

Schaltungssimulation unter PSPICE

Studiengang Informationstechnik

Wahlfach

4.Semester

berufsakademie
mannheim

University of Cooperative Education



Dr.-Ing. M. Junker

1

1 Einführung

1.1 Was ist PSPICE

- Portierung von SPICE auf PC (MICROSIM Corp.)
- **S**imulation **P**rogram with **I**ntegrated **C**ircuit **E**mphasis
- Simulationsprogramm für elektronische Schaltungen
- Wegen Analogien anwendbar auf thermische, akustische, .. Probleme

Wozu SPICE?

- Effizientes Werkzeug um Zeit/Kosten von Elektronikentwicklung zu minimieren
- Zahl der erforderlichen Laborschaltungen lässt sich reduzieren
- Modifikationen und Testergebnisse lassen sich in kürzester Zeit erreichen

1 Einführung

1.2 Ziel der Vorlesung

- Elektrotechnik veranschaulichen!
- Verstehen und Begreifen von Elektrotechnik stehen im Fokus
- PSPICE dient nur als Werkzeug dieses Ziel zu erreichen
- Lediglich eine Einführung in PSPICE (1. Teil der Vorlesung)
 - Struktur/Aufbau des Programms kennen lernen um es bedienen zu können
 - ohne PSPICE Profi werden zu müssen
- Beispiele: (2. Teil der Vorlesung)
 - Verhalten von Bauelementen (C, L, D)
 - Wirkungsweise besonderer Schaltungsmaßnahmen (C)
 - wichtige Grundschaltungen

1 Einführung

1.3 Literatur

- Robert Heinemann: PSPICE - Einführung in die Elektronik-Simulation, 3. Auflage, Hanser-Verlag, € 29,90.
In 3 Teilen wird in die Grundlagen, die Hohe Schule der Simulation und Einblicke, Anwendungen und Aussichten berichtet. Dem Buch liegt eine CD bei, die das Online-Handbuch enthält; außerdem befinden sich auf ihr die PSpice-Studentenversion 9.1 und ORCAD-Lite-Edition 9.2.
- Kostenloses Tutorial für Studentversion 9.1 im Internet
www-ibt.etec.uni-karlsruhe.de/linette/pspice/pspice_index.html

1 Einführung

1.4 Die Studentenversion

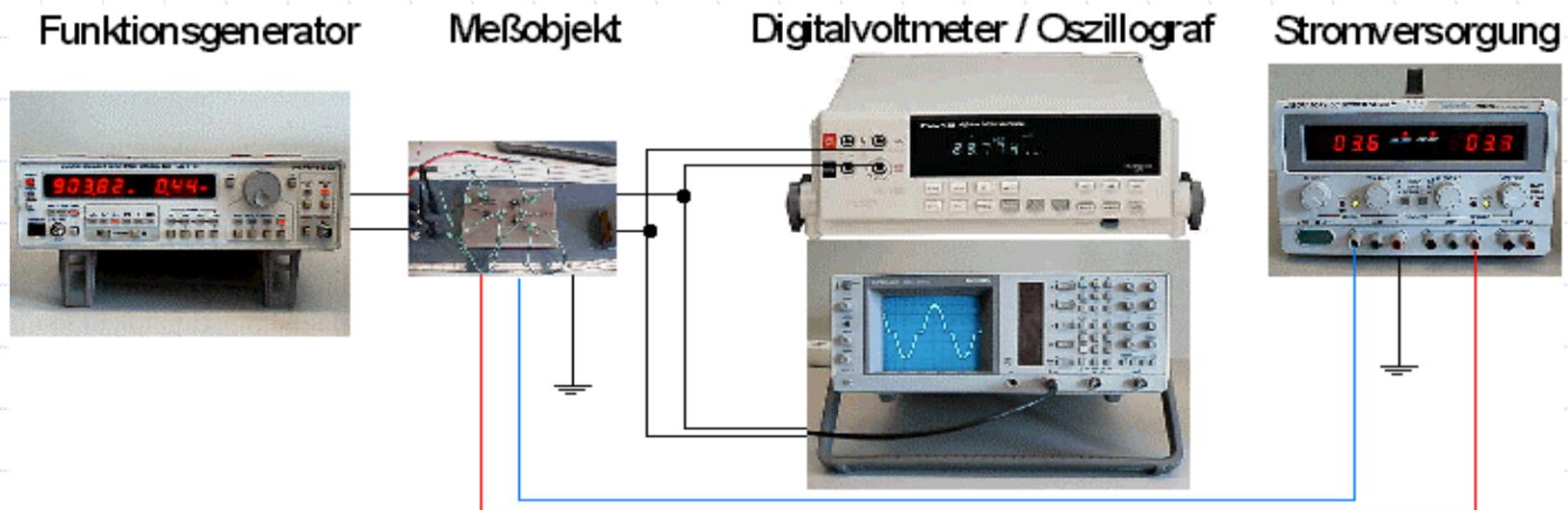
hinsichtlich Umfang der möglichen Schaltungen und Anzahl der verwendbaren Bibliotheken mit etlichen Restriktionen versehene Version von PSPICE

