

## 5. Funkcje w standardzie SPICE i w programie Probe

- Definiowanie parametrów globalnych
- Funkcje wbudowane w programie PSPICE pakietu MicroSim
- Definiowanie funkcji
- Zastosowanie formuł w programie PSPICE pakietu MicroSim
- Definicja źródeł ABM i POLY
- Funkcje w programie Probe
- Funkcje celu w programie Probe

# Parametry globalne

- Format komendy
  - .PARAM *nazwa* = *wartość***
  - .PARAM *nazwa* = {*formuła*}**
    - *wartość* – liczba
    - *formuła* – wyrażenie zawierające liczby i/lub inne parametry
- Parametry mogą być uzmienniane instrukcją STEP (patrz wcześniej)
- Przykłady
  - .PARAM PI = 3.14159
  - .PARAM DWA\_PI = {2\*PI}
- Aby użyć nazwy parametru zamiast wartości liczbowej, należy ją wprowadzić jako składnik formuły
  - .PARAMS WART\_REZ = 50k  
R4 3 8 {WART\_REZ}
  - R4 3 8 {2\*WART\_REZ+10k}

# Funkcje wbudowane w programie PSPICE pakietu MicroSim

- Do wykorzystania w formułach
  - .PARAM G = {SIN(PI/4)}
  - R7 2 4 {LOG(20)}
- Wybrane funkcje

ABS(x)	wartość bezwzględna
ACOS(x)	arcus kosinus (wynik w radianach)
ATAN(x)	arcus tangens (wynik w radianach)
ASIN(x)	arcus sinus (wynik w radianach)
COS(x)	kosinus (x w radianach)
EXP(x)	$e^x$
IMG(x)	część urojona liczby zespolonej
LOG(x)	$\ln x$
LOG10(x)	$\log x$
M(x)	moduł liczby zespolonej

# Funkcje wbudowane w programie PSPICE pakietu MicroSim

## ■ Wybrane funkcje

MAX(x,y)	większa z dwóch liczb
MIN(x,y)	mniejsza z dwóch liczb
P(x)	kąt liczby zespolonej
PWR(x,y)	$x^y$
R(x)	część rzeczywista liczby zespolonej
SGN(x)	znak liczby (-1/0/1)
SIN(x)	sinus (x w radianach)
SQRT(x)	pierwiastek kwadratowy
TAN(x)	tangens (x w radianach)

# Definiowanie funkcji

## ■ Format komendy

### **.FUNC *nazwa* {*formuła*}**

- *formuła* może zawierać: liczby i funkcje, zdefiniowane parametry, parametry TEMP (temperatura) lub VT (potencjał termiczny), zmienną TIME (czas symulacji), inne zdefiniowane funkcje

## ■ Przykład

- .FUNC MIN3(A,B,C) {MIN(A, MIN(B,C))}
- .FUNC WYKLADNICZY(TAU) {EXP(-TIME/TAU)}
  - opadanie wykładnicze ze stałą czasową *TAU*
- .FUNC SINUSOIDA1 {2V\*SIN(2\*PI\*50Hz\*TIME+PI/4)}
  - sinusoida o amplitudzie 2 V, częstotliwości 50 Hz i fazie  $\pi/4$

## ■ Takie same formuły jak w definicji funkcji można stosować w innych miejscach

# Źródła idealne z definicją ABM

- ABM – *Analog Behavioral Modeling*
- Oznacza możliwość definiowania prawie dowolnych przebiegów źródeł (tylko E – napięciowe i G – prądowe)
- Definicja ABM z formułą  
**Eoznaczenie plus minus VALUE={formuła}**  
**Goznaczenie plus minus VALUE={formuła}**
  - *formuła* jak dla definicji funkcji (FUNC), może dawać w wyniku wartość stałą, może dawać przebieg zmienny w czasie (jeżeli zawiera gdzieś zmienną TIME)
  - *formuła* może też zawierać potencjały lub napięcia, co pozwala zdefiniować źródło sterowane napięciem – np. V(45), V(6,8)

