

AC simulation

linear steady-state simulation in frequency domain

Symbol:

AC simulation

Name	Default Value	Description
Type	lin	[lin, log, list]
Start	1 GHz	
Stop	10 GHz	
Points	19	
Noise	no	calculate noise voltages [no, yes, contrib]
output	none	additional results in dataset: DC values, bias currents or power? [none, dc, bias, power]

Aktionen im Schaltungseditor

Allgemeine Aktionen

(In allen Modien verfügbar)

Mausrad	Vergrößert oder verkleinert die Ansicht der Zeichenebene. Das funktioniert auch während Operationen wie z.B. dem Verschieben von Komponenten.
Mausrad + Umschalt-Taste	Verschiebt die Zeichenebene horizontal. Sie können auch die aktuelle Größe der Ebene verändern. Das funktioniert auch während Operationen wie z.B. dem Verschieben von Komponenten.
Mausrad + STRG-Taste	Verschiebt die Zeichenebene vertikal. Sie können auch die aktuelle Größe der Ebene verändern. Das funktioniert auch während Operationen wie z.B. dem Verschieben von Komponenten.
rechte Maustaste	Drücken und Loslassen öffnet Menü. Gedrückt-Halten und Bewegen verschiebt die Zeichenebene.
mittlere Maustaste	Aktiviert bzw. deaktiviert Komponente unter dem Mauszeiger.
Drag'n'Drop Datei auf Dokumentenfläche	Versucht die Datei als Schaltung, Datenanzeige, HTML- oder Text-Datei zu öffnen.



Selekt-Modus

(Menü: Bearbeiten→Anwählen)

Linke Maustaste	Wählt das Element unter dem Mauszeiger an. Falls sich mehrere Elemente dort befinden, kann durch mehrmaliges Drücken das gewünschte selektiert werden. Wird die Maustaste gedrückt gehalten, kann das Element und alle bereits angewählten mit dem Mauszeiger verschoben werden. Falls die Elemente sehr genau plaziert werden sollen, kann durch Drücken der Strg-Taste das Gitter ausgeschaltet werden. Befindet sich kein Element unter dem Mauszeiger, dann entsteht sich durch Drücken und Bewegen der Maustaste ein Rechteck. Nach loslassen der Maustaste werden alle Elemente innerhalb
-----------------	--

	dieses Rechteckes angewählt. Die Größe einer selektierten Zeichnung oder Diagramm kann verändert werden, indem die Maustaste über einer der markierten Ecken gedrückt und bewegt wird. Die Position, auf der eine Diagramm-Markierung zeigt, kann verschoben werden, indem man auf das kleine Rechteck auf der Graph-Position drückt, und die Maustaste während der Bewegung gedrückt hält. Nach Drücken auf den Text einer Komponente, kann dieser direkt editiert werden. Mit der Eingabe-Taste wird zum nächsten Parameter gesprungen. Handelt es sich bei dem Parameter um eine Auswahlliste, kann diese mit den Cursortasten hoch/runter geändert werden. Drücken auf einen Schaltungsknoten wechselt in den Modus zum Drahtzeichnen.
Linke Maustaste + STRG- oder Umschalt-Taste	Erlaubt es mehr als ein Element anzuwählen, d.h. das Anwählen eines Elementes wählt die bereits selektierten nicht ab. Diese Vorgehensweise funktioniert auch bei dem Anwählen im rechteckigem Bereich (siehe oben). Drücken auf ein selektiertes Element zusammen mit der Umschalt-Taste wählt dieses ab.
Rechte Maustaste	Öffnet kontextabhängiges Menü. Drücken auf einen Draht wählt nur das einzelne Segment aus, anstatt den gesamten Linienzug.
Doppeldruck der rechten Maustaste	Öffnet Dialog zum editieren der Element-Eigenschaften (Bezeichnung der Drähte, Parameter der Komponenten etc.).

"Element einfügen"-Modus

(Drücken auf eine Komponente/Diagramm/Zeichnung aus der linken Auswahlliste)

Linke Maustaste	Fügt eine neue Instanz der Komponente/Diagramm/Zeichnung in die Schaltung ein.
Rechte Maustaste	Dreht die Komponente. (nur bei Bauteilen)
Mittlere Maustaste	Spiegelt die Komponente. (nur bei Bauteilen)



"Draht"-Modus

(Menü: Einfügen→Draht)

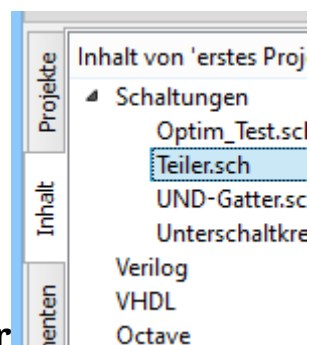
Linke Maustaste	Setzt den Anfangs-/Endpunkt des Drahtes.
Rechte Maustaste	Ändert die Richtung des Draht-Winkels (zuerst links/rechts oder zuerst hoch/runter)
Doppeldruck der rechten Maustaste	Setzt Endpunkt des Drahtes, ohne an einen Draht oder Knoten angeschlossen zu sein.