im Rahmen der Vorlesung wirken diese Restriktionen jedoch kaum einschränkend

1 Einführung

1.5 Umsetzung der Problemstellung

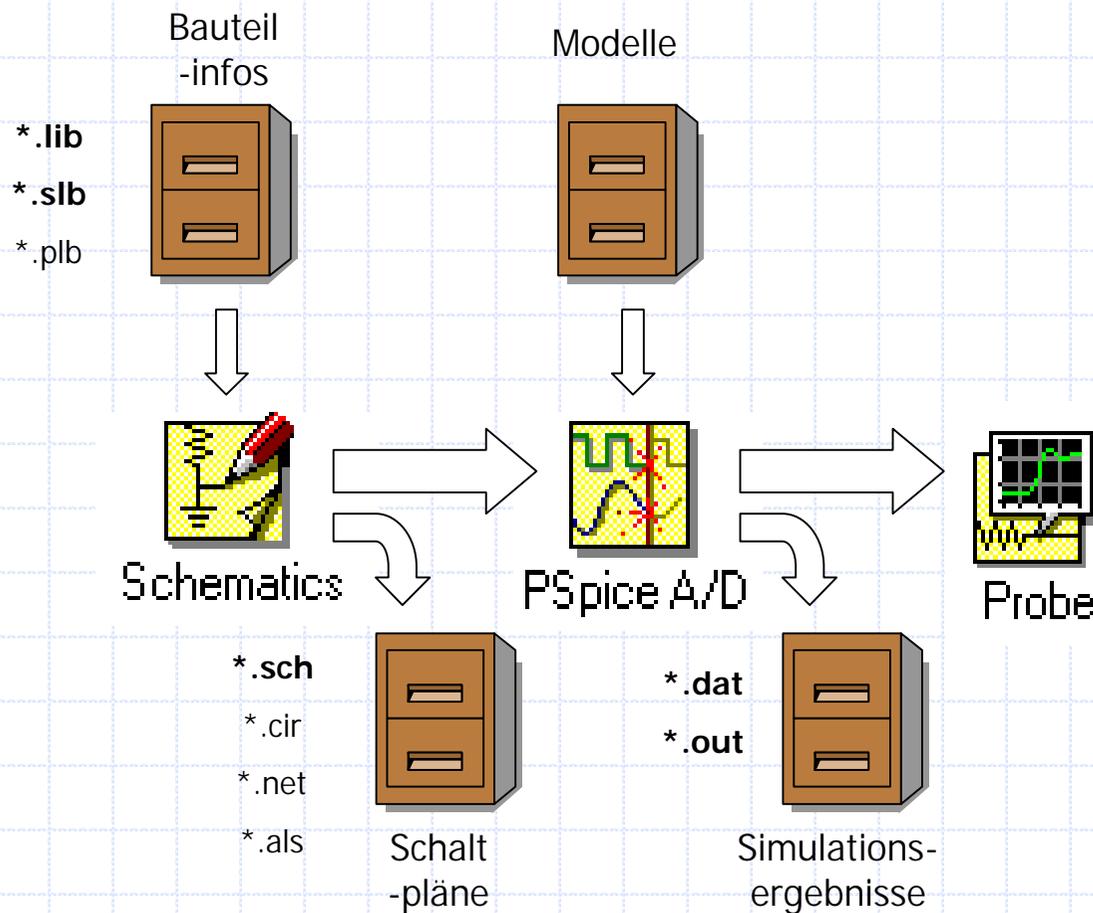
- Messobjekt (Testschaltung)
- Umgebungsbedingung (Versorgung, Anregung)
- Visualisierung



1 Einführung

1.6 Struktur von PSPICE

Schaltplaneingabe - Simulation - Ergebnisdarstellung



1 Einführung

1.7 Aufgabe der verwendeten Module

Schematics

Beschreibung der:

- Testschaltung
- Umgebungsbedingungen (Versorgung, Anregung, ..)

Bestimmung der Analysemethode (z.B. DC sweep, ..)

