Versuchsbeschreibung Nr. 2

<u>Verwendete Geräte:</u> 1 Oszilloskop
1 Spannungsquelle 3V
1 Frequenzgenerator
1 PC inkl. PSPICE

<u>Literatur:</u>
1. Tietze,Schenk: Halbleiterschaltungstechnik (Kap. 3,4)
2. Beuth: Bauelemente (Kap.5,6,7)
3. Benz, Heinks, Starke: Tabellenbuch Elektronik

<u>Teil 1:</u> - Kennenlernen von Dioden und Zenerdioden
- Aufbau von Begrenzerschaltungen mit Dioden und Zenerdioden

<u>Aufgaben:</u>

1. Es sollen mit dem Oszilloskop die Strom-Spannungs-Kennlinien von folgenden Dioden aufgenommen werden:

a) einer SI-Diode 1N4148 b) einer Zenerdiode ZPD6.2

Die Meßschaltung ist unten abgebildet.
(Oszilloskopseinstellung: Display-Menü: HM: Format YT, SM: XY wählen)

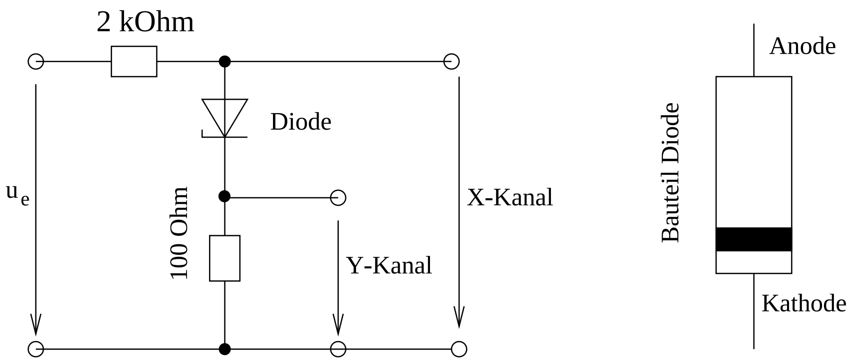


Abb.2: Schaltung zur Messung von den Diodenkennlinien

- Welche Kurvenform und Frequenz der Betriebsspannung u_e ist zur Aufnahme der Kennlinie geeignet ?
- Ausdruck der Kennlinien mit der Oszillopskop-Software “Oszi“ unter Windows.
- Speichern der Bilder im folgenden Directory als BMP-Bilder **c:\labor\vers2\a1_bild1.bmp und a1_bild2.bmp**
- Entnehmen Sie den aufgenommenen Kennlinien die Durchlaßspannungen der SI-Dioden und die Zenerspannung der Z-Diode und vergleichen Sie sie mit dem beigefügten Datenblatt.

2.1. Bauen Sie die in Abb.2.1.a und 2.1.b dargestellten Schaltungen auf.

U_e: Sinus
$V_{ss} = 10V$
$f = 10kHz$

- Nehmen Sie die Spannungsverläufe U_e und U_a mit dem Oszilloskop auf.
- Ausdruck der aufgenommenen Spannungsverläufe mit der Oszilloskop-Software “Oszi“ unter Windows.
- Speichern der Bilder im folgenden Directory als BMP-Bilder **c:\labor\vers2\a2_bild1.bmp und a2_bild2.bmp**
- Erklären Sie die einzelnen Spannungsverläufe.

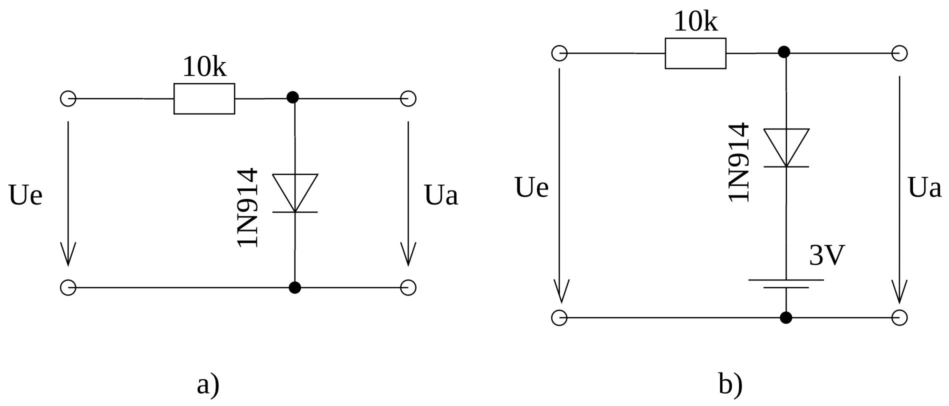


Abb.2.1.a) und b) : Diodenschaltungen

2.2. Entwerfen Sie eine Begrenzerschaltung, die die positive und negative Halbwelle der Eingangsspannung auf ca. 3,1V begrenzen soll.

Zur Verfügung stehen:	Frequenzgenerator für die Eingangsspannung Spannungsquelle 5V 2 Widerstände 100 Ω 1 Widerstand 10 kΩ 2 Dioden 1N914

Eingangsspannung:

U_e: Sinus
$V_{ss} = 10V$
$f = 10kHz$

- Bauen Sie die entworfene Schaltung auf.
- Nehmen Sie die Spannungsverläufe U_e und U_a mit dem Oszilloskop auf.
- Ausdruck der Kennlinien mit der Oszillopskop-Software "Oszi" unter Windows.
- Speichern des Bildes im folgenden Directory als BMP-Bild **c:\labor\vers2\a2_bild3.bmp**
- Erläutern Sie Ihre entworfene Schaltung.

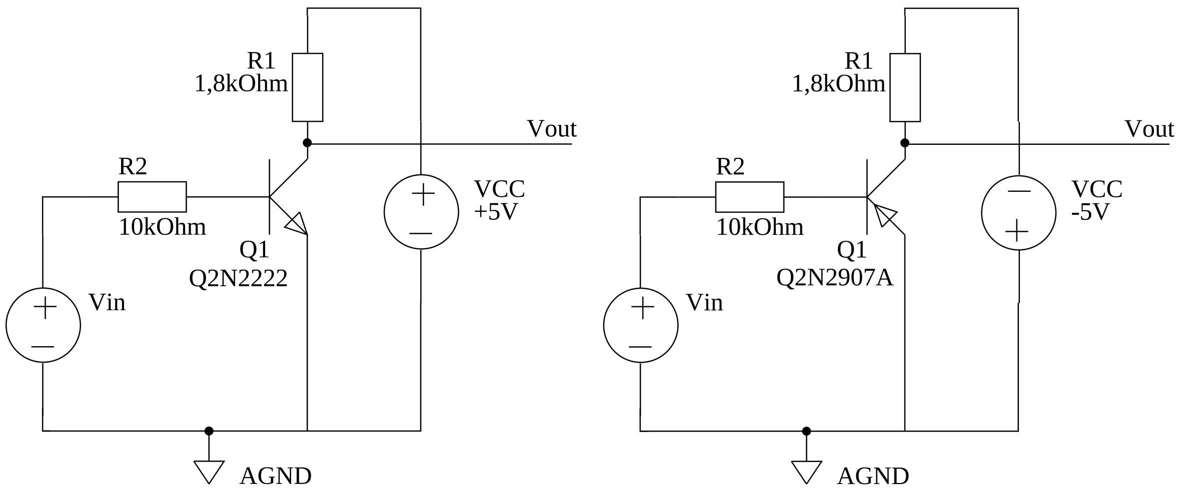
Teil 2: - Kennenlernen von Transistoren durch Simulation
- Simulation einer Transistor-Verstärkerschaltungen

Anmerkung:

Die Simulation der Schaltungen wird mit der Demoversion des Design Centers 6.2 durchgeführt. Der Kernel beruht auf dem bekannten PSPICE-Simulator. Die Demo-Version ist frei kopierbar und bei E. Mackensen im Raum 01...031 erhältlich. Die Mindestvoraussetzungen sind: CPU386 und Coprozessor, 4 MB RAM Speicher, 7 MB Festplattenspeicher, Windows 3.x.

Aufgaben:

3.
- Geben Sie die Schaltungen a) und b) aus Abb.3 jeweils in den Schaltplaneditor ein. Öffnen Sie hierzu aus dem Verzeichnis c:\labor\vers2 npn.sch bzw. pnp.sch. zur Eingabe der jeweiligen Schaltung. Diese enthalten unten rechts auf der Schaltplanseite einen Kopf, bei dem Sie Ihre Gruppe und das Datum eintragen sollen.
- Setzen Sie eine Gleichstromanalyse (DC) auf. Lassen Sie die Eingangsspannung V_{in} jeweils von -5V bis +5V variieren.
- Betrachten Sie das Simulationsergebnis V_{out}.
- Drucken Sie jeweils den Schaltplan und das Simulationsergebnis aus.
- Erklären Sie das Simualtionsergebnis.



a) Schaltung zur Simulation des Verhaltens eines NPN-Transistors

b) Schaltung zur Simulation des des Verhaltens eines PNP-Transistors

Abb.3. a) NPN-Transistor b) PNP-Transistor

4. - Geben Sie die Schaltungen aus Abb.4 in den Schaltplaneditor ein.
Öffnen Sie hierzu aus dem Verzeichnis c:\labor\vers2 verstaer.sch
zur Eingabe der Schaltung. Dieser Plan enthält unten rechts auf der Schaltplanseite einen Kopf, bei dem Sie Ihre Gruppe und das Datum eintragen sollen.

- Von dem Emitterkleinsignalverstärker soll eine Transientenanalyse durchgeführt werden.
- Die Verstärkung beträgt momentan 1:1. Variieren Sie die entsprechenden Widerstände so, daß eine Verstärkung von a) 5:1 und b) 3:1 realisiert wird.
- Betrachten Sie sich für alle drei Verstärkungen das Simulationsergebnis V_{out}.
- Drucken Sie jeweils den Schaltplan und das Simulationsergebnis aus.

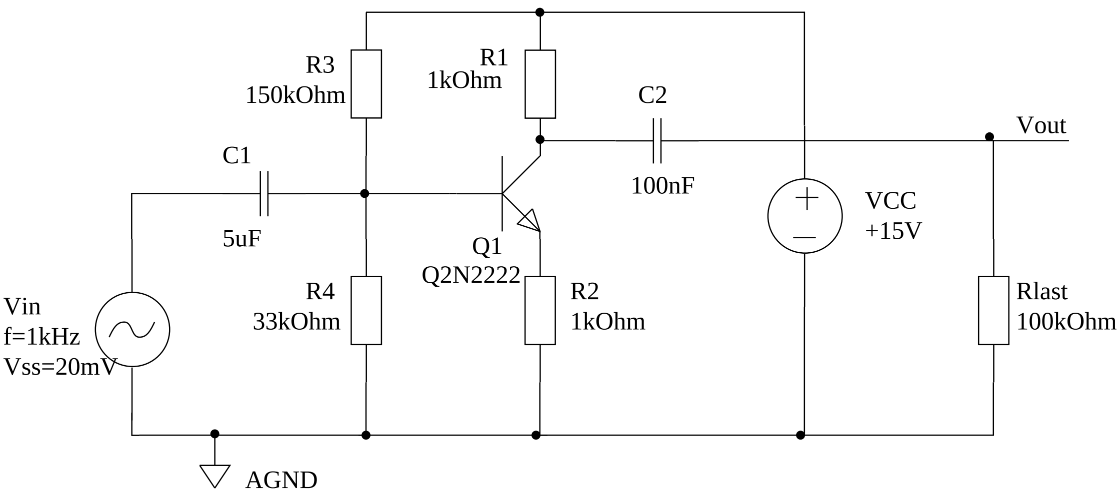


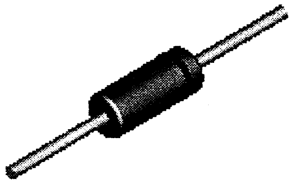
Abb.4 Emitterverstärkerschaltung

1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448

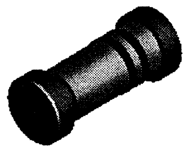
National Semiconductor™

Discrete POWER & Signal Technologies

1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448



DO-35



LL-34

THE PLACEMENT OF THE EXPANSION GAP HAS NO RELATIONSHIP TO THE LOCATION OF THE CATHODE TERMINAL

COLOR BAND MARKING

DEVICE	1ST BAND	2ND BAND
FDLL914	BLACK	BROWN
FDLL914A	BLACK	GRAY
FDLL914B	BROWN	BLACK
FDLL916	BLACK	RED
FDLL916A	BLACK	WHITE
FDLL916B	BROWN	BROWN
FDLL4148	BLACK	BROWN
FDLL4448	BROWN	BLACK

High Conductance Fast Diode

Sourced from Process D3.

Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
W_{IV}	Working Inverse Voltage	75	V
I_O	Average Rectified Current	200	mA
I_F	DC Forward Current	300	mA
i_f	Recurrent Peak Forward Current	400	mA
$i_{f(surge)}$	Peak Forward Surge Current Pulse width = 1.0 second Pulse width = 1.0 microsecond	 1.0 4.0	 A A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +200	°C
T_J	Operating Junction Temperature	175	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:
1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.
2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		1N/FDLL 914/A/B / 4148 / 4448	
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	500 3.33	mW mW/°C
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	300	°C/W

High Conductance Fast Diode

(continued)

Electrical Characteristics

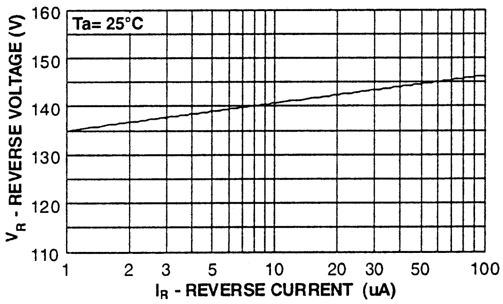
TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
B_V	Breakdown Voltage	I_R = 100 µA	100		V
		I_R = 5.0 µA	75		V
I_R	Reverse Current	V_R = 20 V		25	nA
		V_R = 20 V, T_A = 150°C		50	µA
		V_R = 75 V		5.0	µA
V_F	Forward Voltage **1N914B / 4448**	I_F = 5.0 mA	620	720	mV
	1N916B	I_F = 5.0 mA	630	730	mV
	1N914 / 916 / 4148	I_F = 10 mA		1.0	V
	1N914A / 916A	I_F = 20 mA		1.0	V
	1N916B	I_F = 30 mA		1.0	V
	1N914B / 4448	I_F = 100 mA		1.0	V
C_O	Diode Capacitance				
	1N916/A/B / 4448	V_R = 0, f = 1.0 MHz		2.0	pF
	1N914/A/B / 4148	V_R = 0, f = 1.0 MHz		4.0	pF
T_{RR}	Reverse Recovery Time	I_F = 10 mA, V_R = 6.0 V (60 mA), I_{rr} = 1.0 mA, R_L = 100 Ω		4.0	nS

Typical Characteristics

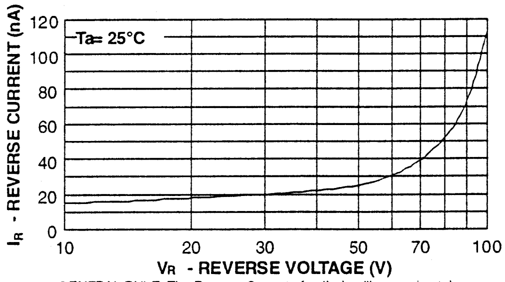
REVERSE VOLTAGE vs REVERSE CURRENT

BV - 1.0 to 100 uA



REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE

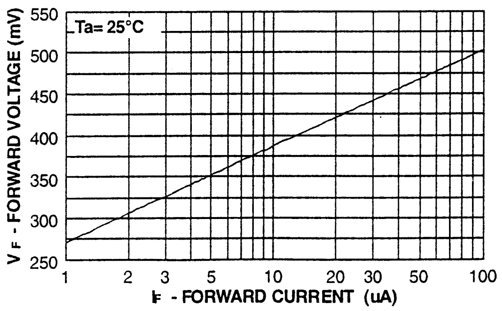
IR - 10 to 100 V



GENERAL RULE: The Reverse Current of a diode will approximately double for every ten (10) Degree C increase in Temperature

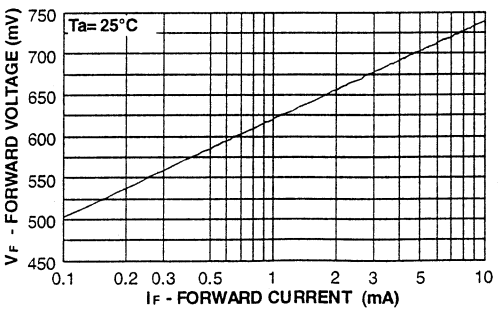
FORWARD VOLTAGE vs FORWARD CURRENT

VF - 1 to 100 uA



FORWARD VOLTAGE vs FORWARD CURRENT

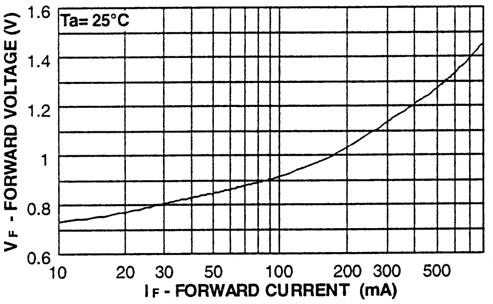
VF - 0.1 to 100 mA



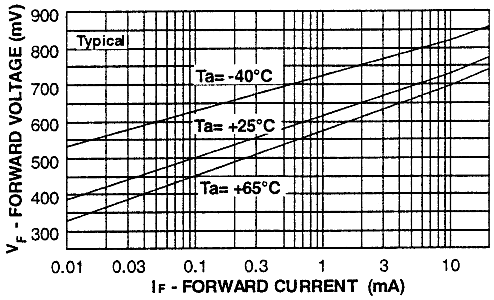
High Conductance Fast Diode
(continued)

Typical Characteristics (continued)

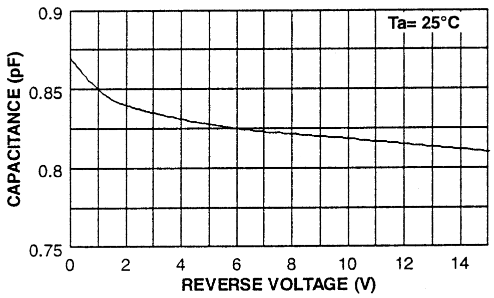
FORWARD VOLTAGE vs FORWARD CURRENT
VF - 10 to 800 mA



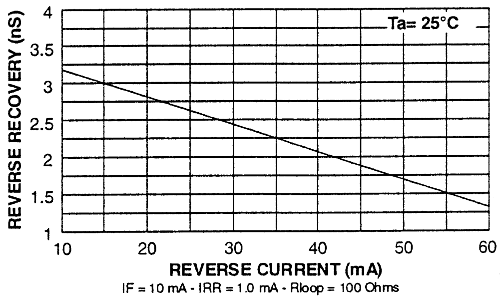
VF - 0.01 - 20 mA (-40 to +65 Deg C)
FORWARD VOLTAGE vs
AMBIENT TEMPERATURE



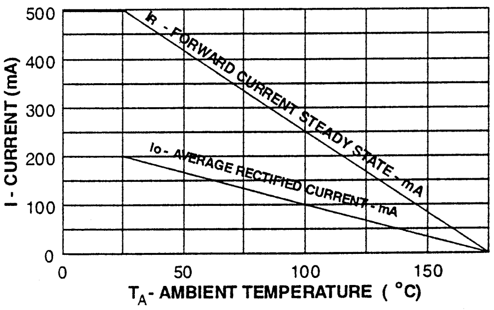
CAPACITANCE vs REVERSE VOLTAGE
VR = 0.0 to 15 V



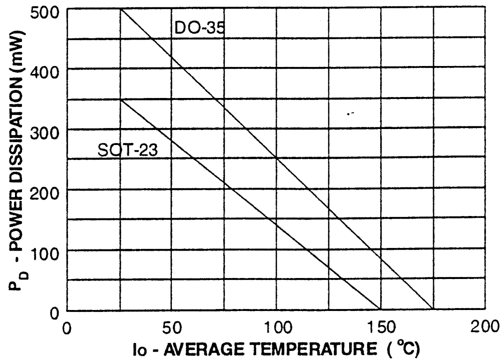
REVERSE RECOVERY TIME vs
REVERSE CURRENT



Average Rectified Current (Io) &
Forward Current (I_F) versus
Ambient Temperature (T_A)



POWER DERATING CURVE



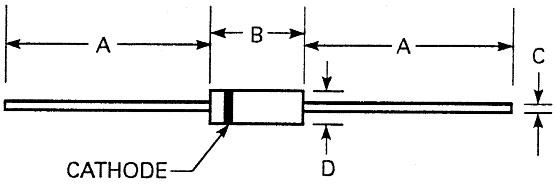
ZPD1 - ZPD51

500mW SILICON ZENER DIODES

Features

- Planar Die Construction
- Hermetically Sealed Glass Case
- 2.7 - 51V Nominal Zener Voltages Plus ZPD1 Stabistor

DO-35



	Min	Max
A	25.4	—
B	—	4.57
C	—	0.53
D	—	1.9
All Dimensions in mm		

Mechanical Data

- Case: Glass DO-35 (See Drawing)
- Leads: Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Weight: 0.13 grams (approx.)

Maximum Ratings @ T_A = 25°C unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Zener Current (see table)			
Power Dissipation (Note 2)	P_{TOT}	500	mW
Junction Temperature	T_j	175	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55 to +175	°C

Electrical Characteristics @ T_A = 25°C unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient Air (Note 2)	R_{thA}	—	—	0.3	K/mW

Notes: 1. Tested with pulses, tp = 20ms.
2. Valid provided that leads at a distance of 8mm from body are kept at ambient temperature.

Electrical Characteristics (continued) @ TA = 25°C unless otherwise specified

Type Number	Zener Voltage Range (Note 1)	Maximum Zener Impedance		Typical Temperature Cooefficient	Min. Reverse Voltage @ I_R = 0.1μA	Max. Zener Current (Note 2) @ T_A = 25°C	@ T_A = 45°C
	@ I_{ZT} = 5mA	Z_{ZT} @ I_{ZT} = 5mA	Z_{ZK} @ I_{ZK} = 1.0mA	T_C	V_R	I_{ZM}	I_{ZM}
	Volts	Ohms	Ohms	%Vz/°C	Volts	mA	mA
ZPD1(Note 3)	0.7-0.8	8	50	-0.255	—	340	280
ZPD2.7	2.5-2.9	83	500	-0.065	—	160	135
ZPD3.0	2.8-3.2	95	500	-0.060	—	140	117
ZPD3.3	3.1-3.5	95	500	-0.055	—	130	109
ZPD3.6	3.4-3.8	95	500	-0.055	—	120	101
ZPD3.9	3.7-4.1	95	500	-0.050	—	110	92
ZPD4.3	4.0-4.6	95	500	-0.035	—	100	85
ZPD4.7	4.4-5.0	78	500	-0.015	—	90	76
ZPD5.1	4.8-5.4	60	480	+0.005	0.8	80	67
ZPD5.6	5.2-6.0	40	400	+0.020	1.0	70	59
ZPD6.2	5.8-6.6	10	200	+0.030	2.0	64	54
ZPD6.8	6.4-7.2	8	150	+0.045	3.0	58	49
ZPD7.5	7.0-7.9	7	50	+0.050	5.0	53	44
ZPD8.2	7.7-8.7	7	50	+0.055	6.0	47	40
ZPD9.1	8.5-9.6	10	50	+0.065	7.0	43	36
ZPD10	9.4-10.6	15	70	+0.065	7.5	40	33
ZPD11	10.4-11.6	20	70	+0.070	8.5	36	30
ZPD12	11.4-12.7	20	90	+0.075	9.0	32	28
ZPD13	12.4-14.1	25	110	+0.080	10	29	25
ZPD15	13.8-15.6	30	110	+0.080	11	27	23
ZPD16	15.3-17.1	40	170	+0.090	12	24	20
ZPD18	16.8-19.1	50	170	+0.090	14	21	18
ZPD20	18.8-21.2	50	220	+0.090	15	20	17
ZPD22	20.8-23.3	55	220	+0.090	17	18	16
ZPD24	22.8-25.6	80	220	+0.090	18	16	13
ZPD27	25.1-28.9	80	250	+0.090	20	14	12
ZPD30	28-32	80	250	+0.090	22.5	13	10
ZPD33	31-35	80	250	+0.090	25	12	9
ZPD36	34-38	90	250	+0.090	27	11	9
ZPD39	37-41	90	300	+0.110	29	10	8
ZPD43	40-46	100	700	+0.110	32	9.2	7
ZPD47	44-50	100	750	+0.110	35	8.5	6
ZPD51	48-54	100	750	+0.110	38	7.8	6

Notes:
1. Tested with pulses t_p = 20 ms.
2. Valid provided that leads at a distance of 8mm from body are kept at ambient temperature.
3. The ZPD1 is a silicon diode with operation in forward direction. Hence, the index of all parameters should be "F" instead of "Z". Connect the cathode electrode to the negative pole.

