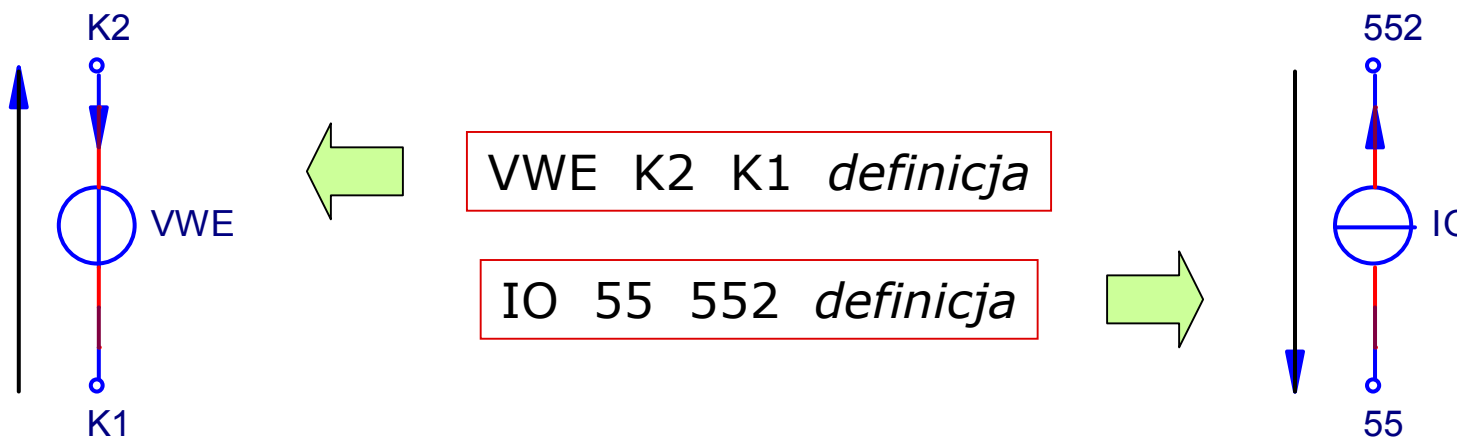


4. Źródła i klucze

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

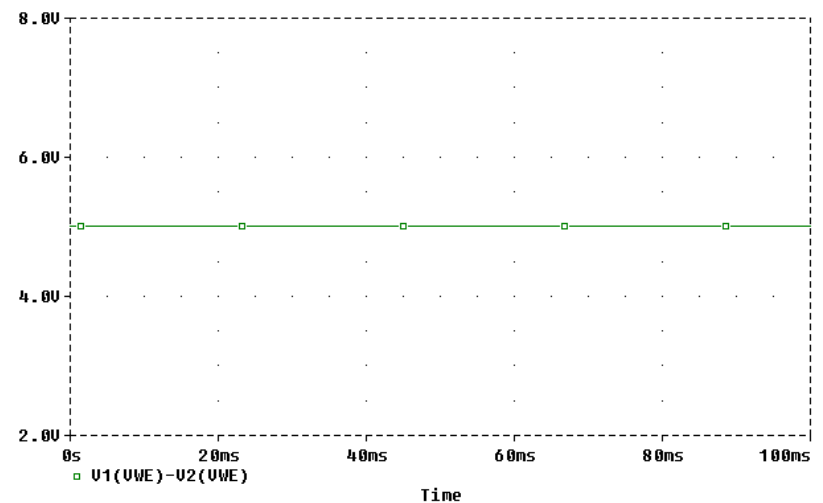
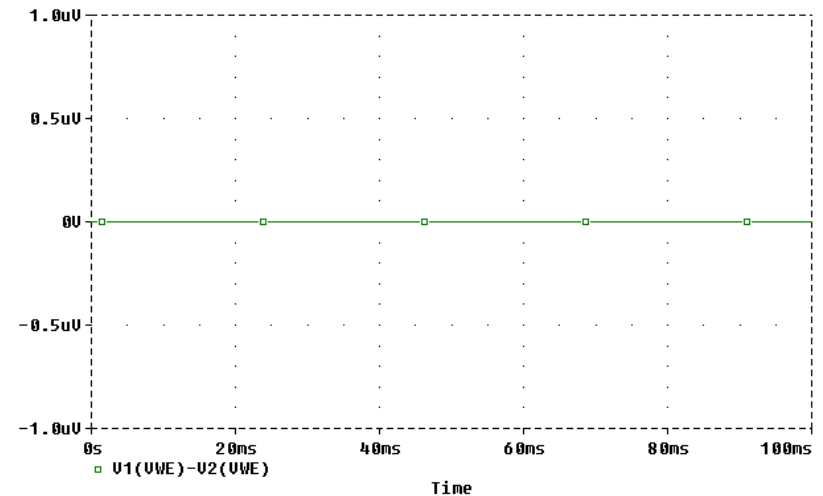
Źródła idealne niezależne

- 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



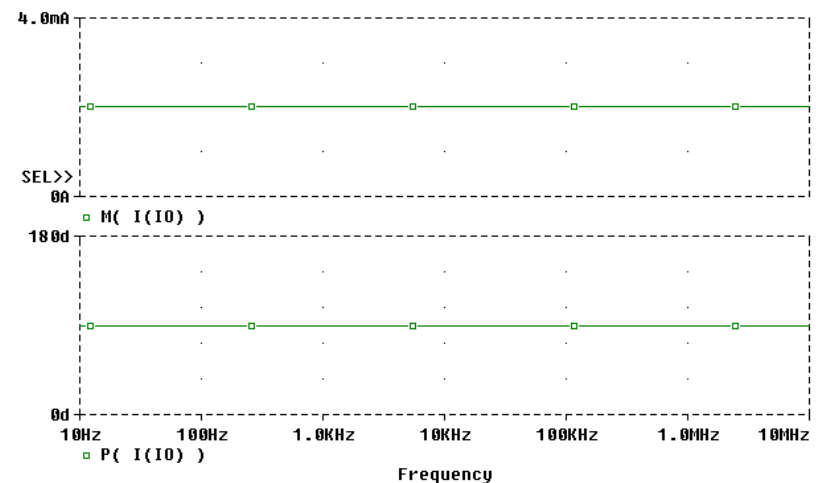
Źródła stałe

- 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

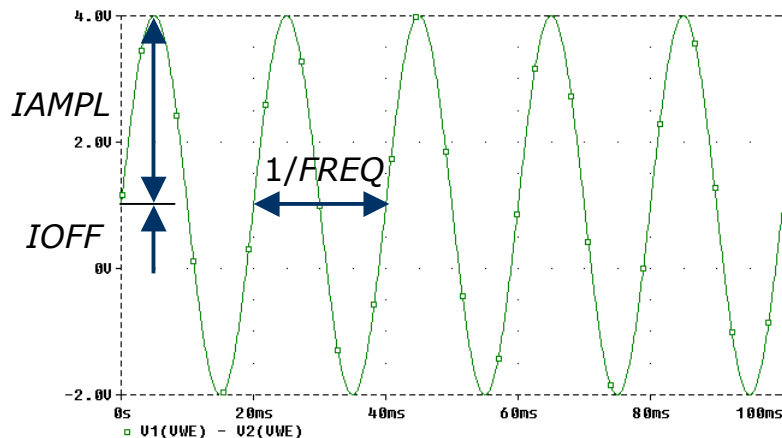
- AC – składowa przemienna
 - **definicja := amplituda [faza]**
 - Definiuje źródło sinusoidalnie zmienne o podanej *amplitudzie* i *fazie* (w stopniach)
 - Definicja AC jest uwzględniana wyłącznie w analizie AC
 - Dlatego nie podaje się częstotliwości – bowiem w analizie AC jest ona zmienna
 - Amplituda 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