PSpice A/D

Die eigentliche Simulation/Berechnung

Probe

Visualisierung der Simulationsergebnisse



1 Einführung

1.8 Vorgehensweise bei der Simulation

Schematics

1) Schaltplan zeichnen

- Bauteile platzieren
- Bauteile verbinden
- relevante Parameter belegen
- Analyseart festlegen

Pspice A/D

2) Simulation durchführen

Probe

3) Ergebnis anzeigen

1 Einführung

1.9 Voraussetzungen / Limitierungen

- Ein Knoten muss der Bezugsknoten 0 sein (z.B. GND)
- Jeder Pin muss beschaltet werden
 - Notfalls mit einem extrem hochohmigen Widerstand
- Zu jedem Knoten muss ein Gleichstrompfad bestehen
 - D.h. z.B. zwei Kondensatoren in Reihe sind nicht möglich
 - Notfalls einen extrem hochohmigen Widerstand einfügen
- Statt Kommas sind Dezimalpunkte zu verwenden
- Keine Unterscheidung zwischen Groß- und Kleinschreibung

1 Einführung

1.10 Verwendete Einheiten

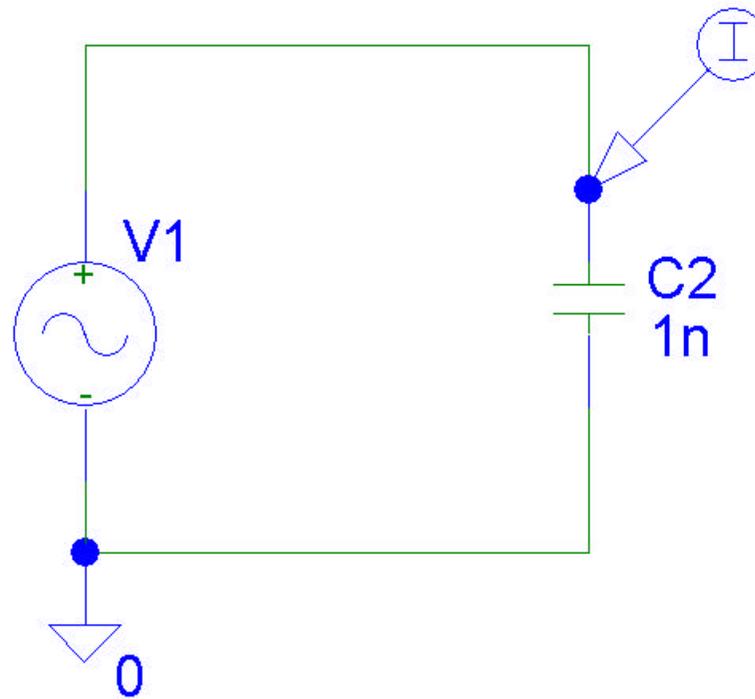
Größenordnung	Exponent	In Pspice verwendete Abkürzung
Tera	E12	T
Giga	E9	G
Mega	E6	MEG
Kilo	E3	K
Milli	E-3	M
Mikro	E-6	U
Nano	E-9	N
Piko	E-12	P
Femto	E-15	F

1 Einführung

1.11 Beispielschaltbild in Schematic

BSP001b

DC=0
AC=1
VOFF=0
VAMPL=1
FREQ=10k
TD=0
DF=0
PHASE=0



1 Einführung

Die daraus generierten Eingangsdaten einer für die Simulation
(* .cir und *.net Datei)

BSP001b.cir

```
* D:\PSPICE_Studi\Beispiele\BSP001b.sch
* Schematics Version 9.1 - Web Update 1
* Mon Feb 02 12:53:10 2004

** Analysis setup **
.ac DEC 101 1k 1000.00K
.tran 0ns 1ms 0 1u
.OP

* From [PSPICE NETLIST] section of pspiceev.ini:
.lib "nom.lib"

.INC "BSP001b.net"
.INC "BSP001b.als"

.probe

.END
```

BSP001b.net

```
* Schematics Netlist *

V_V1      $N_0001 0 DC 0 AC 1
+SIN 0 1 10k 0 0 0
C_C2      $N_0001 0 1n
```

- * Kommentare
- .Befehle
- Bauteile, Knoten, Parameter

1 Einführung

1.12 Die Visualisierung der Ergebnisse in Probe

Spannungen

- Die Spannung an einem beliebigen Knoten gegenüber dem Knoten 0
 $V(3)$; $V(\$N_0005)$
- Die Spannung an einem beliebigen Bauteilanschluss gegenüber dem Knoten 0.
 $V(C1:1)$; $V(C1:2)$
- Die Spannung zwischen zwei Knoten
 $V(3:\$N_0002)$; $V(7:3)$; $V(3:0)$
- Die Spannung zwischen zwei Bauteilanschlüssen von Bauteilen