"Einfüge"-Modus

(Menü: Editieren→Einfügen)

Linke Maustaste	Fügt die Elemente in die Schaltung ein (aus der Zwischenablage).
Rechte Maustaste	Dreht die Elemente.



Maus im "Inhalt" Tabulator

Linke Taste	Selektiert Datei.
Doppelt-Druck	Öffnet Datei.
Rechte Taste	Zeigt Datei-Menü an.

Tastatur

Die meisten Aktionen können durch Tastendruck aktiviert/erledigt werden. Das sieht man im Hauptmenü direkt neben den Kommandos. Einige weitere Tastenkommandos

im Schaltungsfenster sind in der folgenden Liste erklärt:

"Entfernen" oder "Löschen"	Löscht die angewählten Elemente oder aktiviert den "Löschen"-Modus, falls keine Elemente angewählt sind.
Eingabe-Taste	Falls ein Element angewählt ist, wird ein Dialog zum Editieren dieses Elementes geöffnet.
Cursor links/rechts	Ändert die Position der angewählten Marker auf ihren Graphen. Falls kein Marker angewählt ist, werden die angewählten Elemente um ein Gitter verschoben. Falls auch keine Elemente angewählt sind, wird die Dokumenten-Ebene verschoben.
Cursor hoch/runter	Ändert die Position der angewählten Marker auf mehr-dimensionalen Graphen. Falls kein Marker angewählt ist, werden die angewählten Elemente um ein Gitter verschoben. Falls auch keine Elemente angewählt sind, wird die Dokumenten-Ebene verschoben.
Shift+Cursor	Falls Differenz-Marker auf einem Graphen angewählt sind, wird die Referenz-Position verschoben. Falls kein Marker angewählt ist, werden die angewählten Elemente um ein Pixel verschoben.

[zurück nach oben](#)

Anpaßschaltungen

Eine Anpaßschaltung zu erzeugen, wird in der Mikrowellentechnik oft benötigt. Das Programm kann dies automatisch erledigen. Die folgenden Schritte sind dazu nötig:

- S-parameter-Simulation durchführen, um den Reflexionskoeffizienten zu berechnen.
- Diagramm einfügen, um den Reflexionskoeffizienten anzuzeigen (z.B. $S[1,1]$ für Port 1, $S[2,2]$ für Port 2 usw.).
- Markierung auf den Graphen setzen und sie zu der gewünschten Frequenz verschieben.
- Rechte Maustaste auf der Markierung drücken und im Menü "Leistungsanpassung" wählen.
- Ein Dialog erscheint, wo Werte geändert werden können, z.B. kann die Referenzimpedanz von 50 Ohm verschieden gewählt werden.
- Drücken des "Erzeugen"-Knopfes wechselt zurück zur Schaltung und beim Bewegen des Mauszeigers kann die Anpaßschaltung eingefügt werden.

Die linke Seite der Anpaßschaltung ist der Eingang und die rechte Seite muß mit der Schaltung verbunden werden.

Wenn die Markierung im Diagramm auf eine Variable namens "Sopt" zeigt, erscheint im Menü die Option "Rauschanpassung". Der einzige Unterschied zur "Leistungsanpassung" ist der, daß der konjugiert-komplexe Reflexionskoeffizient verwendet wird. Falls die Variable also einen anderen Namen besitzt, kann die Rauschanpassung dadurch erreicht werden, indem man die Werte im Dialog entsprechend ändert.

Der Anpaßdialog kann auch über das Programm-Menü (Werkzeuge→Anpaßschaltung) oder durch die Tastenkombination <STRG-5> aufgerufen werden. Dann müssen jedoch alle Werte manuell eingetragen werden.

2-Port-Anpassung

Wenn der Variablen-Name im Text der Markierung ein S-Parameter ist, Dann existiert die Option für eine gleichzeitige Anpassung von Ein- und Ausgang eines 2-Tores. Das funktioniert ganz ähnlich wie die oben beschriebenen Schritte. Das Ergebnis sind zwei L-Schaltungen: Der ganz linke Knoten ist der neue Port 1 und der ganz rechte der neue Port 2. An den zwei Knoten in der Mitte wird die 2-Port-Schaltung angeschlossen.

[zurück nach oben](#)

Arbeiten mit Unterschaltkreisen

Unterschaltkreise werden benutzt, um mehr Übersichtlichkeit in eine Schaltung zu bringen. Das ist sehr nützlich für große Schaltungen oder für Schaltungen, in denen ein Komponenten-Block mehrere Male vorkommt.