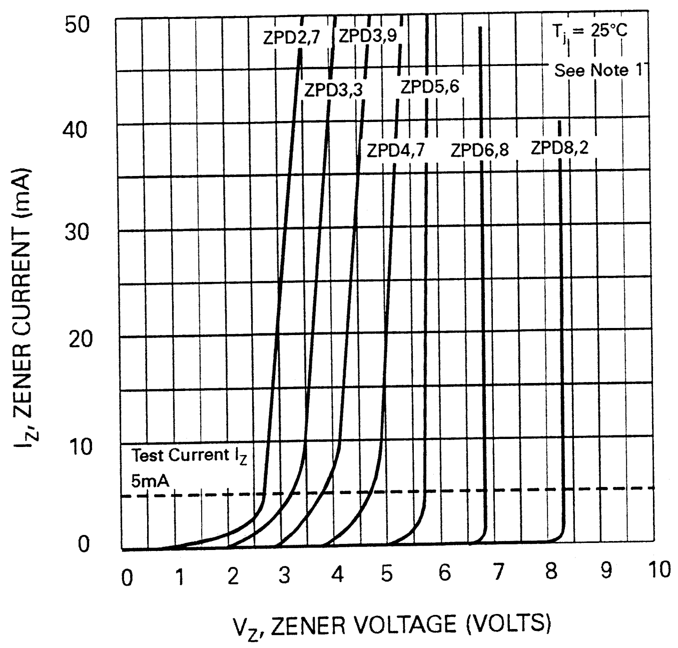


Fig. 1, Zener Breakdown Characteristics

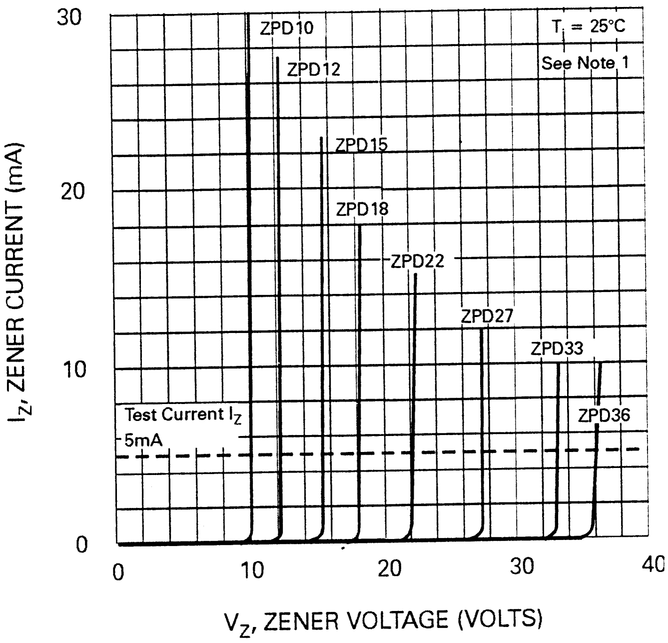


Fig. 2, Zener Breakdown Characteristics

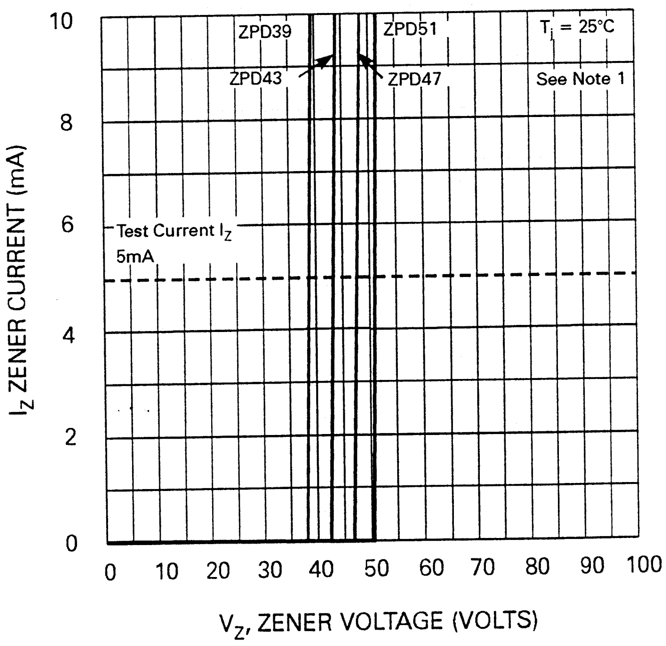


Fig. 3, Zener Breakdown Characteristics

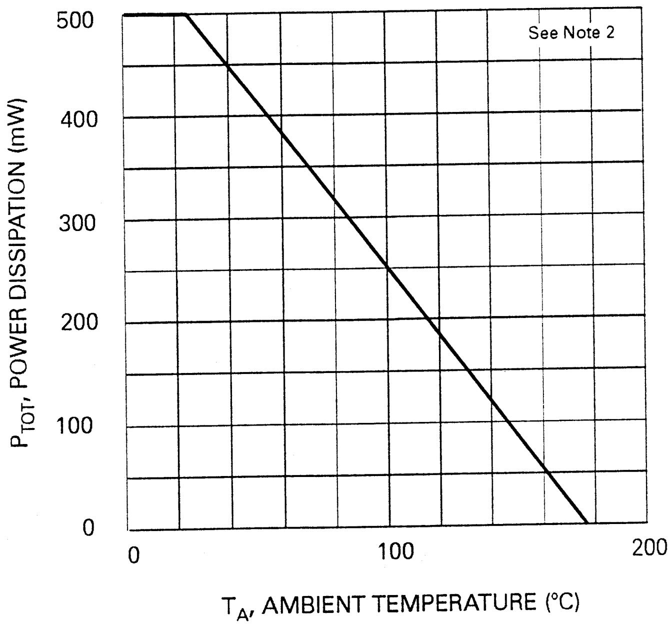


Fig. 4, Power Derating Curve

Vorwort

Zunehmende Informationsverarbeitungsgeschwindigkeiten in Verbindung mit immer komplexer werdenden Schaltungen werfen für deren Entwickler vielfältige Probleme auf. Speziell analoge Bauelemente können, betrieben im Grenzbereich, innerhalb der Gesamtschaltung zu nicht übersehbaren Fehlerquellen werden. Daher war es bisher üblich, vor Beginn einer Serienproduktion eine reale Schaltung zu erstellen, um sie dann unter Laborbedingungen auszutesten. Dennoch konnte sich beim Übergang zur Großserie eine nicht erwartete Ausschußrate einstellen, die sich auf einen mangelhaften Schaltungsentwurf gründete.

Durch den inzwischen kostengünstigen Einsatz von Rechnern sowie der Verfügbarkeit entsprechender Software, ist es seit geraumer Zeit möglich, sowohl analoge als auch digitale Schaltungen in ihren Grenzbereichen zu simulieren. Das führt in der Praxis schneller, sicherer und damit kostengünstiger zu serienreifen Produkten.

Das Programmpaket MicroSim PSpice ermöglicht schon während der Entwurfsphase durch das automatische Generieren von PSpice-Simulationsnetzlisten direkt aus einem komfortablen Schaltplaneditor heraus die schnelle Schaltungsanalyse.

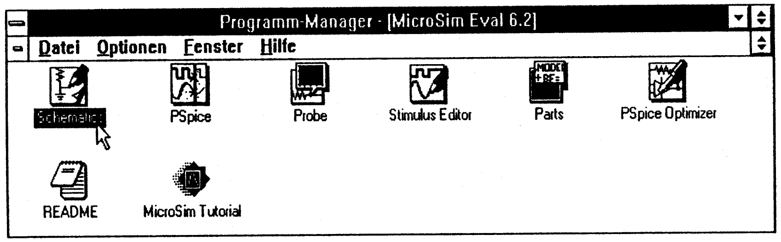
Vereinheitlichte Datenformate schließen die Lücke zur Layouterstellung durch problemlose Anbindung an Routingprogramme bis hin zur Serienfertigung der bestückten Leiterplatte.

Mit dem Schaltplaneditor erfolgt der Schaltungsentwurf am Bildschirm. PSpice ermöglicht daraufhin mittels Simulation eine umfangreiche Analyse der Schaltung. Entspricht das Ergebnis den an den Entwurf gestellten Ansprüchen, so können vom Schaltplaneditor erzeugte, das Schaltbild beschreibende Netzlisten einem Layouteditorprogramm als Grundlage für das Leiterplattendesign dienen.

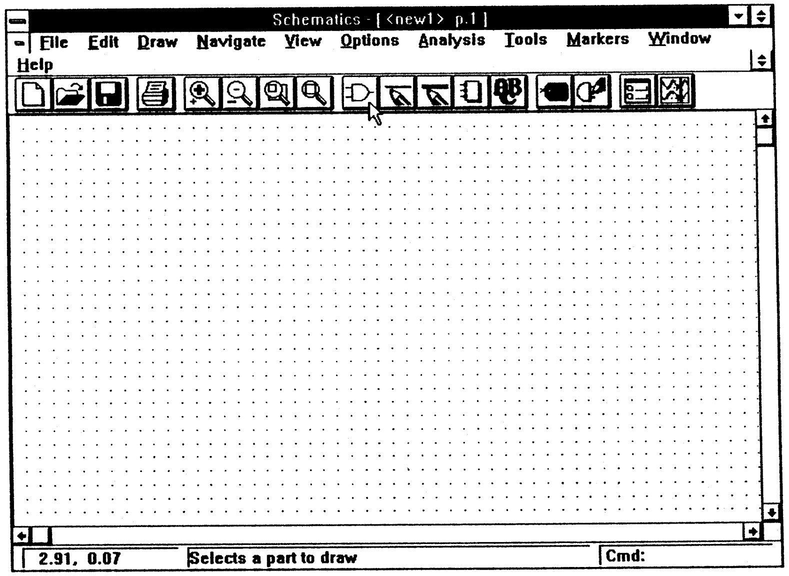
Erste Schritte im Umgang mit SCHEMATICS und PROBE

Schaltplanerstellung mit SCHEMATICS

Zum Starten des SCHEMATICS Schaltungseditors wird das SCHEMATICS Icon doppelt angeklickt.



Anschließend eröffnet sich die Arbeitsoberfläche von SCHEMATICS:



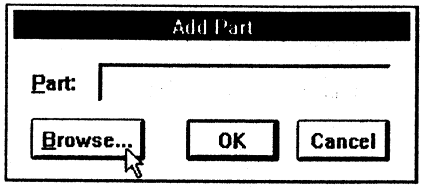
Um einen Überblick über die vielen Funktionen der Pull Down-Menüs der Hauptmenüleiste zu bekommen, wurde zum schnellen Nachschlagen eine Menüübersicht für SCHEMATICS zusammengestellt. Sie findet sich zusammen mit einer Auflistung zugehöriger Hotkeys (Tastenkombinationen, die eine schnelle Befehlseingabe ohne Betätigung der Maus ermöglichen) im Anhang zu diesem Buch.

Zum besseren Verständnis sei an dieser Stelle folgende abkürzende Schreibweise vereinbart: Untermenüs werden durch einen Schrägstrich (/) von den übergeordneten Menüs getrennt. So ist beispielsweise mit *View/Area* das Untermenü „*Area*" des Hauptmenüs „*View*" gemeint.

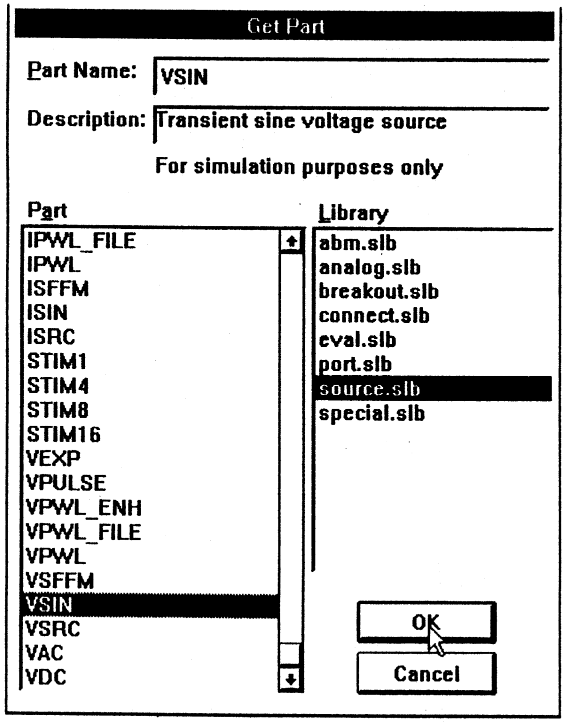
Ab der Version 6.2 von MicroSim PSpice können die wichtigsten Befehle zusätzlich zum Zugriff über die Pull Down-Menüs auch über eine Button-Leiste aktiviert werden. Eine Funktionskurzbeschreibung ist in nachstehender Tabelle wiedergegeben.

Neues Arbeitsblatt (Worksheet) anlegen	Verbindungsleitungen zeichnen
Datei öffnen	Bussysteme zeichnen
Speichern des aktuellen Arbeitsblattes	Neuen Block (Unterschaltplan) einfügen
Drucken des aktuellen Arbeitsblattes (Sofortdruck ohne Druckoptionsabfrage)	Text einfügen
Vergrößern des Arbeitsblattausschnittzentrums	Sprung ins Attributmenü des ausgewählten Bauteils
Verkleinern des Arbeitsblattausschnittzentrums	Aufruf des Symboleditors für das ausgewählte Symbol
Markierte Fläche formatfüllend darstellen	Simulationsvoreinstellungen (Analysis/ Setup)
Gesamtes Arbeitsblatt anzeigen	Start der Simulation
Bauteil aus Bibliotheken holen	

Im Untermenüpunkt *Draw/Get New Part* oder mit dem Button ist es möglich, aus verschiedenen Bibliotheken die gewünschten Bauteile auszuwählen.