# Źródła idealne z definicją ABM

- Inne definicje ABM:
  - LAPLACE – transmitancja
  - CHEBYSHEV – transmitancja filtru Czebyszewa o podanych parametrach
  - FREQ – charakterystyka częstotliwościowa przechodząca przez podane punkty
  - TABLE – statyczna charakterystyka przejściowa podana w formie kolejnych punktów
- Poprzednik ABM – POLY (występuje również w prostszych odmianach SPICE)
  - E2 6 8 POLY(2) (2,0) (12,13) 1 2 3 4 5 6  
$$V(6,8) = 1 +$$
$$2 \cdot V(2,0) + 3 \cdot V(12,13) +$$
$$4 \cdot V(2,0) \cdot V(2,0) + 5 \cdot V(2,0) \cdot V(12,13)$$
$$6 \cdot V(12,13) \cdot V(12,13)$$
  - Współczynniki mogą być zerowe, wówczas dany wyraz wypada

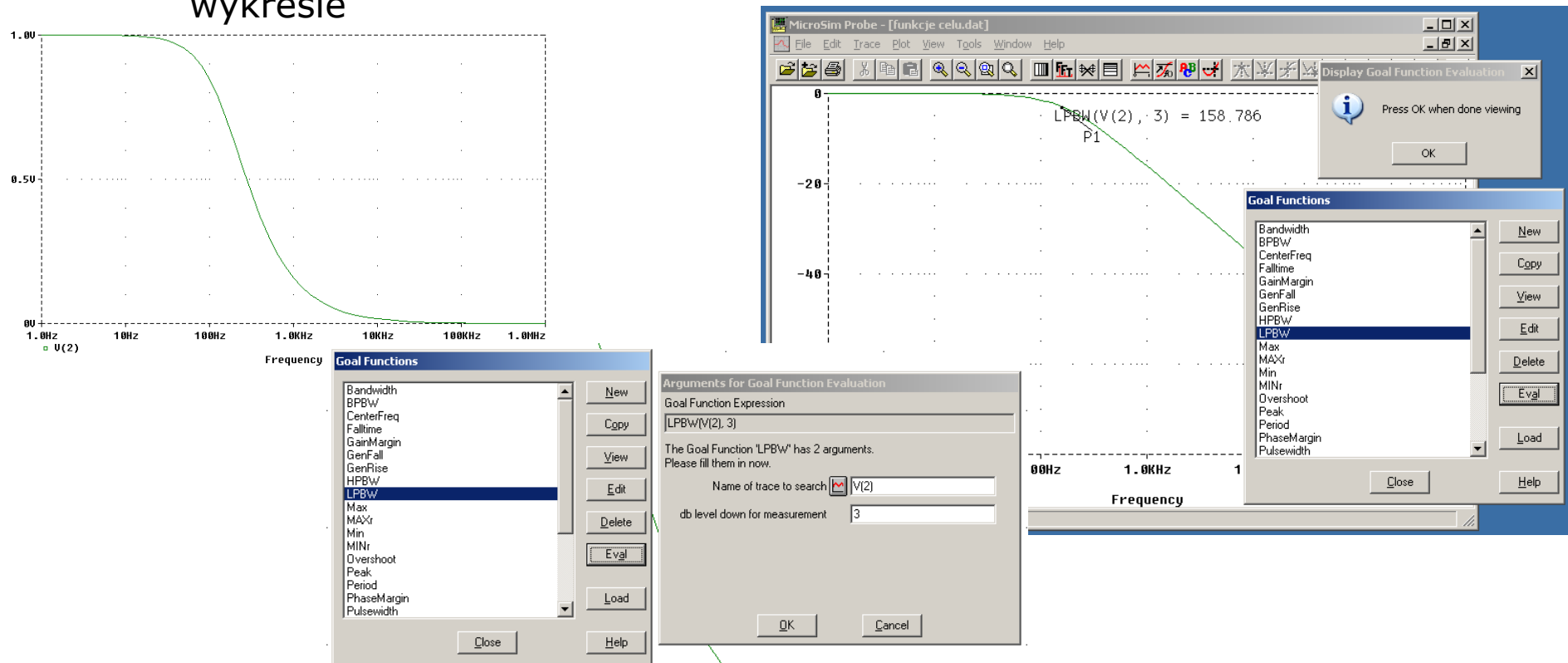
# Funkcje w programie Probe

- Można ich używać do przetworzenia przebiegów napięć i prądów (np. wykreślenia całki z danego napięcia, średniej z iloczynu danych napięć itd.)
- Najczęściej używane
  - M, P, R, I – do wyświetlania wartości wielkości zespolonych (analiza AC)
  - D, S – różniczkowanie, całkowanie względem zmiennej osi X (zwykle – względem czasu)
  - AVG, AVGX, RMS – wartość średnia (od  $t = 0$ ), wartość średnia za określony przedział czasu, wartość skuteczna (od  $t = 0$ )
- Pełna lista funkcji znajduje się w instrukcji do pobrania ze strony internetowej



