

Systematický přehled analýz programu PSpice

1. Módy **statické** analýzy

- **.OP** (DC voltages and **o**perating **p**oint information):
výpočet stejnosměrného pracovního bodu a informace o stavu nelineárních prvků v pracovním bodě
- **.DC** (**D**C transfer curves):
stejnosměrné přenosové křivky
- **.TF** (small-signal midfrequency **t**ransfer **f**unctions):
přenosové funkce pro malý signál ve středním kmitočtovém pásmu
- **.SENS** (**s**ensitivity analysis):
stejnosměrná citlivostní analýza

.OP

TEMPERATURE ANALYSES

Q1 2 1 0 QNAME

RC 2 3 1K

RB 3 1 470K

VCC 3 0 10

.MODEL QNAME NPN BF=200

.OPTIONS TNOM=20

.TEMP 20 40 60 80

.OP

.END

Stanovením hodnoty TNOM se sděluje, že parametry tranzistoru byly **měřeny** při 20 stupních C.

.DC

I-V charakteristiky BJT

```
q1 2 1 0 qname
```

```
vc 2 0 3V
```

```
ib 0 1 50u
```

```
.model qname npn bf=100
```

```
.op
```

```
.dc vc 0 3 0.02 ib 20u 80u 20u
```

```
.probe
```

```
.end
```

Kolektorové napětí *vc* se bude měnit od 0 V do 3 V s krokem 0.02 V. Příkaz `.dc` připouští další parametr - ten stanoví, že uvedené změny kolektorového napětí budou určeny pro hodnoty *ib* po 20 mikroampérech.

.TF

Small-Signal Transfer Functions

```
q1 2 1 0 qname
```

```
rc 2 3 1k
```

```
rb 1 3 200k
```

```
vcc 3 0 5
```

```
ii 0 1
```

```
.model qname NPN bf=100
```

```
.tf v(2) ii
```

```
.end
```

Určí **přenosovou funkci**, **vstupní** a **výstupní rezistanci**:

$V(2)/ii = -9.939E+04$

INPUT RESISTANCE AT ii = 1.222E+03

OUTPUT RESISTANCE AT V(2) = 1.000E+03

.SENS

Current Mirror Current Source

ref 3 2 4.3k

q1 2 2 0 qname

q2 1 2 0 qname

vmeas 3 1

vcc 3 0 5

.model qname NPN bf=100

.op

.sens i(vmeas)

.end

Určí i **normalizované** citlivosti - na procento odchylky

$(\partial V_i / \partial p_j) p_j / 100$ zde -9.578E-06 (AMPS/PERCENT ref)

2. Módy **kmitočtové** analýzy

- **.AC** (**a**lternating **c**urrent analysis):
vlastní kmitočtová analýza lineárního obvodu nebo obvodu linearizovaného v pracovním bodě
- **.NOISE** (**n**oise analysis):
šumová analýza
- **.DISTO** (**d**istortion analysis):
analýza harmonického a intermodulačního zkreslení kvazilineárního obvodu - **NENÍ v PSpice**
- **.PZ** (**p**oles-**z**eros analysis):
analýza pólů a nul - **NENÍ v PSpice**

.AC a .NOISE

one-transistor circuit - frequency analysis

```
q1 2 1 0 asCIA
```

```
rc 2 3 1k
```

```
rb 1 3 200k
```

```
vcc 3 0 5
```

```
ii 0 1 ac 1
```

```
vmeas 4 2
```

```
cshunt 4 0 .1u
```

```
.model asCIA npn is=1e-15 ise=1e-13 isc=1e-13
```

```
+ bf=100 br=0.1 nf=1 nr=1 ne=2 nc=2 vaf=100
```

```
+ var=100 ikf=10m ikr=10m rb=100 rbm=10 irb=0.1m
```

```
+ rc=10 re=1 CJE=1p CJC=1p TF=1e-10 TR=1e-8
```

```
+ XTF=1 ITF=10m VTF=10 KF=1e-16
```

```
.ac dec 10 0.1MEG 10G  
.plot ac idb(vmeas) ip(vmeas)  
.noise v(2) ii 10  
.plot noise onoise inoise ← eqv. input noise too  
.end
```

Kmitočtová osa začíná kmitočtem 0.1 MHz (standard. koncovka MEG) a končí kmitočtem 10 GHz, přičemž na každou dekádu připadne 10 bodů (první položka). Příkaz .plot určuje požadavky na řádkový pseudograf. V tomto případě budou ac výstupy modul proudu zdrojem vmeas v decibelech (idb) a fáze tohoto proudu ve vstupních (ip). Šumová analýza je odstartována příkazem .noise - zjišťuje se šum v uzlu 2 jako reakce na budící zdroj ii. 10 určí míru detailních výpisů šumů.

3. Módy časové analýzy

- **.TRAN** (transient analysis):
vlastní časová analýza nelineárního obvodu
- **.FOUR** (Fourier analysis):
harmonická analýza

3A. **.TRAN** a **IC**

Parallel RLC Circuit With Initial Condition

l 1 0 1mH **ic**=1mA

c 1 0 1nF

r 1 0 10k

.tran 1us 100us **uic** ← use initial conditions

.plot tran v(1)

.end

3B. **.TRAN** a **.IC**

Ring oscillator MOS

```
vdd 11 0 5
```

```
m1 1 3 0 0 enh l=10u w=40u
```

```
m2 2 1 0 0 enh l=10u w=40u
```

```
m3 3 2 0 0 enh l=10u w=40u
```

```
m4 11 1 1 0 dep l=10u w=5u
```

```
m5 11 2 2 0 dep l=10u w=5u
```

```
m6 11 3 3 0 dep l=10u w=5u
```

```
.model dep nmos level=1 vto=-3 lambda=.001
```

```
+ kp=.4e-4
```

```
.model enh nmos level=1 vto=1.8 cgso=20n
```

```
+ lambda=.001 kp=.4e-4
```

```
.tran .01u .5u  
.ic v(1)=5 v(2)=0  
.plot tran v(1) v(2) v(3) (0,5) ← meze grafu  
.probe  
.end
```

Pracovní bod **bez** použití .ic - obvod se **nerozběhne**:

(1) 2.8199 (2) 2.8199 (3) 2.8199 (11) 5.0000

Pracovní bod **s** použitím .ic - obvod se **rozběhne**:

(1) 5.0000 (2) 180.9E-09 (3) 5.0000 (11) 5.0000

3C. **.TRAN** a **.FOUR**

CMOS INVERTER - Fourier Analysis

```
m1 2 1 0 0 nmos w=20u l=5u
```

```
m2 2 1 3 3 pmos w=40u l=5u
```

```
vdd 3 0 5
```

```
vin 1 0 sin 2.5 2.5 20meg
```

```
.model nmos nmos level=1 vto=1 kp=20u
```

```
+ cgdo=.2n cgso=.2n cgbo=2n
```

```
.model pmos pmos level=1 vto=-1 kp=10u
```

```
+ cgdo=.2n cgso=.2n cgbo=2n
```

```
.op
```

```
.tran 1n 100n
```

```

.option reltol=1e-5 ← zpřesnění konv. iterací
.four 20meg v(2)
.plot tran v(2) v(1) (-1,5)
.plot tran i(vdd)
.probe
.end

```

V .four se nejprve zadá **frekvence základní harmonické** a pak výstupní uzel 2. Dostaneme výpis harmonických:

DC COMPONENT = 2.499608E+00

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	PHASE (DEG)
1	2.000E+07	3.156E+00	1.759E+02
2	4.000E+07	7.913E-04	-1.061E+02

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 3.776193E+01 PERC