Eine einfache Spannungsquelle findet sich unter der Bezeichnung VSIN in der Bibliothek SOURCE.SLB. Dazu muß mit dem Button *Browse* die entsprechende Library herausgesucht werden:



Alle Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren und Spulen sind optional unmittelbar durch Eingabe ihrer Kurzbezeichnungen R, L, C usw. auf die Arbeitsfläche zu holen, ohne daß Bibliotheken erst „durchgeblättert" (= to browse) werden müssen. Die linke Maustaste legt das gewählte Element in bereits rot markiertem Zustand im Schaltbild ab.

Die markierten Bauteile werden je nach Bedarf mit *Rotate* aus dem Menü *Edit* bzw. der Tastenkombination STRG + R in 90 ° Schritten auf der Arbeitsoberfläche gedreht. Die bequemste Methode, ein Bauteil oder Leitungsstück wieder aus der Zeichnung zu entfernen, ist das Anklicken des Bauteils (Markieren) mit der Maus und anschließendes Betätigen der ENTF- Taste (DEL-Taste).

Die rechte Maustaste ermöglicht das Verlassen des Plazierungsmodus.

Wichtige Tastaturkürzel:

Strg + R	→ Bauteil wird um 90° gedreht
Markieren + ENTF	→ Entfernen von Bauteilen

Sind die Bauteile auf der Arbeitsoberfläche wunschgemäß richtig plaziert, kann anschließend mit der Verdrahtung begonnen werden.

Zu diesem Zweck wird in der Toolbar-Leiste der Button betätigt oder der Menüpunkt *Draw/Wire* angewählt (Hotkey: STRG + W). Dazu wandelt sich der Mauszeiger in einen dicken Bleistift um. Durch einmaliges Betätigen der linken Maustaste wird der Leitungsanfangspunkt gesetzt. Desweiteren ermöglicht ein Einfachklick der linken Maustaste ein Absetzen für etwaige Richtungswechsel. Ist der gewünschte Endpunkt erreicht, so kann durch einmaliges Drücken der rechten Maustaste oder wahlweise durch Doppelklick der linken Maustaste der Zeichenmodus verlassen werden.

Ein anschließender Doppelklick der rechten Maustaste oder das Betätigen der Leertaste ermöglichen die schnelle Rückkehr in den Zeichenmodus.

Endet bei der Verdrahtung eine Verbindungsleitung an einem Bauteilanschlußpin oder allgemein an einem Knoten, beendet der Schaltplaneditor nach Mausklick (linke Maustaste) selbständig den Verdrahtungsvorgang an dieser Stelle, ohne den Zeichenmodus zu verlassen.

Besonders bei der Bearbeitung von komplexen Schaltplänen besteht der Wunsch, eine schon bestehende Leitung in ihrer Lage zu verändern, ohne sie von ihrem Anfangs- und Endpunkt zu trennen. Der Menüpunkt *Draw/Rewire* wandelt das markierte Leitungsstück in ein „Gummiband", das mittels Maus an beliebigen Punkten verschoben werden kann.

Beim Editieren eines Schaltplanes sind auch folgende Funktionen sehr hilfreich: Mit *Pan - New Center* des *View* Menüs wird der Maus Cursor zu einem Fadenkreuz und ein linker Mausklick legt den neuen Mittelpunkt der Darstellung fest. Mit *Redraw* desselben Menüs wird die Schaltung auf dem Bildschirm regeneriert. Dieses ist sehr hilfreich, da die Qualität der Darstellung leidet, wenn Symbole und Leitungen aus der Zeichnung gelöscht, bewegt oder neu gezeichnet wurden. Der Befehl *Fit* bzw. der Button läßt die Schaltung passend auf dem Bildschirm erscheinen; *In* bzw. vergrößert die dargestellten Objekte um 30 %, *Out* bzw. verkleinert sie um 30 %. Der Vergrößerungsfaktor kann in der MSIM_EV.INI Datei im Windows Stammverzeichnis mit Eintrag hinter dem Wort ZOOMELTA neu festgelegt werden.

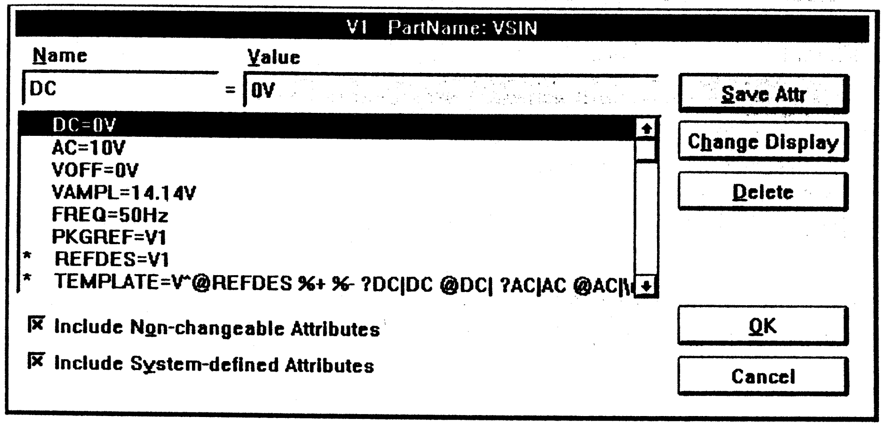
Das fertige Schaltbild kann im Menü *File/Save As* in einer Datei mit der Endung .SCH abgespeichert werden. Der Dateiname ist frei wählbar, jedoch auf maximal 8 Zeichen begrenzt.

Werden die Beispielschaltungen im Schaltplaneditor SCHEMATICS mit Hilfe des Buttons oder durch die Menüfolge *File/Open* geladen, so sind Schaltungseinzelheiten zunächst nur sehr schwer zu erkennen. Schaltungsdetails müssen daher mit *View/Area* oder durch Betätigen des Buttons der Menüleiste vergrößert werden:

Dazu wird mit der Maus ein Rechteckrahmen um das Schaltbild aufgezogen, um dessen Inhalt dann vergrößert auf der Arbeitsoberfläche sichtbar zu machen.

Der Button verkleinert das Arbeitsblatt wieder soweit, daß die gesamte Zeichnung formatfüllend sichtbar wird.

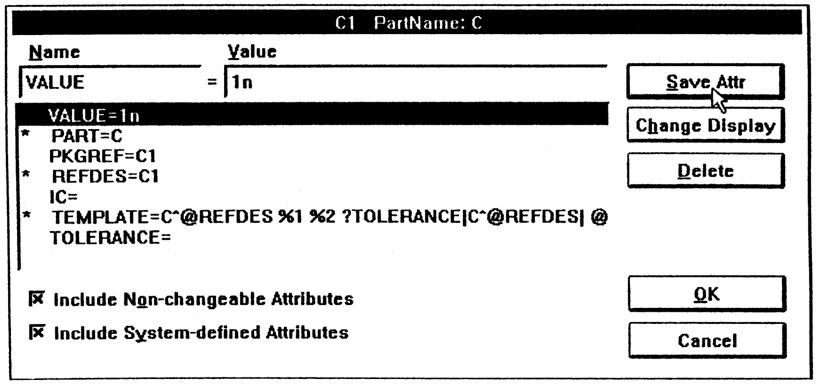
Ein Attributmenü zum Verändern der Bauteilkennwerte öffnet sich beim Doppelklick mit der linken Maustaste auf das entsprechende Bauteil (Alternativ: Button oder *Edit/Attributes* bei bereits markierten Bauteilen). Im Attributmenü für die Sinusquelle VSIN aus der Bibliothek SOURCE.SLB werden die Kennwerte gemäß folgender Abbildung eingetragen:

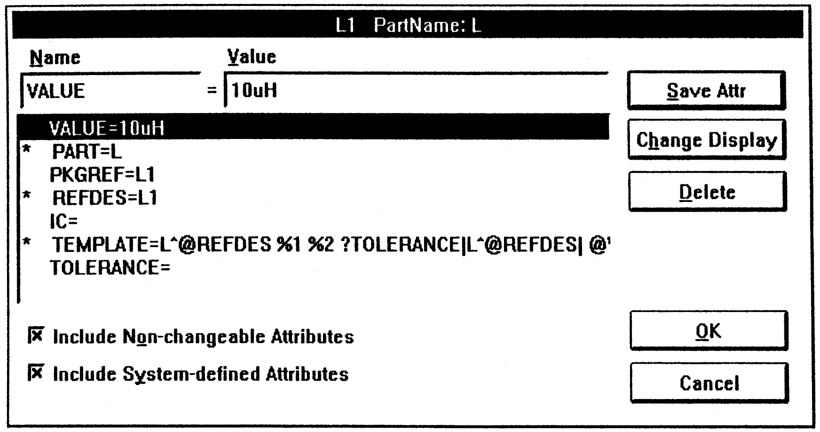


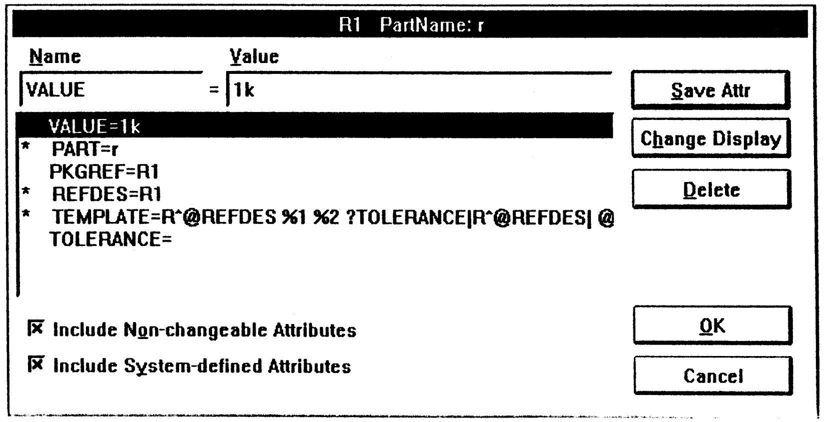
Auf die Bedeutung der einzugebenden Kennwerte wird später in einem gesonderten Kapitel ausführlich eingegangen. Zunächst jedoch werden nach dem Eintragen der einzelnen Parameter bei DC, AC, VOFF, VAMPL und FREQ jeweils durch Anklicken des Tastenfeldes „Save Attr“ (SAVE ATTRIBUTE) die Parameter in SCHEMATICS übernommen. Die übrigen Parameter können beibehalten werden.

Die Attributmenüs für den Kondensator, die Spule und für den Widerstand müssen für diese Beispielschaltung folgendermaßen aussehen:

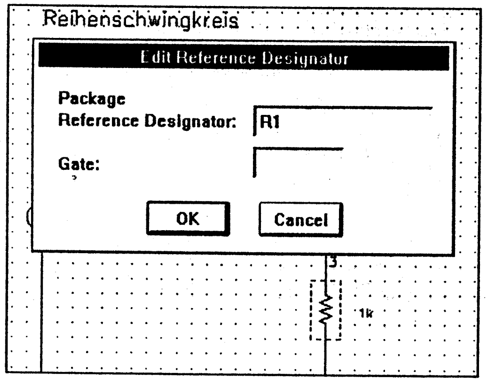
Attributmenüs für Kondensator, Spule und Widerstand



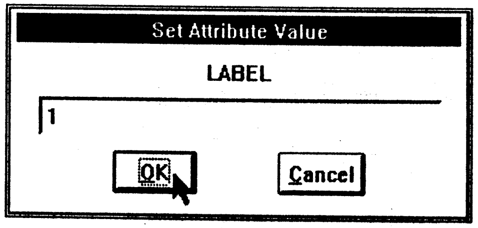




Die Bauteilbezeichnungen innerhalb des Schaltplanes vergibt SCHEMATICS beim Plazieren zunächst selbsttätig. Sollen diese jedoch abgeändert werden, so kann das leicht durch Positionieren des Cursors auf die zu editierende Bauteilbezeichnung und anschließendes Doppelklicken mit der linken Maustaste eingeleitet werden. In das sich daraufhin öffnende Fenster ist die neue Bauteilbezeichnung einzutragen.



Das Programm vergibt intern eigenständig Knotennummern innerhalb des Schaltplanes. Trotzdem empfiehlt es sich, bei umfangreicheren Schaltungen sogenannte „Label" zu vergeben, um später nach erfolgter Simulation die interessierenden Meßpunkte in den Simulationsergebnissen leichter aufzufinden. Hierzu wird durch Doppelklick auf eine Leitung ein Fenster geöffnet, in dem die Knotenbezeichnung eingetragen wird:

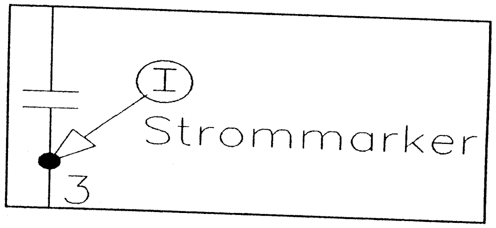


Alternativ können Label auch mit *Edit/Label* (Button) vergeben werden, wenn die entsprechende Leitung (bzw. Knoten) vorher mit der Maus markiert wurde.