Jede Schaltung, die einen Unterschaltkreis-Anschluss beinhaltet, ist ein Unterschaltkreis. Sie erhalten einen Unterschaltkreis-Anschluss, indem Sie die Werkzeugleiste benutzen, die Liste der Komponenten-Klassen (in "konzentrierte Komponenten") oder das Menü (Einfügen→Anschluß einfügen). Nachdem Sie alle Ports eingefügt haben (z.B. zwei), muß die Schaltung gespeichert werden (z.B. STRG-S). Wenn Sie anschließend einen Blick in den Inhalts-Tab (Bild 1) auf der linken Seite werfen, sehen Sie dort ein "2-Port" neben den Schaltungsnamen (Spalte "Bemerkung"). Dieser Hinweis kennzeichnet alle Dokumente, die Unterschaltungen sind. Drücken Sie auf den Namen der Unterschaltung. In der Zeichenfläche führt der Mauszeiger nun das Symbol der Unterschaltung mit sich und sie kann durch Drücken der linken Maustaste in die aktuelle Schaltung eingefügt werden. Tun Sie das und vervollständigen die Schaltung. Wenn Sie jetzt eine Simulation durchführen, ist das Ergebnis das gleiche, als wenn die Komponenten der Unterschaltung direkt in der Hauptschaltung vorhanden wären.

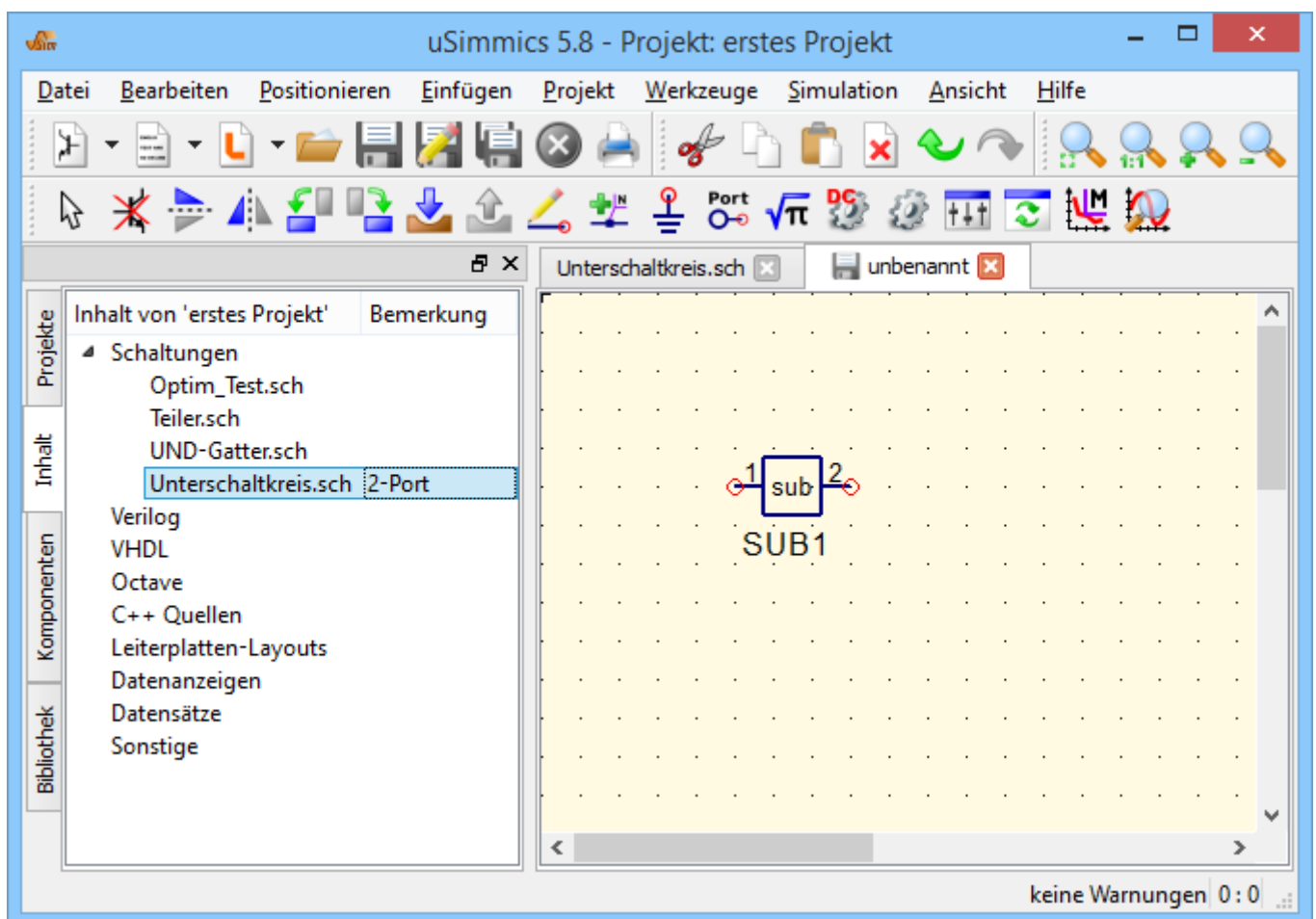


Bild 1 - Zugriff auf eine Unterschaltung

Wenn Sie in einer Schaltung eine Unterschaltungskomponente anwählen, können Sie

das Dokument dieser Unterschaltung öffnen, indem Sie STRG-I drücken (natürlich ist diese Funktion auch über die Werkzeugleiste oder über das Menü erreichbar). Mit STRG-H können Sie zum vorigen Dokument zurückkehren.