Ströme

- Der Strom durch ein Bauteil (nur Zweipol möglich!!!)
Der Strom der in den ersten und aus dem zweiten Bauteilanschluss fließt
Gegebenenfalls VSRC mit 0V oder Widerstand mit 1u einfügen

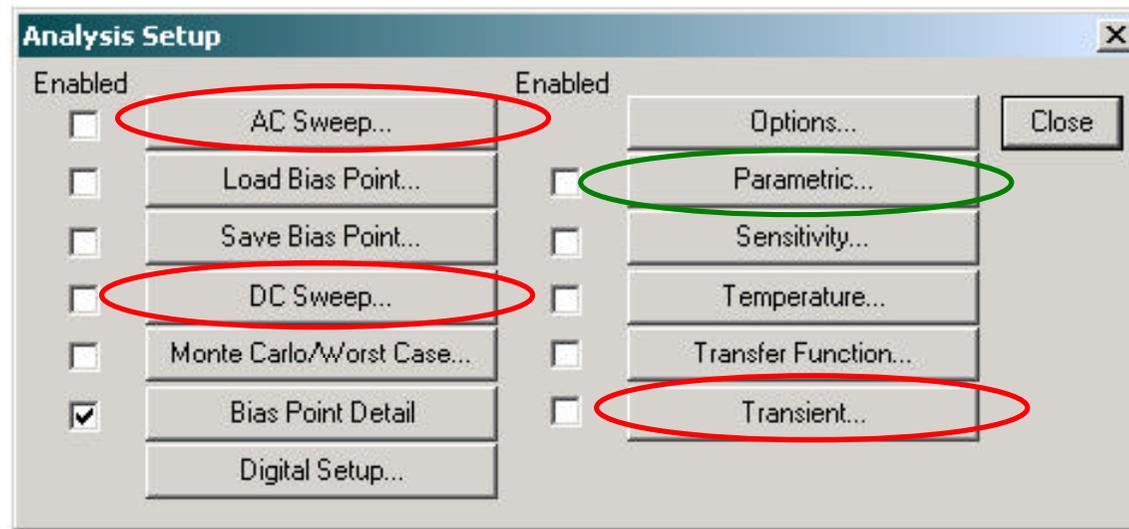
1 Einführung

Die wichtigsten Funktionen

Funktion	Beschreibung
ABS(x)	Betrag
SQRT(x)	Quadratwurzel
EXP(x)	Exponent
P(x,y)	Phase zwischen x und y in Grad
R(x)	Realteil einer komplexen Größe
IMG(x)	Imaginärteil einer komplexen Größe
PWR(x,y)	Betrag von x hoch y
D(x)	Ableitung von x nach der Abszissenvariable
S(x)	Integral von x über den Bereich der Abszissenvariablen
RMS(x)	Effektivwert (Root-Mean-Square) von x
DB(x)	Betrag von x in dB (dezibel)
MIN(x)	Minimalwert von x
MAX(x)	Maximalwert von x