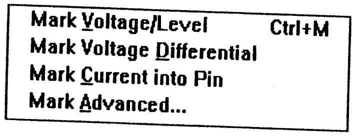
Die Schaltungsmasse (z.B.: AGND aus der Bibliothek PORT.SLB) besitzt standardgemäß immer die Labelbezeichnung 0.

Die Einzeichnung von mindestens einem Schaltungsmasseknoten ist für den Simulator zur Schaltungsanalyse eine unbedingt notwendige Voraussetzung.

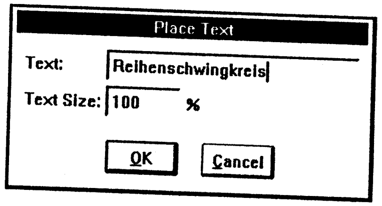
Der Editor SCHEMATICS ermöglicht dem Anwender, schon im Schaltbild Meßstellen für die spätere grafische Auswertung in PROBE zu definieren. Zu diesem Zweck sind sogenannte Marker vorgesehen, die ähnlich den Prüfspitzen realer Meßgeräte an beliebige Stellen der Schaltung „geklemmt" werden können.



Strommarker (*Markers/Mark Current into Pin*) dürfen im Gegensatz zu Spannungsmarkern nur direkt an die Anschlußpins der Bauteile gesetzt werden. In diesem Schaltungsbeispiel wurde nur ein Strommarker an den unteren Anschlußpin des Kondensators plaziert. Auf den Umgang mit den verschiedenen Markern wird später in einem gesonderten Kapitel ausführlicher eingegangen.



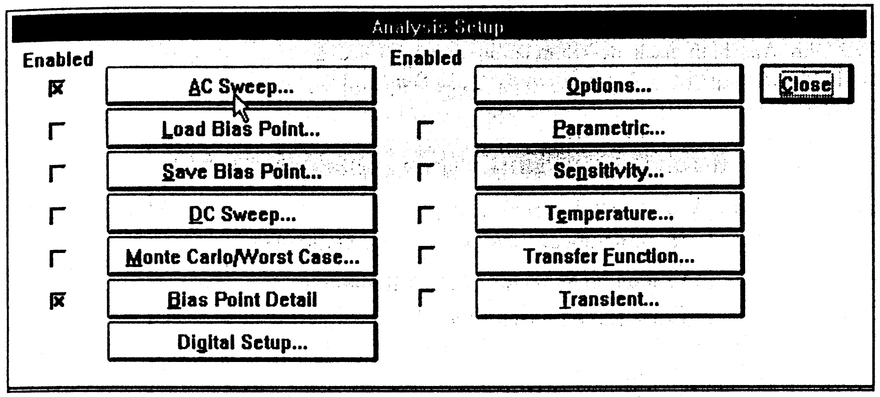
Der Button oder wahlweise *Draw/Text* läßt es zu, eine beliebige Kommentartextzeile zu erstellen und diese an der gewünschten Schaltungsposition mit der Maus zu plazieren:



Beispielsweise können so Überschriften und Kommentare dem Schaltbild angefügt werden. Die Textgröße ist durch die Eingabe eines prozentualen Wertes im Feld „Text Size" festzulegen.

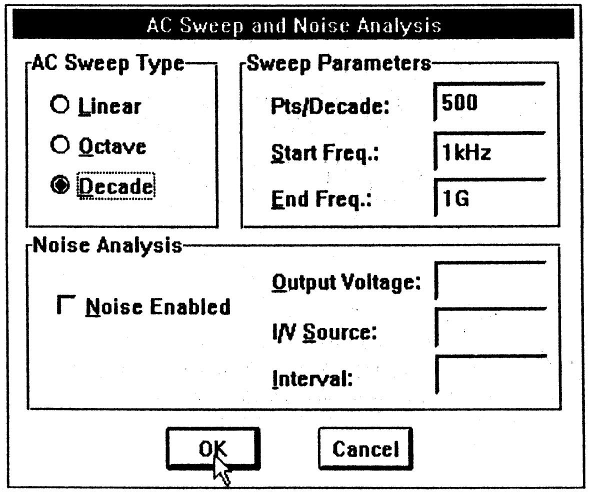
Das mit dem Editor wie zuvor beschrieben erstellte Schaltbild ist nun für einen Simulationsdurchlauf mit PSpice vorbereitet. Die Option *Analysis/Electrical Rule Check* bietet eine Kontrolle darüber, ob alle Verbindungen elektrisch korrekt bestehen und gängige Schaltungsdesignregeln eingehalten wurden. So wird z.B. das Verbinden von zwei TTL-Gatterausgängen als Fehler erkannt.

Jetzt muß noch die Analyseart der Simulation festgelegt werden. Dazu wird mit dem Button oder *Analysis/Setup* ein Auswahlfenster für verschiedene Analysearten eröffnet. Um das Resonanzverhalten des Reihenschwingkreises zu ermitteln, soll der Strom im Kreis in Abhängigkeit von der Frequenz der Spannungsquelle VSIN berechnet werden. Zu obigem Beispiel wird also die AC Sweep Analyse ausgewählt.



Eine ausführliche Erläuterung zu den einzelnen Analysearten erfolgt später in einem gesonderten Kapitel.

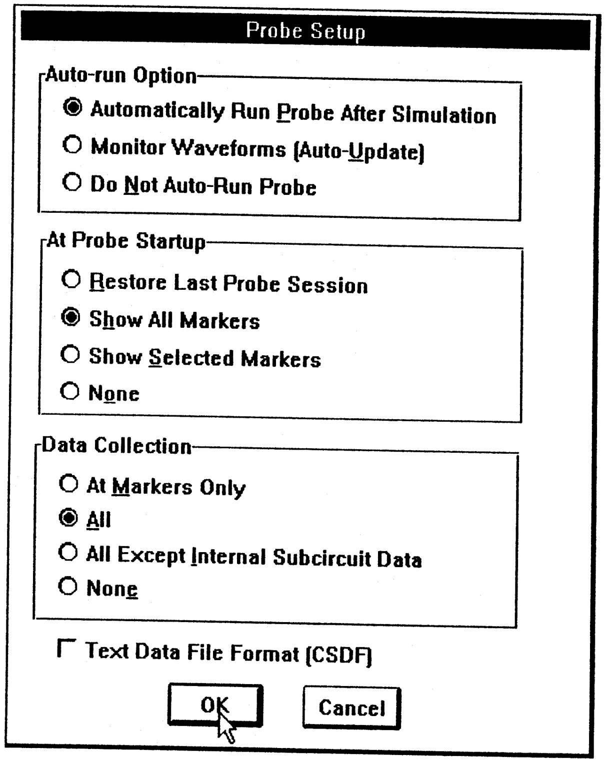
Zunächst muß das Kästchen links neben „AC Sweep" angeklickt werden, so daß es anschließend mit einem Kreuz markiert ist. Danach wird direkt die „AC Sweep" Schaltfläche betätigt und ein neues Eingabefenster geöffnet.



Hier werden für das Reihenschwingkreis-Beispiel gemäß vorstehender Abbildung die gewünschten Parameter für die Start- und Endfrequenz und die Anzahl der auszugebenden Punkte pro Dekade bei logarithmischer Teilung des Frequenzbandes eingetragen.

Vor dem Start der Simulation ist noch folgendes zu beachten:

Damit das Programmodul PROBE zur grafischen Auswertung der Simulationsergebnisse direkt im Anschluß nach der Simulation durch PSpice gestartet wird, ist es notwendig, SCHEMATICS dieses vorher in *Analysis/Probe Setup* mitzuteilen:



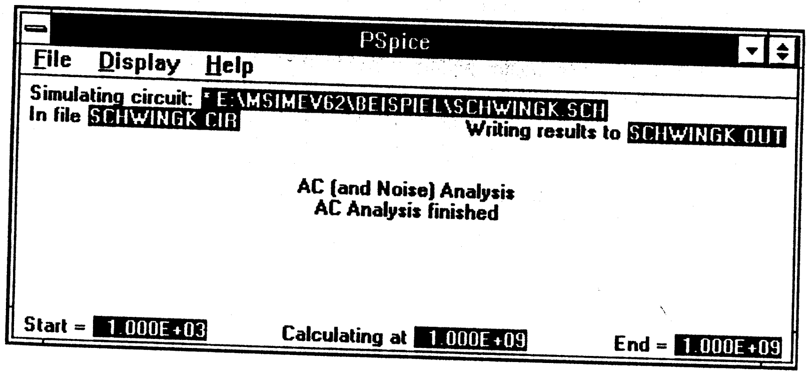
Dazu wird „Automatically Run Probe After Simulation" aktiviert. Mit „Show All Markers" werden die Strom- und Spannungsverläufe an den durch die Marker markierten Schaltungsstellen automatisch nach dem Start von PROBE grafisch dargestellt. Unter „Data Collection" wird über den Schalter „All" festgelegt, daß die Simulationsergebnisse aller Knoten in die Ausgabedatei SCHWINGK.DAT eingetragen werden und somit auch mit PROBE grafisch ausgewertet werden können.

Die anderen Optionen bewirken folgendes:

Monitor Waveforms	Schon während der Simulation kann beobachtet werden, wie sich die Kurvenverläufe aufbauen
Do not Auto-Run Probe	Es erfolgt kein automatischer Start von PROBE nach jeder Simulation
Restore Last Probe Session	Die Einstellungen des letzten PROBE-Aufrufes werden mit den neuen Daten wiederhergestellt
Show Selected Markers	Es werden in PROBE nur die Spannungen und Ströme der rot markierten Marker dargestellt
At Markers Only	Nur die Ströme und Spannungen der durch Marker gekennzeichneten Knoten werden gespeichert
All Except Internal Subcircuit Data	Die Knotenspannungen und Ströme der Subcircuits (Unterschaltkreise) werden von der Speicherung ausgeschlossen
Text Data File Format (CSDF)	Die Daten werden von PSpice anstatt im Binärformat im ASCII-Format gesichert

Nach Schließen des PROBE Setup-Fensters muß eine Speicherung des Schaltbildes inclusive aller zur Simulation nötigen Voreinstellungen erfolgen. Vorzugsweise wird dafür der Button betätigt.

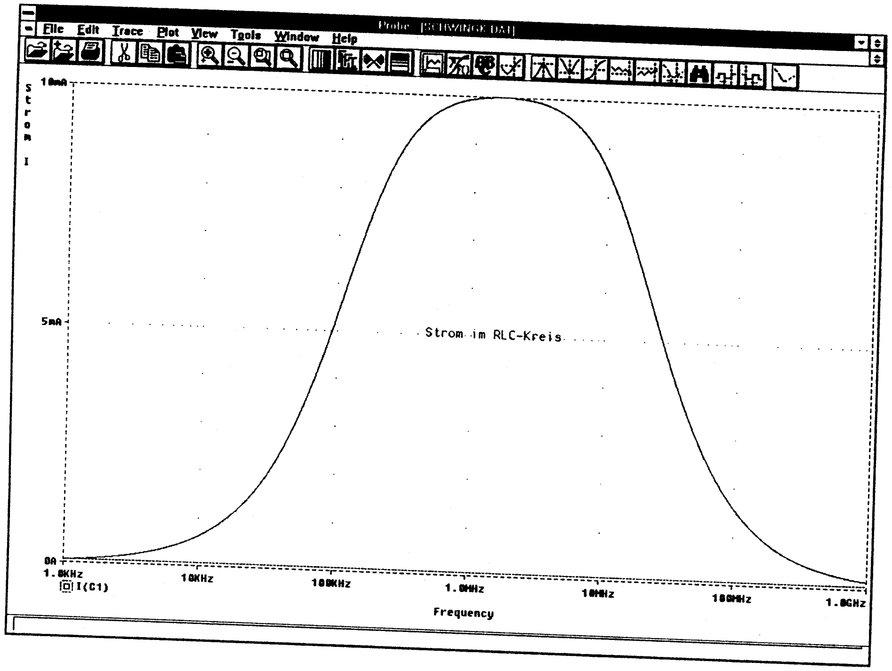
Mit dem Button bzw. dem Unterpunkt *Simulate* im Menü *Analysis* (entspr. Taste F11) wird nun die Simulation gestartet. SCHEMATICS generiert zur Simulation für genanntes Beispiel zunächst die ASCII-Datei SCHWINGK.CIR, die eine für das Simulationsprogramm PSpice verarbeitbare Simulationsnetzliste der Schaltung beinhaltet. Die Simulationsergebnisse legt PSpice in der ASCII-Datei SCHWINGK.OUT ab sowie in einer Datei mit für PROBE verarbeitbaren Binärdaten mit Namen SCHWINGK.DAT.



Grafische Auswertung von Simulationsergebnissen in PROBE

Nach erfolgreicher Simulation wird direkt PROBE gestartet. Die Daten werden als Strom über der Frequenz in Kurvenform ausgegeben.