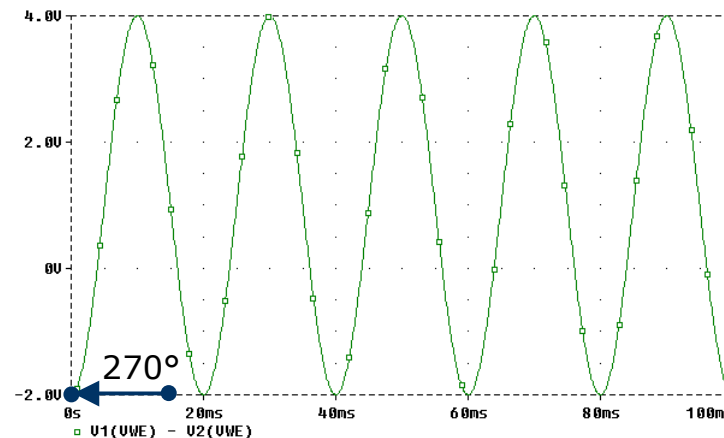
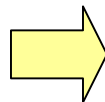
SIN – źródło sinusoidalne

- **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 $\text{EXP}(-\text{TIME} \cdot \text{DF})$
- Definicja SIN nie ma nic wspólnego z analizą AC

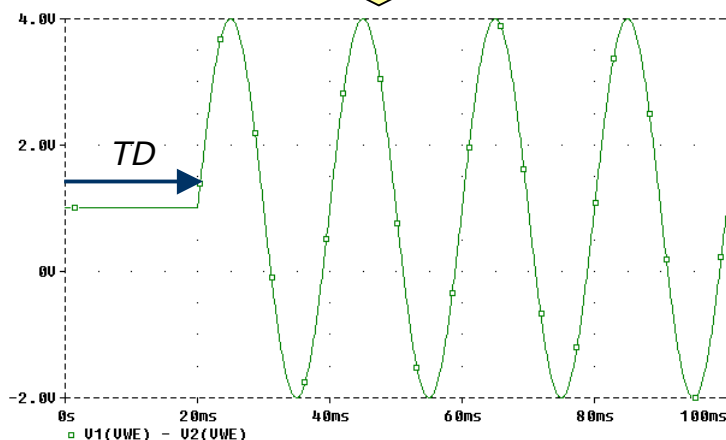
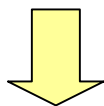
SIN – źródło sinusoidalne



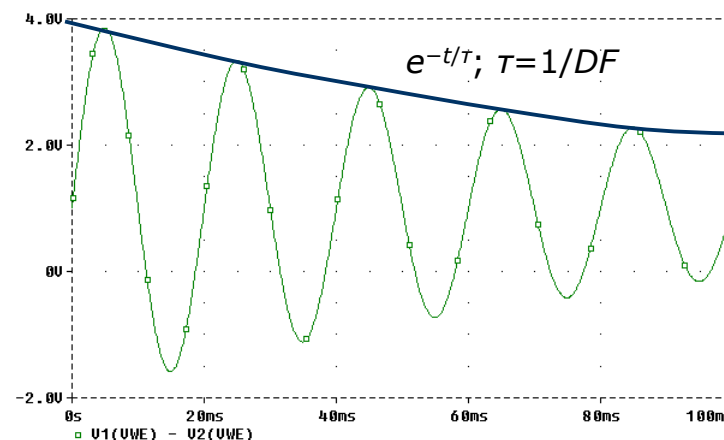
VWE K2 K1 SIN (1V 3V 50Hz)



VWE K2 K1 SIN (1V 3V 50Hz 0 0 270deg)



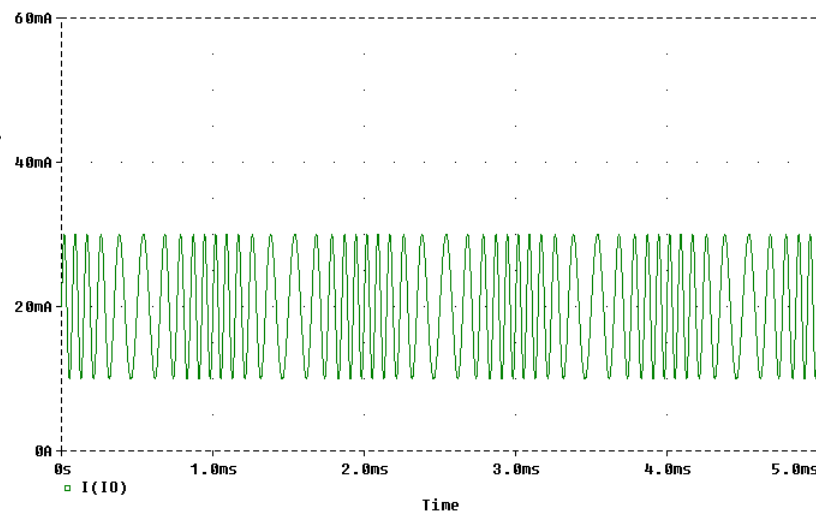
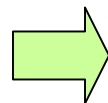
VWE K2 K1 SIN (1V 3V 50Hz 20ms)



VWE K2 K1 SIN (1V 3V 50Hz 0 10)

SFFM – sinusoida z modulacją częstotliwości

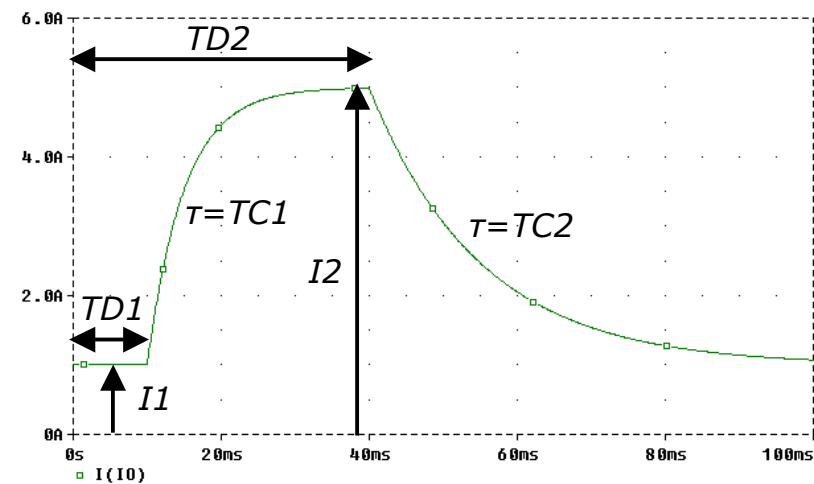
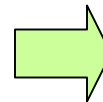
- Ang. Single-Frequency Frequency-Modulated
- **definicja := SFFM (IOFF IAMPL FC MOD FM)**
 - IOFF – składowa stała (ang. offset)
 - IAMPL – amplituda (amplitude)
 - FC – częstotliwość nośna (carrier frequency)
 - MOD – głębokość modulacji (modulation index)
 - FM – częstotliwość modulacji (modulation 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