2 Analysearten

- Die im Rahmen der Vorlesung relevanten Analysearten

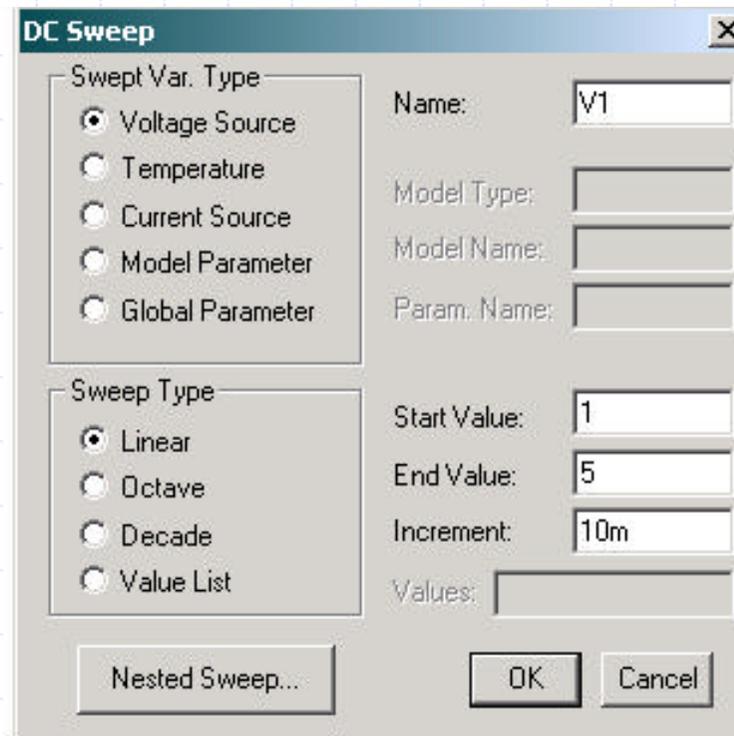


2 Analysearten

2.1 Gleichstrom-Arbeitspunkt-Analyse (DC-Sweep)

- Statische Betrachtungsweise
- Einfluss beliebiger Parameter auf die Schaltung lassen sich untersuchen

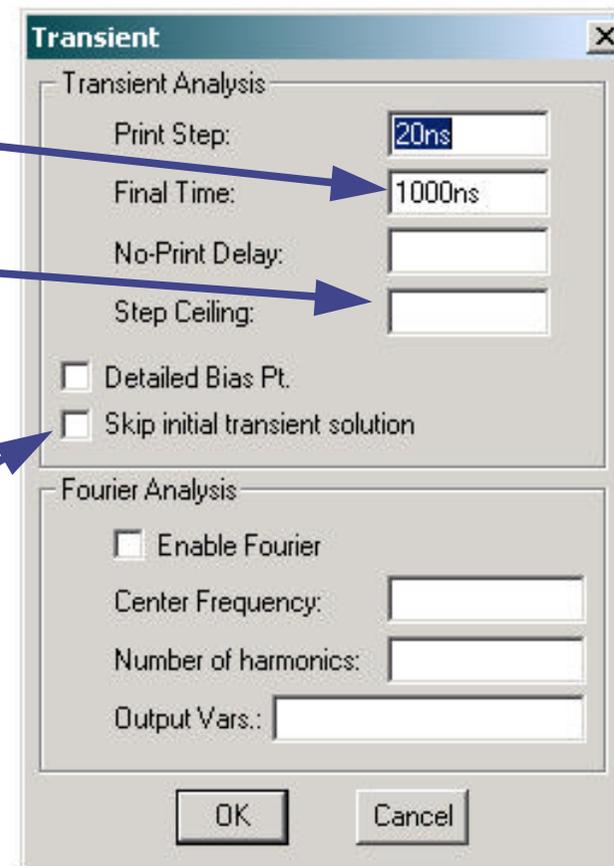
z.B. $U_a=f(U_e)$, $U_a=f(R_3)$, $I_a=f(\vartheta)$



2 Analysearten

2.2 Analyse im Zeitbereich (Transient Analyse)

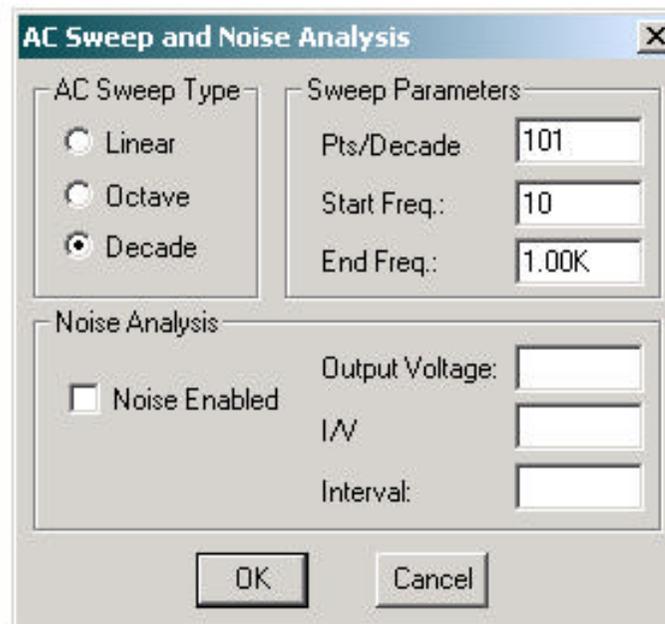
- Zeitlicher Verlauf von beliebigen elektrischen Größen lässt sich darstellen z.B. $U_a=f(t)$, $I_a=f(t)$
- Simulation beginnt bei $t=0$ und endet zu dem Zeitpunkt, der angegeben wird
- Kleine Schrittweite bei der Simulation kann erzwungen werden
- Die bei den Bauteilen festgelegten Anfangsbedingung können abgeschaltet werden



