wyglądzona funkcja przejściowa
$U_S \geq V_{ON}$	RON

- **.MODEL KLUCZN VSWITCH**
+ RON=100M ROFF=1MEG
+ VON=8V VOFF=6V

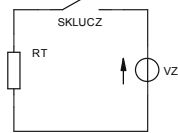


Klucze sterowane

- Klucz sterowany prądem
 - Sygnałem sterującym jest prąd niezależnego źródła napięcia (patrz źródła sterowane F, H)
 - **Woznaczenie plus minus nazwa_źródła_sterującego + nazwa_modelu**
 - **.MODEL nazwa_modelu ISWITCH ROFF=ROFF + RON=RON IOFF=IOFF ION=ION**
 - Definicja parametrów i działanie analogiczne do klucza sterowanego napięciem
- Przykładowe zastosowania kluczy sterowanych
 - uproszczenie (przyspieszenie) symulacji układów, w których klucze tranzystorowe są przełączane wiele razy w ciągu jednej symulacji
 - klucz jest prostym modelem tranzystora
 - badanie reakcji układu na zmianę warunków pracy – np. spadek obciążenia
 - klucz pozwala w pewnym momencie włączyć w obwód dodatkowy rezystor (moment włączenia określamy przez odpowiednią definicję sygnału sterującego źródłem)

Przykład 4.3

- Opisać podany obwód w formacie SPICE
- Parametry:
 - rezystancja klucza otwartego 500 k Ω
 - rezystancja klucza zamkniętego 0,5 Ω
 - RT = 50 Ω
 - VZ = 24 V (DC)
- Dodać do obwodu źródło sterujące i tak je zdefiniować oraz określić brakujące parametry klucza, aby:
 - w chwili $t = 4$ s przez rezystor RT zaczął płynąć prąd
 - w chwili $t = 12$ s prąd przestał płynąć
 - od chwili $t = 22$ s przepływ prądu powtórzył się jeszcze 8-krotnie
 - (źródło sterujące wstawia się zwykle osobno od obwodu podstawowego, dodając w tym celu osobny węzeł lub węzły)



Projekt 2