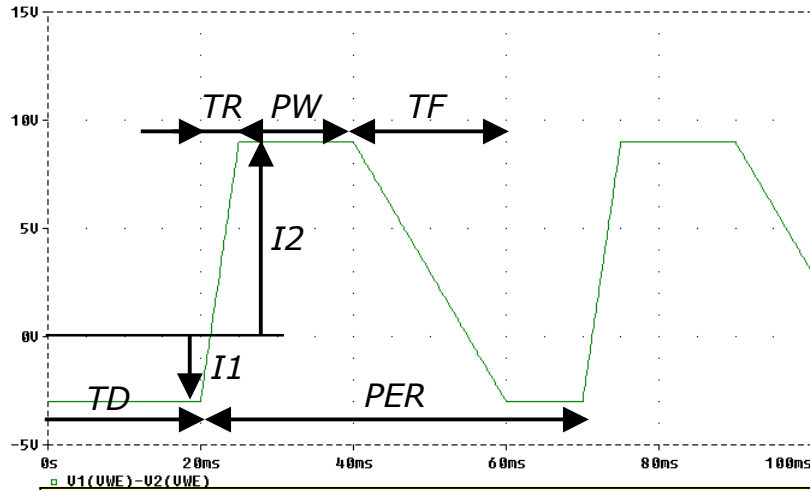
■ IO 55 552 EXP (1V 5V
+ 10ms 5ms 40ms 15ms)



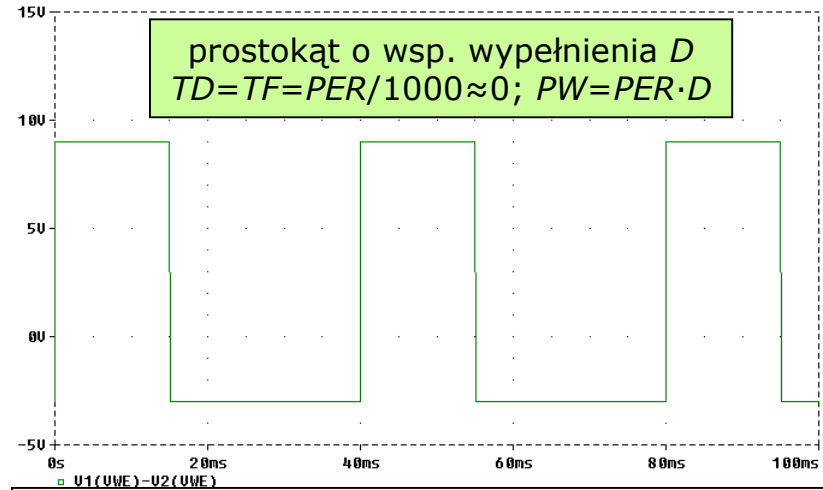
PULSE – impulsy trapezoidalne

- 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 $PER = \text{czas_końcowy}$ z instrukcji TRAN ($PER=0$ lub nie podane)
 - jeżeli nie podamy PER , to otrzymamy **pojedynczy impuls** (nie okresowy)
 - domyślnie $PW = \text{czas_końcowy}$ ($PW=0$ lub nie podane)
 - jeżeli nie podamy PER ani PW , to otrzymamy **pojedynczy skok** z $I1$ na $I2$
 - aby otrzymać trójkąt lub piętę (brak trwania impulsu), PW nie może być zerowe; rozwiązanie: bardzo mała wartość, np. $PER/100$, $PER/1000$
 - domyślnie $TR, TF = \text{krok_danych_wyjściowych}$ z instrukcji TRAN
 - dla nieskończenie stromego zbocza podać bardzo małą wartość

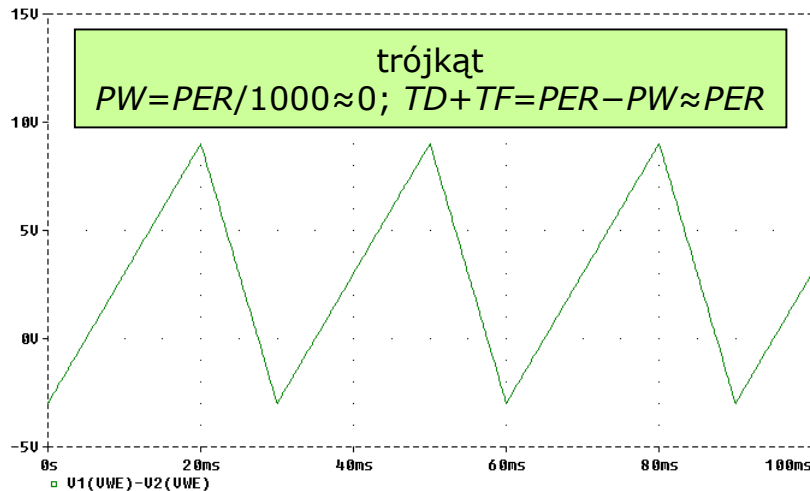
PULSE – impulsy trapezoidalne



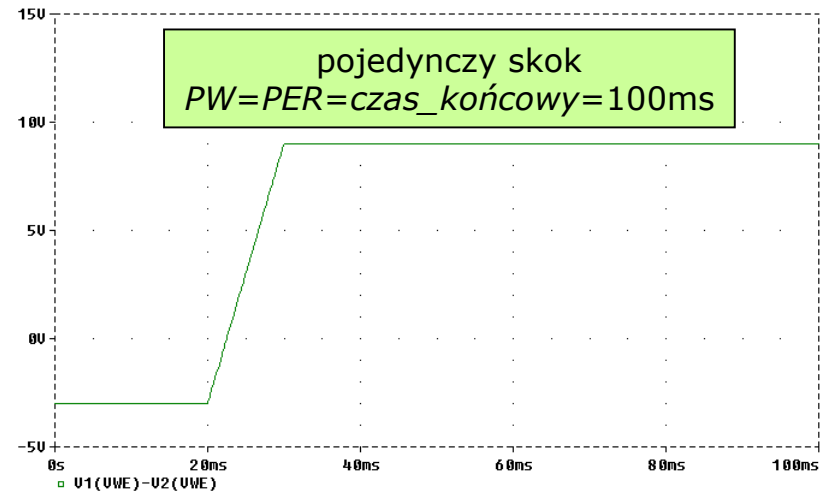
PULSE (-3V 9V 20ms 5ms 20ms 15ms 50ms)



PULSE (-3V 9V 0ms 0.04ms 0.04ms 15ms 40ms)



PULSE (-3V 9V 0ms 20ms 9.97ms 0.03ms 30ms)



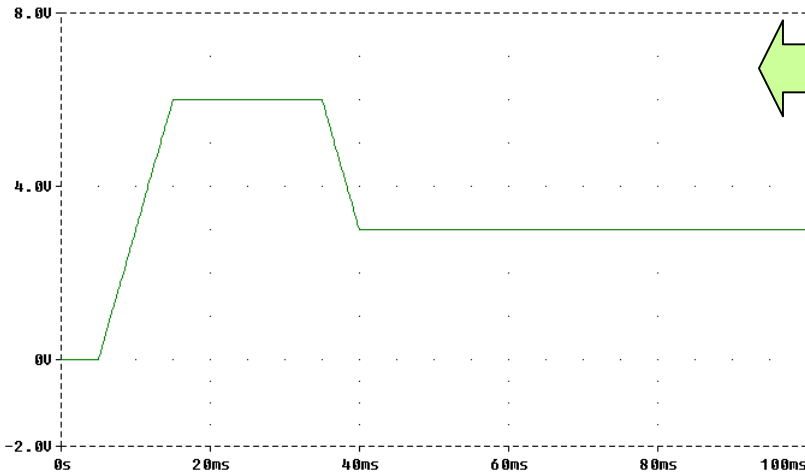
PULSE (-3V 9V 20ms 10ms)