2 Analysearten

2.3 Analyse im Frequenzbereich (AC-Sweep)

- Frequenzabhängigkeit von beliebigen elektrischen Größen lässt sich **im Kleinsignalbetrieb** untersuchen
z.B. $U_a=f(f)$, $I_a=f(f)$, $P(R_a)=f(f)$
- Anfangs- und Endfrequenz sowie Inkrement lässt sich bestimmen
- Lineare und logarithmische Skalierung der Frequenz möglich



3 Grundelemente

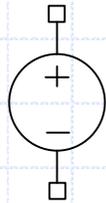
Jedes „Element“ (Bauteil) bestehen aus folgenden Komponenten:

- Name** erlaubt die eindeutige Identifizierung und liefert bereits eine Klassifizierung.
z.B. V1 (Spannungsquelle), R5 (Widerstand), ..
- Pins** Verbindung zur Außenwelt. (Jedem Pin wird eine Zahl zugeordnet)
- Attribute** Parameter, durch die das Verhalten des Bauteils bestimmt werden kann.
z.B. der Widerstandswert eines Widerstandes

3 Grundelemente

3.1 Quellen

3.1.1 Gleichspannungsquelle VSRC



<i>Attribut</i>	<i>Optional bei</i>	<i>Bedeutung</i>
DC	AC/DC/Tran	Gleichspannungsanteil [V]
AC	DC/Tran	Wechselspannungsanteil [V]
TRAN	AC/DC/Tran	Phase [°] bei Wechselspannung

3.1.2 Gleichstromquelle ISRC



<i>Attribut</i>	<i>Optional bei</i>	<i>Bedeutung</i>
DC	AC/DC/Tran	Gleichspannungsanteil [V]
AC	DC/Tran	Wechselspannungsanteil [V]
TRAN	AC/DC/Tran	Phase [°] bei Wechselspannung