PROBE meldet sich dann mit folgender Grafik:



Um die Datenausgabe in PROBE der jeweiligen Analyseaufgabe optimal anzupassen, bietet das Programm zahlreiche Optionen zur grafischen Aufbereitung der Simulationsergebnisse.

Ab der Version 6.2 sind die wichtigsten nicht nur über Pull Down Menüs, sondern zusätzlich auch mittels einer Buttonleiste zu erreichen. Um alle 28 Buttons nutzen zu können, ist allerdings eine Mindestbildschirmauflösung von 1024 x 768 Pixel erforderlich.

Eine Übersicht der Buttonfunktionen in PROBE findet sich in nachstehender Auflistung.

Buttons in PROBE:

Öffnen einer Binärdatendatei *.DAT

Aufnahme zusätzlicher Signalverläufe ins bestehende Diagramm

Öffnen einer zusätzlichen Binärdatei zur gemeinschaftlichen Darstellung

Anwenden von Zielfunktionen auf einen Kurvenabschnitt

Ausdruck des aktuellen Plots

Anfügen von Bezeichnungen und Kommentartext

Ausschneiden von im Diagramm markierten Kurvenzügen zur Ablage in die Windows Zwischenablage

Einschalten von Cursern zur numerischen Ausgabe einzelner Kurvenpunkte

Kopieren von im Diagramm markierten Kurvenzügen in die Windows Zwischenablage

Plaziert den Cursor auf das nächste lokale Maximum

Einfügen des Inhaltes der Windows-Zwischenablage

Plaziert den Cursor auf das nächste lokale Minimum

Vergrößern des Arbeitsblattausschnittzentrums

Plaziert den Cursor auf die nächste Stelle mit betragsmäßig größter Steigung

Verkleinern des Arbeitsblattausschnittzentrums

Plaziert den Cursor auf das absolute Minimum

Vergrößern eines ausgewählten Diagrammausschnittes

Plaziert den Cursor auf das absolute Maximum

Formatfüllende Darstellung des gesamten Diagrammes

Läßt den Cursor zum nächsten Datenpunkt springen

Umschalten zwischen linearer und logarithmischer Abszissenteilung

Eingabe eines Cursorsuchbefehls

Umschalten zur Fast Fourier Transformation

Läßt den Cursor bei digitalen Signalverläufen zur nächsten Flanke springen

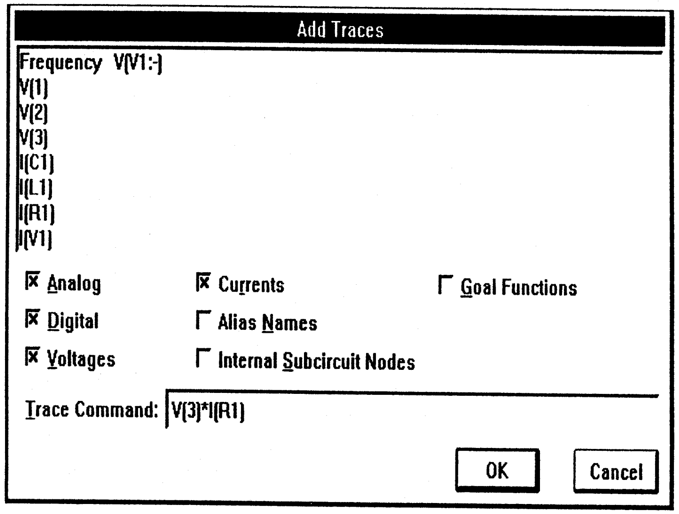
Umschalten zur Performance Analyse

Läßt den Cursor bei digitalen Signalverläufen zur vorhergehenden Flanke springen

Umschalten zwischen linearer und logarithmischer Ordinatenteilung

Markiert die von PSpice errechneten Datenpunkte im Kurvenverlauf

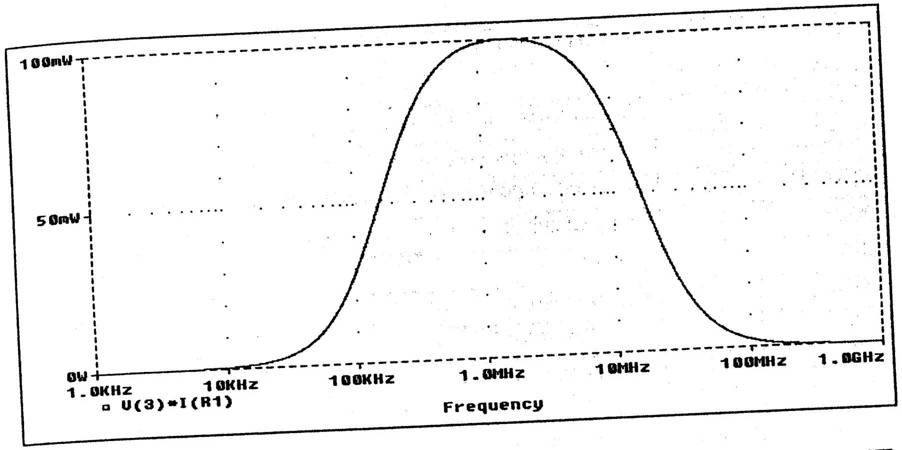
Da PSpice von allen Knoten Daten aufgenommen hat, ist es mit dem Button oder mit dem Menü *Trace/Add* möglich, unterschiedliche Spannungs- und Stromverläufe an beliebigen Knoten der Schaltung auf dem Bildschirm darzustellen. Im Eingabefenster „Trace Command“ ist es möglich, verschiedene Kurvenverläufe auch mathematisch miteinander zu verknüpfen:



Beispiel:

V(3)*I(R1) ⇒ dargestellt wird das Produkt aus dem Spannungswert am Widerstand R1 (entspr. dem Leitungsstück 3) und dem durch den Widerstand R1 fließenden Strom.

Betrachtet wird also die aufgenommene Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz.



Hinweis:
Soll eine bestimmte Ausgangsgröße im Diagramm nicht mehr erscheinen, so wird deren Bezeichnung unterhalb der Abszisse mit der Maus markiert und anschließend die ENTF-Taste gedrückt.

Bei Eintragungen in das „Trace Command" Feld ist auf die korrekte Syntax der mathematischen Ausdrücke zu achten:

Tabelle der wichtigsten arithmetischen Ausdrücke

math. Funktion	Erläuterung
ABS(x)	Betrag von x
SQRT(x)	Quadratwurzel von x
DB(x)	Betrag von x in Dezibel
SIN(x)	Sinus von x (in Radiant)
COS(x)	Cosinus von x (in Radiant)
TAN(x)	Tangens von x (in Radiant)
ATAN(x)	Arcustangens von x (in Radiant)
d(x)	Ableitung von x nach der Abszissenvariablen
s(x)	Integral von x über die Abszissenvariable
ARCTAN(x)	Arcustangens von x (in Radiant), siehe auch ATAN(x)
RMS(x)	Effektivwert (= Root Mean Square)
R(x)	Realteil von x

Tabelle Fortsetzung

IMG(x)	Imaginärteil von x
EXP(x)	e^x
MIN(x)	Minimum des Realteiles von x
MAX(x)	Maximum des Realteiles von x
AVG(x)	Laufender Mittelwert von x über den Bereich der Abszissenvariablen
G(x)	Gruppenlaufzeit von x (Group Delay)
M(x)	Betrag von x
SGN(x)	Signumfunktion
LOG10(x)	Logarithmus zur Basis 10
LOG(x)	Logarithmus zur Basis e

Die Achseneinteilung der Abszisse kann mit *X Axis Settings* im PROBE Menü *Plot* festgelegt werden. Entsprechendes gilt für die Ausgangsgröße auf der Ordinate *(Y Axis Settings)*.

Eine zusätzliche Ordinate zur Darstellung einer weiteren Ausgangsgröße in einem einzigen Diagramm wird durch das Untermenü *Add Y Axis* realisiert.

Damit aussagekräftige Kurvenverläufe der Simulationsergebnisse nicht alle in einem einzigen Diagramm abgebildet werden müssen, besteht die Option, jede gewünschte Ausgangsgröße in einem eigenen Diagramm getrennt darzustellen. Diese Mehrfachdarstellungen dienen der besseren Übersicht und lassen sich mit *Add Plot* aus dem Menü *Plot* erstellen.

Die Wertepaare markanter Kurvenpunkte können mit Hilfe von Fadenkreuzen bestimmt werden. Dazu wird in PROBE zunächst die Menüfolge *Tools/Cursor/Display* aufgerufen oder einfach der Button betätigt. Wird mit dem Mauscursor die Kurve an gewünschter Stelle angeklickt, so erscheint ein großes Fadenkreuz, dessen Position in einem „Probe Cursor Fenster" durch Angabe seiner Achsenwerte gekennzeichnet ist. Durch Betätigen der rechten Maustaste ist es darüberhinaus möglich, ein weiteres Fadenkreuz aufzurufen. Im Probe Cursor Fenster kann dann neben den Absolutwerten ebenfalls die Differenz beider Achsenwertepaare abgelesen werden.

Mit Hilfe des Buttons oder der Menüfolge *Tools/Cursor/Max* wird das Fadenkreuz auf das Maximum der Kurve gesetzt. Beispielhaft wurde in obenstehender Abbildung ein zweites Fadenkreuz mittels des Buttons auf die ausgehend vom Maximum nächstgelegene Stelle der Kurve mit der betragsmäßig größten Steigung gelegt. Die Probe Cursor Box zeigt die Achsenwerte des Maximums (1. Zeile) wie folgt an:

Mit dem Button bzw. *Tools/Label/Text* kann Kommentartext (ohne deutsche Umlaute) den Diagrammen zugefügt werden.

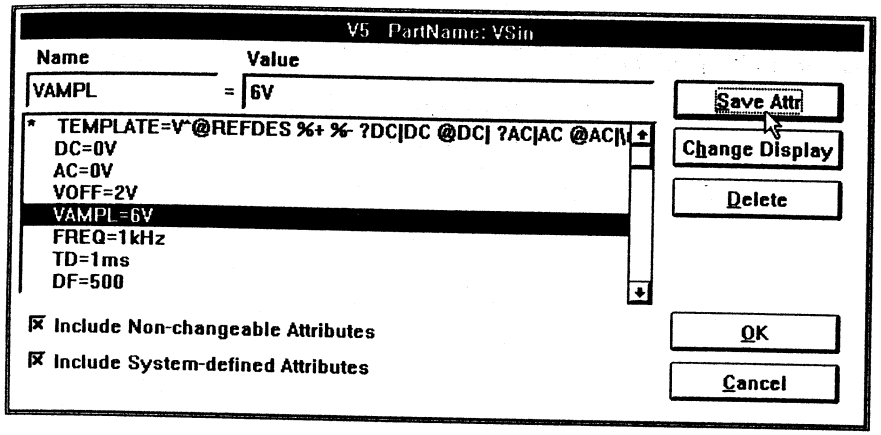
Sind die Diagramme in PROBE zur Präsentation fertig dokumentiert, so kann die Darstellungsform im Menü *Tools/Display Control* in einer Datei mit der Extention .PRB gesichert werden.

Quellen

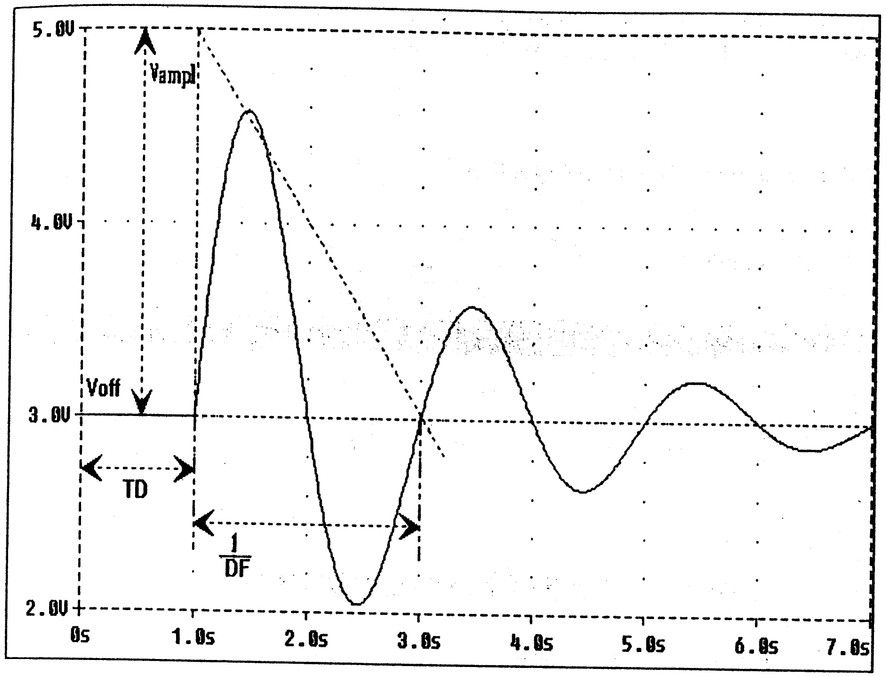
Quellen mit abklingendem sinusförmigen Verlauf

VSIN bzw. **ISIN**:

Mit diesen Quellen werden abklingende sinusförmige Ausgangsspannungen bzw. Ströme erzeugt.