Falls Sie das Schaltungssymbol einer Unterschaltung nicht mögen, können Sie Ihr eigenes zeichnen. Sie brauchen nur die Unterschaltung öffnen und den Menüpunkt "Datei→Schaltungssymbol editieren" wählen. Falls Sie noch kein Symbol für diese Schaltung gezeichnet haben, wird automatisch ein einfaches Symbol erzeugt. Jetzt können Sie das Symbol verändern, indem Sie Linien, Kreisbögen usw zeichnen. Wenn Sie fertig sind, muß das Dokument gespeichert werden. Fügen Sie die Unterschaltung anschließend in ein Dokument ein, so geschieht das mit dem neuen symbol.

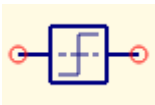
Genau wie alle anderen Komponenten, können auch Unterschaltungen Parameter besitzen. Um diese Parameter zu erzeugen, kehren Sie zurück zu dem Editor, wo Sie das Schaltungssymbol gezeichnet haben. Dort doppel-drücken Sie auf den Parameter-Text. Ein Dialog erscheint, wo Parameter mit ihren Default-Werten und Beschreibungen hinzugefügt werden können. Wenn Sie fertig sind, schließen Sie den Dialog und speichern Sie die Unterschaltung. In allen Dokumenten, wo die Unterschaltung eingefügt wurde, besitzt sie nun die neuen Parameter. Diese können beliebig editiert werden, genau wie in jeder anderen Komponente.

[zurück nach oben](#)

Quantization

quantization with signal matched filter

Symbol:



Name	Default Value	Description
samples	0	number of samples per pulse (0=take number of simulation component)
shape	dirac	pulse shape for correlation filter [dirac, rectangle, linear, cosine, root-cosine, gauss]
n	2	number of discrete states
max	1	value for maximum discretization (for bipolar => negative)

Benutzermodelle erzeugen

Eines Tages wird es vorkommen, das man eine Komponente benötigt, die noch nicht existiert. Jetzt muß der Benutzer sein eigenes Modell entwerfen. Eine einfache und schnelle Methode, dies zu tun, bietet die *Formel-Komponente*, welche sich bei den nicht-linearen Komponenten befindet.