3 Grundelemente

3.1.3 Sinusspannungsquelle VSIN

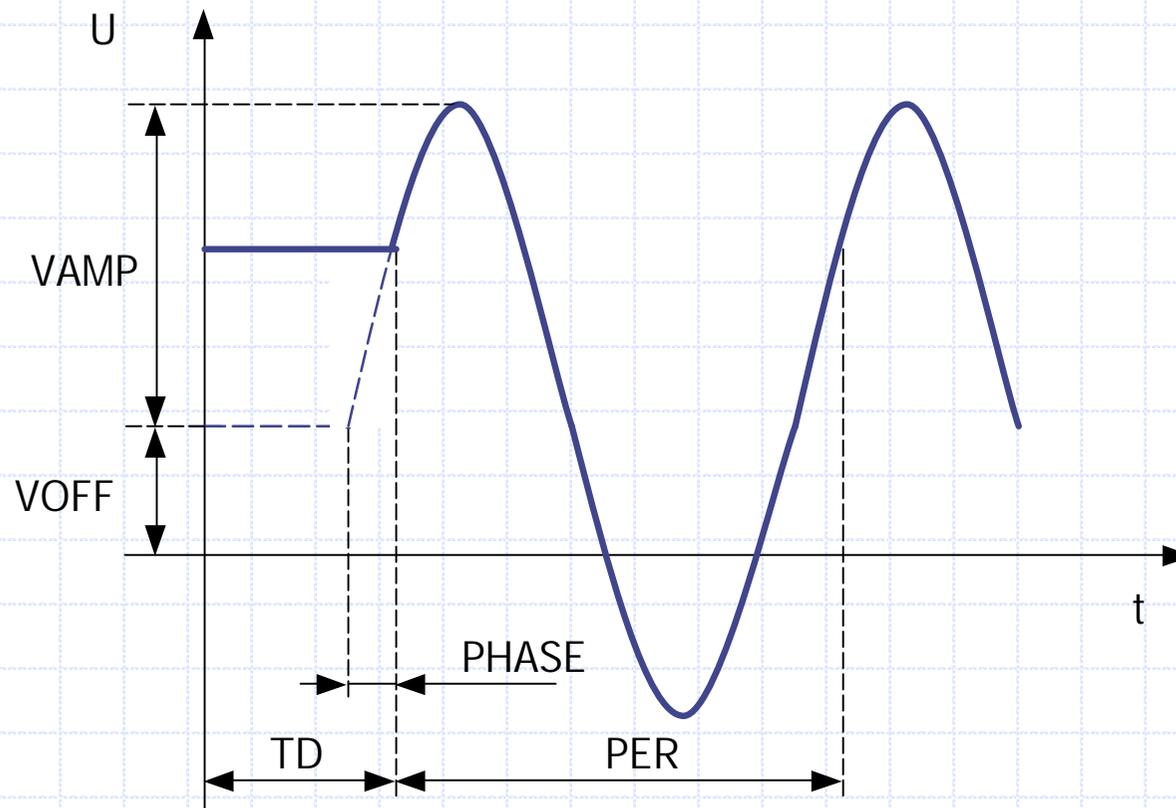


<i>Attribut</i>	<i>Optional bei</i>	<i>Bedeutung</i>
DC	AC/DC/Tran	Gleichspannungsanteil [V]
AC	DC/Tran	Wechselspannungsanteil [V]
VOFF	obligatorisch	Gleichspannungsanteil [V]
VAMPL	obligatorisch	Amplitude [V]
FREQ	obligatorisch	Frequenz [Hz]
TD=0	AC/DC/Tran	Verzögerungszeit [s]
DF=0	AC/DC/Tran	Dämpfungsfaktor
PHASE=0	AC/DC/Tran	Anfangsphase [Grad]

3.1.4 Sinusstromquelle ISIN

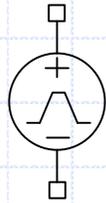
Attribute und Schaltzeichen sind identisch (IOFF, IAMPL)