AC:	Wechselspannungsanteil für die AC-Sweep Analyse (Effektivwert)	
DC:	Gleichanteil, der nur bei einer DC-Analyse verwendet werden darf (historisch bedingt)	
VOFF/ IOFF:	Gleichanteil, der nur bei der Transientenanalyse benutzt wird	
VAMPL:	Amplitude (peak amplitude) $AMPL = \sqrt{2} \cdot AC$	
FREQ:	Frequenz	Standardwert: $\frac{1}{TSTOP}$
TD:	Startverzögerung (delay)	Standardwert: 0s
DF:	Faktor für die Dämpfung (damping factor)	Standardwert: $0s^{-1}$
PHASE:	Phase in Grad	Standardwert: 0°



Die VSIN-Quelle ist hauptsächlich für den Einsatz in einer Transientenanalyse bestimmt. Bei einer AC SWEEP-Analyse werden im allgemeinen die VAC bzw. IAC-Quellen häufiger verwendet als die VSIN bzw. ISIN-Quellen. Wird z.B. die VSIN-Quelle innerhalb einer AC SWEEP-Analyse benutzt, so gibt es einige Punkte, die unbedingt beachtet werden müssen.

Hinweis:

Bei einer AC SWEEP-Analyse mit einer VSIN bzw. ISIN Quelle muß der Parameter für AC unbedingt ungleich 0V bzw. 0A betragen. Der bei VAMP zu notierende Wert hat auf die AC SWEEP-Analyse keinen Einfluß, obwohl dort ein Wert für die Amplitude gefordert wird. Wird allerdings eine Transientenanalyse durchgeführt, so ist der Wert, der bei VAMP steht, maßgebend und nicht der, der bei AC steht.

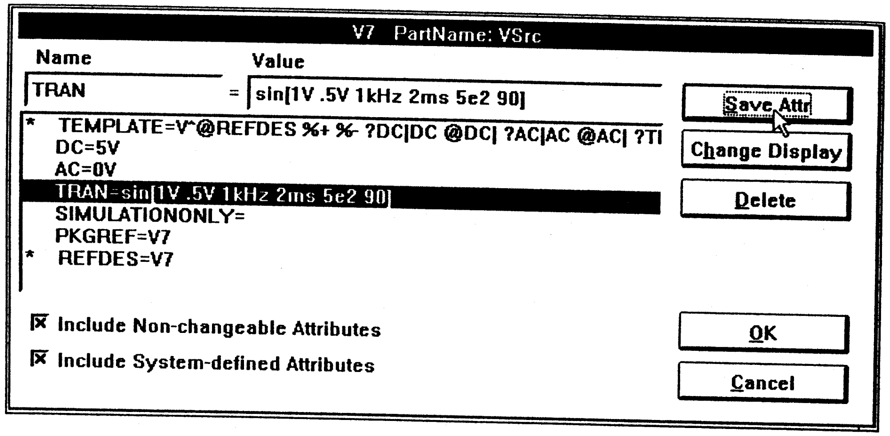
Es ist eine Eigenart des Programmes, daß bei der AC SWEEP-Analyse trotz des „Durchfahrens" eines Frequenzbereiches bei FREQ ein beliebiger fester Frequenzwert eingegeben werden muß, um die Simulation erfolgreich zu starten.

Bei DC, AC, VAMP, FREQ und VOFF sollte immer ein Eintrag erfolgen. Gegebenenfalls werden die entsprechenden Werte zu 0 gesetzt.

Universelle Quellen

VSRC bzw. **ISRC**:

Mit dieser Universalquellenart kann prinzipiell jede der zuvor aufgeführten Quellen nachgebildet werden. Der Anwender muß dazu im Attributmenü in der Zeile „TRAN=“ die PSpice Syntax für die gewünschte Quelle über die Tastatur eingeben.



DC: Gleichspannungsanteil der Quelle

AC: Wechselspannungsanteil (nur für die AC-Sweep Analyse)

TRAN: Quellensyntax zur Transientenanalyse: SIN, PULSE, EXP, PWL, FFM

Beispiel 1:

TRAN = pulse[0.5V 1V 1ms 250us 100us 2ms 4ms]

Beispiel 2:

TRAN = sin[1V .5V 1kHz 2ms 5e2 90]

Beispiel 3:

TRAN = exp[.4V 2V 1ms 1ms 6ms .45ms]

Beispiel 4:

TRAN = pwl[0,.7V 2ms,1V 3ms,5V 5ms,7V 8ms]

Beispiel 5:

TRAN = sffm[.6V .35V 1kHz 5 100Hz]

Maßeinheiten und mathematische Operatoren

Für PSpice gilt folgende abkürzende Schreibweise für die Maßeinheiten:

Abkürzung		Potenz
G	Giga	10^{9}
MEG	Mega	10^{6}
K	Kilo	10^{3}
M	Milli	10^{-3}
U	Mikro	10^{-6}
N	Nano	10^{-9}
P	Piko	10^{-12}
F	Femto	10^{-15}

Nachstehende Werteangaben für einen 1kΩ Widerstand werden beispielsweise vom PSpice Interpreter als gleichwertig akzeptiert:

1E3
1000
1000.0
1000Ohm
1k
1.0k
1.0kOhm
0.001MEG

Hinweis:
Zu beachten ist insbesondere die Schreibweise für die Zehnerpotenz Mega:
Statt M wird MEG verwendet, da M schon als Abkürzung für Milli benutzt wird.

Erlaubte mathematische Operatoren (z.B. zur Ausgabedatenverknüpfung in PROBE):

Tabelle Fortsetzung

<table>
<tr><th>Zeichen</th><th>Bedeutung</th></tr>
<tr><td>+</td><td>Addition</td></tr>
<tr><td>–</td><td>Subtraktion</td></tr>
<tr><td>*</td><td>Multiplikation</td></tr>
<tr><td>/</td><td>Division</td></tr>
<tr><td>~</td><td>Negation</td></tr>
<tr><td>|</td><td>boolesche ODER Verknüpfung</td></tr>
<tr><td>^</td><td>boolesche Exklusiv Oder Verknüpfung</td></tr>
<tr><td>&</td><td>boolesche Und Verknüpfung</td></tr>
<tr><td>==</td><td>Test auf Gleicheit</td></tr>
<tr><td>!=</td><td>Test auf Ungleichheit</td></tr>
<tr><td>></td><td>"größer als"</td></tr>
<tr><td>>=</td><td>"größer gleich"</td></tr>
<tr><td><</td><td>"kleiner als"</td></tr>
<tr><td><=</td><td>"kleiner gleich"</td></tr>
</table>

Beschreibung der Bibliotheken und wichtigsten Kennbuchstaben der Schaltelemente

Kennbuchstaben

Die wichtigsten Kennbuchstaben zur Bezeichnung von Bauelementen sind:

Passive Bauelemente:

R	Ohmscher Widerstand
C	Kondensator
L	Induktivität
K	Übertrager

Halbleiterbauelemente:

D	Diode
J	Sperrschicht-FET
Q	Bipolartransistor
M	MOSFET
U	Digitale Grundmodelle (IC´s usw.)

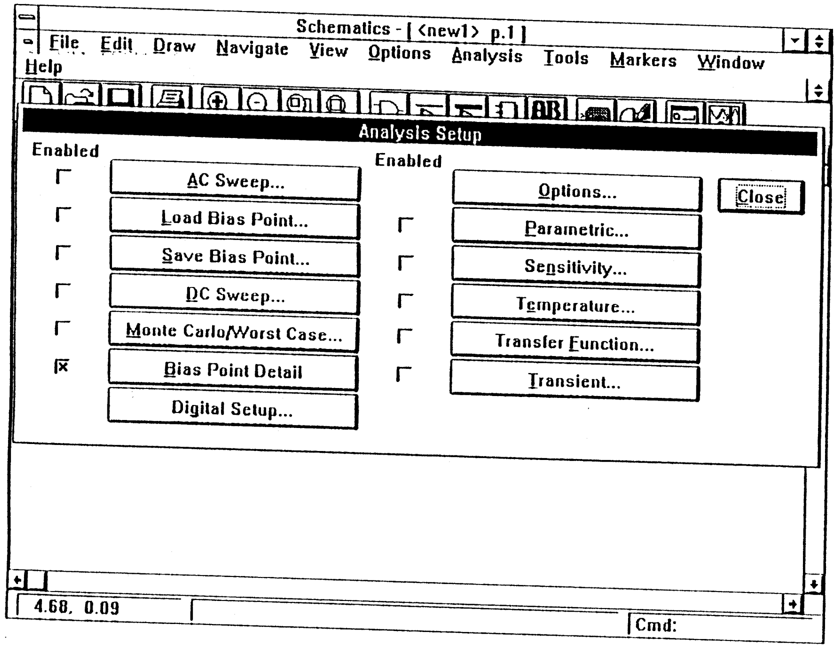
Quellen:

V	Unabhängige Spannungsquelle
I	Unabhängige Stromquelle
F	Stromgesteuerte Stromquelle
E	Spannungsgesteuerte Spannungsquelle

Auswahl der Simulationsarten

Das *Analysis/Setup* Menüfenster

In *Setup* des Menüs *Analysis* (Button) kann zwischen verschiedenen Analyseverfahren gewählt werden. Die Auswahl erfolgt durch Ankreuzen des entsprechenden Kästchens:



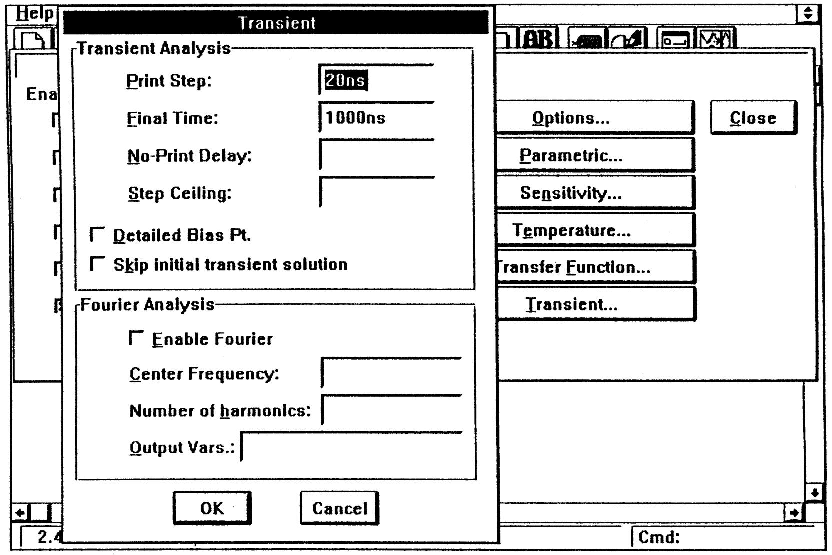
Durch Betätigen der entsprechenden Tastenfelder können in einem Menüfenster die Parameter für die gewählte Analyseart voreingestellt werden. In den folgenden Kapiteln wird darauf noch eingehend Bezug genommen.

Die am häufigsten verwendeten Analysearten sind sicherlich die Transientenanalyse, sowie die AC Sweep- und DC Sweep-Analysen.

Transientenanalyse (Analyse im Zeitbereich)

Die Spannungen, Ströme und digitalen Schaltungszustände werden bei der Transientenanalyse in Abhängigkeit von der Zeit berechnet.

Anklicken des Tastenfeldes „Transient“ eröffnet ein Fenster zur Einstellung weiterer Analyseparameter:



Die Schrittweite für die Darstellung der Simulationsergebnisse in den *.OUT Ausgabedateien wird bei „Print Step“ eingetragen. Diese stimmt nicht mit der internen Berechnungszeitschrittweite, die PSpice während der Transientenanalyse ausführt, überein.

Außerdem legt die eingegebene Print Step Schrittweite die Standardwerte einiger Quellenparameter fest, falls in den Attributmenüs der Quellen vom Anwender keine Werte eingegeben wurden.

Diese Eigenschaft wird deshalb gesondert erwähnt, weil daraus erfahrungsgemäß eine häufige Fehlerquelle resultiert. Der Kurvenverlauf der Signalquelle wird in seiner Charakteristik durch Übernahme der Standardwerte oft entscheident verändert. (vgl. Kapitel „Beschreibung der zur Verfügung stehenden Quellen“ , Standardwert TSTEP)

Die Simulationsergebnisse werden aufgrund der eingegebenen Print Step Schrittweite in der Ausgabedatei *.OUT als eine Auflistung von Zahlenwerten ausgegeben. Die Wirkungsweise der Print Step Schrittweite zeigt das folgende Beispiel. In der Schaltung ist das Symbol VPRINT1 der Bibliothek PORT.SLB wie ein Marker an die entsprechende Stelle plaziert worden. Beispiel:

Bei „Step Ceiling“ wird die interne Rechenschrittweite auf einen maximal zulässigen Zeitwert begrenzt. Ergeben sich in der grafischen Auswertung mit PROBE beispielsweise bei einer Sinuskurve keine abgerundeten Kurvenverläufe, so kann die Step Ceiling Schrittweite verringert und dadurch ein „Glätten“ in der Kurvendarstellung bewirkt werden. Wird hier kein Wert eingetragen, so berechnet das Programm einen Standardwert durch Division des „Final Time“ Wertes durch 50.