PWL – linia łamana

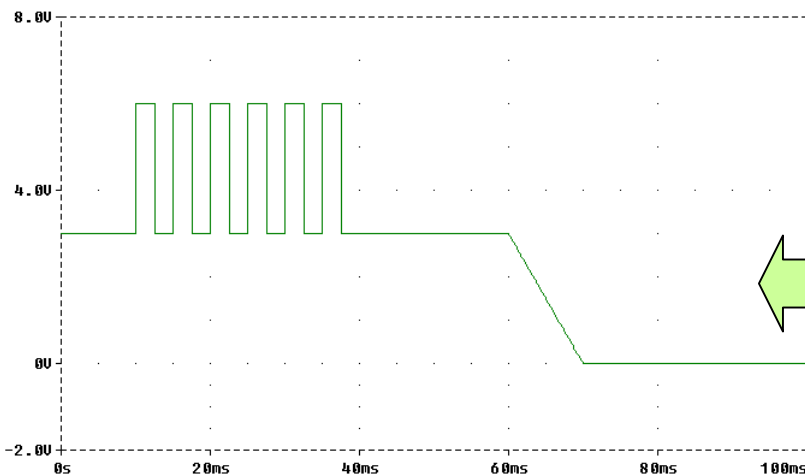
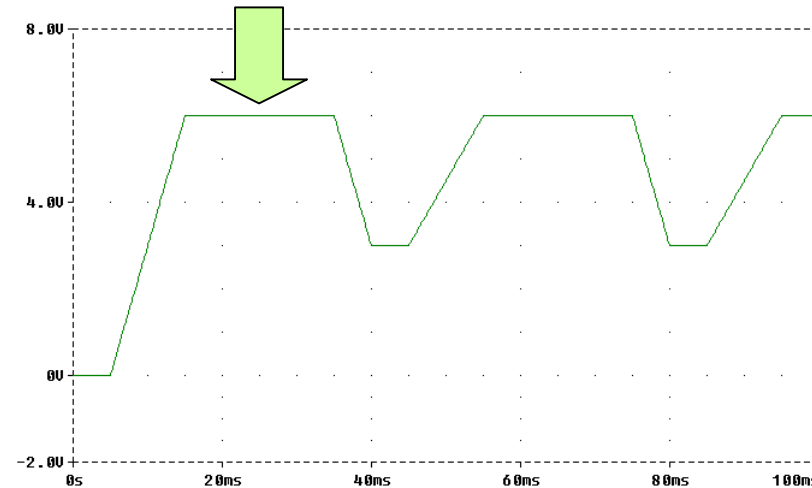
- Ang. *Piece-Wise Linear* – odcinkowo liniowe
- **definicja := PWL [mnożnik_czasu] [mnożnik_wartości] (T1,I1) (T2,I2) ... (Tn,In)**
 - T_1, T_2, \dots – wartości czasu w kolejnych wierzchołkach łamanej; muszą to być liczby
 - jeżeli czas poprzedza znak +, to jest on liczony od poprzedniego punktu
 - I_1, I_2, \dots – wartości prądu/napięcia w kolejnych wierzchołkach; mogą to być liczby lub wzory w nawiasach klamrowych
 - *mnożnik_czasu* – współczynnik, przez który przeskalowane zostaną wartości $T_1 \dots T_n$
 - *mnożnik_wartości* – współczynnik, przez który przeskalowane zostaną wartości $I_1 \dots I_n$
- 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



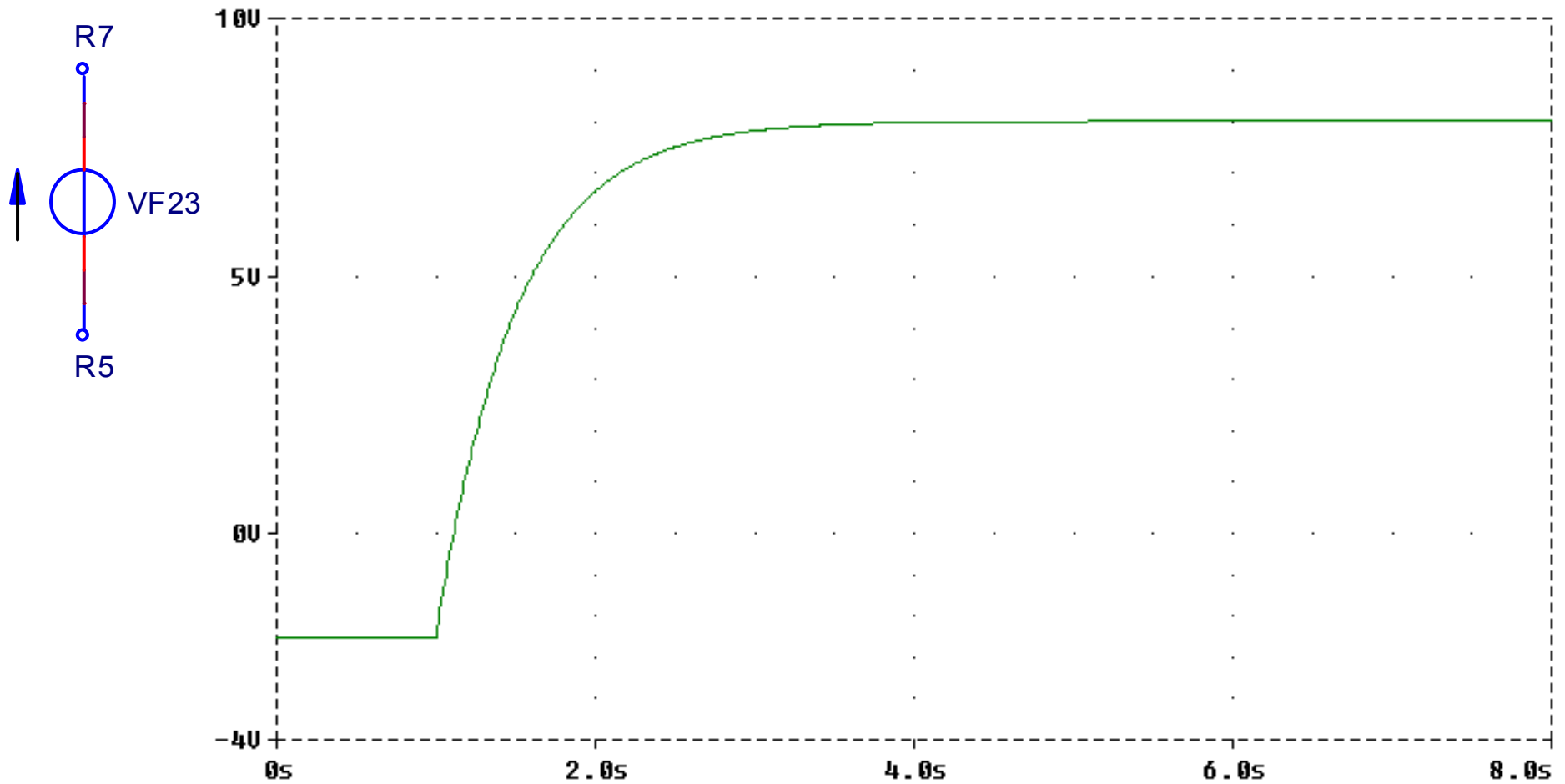
VWE K2 K1 PWL (0,0) (5m,0) (15m,6) (35m,6) (40m,3)
 VWE K2 K1 PWL (0,0) (+5m,0)(+10m,6)(+20m,6)(+5m,3)