3 Grundelemente



3 Grundelemente

3.1.5 Pulsspannungsquelle VPULSE

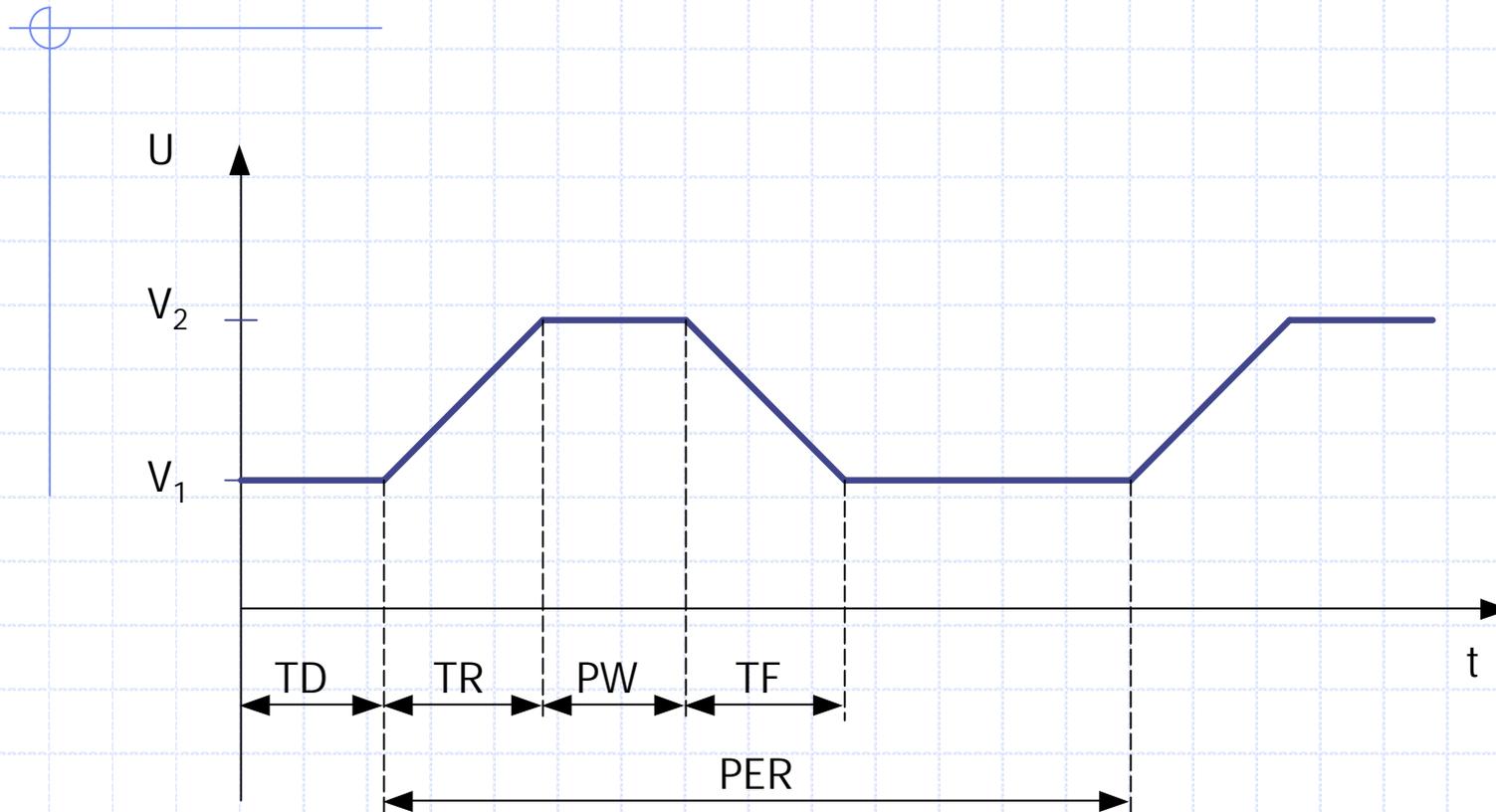


<i>Attribut</i>	<i>Optional bei</i>	<i>Bedeutung</i>
DC	AC/DC/Tran	Gleichspannungsanteil [V]
AC	DC/Tran	Wechselspannungsanteil [V]
V1	obligatorisch	Anfangsspannung [V]
V2	obligatorisch	Spitzenspannung [V]
TD	AC/DC/Tran	Verzögerungszeit [s]
TR	AC/DC/Tran	Anstiegszeit [s]
TF	AC/DC/Tran	Abfallzeit [s]
PW	AC/DC/Tran	Pulsbreite [s]
PER	AC/DC/Tran	Periodendauer [s]

3.1.6 Pulsstromquelle IPULSE

Attribute und Schaltzeichen sind identisch (I1, I2)

3 Grundelemente



3 Grundelemente

3.1.7 Gesteuerte Quellen

Symbol	Funktion	Steuergröße	Ausgang
E	Spannungsgesteuerte Spannungsquelle	U	U
G	Spannungsgesteuerte Stromquelle	U	I
H	Stromgesteuerte Spannungsquelle	I	U
F	Stromgesteuerte Stromquelle	I	I

Steuergröße und Ausgang ist über einen festen Faktor verbunden

3 Grundelemente

Statt eines fest Faktors sind auch andere Zusammenhänge zwischen Steuergröße und Ausgang möglich:

Value, Table, Poly, Sum, Mult, oder Laplace möglich

Beispiel1:

ETABLE Table=(-5,5) (5,-5)

Beispiel2:

EVALUE Expr=SQRT(V(%IN+, %IN-))

3 Grundelemente

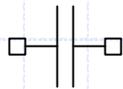
3.2 passive Bauelemente

3.2.1 Der ohmsche Widerstand R



Bezeichnung	R
Parameter	Value [Ω]

3.2.2 Der Kondensator C



Bezeichnung	C
Parameter	Value [F] IC [V]

3.2.3 Die Induktivität L



Bezeichnung	L
Parameter	Value [H] IC [A]

3 Grundelemente

3.3 aktive Bauelemente

In der Regel sind keine Parameter einstellbar

Bauteil	Bezeichnung	Verwendet für
Diode	D	Standard-, Schottky- und Zener-Diode
Bipolar-Transistor	Q	NPN-, PNP- und Darlington-
Mos-FET	M	P- und N-FET

4 Die Schaltplaneingabe in Schematics psched.exe

- Handhabung von Bauteilen
 - platzieren, drehen, spiegeln (Ctrl+G, Ctrl+R, Ctrl+F)
 - Parameter eintragen (z.B. value, IC,..)
 - Parameter sichtbar machen (change visible)
- Verbindungen zeichnen/benamen (Ctrl+W, Doppelklick)
- Marker setzen
- Analyse festlegen und konfigurieren
 - Im Menü: Analysis/Setup ..
- Automatische Anzeige nach der Simulation einrichten
 - Im Menü: Analysis/Probe Setup ..

5 Fehlermeldungen

Fehlermeldungen erfolgen im:

- PSPICE Message Viewer

wenn *.net bzw. *.cir nicht erstellt werden kann

- Im Ausgabe File *.out

wenn die Simulation nicht abgeschlossen werden kann

im Menü Analysis\Examine Output

6 Die Visualisierung des Ergebnisses in Probe

Daten zur Anzeige auswählen

- Add Traces (Ins)

Ströme, Spannungen und durch Funktionen verknüpfte Größen

z.B. $I(R1)$, $V(C3:2)$, $V(\text{Out})$, $V(\text{Out}) * I(R2)$, $\text{SQRT}(V(L1:1))$

- Skalieren der Achsen
- Hinzufügen von Achsen
- Curser aktivieren
- x-Achsen Variable ändern
- Darstellungsparameter speichern/aktivieren im Menü:
Window\Display Control

7 Beispiele