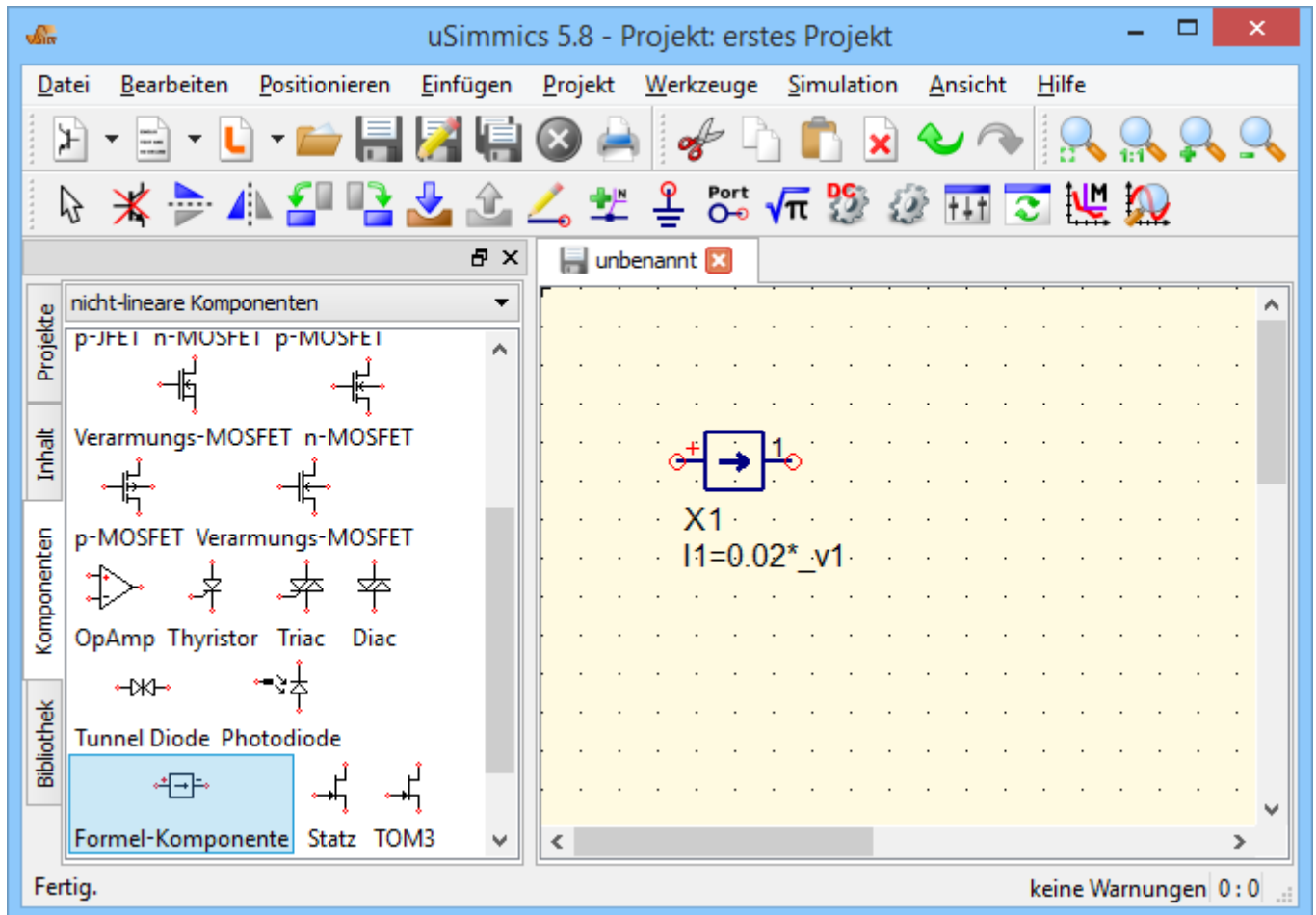


Bild 1 - Erzeugen eines Benutzermodells

Die *Formel-Komponente* kann aus mehreren Anschlußpaaren bestehen. Für jedes kann eine Strom-Gleichung eingetragen werden, welche die Abhängigkeit zu den Port-Spannungen festlegt. Bild 1 zeigt ein sehr einfaches Beispiel. Die Komponente dort besitzt ein Anschlußpaar, dessen Strom $I1$ der Port-Spannung $_v1$ dividiert durch 50 gleicht. Offensichtlich handelt es sich hier um einen 50 Ohm Widerstand. Auf die gleiche Art und Weise kann für jedes Anschlußpaar eine Ladung $Q1$ definiert werden, um eine nicht-lineare Kapazität zu modellieren.

Für komplexere Modelle ist die oben beschriebene Methode nicht geeignet. Daher bietet der Simulator die Verwendung von VerilogA an. Hierbei handelt es sich um eine speziell zum Erstellen eines Komponenten-Modells entworfenen Programmiersprache. Unter den Vorlagen (Menü *Datei*→*Vorlagen* oder in der Werkzeugleiste) befindet sich das Programm-Gerüstes *template.va*, welches einem schnellen Einstieg dienen soll.

Mit der F2-Taste wird das fertige VerilogA-Programm *name.va* zunächst auf Fehler untersucht, anschließend in das C++ Programm *name.va.cpp* konvertiert, und schließlich zu der dynamischen Binärdatei *name.dll* compiliert.

Das VerilogA-Modell kann jederzeit in einer gewöhnlichen Schaltung verwendet werden. Dazu markiert man die VerilogA-Datei in der Inhaltsliste mit der Maus. Sobald die Maus zurück in die Schaltung bewegt wird, kann man die Komponente dort platzieren (linke Maustaste).

VerilogA-Programme besitzen immernoch einige Beschränkungen. Daher ist es ebenso möglich, Schaltungsmodelle in C++ zu schreiben. Auch dazu existiert eine Beispiel-Musterdatei bei den Vorlagen (Menü *Datei→Vorlagen*). Die Vorgehensweise ist der bei VerilogA-Modellen sehr ähnlich. Zusätzlich ist es in C++ Dateien möglich, Schaltungssymbole und Komponenten-Bilder zu integrieren. Für ersteres zeichnet man das Symbol für einen Unterschaltkreis und wählt dann *Bearbeiten→Kopiere C++ Symbol*. Anschließend kann es in die C++ Datei eingefügt werden. (Eine Auswahl häufiger Symbolzeichnungen kann man in *Datei→Vorlagen→symbols.sch* einsehen und kopieren.) Ein Komponenten-Bild ist nur nötig, falls die Komponente später in eine binäre Komponentenbibliothek integriert werden soll. Dazu zeichnet man das Bild mit einem Programm seiner Wahl und speichert es im PNG-Format. Anschließend wird es mit *Einfügen→Füge Datei als C++ Feld ein...* in den C++ Quellcode eingefügt. Eine binäre Bibliothek aus Komponenten-Modellen in C++ wird mit *Projekt→Erzeuge Binärbibliothek...* erzeugt. Mit *Projekt→Verwalte Benutzerbibliotheken...* kann sie wieder gelöscht werden.

[zurück nach oben](#)

s-parameter simulation

scattering parameter (linear steady-state simulation in frequency domain)

Symbol:



Name	Default Value	Description
Type	lin	[lin, log, list]
Start	1 GHz	
Stop	10 GHz	
Points	19	
Noise	no	calculate noise parameters [yes, no]
NoiseIP	1	input port for noise figure
NoiseOP	2	output port for noise figure
output	none	additional results in dataset: DC values or bias currents? [none, dc, bias]

C++ Modell API

Die folgenden API-Funktionen stehen in C++ Komponent zur Verfügung, um Elemente in die Schaltungsmatrix (MNA-Matrix) einzutragen:

`setA(Node1, Node2, num);`

→ setzt ein einzelnes lineares Matrizen-Element

`setG(Node1, Node2, conductance);`

→ setzt einen linearen Leitwert

`setR(Node1, Node2, resistance);`

→ setzt einen linearen Widerstand

`setC(Node1, Node2, capacitance, initial voltage);`

→ setzt eine lineare Kapazität ("initial voltage" ist optionaler Zeiger)

`setL(Node1, Node2, internal Node, inductance, initial current);`

→ setzt eine lineare Induktivität ("initial current" ist optionaler Zeiger)

`setM(Node1, Node2, mutual inductance);`

→ setzt eine lineare Koppel-Induktivität

`setI(Node1, Node2, current);`

→ setzt linearen Strom

`setDelayedI(Node1, Node2, line constant, delay, buffer pointer);`

→ setzt linearen zeit-verzögerten Strom

`setIQ(Node1, Node2, current, charge);`

→ setzt nicht-linearen Strom und (optional) Ladung

`setGC(Node1, Node2, Node3, Node4, current derivative, charge derivative);`

→ setzt nicht-linearen Leitwert und (optional) Kapazität

`setNoiseA(Node1, Node2, noise current density);`

→ setzt ein einzelnes lineares Rauschelement

`setNoiseG(Node1, Node2, noise current density);`

→ setzt linearen Rauschstrom

`setNoiseNG(Node1, Node2, noise current density);`

→ setzt nicht-linearen Rauschstrom

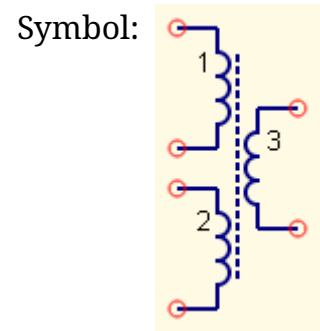
`getSimInfo(numTimeSamples, timeStep);`

→ nur bei Transienten-Analyse: Anzahl der Simulationspunkte und Zeitschritte erhalten

[zurück nach oben](#)

3 Mutual Inductors

three inductors that are coupled magnetically



Name	Default Value	Description
L1	1 mH	inductance of coil 1
L2	1 mH	inductance of coil 2
L3	1 mH	inductance of coil 3
k12	0.9	coupling factor between coil 1 and 2
k13	0.9	coupling factor between coil 1 and 3
k23	0.9	coupling factor between coil 2 and 3
R1	0	series resistance of coil 1
R2	0	series resistance of coil 2
R3	0	series resistance of coil 3

Circuit Model:

$$\begin{aligned} v_1 &= L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} + k_{12} \cdot \sqrt{L_1} \cdot \sqrt{L_2} \cdot \frac{di_2}{dt} + k_{13} \cdot \sqrt{L_1} \cdot \sqrt{L_3} \cdot \frac{di_3}{dt} + R_1 \cdot i_1 \\ v_2 &= L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + k_{12} \cdot \sqrt{L_1} \cdot \sqrt{L_2} \cdot \frac{di_1}{dt} + k_{23} \cdot \sqrt{L_2} \cdot \sqrt{L_3} \cdot \frac{di_3}{dt} + R_2 \cdot i_2 \\ v_3 &= L_3 \cdot \frac{di_3}{dt} + k_{13} \cdot \sqrt{L_1} \cdot \sqrt{L_3} \cdot \frac{di_1}{dt} + k_{23} \cdot \sqrt{L_2} \cdot \sqrt{L_3} \cdot \frac{di_2}{dt} + R_3 \cdot i_3 \end{aligned}$$

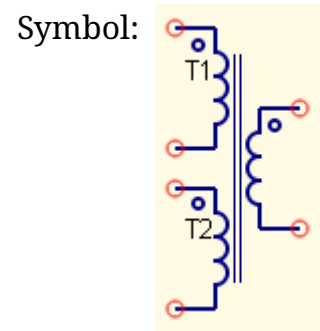
Noise Model:
R1, R2 and R3 create thermal noise at a temperature of 290K.

System Simulation:
not supported

Digital Simulation:
not supported

3 windings Transformer

ideal three windings transformer



Name	Default Value	Description
T1	1	voltage transformation ratio of coil 1
T2	1	voltage transformation ratio of coil 2

Notes:
Keeps the ratios between the voltages across the

coils constant to factor *T1* and *T2*, respectively.

- DC voltages are transformed, too!

Circuit Model:

$$u_1 = T \cdot u_2$$
$$i_2 = T \cdot i_1$$
$$Z_1 = T^2 \cdot Z_2$$

Noise Model:

noise free

System Simulation:

not supported

Digital Simulation:

not supported

4-Port Line

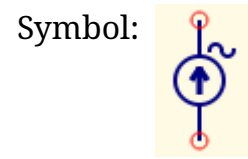
ideal 4-terminal transmission line

Symbol: 

Name	Default Value	Description
Z	50 Ω	characteristic impedance
L	1 mm	length of the line
A	0 dB	attenuation factor per length in 1/m
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)
a1		for transient simulation: inital wave at port 1 (=v1 + ZL*i1)
a2		for transient simulation: inital wave at port 2 (=v2 + ZL*i2)