VWE K2 K1 PWL (0ms,0V) (**5ms,0V**)
 + **REPEAT FOREVER**
 + (**10ms,6V**) (30ms,6V) (35ms,3V) (40ms,3V)
 + ENDREPEAT



VWE K2 K1 PWL
 + (0,3) (10m,3)
 + **REPEAT FOR 6**
 + (0.01m,6) (2.5m,6) (2.51m,3) (5m,3)
 + ENDREPEAT
 + (+20m,3) (+10m,0)

Przykład 4.1 a



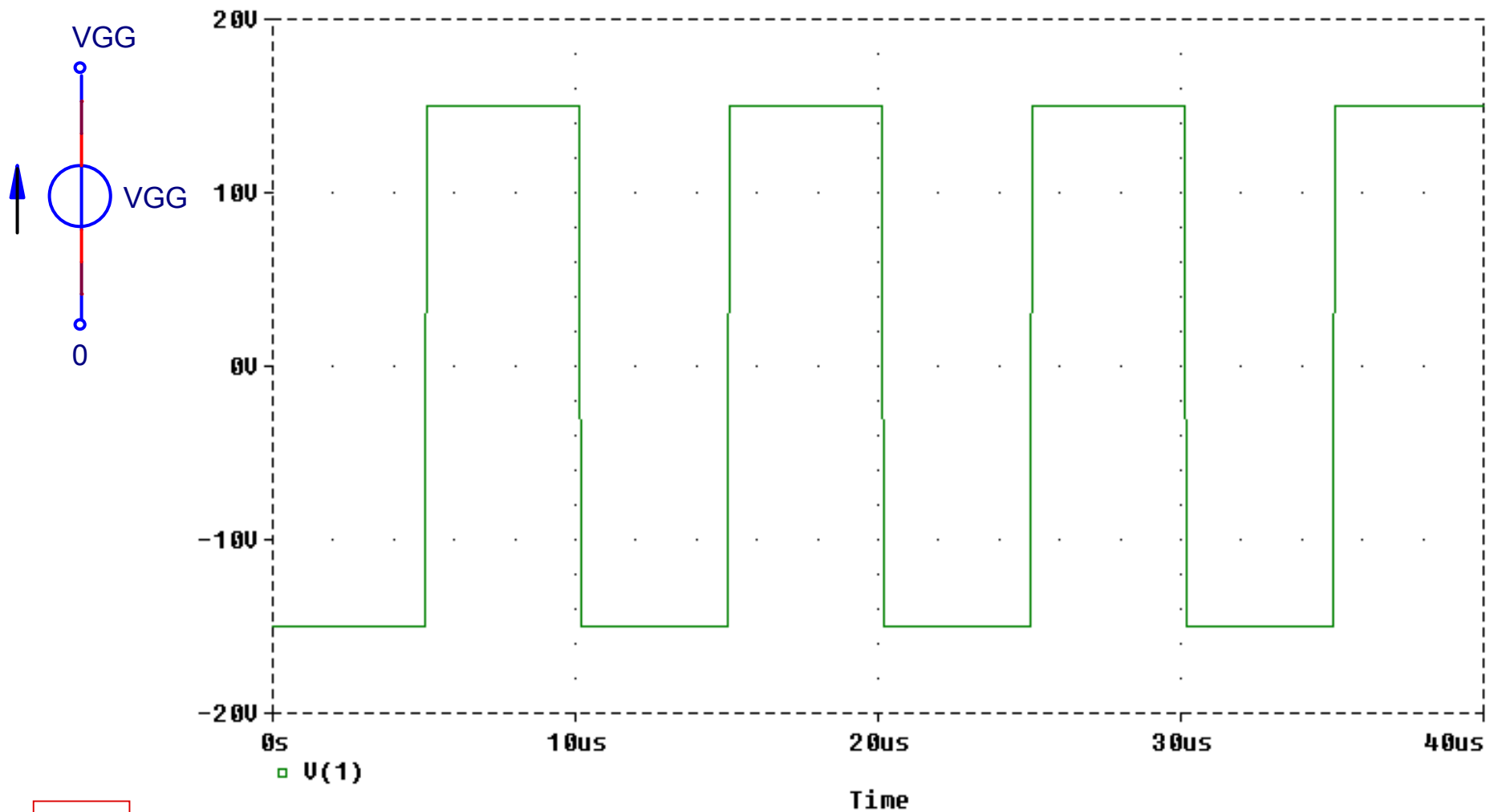
???

Przykład 4.1 b



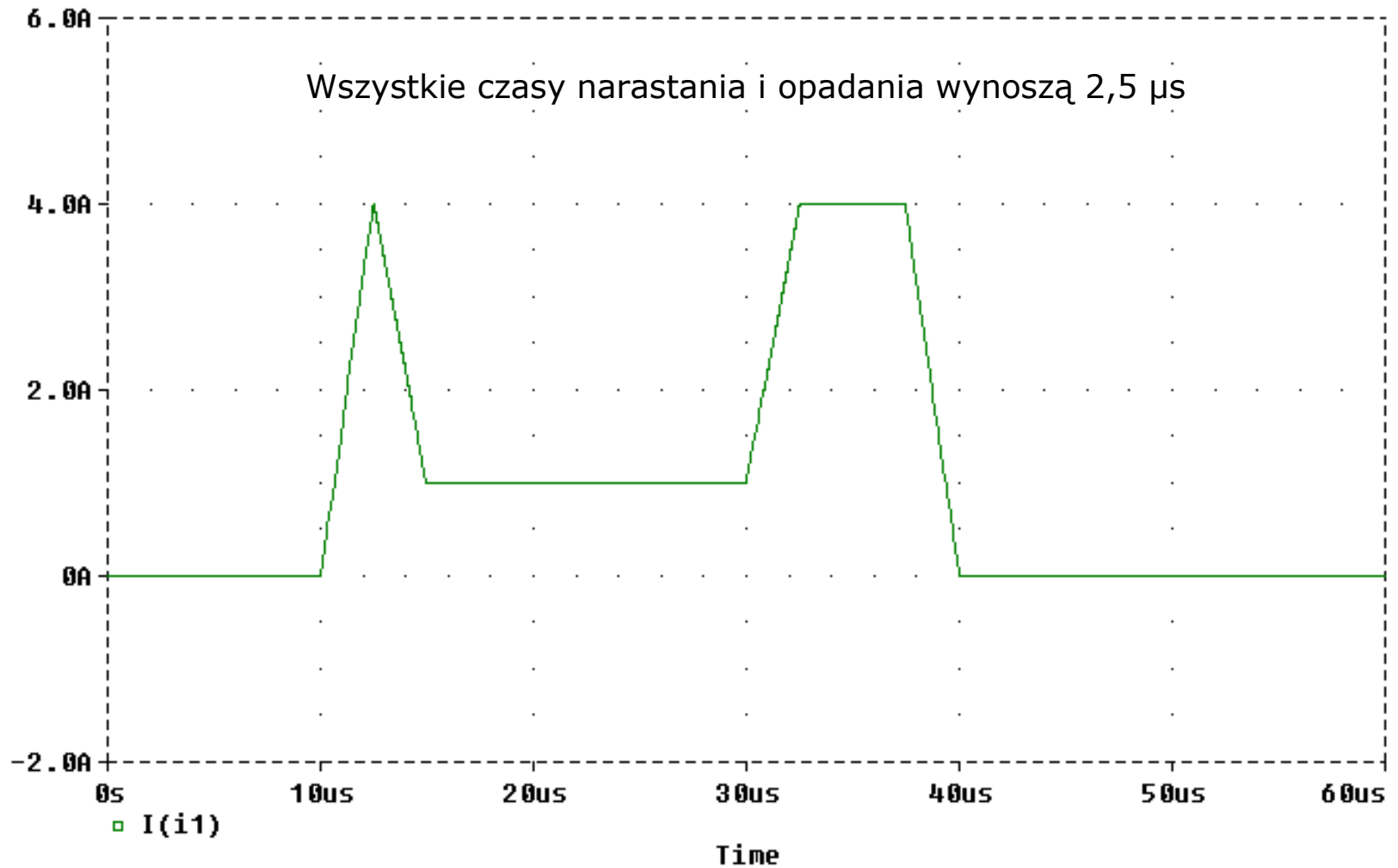
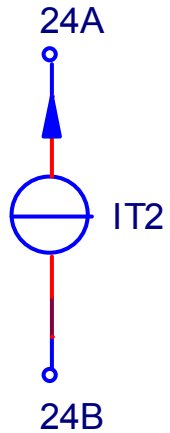
???