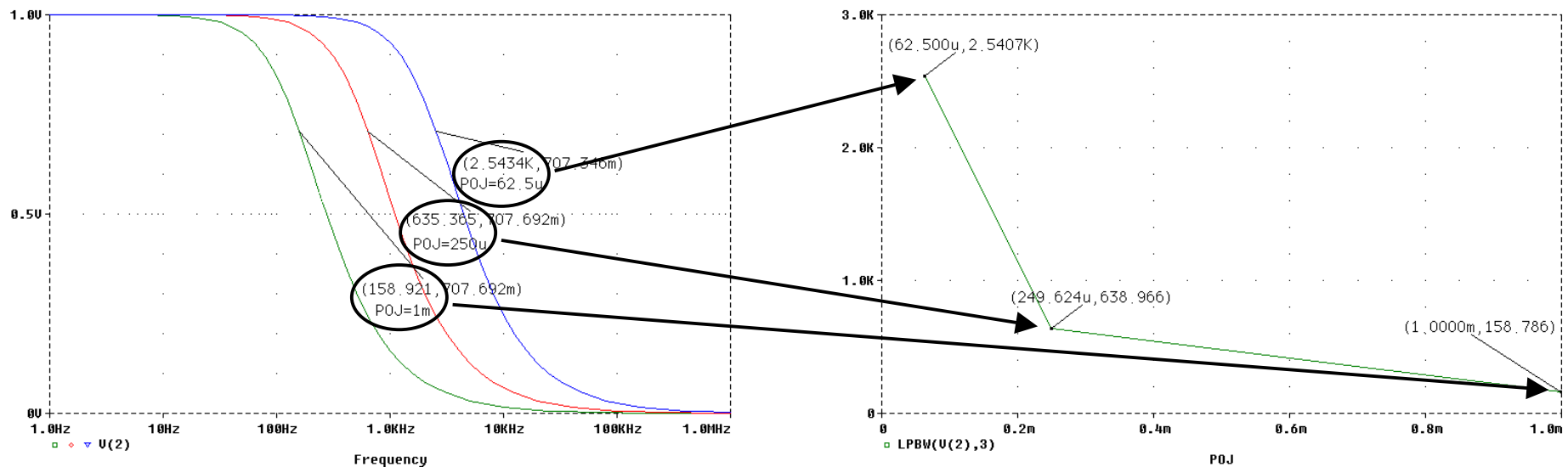
# Funkcje celu w programie Probe

- Funkcja celu (ang. *goal function*) to funkcja zwracająca dla przebiegu jedną wartość liczbową, np. częstotliwość graniczną, czas narastania, częstotliwość itp.
  - Trace > Eval Goal Function – podaje wartość
  - Trace > Goal Functions > Eval – podaje wartość i zaznacza ją na wykresie



# Funkcje celu w programie Probe

- *Performance Analysis* – analiza funkcji celu w zależności od zmiennego parametru
  - Trace > Performance Analysis
- Przykład
  - W poprzednim przykładzie (filtr RC) uzmienniono pojemność C (parametr o nazwie POJ) i wykreślono, jak zależy częstotliwość graniczna (funkcja LPBW) od tej pojemności



# 6. Modelowanie przyrządów i układów elektronicznych

- Różne podejścia do modelowania
  - fizyczne / behawioralne (czarnej skrzynki)
  - opis za pomocą równań matematycznych / schematu elektrycznego
  - ...
- Więcej o teorii modelowania i symulacji na następnym wykładzie
- Rozwiązanie oczywiste dla całych układów (np. scalonych) lub ich większych fragmentów: definicja podobwołu
  - ta metoda jest stosowana również przy modelowaniu pojedynczych przyrządów półprzewodnikowych