AC Current Source

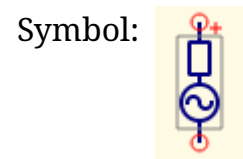
AC Current Source



Name	Default Value	Description
I	1 mA	peak current
freq	1 GHz	frequency (transient and HB simulation only)
phase	0	initial phase in degrees
theta	0	damping factor (transient simulation only)
Package	con_2	for PCB layout only: footprint [con_2, smd_jumper]

AC Power Source

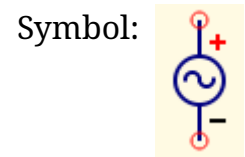
AC Power Source



Name	Default Value	Description
Num	1	number of the port, i.e. index for s-parameters
Z	50 Ω	port impedance
P	0 dBm	available AC power
freq	1 GHz	frequency
Temp	26.85	temperature in degree Celsius
Package	con_2	for PCB layout only: footprint [con_2, smd_jumper]

AC Voltage Source

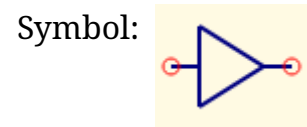
AC Voltage Source



Name	Default Value	Description
V	1 V	peak voltage
freq	1 GHz	frequency (transient and HB simulation only)
Phase	0	initial phase in degrees
Theta	0	damping factor (transient simulation only)
Package	con_2	for PCB layout only: footprint [con_2, smd_jumper]

Amplifier

ideal amplifier



Name	Default Value	Description
G	10 dB	power gain
Z1	50 Ohm	reference impedance of input port
Z2	50 Ohm	reference impedance of output port
NF	0 dB	noise figure

Circuit Model:
voltage gain = $\sqrt{G}$ when
input & output is matched;
no backward transmission

Noise Model:
output noise according to

noise figure NF

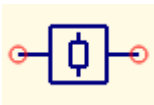
System Simulation:
ideal amplifier with noise figure according to ASE noise (EDFA) at 1550nm
The parameters Z1 and Z2 are ignored.

Digital Simulation:
not supported

Attenuator

ideal attenuator

Symbol:



Name	Default Value	Description
L	10 dB	power attenuation
Zref	50 Ohm	reference impedance
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Circuit Model:

bi-directional voltage loss = $\sqrt{L}$ when input & output is matched to Z_{ref}

Noise Model:

thermal noise with specified temperature

System Simulation:

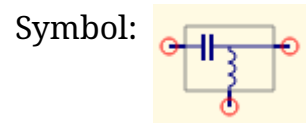
ideal attenuator without noise
The parameters Z_{ref} and $Temp$ are ignored.

Digital Simulation:

not supported

Bias T

The bias T is a combination of a DC block and a DC feed.



Name	Default Value	Description
L	1 μ H	for transient simulation: inductance
C	1 μ F	for transient simulation: capacitance

Circuit Model:
for DC: lower and right terminal are shorted, the left terminal is floating

for AC: left and right terminal are shorted, the lower terminal is floating

Noise Model:
noise free

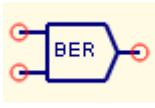
System Simulation:
not supported

Digital Simulation:
not supported

Bit Error Rate

bit error rate measurement

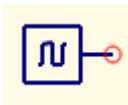
Symbol:



Bit Generator

bit generator

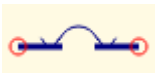
Symbol:



Name	Default Value	Description
samples	0	number of bits to generate (0=take number of simulation component)
type	PRBS_8bit	pulse sequence [constant, dirac, alternating, PRBS_8bit, PRBS_10bit, PRBS_12bit, PRBS_14bit, PRBS_16bit, PRBS_20bit, PRBS_24bit, PRBS_32bit]

Bond Wire

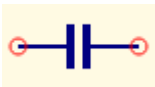
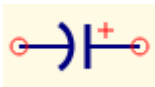
bond wire

Symbol: 

Name	Default Value	Description
L	1 mm	length of the wire
D	50 μm	diameter of the wire
rho	0.022e-6	specific resistance of the metal
mur	1	relative permeability of the metal
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Capacitor

ideal, lumped capacitor

Symbol:  

Name	Default Value	Description
C	1 pF	capacitance
G	0	parallel conductance
V		initial voltage for transient simulation
Symbol	neutral	schematic symbol [neutral, polar]
Package	SMD0603	for PCB layout only: footprint [SMD0201, SMD0402, SMD0603, SMD0805, SM1206, cap_5.08, cap_pol2D5]

Notes:

- If the *initial voltage for transient simulation* (parameter V) is empty (default), the voltage from the DC analysis (if *initialDC=yes*) or 0.0 V (if *initialDC=no*) is used.
- A temperature dependency can be entered as an equation, e.g. $C=1\text{nF}\cdot(1+12\text{e-}6\cdot(\text{Temp}-25))$ for a capacitance with 1 nF at 25°C and a temperature coefficient of 12 ppm/°C.
- Non-ideal capacitors can be found in the library *diverse*. The components *RFcap* and *capLoss* have RF parasitics. The first one also has a temperature coefficient.