Przykład 4.1 c



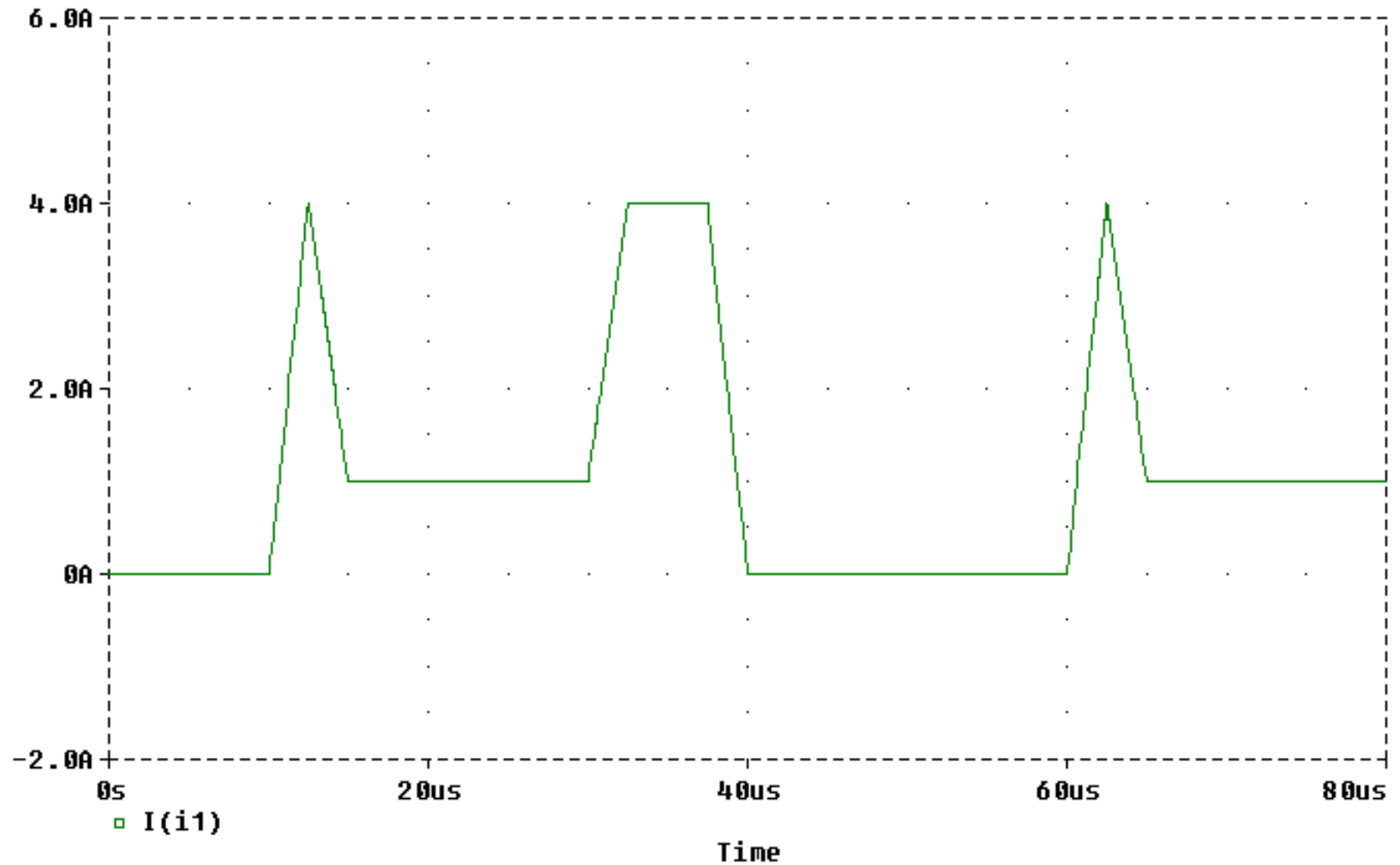
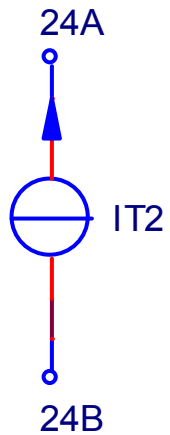
???

Przykład 4.1 d



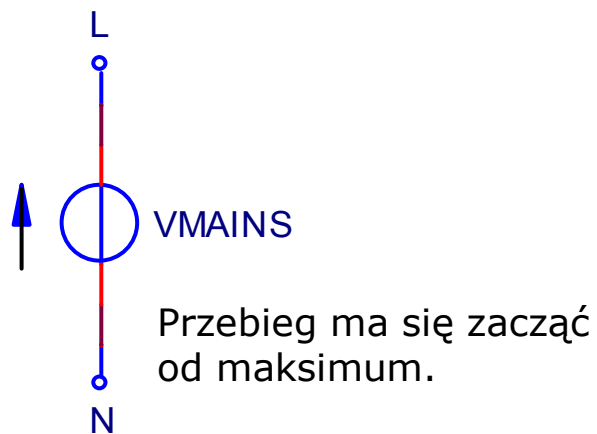
???

Przykład 4.1 e



???

Przykład 4.1 f



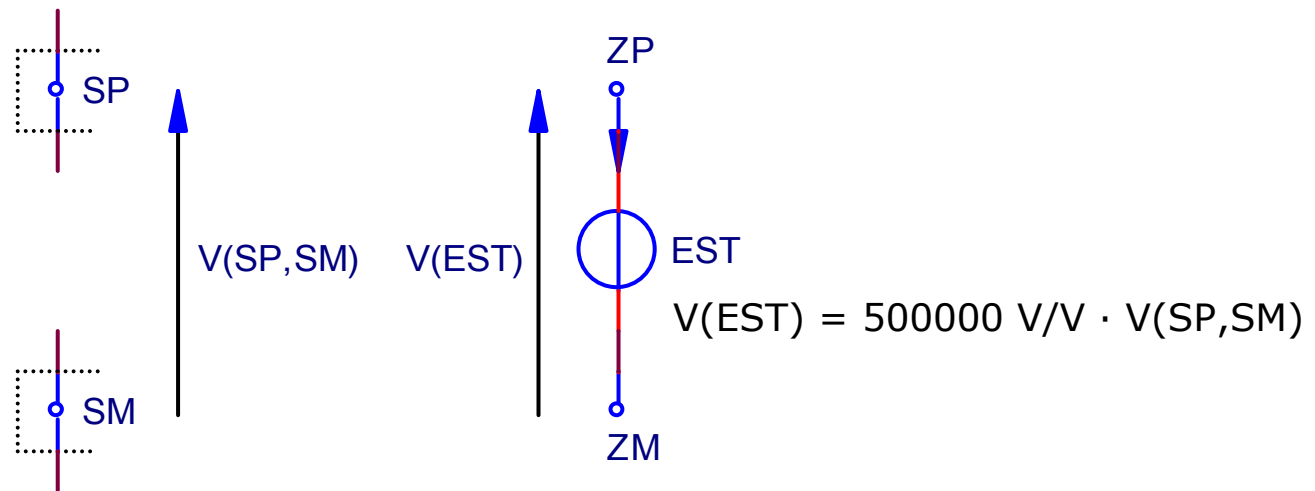
???