Bei „Final Time“ wird der Endwert des Zeitbereiches eingetragen, der durch die Transientenanalyse untersucht werden soll.

„No-Print Delay“ startet die Werteausgabe mit einer Zeitverzögerung.

PSpice beginnt mit der Simulation in jedem Fall bei t=0s. Wird die Funktion No-Print Delay aktiviert, so hat dieses hat zur Folge, daß die errechneten Werte bis zum eingetragenen Zeitpunkt nicht gesichert werden. Die spätere Auswertung beginnt erst nach dieser Zeit, da erst ab hier Daten zur Verfügung stehen. Mit dieser Funktion ist es z.B. möglich, in der grafischen Auswertung durch PROBE Einschwingvorgänge auszublenden.

„Bias Point Detail“ gibt bei Aktivierung in der *.OUT Datei detaillierte Informationen über die von PSpice durchgeführte Arbeitspunktermittlung.

„Skip initial transient solution“ läßt PSpice bei Aktivierung den Vorgang der Arbeitspunktanalyse überspringen. Das Programm setzt alle Anfangswerte zu Null und greift allein auf zuvor in der Schaltung mit Hilfe der Symbole IC1 bzw. IC2 aus der Bibliothek SPECIAL.SLB festgelegte Anfangsbedingungen zurück.

Es besteht die Möglichkeit, von PSpice nach erfolgreicher Transientenanalyse vom Programm eine Fourieranalyse der berechneten Signale durchführen zu lassen. Aus einer periodischen Schwingung wird dabei standardmäßig die 1. bis 9. Harmonische sowie der Gleichanteil berechnet.

Enable Fourier: Der Modus Fourieranalyse wird eingeschaltet.

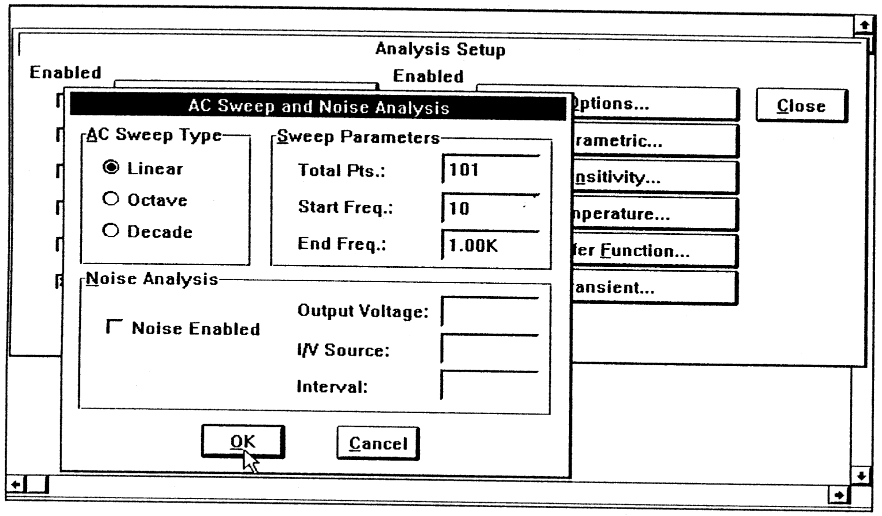
Center Frequency: Hier benötigt PSpice die Angabe der Grundwellenfrequenz.

Number of harmonics: Festlegung der gewünschten Anzahl der zu berechnenden Harmonischen (Oberwellen). Fehlt hier eine Angabe, so wird automatisch bis zur 9. Harmonischen berechnet.

Output Vars.: Spezifizierung des mittels der Fourierzerlegung zu analysierende Ausgangssignals.

AC Sweep- und Rauschanalyse

Untersucht wird bei dieser Analyseart das Verhalten eines Netzwerkes, das mit sinusförmigen Quellen gespeist wird und frequenzabhängige Bauteile enthält. Es lassen sich Frequenzgänge, Grenzfrequenzen, Übertragungsfunktionen, Verstärkungen, Dämpfungsfaktoren u.ä. untersuchen.



Exemplarisch wurde in dem Einführungsbeispiel dieser Dokumentation eine AC Sweep Analyse mit einem RLC-Reihenschwingkreis durchgeführt.

Hinweis:

Voraussetzung für die AC Sweep Analyse ist eine Wechselspannungs- bzw. Wechselstromquelle (z.B. VAC, IAC, VSCR, ISCR, VSIN und ISIN). Dabei muß der im Attributmenü eingetragene Wert für den Effektivwert der Wechselspannung AC stets ungleich 0 V sein.

Bei der AC Analyse gelten gewissermaßen alle Spannungsquellen als Kurzschluß und alle Stromquellen als Isolator, solange im Attributmenü AC nicht definiert oder AC = 0V gesetzt ist.

Einzustellende Parameter bei der AC Sweep Analyse:

Linear:	Lineares Durchlaufen (Sweep) der Frequenz von der Startfrequenz bis zur Endfrequenz
Total Pts:	Gesamtzahl der Berechnungspunkte zwischen den Werten Start Freq. und End Freq. bei Einstellung „Linear“
Octave:	Logarithmisches Durchlaufen des definierten Frequenzbereiches (Logarithmus zur Basis 2)
Pts/Octave:	Zahl der Berechnungspunkte pro Oktave bei Einstellung „Octave“
Decade:	Logarithmisches Durchlaufen des definierten Frequenzbereiches (Logarithmus zur Basis 10)
Pts/Decade:	Zahl der Berechnungspunkte pro Dekade bei Einstellung „Decade“

Hinweis:

Die Endfrequenz und Startfrequenz müssen beide stets größer als Null sein. Zudem ist es nicht erlaubt, die Endfrequenz kleiner als die Startfrequenz zu wählen.

Als Bestandteil der AC Sweep Analyse wird zudem noch die Möglichkeit einer Rauschanalyse geboten.

„Rauschen“ entsteht durch Wärmebewegung der Elektronen im Leiter (thermisches Rauschen) bzw. durch Rekombination und Generation von Löchern und Elektronen im Halbleiter. Physikalisch kann Rauschen als ein Frequenzgemisch angesehen werden.

Soll eine Rauschanalyse durchgeführt werden, so ist eine in der Schaltung bereits vorhandene unabhängige Quelle als Ort, an dem die Rauschberechnung vom Programm erfolgen soll, zu definieren. Die Bezeichnung der unabhängigen Quelle im Schaltbild ist im Feld „Noise Analysis“ bei „I/V Source“ anzugeben und der Modus Rauschanalyse durch Markieren des Kästchens „Noise Enabled“ mit einem Kreuz einzuschalten.

Bei „Output Voltage“ werden die Knoten vermerkt, über die die Summe der Rauschbeiträge gebildet werden soll z.B. V(3,4).

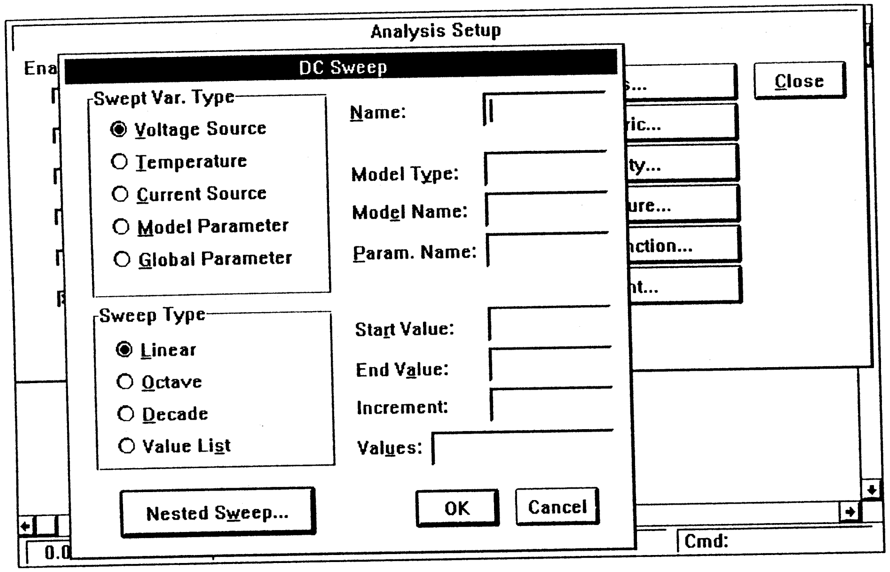
In der Eingabezeile „Interval“ kann festgelegt werden, ob und in welchen Abständen in der *.OUT Datei eine Tabelle ausgegeben werden soll, welche Angaben über die Rauschbeiträge der einzelnen Komponenten enthält. Werden solche Tabellen gewünscht, so bedingt der Eintrag einer dimensionslosen Zahl n eine Tabellenausgabe zu jedem n-ten Frequenzwert.

Die Rauschanalyseergebnisse können dann in PROBE z.B. mit ONOISE (Rauschspannung am Ausgang) im *Add* Menü von *Trace* grafisch dargestellt werden.

DC Sweep Analyse

Bei der DC Sweep Analyse variiert das Eingangssignal (Strom, Spannung), ein Schaltungsparameter oder die Temperatur über einen Bereich.

Als Gleichspannungsquelle wird eine Quelle des Typs VSCR (bzw. ISCR) mit dem Attribut DC = 0V gewählt.



Zuerst wird der Name der Quelle (z.B. Vin) in das Eingabefeld „Name“ eingetragen. Dann werden der Startwert (Start Value), der Endwert (End Value) und die Schrittweite (Increment) eingegeben.

Eine Liste von einzelnen Eingabestützwerten kann anstelle eines kontinuierlichen „Sweep“ im Fenster „Values“ eingetragen werden, nachdem bei „Sweep Type“ der Kreis vor „Value List“ markiert worden ist.

Übersicht der in der Analyseart DC Sweep einzustellenden Parameter:

Voltage Source: Die Ausgangsgröße der Spannungsquelle, deren Bezeichnung im Feld „Name“ steht, wird als veränderliche Größe festgelegt.

Temperature: In der Simulation wird die Temperatur im hier angegebenen Bereich variiert; die Bauteilwerte werden für jeden einzelnen Temperaturwert neu errechnet.

Current Source: Die Ausgangsgröße der Stromquelle, deren Bezeichnung im Feld „Name“ steht, wird als veränderliche Größe festgelegt.

Model Parameter: Für Analysen mit variablen Bauteilparametern sind im Feld „Model Type“ der Modelltyp (z.B.: D für Diode), im Feld „Model Name“ der Modellname (z.B.: D1N750) und im Feld „Param. Name“ der variable Bauteilparameter (z.B. IS für Sättigungssperrstrom) einzutragen.

Global Parameter: Diese Einstellung dient der Analyse mittels Variation globaler Bauteilparameter. Sie findet beispielsweise Anwendung für Potentiometer, Trimmkondensatoren usw.. In diesem Zusammenhang findet das Bauteil PARAM aus der Library SPECIAL.SLB Anwendung, das in der Nähe des zu variierenden Bauteils plaziert werden kann. Ein Doppelklick mit der Maus auf das Param-Symbol öffnet ein Eingabefenster in dem ein Para-metername (z.B. POTI) eingetragen werden kann. Dieser wird auch im Feld „Name“ des DC Sweep Fensters vermerkt (vgl. Kapitel Parameteranalyse).

Linear: Der Laufparameter wird in Schritten mit konstanten Schrittweiten (increment) vom Startwert bis zum Endwert linear erhöht.

Octave: Logarithmisches Durchlaufen des Eingangsparameters (Logarithmus zur Basis 2)

Decade: Logarithmisches Durchlaufen des Eingangsparameters (Logarithmus zur Basis 10)

Value List: Nur die Stützwerte, die in diesem Feld aufgelistet sind, werden zur Berechnung herangezogen.

Nested Sweep: Verschachteltes „Sweep“: Es eröffnet sich ein zweites Fenster zur optionalen Eingabe eines weiteren, zusätzlich zu verändernden Parameters.

Zur internen Berechnung werden im Rahmen der Arbeitspunktfestlegung Induktivitäten durch einen Kurzschluß und Kapazitäten durch eine Unterbrechung ersetzt.

Auflistung der benötigten Bauteile für den Versuch

Bauteil	Bibliothek	Bemerkung
R	analog.slb	Widerstand
C	analog.slb	Kondensator
Q2N2222	eval.slb	NPN-Transistor
Q2N2907A	eval.slb	PNP-Transistor
VSRC	source.slb	normale Spannungsquelle (z.B. DC=5V)
VSIN	source.slb	Sinusspannungsquelle für Transientenanalyse
AGND	port.slb	analoge Masse