# Podobwody

- Deklaracja podobwodu  
**.SUBCKT *nazwa węzły\_końcówek***  
**+ [OPTIONAL:**  
**+ *węzeł\_końcówki=węzeł\_domyślny\_obwodu*]**  
**+ [PARAMS:**  
**+ *nazwa\_parametru=wartość\_domyślna*]**

***opis\_podobwodu***

**.ENDS**

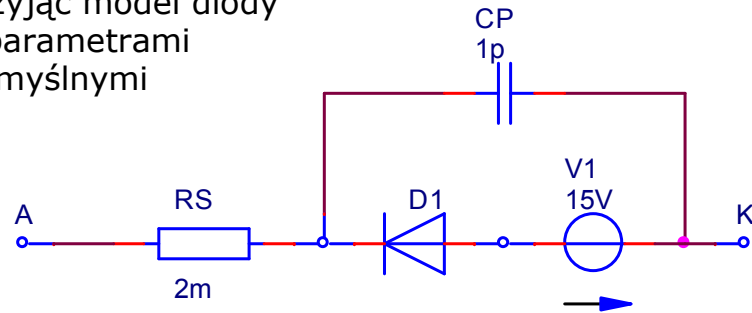
- *węzły\_końcówek* – numery węzłów z *opisu\_podobwodu*, które mają być końcówkami podobwodu (punktami kontaktu z obwodem głównym)
- po słowie OPTIONAL można podać węzły, których nie trzeba będzie przypisywać do węzłów obwodu głównego przy definiowaniu elementu X – będą wówczas przyjęte podane przypisania domyślne
- nazwy węzłów podobwodu symulator traktuje zupełnie oddzielnie od nazw węzłów obwodu głównego, dlatego takie same nazwy mogą występować w obwodzie głównym i podobwodzie, a będą traktowane jako nazwy osobnych węzłów; nie dotyczy to tylko węzła 0

# Podobwody

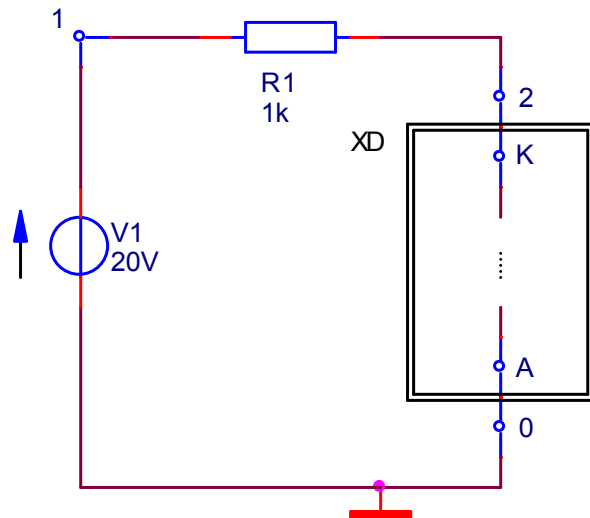
- Deklaracja podobwodu
  - węzłem-końcówką nie może być węzeł 0
  - po słowie PARAMS można zdefiniować nazwy parametrów, które dostępne będą do modyfikacji; ich nazwy będą rozpoznawane tylko w podobwodzie, a nie w obwodzie głównym (nie są to parametry globalne)
  - *opis\_podobwodu* może zawierać dowolną liczbę elementów, a z instrukcji wyłącznie: IC, NODESET, MODEL, PARAM, FUNC
    - modele, parametry i funkcje zdefiniowane w ramach podobwodu również nie są globalne i poza podobwodem nie będą rozpoznawane przez symulator
- Wstawianie podobwodu do obwodu głównego
  - ***X oznaczenie węzły\_obwodu nazwa\_podobwodu + [nazwa\_parametru=wartość\_parametru ...]***
  - w elemencie X podajemy nazwy węzłów obwodu głównego, do którego mają być przyłączone kolejne (zgodnie z definicją SUBCKT) końcówki podobwodu
  - w jednym obwodzie podobwód może być wstawiony wiele razy, za każdym razem jako inny element X, zwykle z innymi *węzłami\_obwodu*, często z innymi parametrami

# Przykład 6.1

przyjąć model diody  
z parametrami  
domyślnymi



???



# Przykład 6.2