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 najprostszyp przypadk sterowania – liniowa zależność przebiegu źródła od przebiegu sterującego

Źródła sterowane napięciem

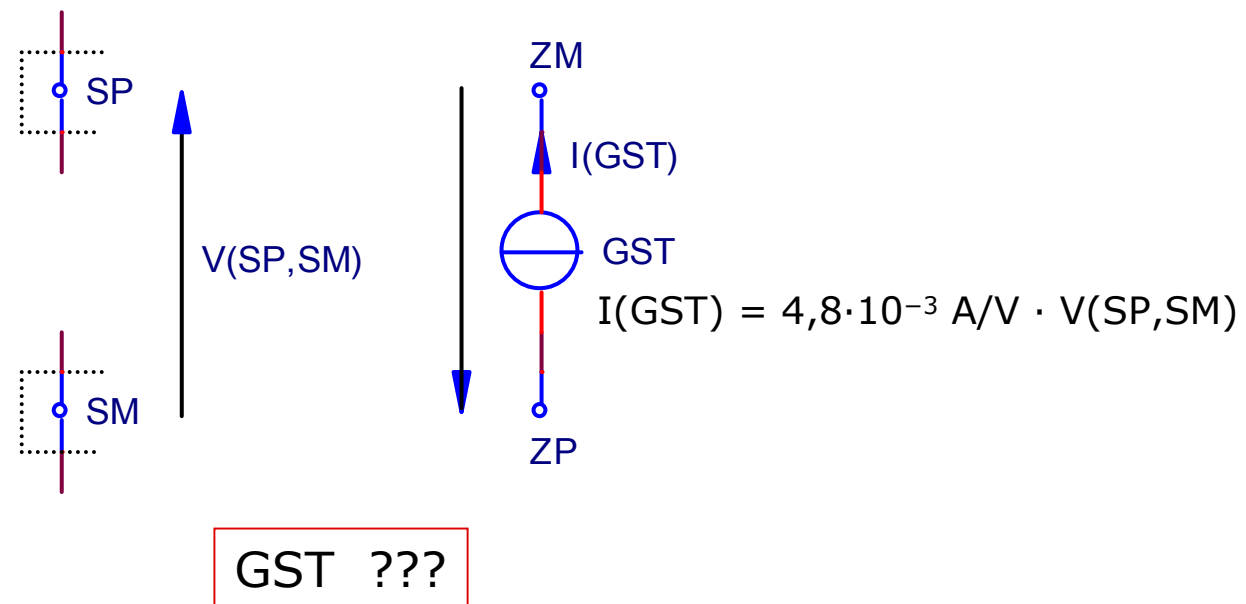
- Sygnał sterujący: napięcie między dowolnymi dwoma węzłami
- Źródło napięcia sterowane napięciem
 - **Eoznaczenie plus minus plus_sterowania + minus_sterowania wzmacnienie_napięciowe**
 - $V(\text{plus}, \text{minus}) = \text{wzmacnienie_napięciowe} \cdot V(\text{plus_sterowania}, \text{minus_sterowania})$



EST ZP ZM SP SM 500E3

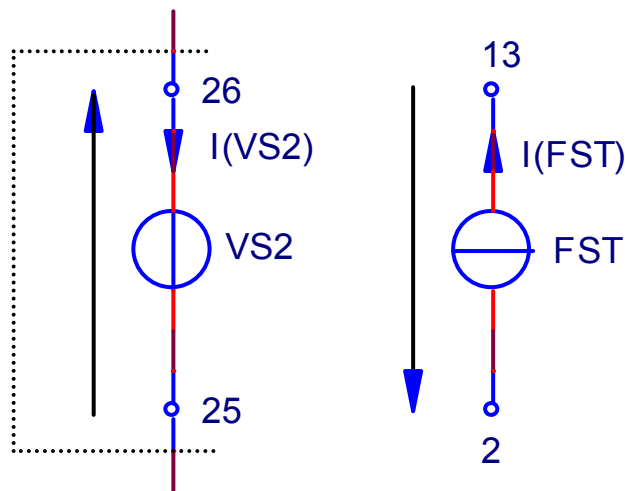
Źródła sterowane napięciem

- 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**
 - $I(\text{Foznaczenie}) = \text{wzmacnienie_prądowe} \cdot I(\text{nazwa_źródła_sterującego})$

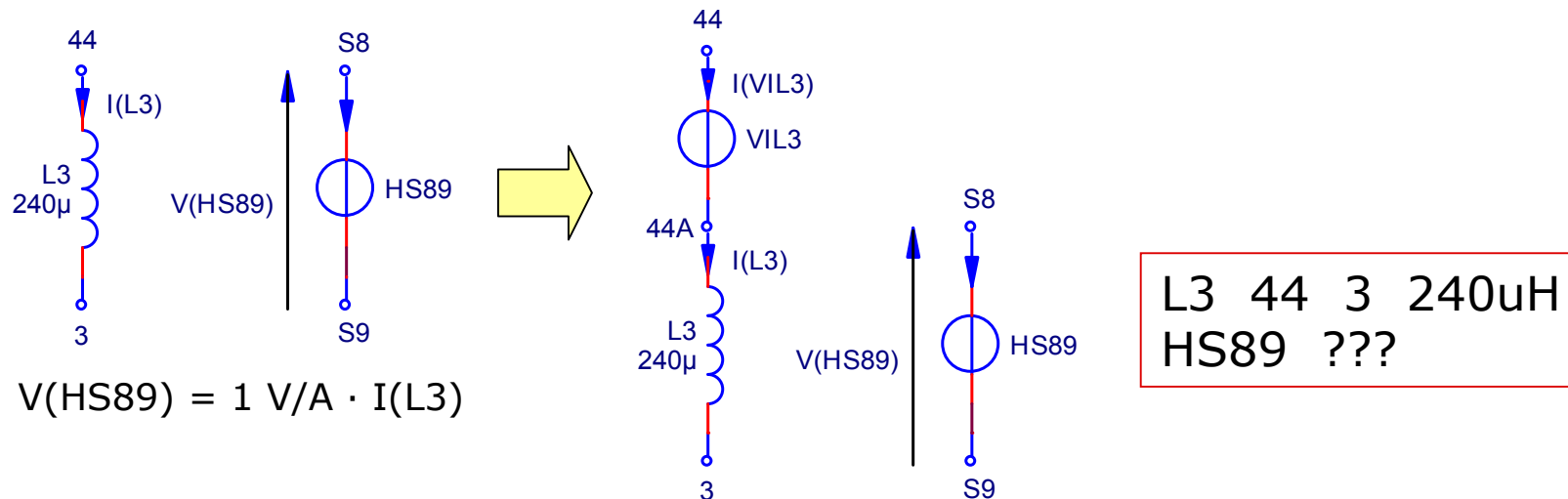


$$V(\text{VS2}) = 120 \text{ V}$$
$$I(\text{FST}) = 8,72 \text{ A/mA} \cdot I(\text{VS2})$$

VS2	26	25	DC	120
FST	2	13	VS2	8.72k

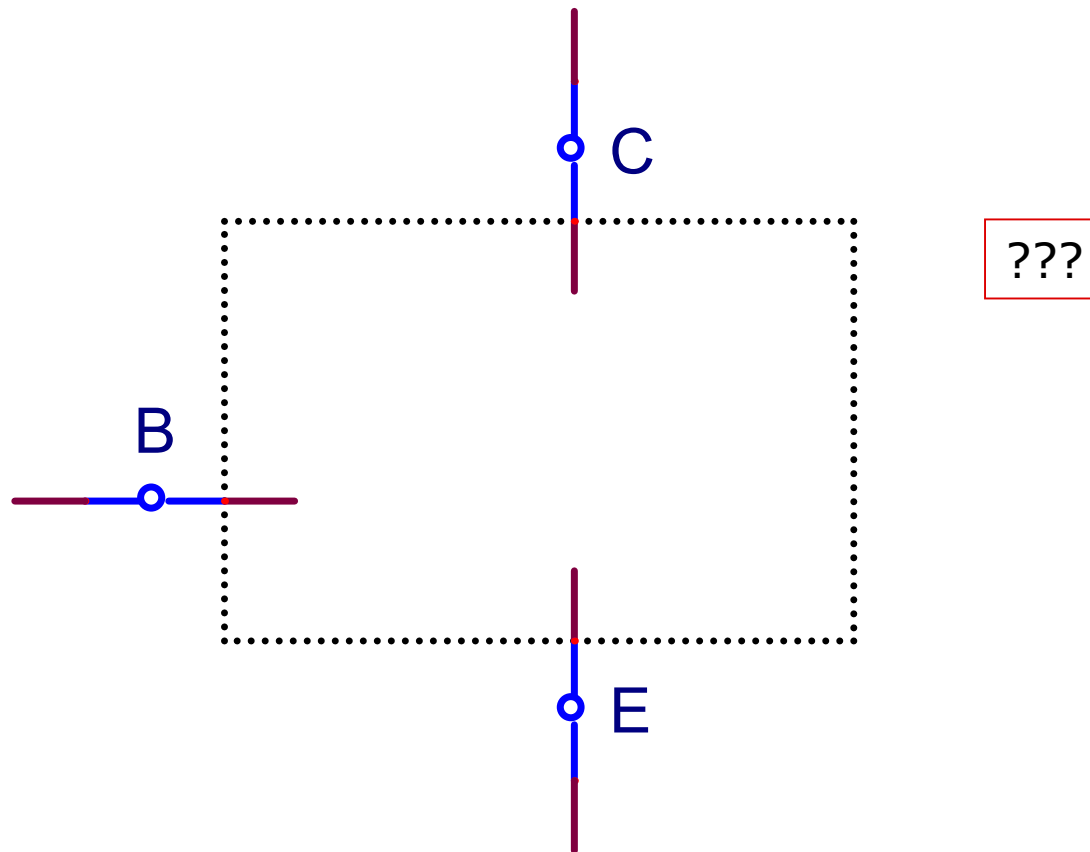
Źródła sterowane prądem

- Źródło prądu sterowane napięciem
 - **Hoznaczenie plus minus nazwa_źródła_sterującego + transrezystancja**
 - $V(\text{plus}, \text{minus}) = \text{transrezystancja} \cdot I(\text{nazwa_źródła_sterującego})$
 - 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

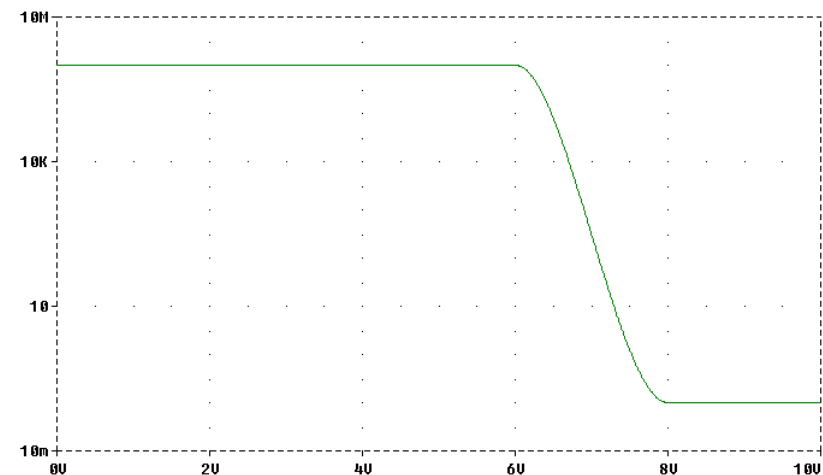
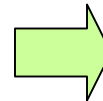
- Klucz sterowany to opornik o rezystancji zależnej od bieżącej wartości sygnału sterującego
- Klucz sterowany napięciem
 - **Soznaczenie plus minus plus_sterowania + minus_sterowania nazwa_modelu**
 - **.MODEL nazwa_modelu VSWITCH ROFF=ROFF + RON=RON VOFF=VOFF VON=VON**
 - *ROFF* – rezystancja klucza otwartego (załączonego)
 - *RON* – rezystancja klucza zamkniętego (wyłączonego)
 - *VOFF* – próg otwarcia
 - *VON* – próg zamknięcia
 - Uwagi do parametrów modelu
 - Domyślnie $ROFF = 1 \text{ M}\Omega$, $RON = 1 \Omega$, $VOFF = 0 \text{ V}$, $VON = 1 \text{ V}$
 - Wartości parametrów mogą być dowolne, jednak zwykle przyjmuje się naturalne zależności: $ROFF > RON$, $VON > VOFF$
 - Wymaganie ze względu na zbieżność obliczeń: $ROFF/RON \leq 10^{12}$

Klucze sterowane

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

Napięcie sterujące $US = V(\text{plus_sterowania}, \text{minus_sterowania})$	Rezystancja klucza
$US \leq VOFF$	$ROFF$
$VOFF \leq US \leq VON$	wygładzona funkcja przejściowa
$US \geq VON$	RON

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

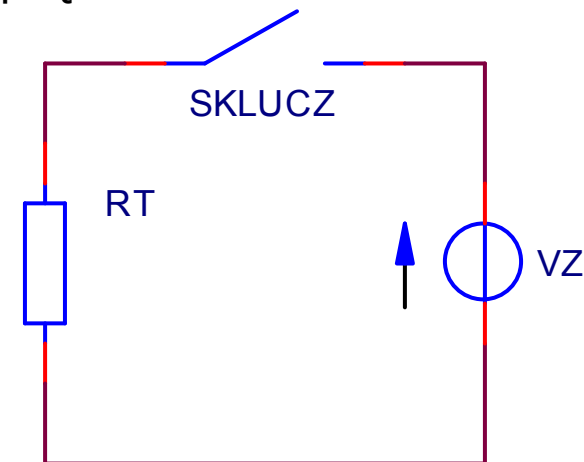


Klucze sterowane

- 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 $500 \text{ k}\Omega$
 - rezystancja klucza zamkniętego $0,5 \Omega$
 - $R_T = 50 \Omega$
 - $V_Z = 24 \text{ V (DC)}$
- Dodać do obwodu źródło sterujące i tak je zdefiniować oraz określić brakujące parametry klucza, aby:
 - w chwili $t = 4 \text{ s}$ przez rezystor R_T zaczął płynąć prąd
 - w chwili $t = 12 \text{ s}$ prąd przestał płynąć
 - od chwili $t = 22 \text{ s}$ 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