Circuit Model:

$$i = C \cdot du/dt + G \cdot u = C \cdot j \cdot 2\pi \cdot f \cdot u + G \cdot u$$

Noise Model:

noise free

System Simulation:

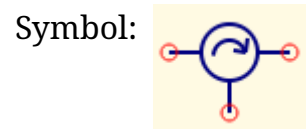
not supported

Digital Simulation:

not supported

Circulator

ideal circulator



Name	Default Value	Description
Z1	50 Ohm	reference impedance of port 1
Z2	50 Ohm	reference impedance of port 2
Z3	50 Ohm	reference impedance of port 3

Circuit Model:
transmission from port 1 to 2,
from port 2 to 3 and from port 3
to 1; no transmission in other
directions

Noise Model:
noise free

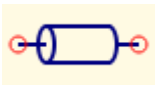
System Simulation:
not supported

Digital Simulation:
not supported

Coaxial Line

coaxial transmission line

Symbol:

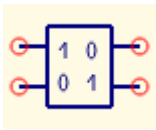


Name	Default Value	Description
er	2.29	relative permittivity of dielectric
rho	0.022e-6	specific resistance of conductor
mur	1	relative permeability of conductor
D	2.95 mm	inner diameter of shield
d	0.9 mm	diameter of inner conductor
L	1500 mm	mechanical length of the line
tand	4e-4	loss tangent
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Coder

DQPSK encoder

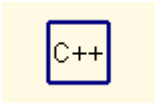
Symbol:



Compiled Model

user model (compiled from C++ or VerilogA source file)

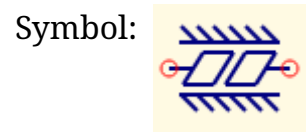
Symbol:



Name	Default Value	Description
File	test.va	name of source file

Coplanar Gap

coplanar gap

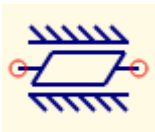


Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
S	1 mm	width of a gap
G	0.5 mm	width of gap between the two lines

Coplanar Line

coplanar line

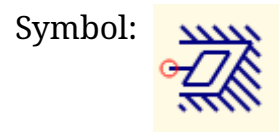
Symbol:



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
S	1 mm	width of a gap
L	10 mm	length of the line
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Coplanar Open

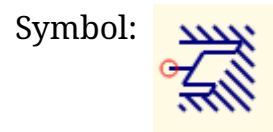
coplanar open



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
S	1 mm	width of a gap
G	5 mm	width of gap at end of line

Coplanar Short

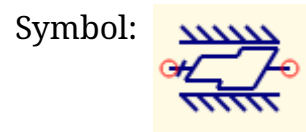
coplanar short



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
S	1 mm	width of a gap

Coplanar Step

coplanar impedance step

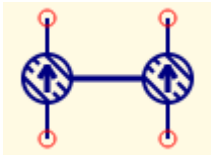


Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W1	1 mm	width of line 1
W2	2 mm	width of line 2
D	3 mm	distance between the two ground planes

Correlated Noise Currents

correlated noise current sources

Symbol:

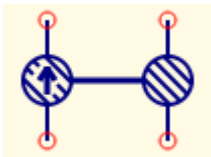


Name	Default Value	Description
i1	1e-6	current density of source 1 in A/sqrt(Hz)
i2	1e-6	current density of source 2 in A/sqrt(Hz)
C	0.5	normalized correlation coefficient
e	0	frequency exponent
c	1	frequency coefficient
a	0	additive frequency term
tr_sim	no	create noise during transient simulation [yes, no]

Correlated Noise Sources

correlated noise sources

Symbol:

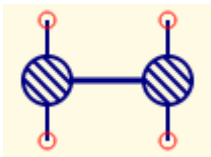


Name	Default Value	Description
i1	1e-6	current density of source 1 in A/sqrt(Hz)
v2	1e-6	voltage density of source 2 in V/sqrt(Hz)
C	0.5	normalized correlation coefficient
e	0	frequency exponent
c	1	frequency coefficient
a	0	additive frequency term
tr_sim	no	create noise during transient simulation [yes, no]

Correlated Noise Voltages

correlated noise voltage sources

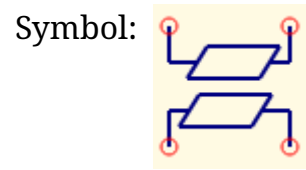
Symbol:



Name	Default Value	Description
v1	1e-6	voltage density of source 1 in V/sqrt(Hz)
v2	1e-6	voltage density of source 2 in V/sqrt(Hz)
C	0.5	normalized correlation coefficient
e	0	frequency exponent
c	1	frequency coefficient
a	0	additive frequency term
tr_sim	no	create noise during transient simulation [yes, no]

Coupled Microstrip Line

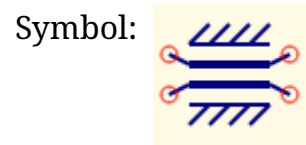
coupled microstrip line



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
L	10 mm	length of the line
S	1 mm	spacing between the lines
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Coupled Stripline

edge-coupled striplines (centered)



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
L	10 mm	length of the line
S	1 mm	spacing between the lines
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Coupled Transmission Line

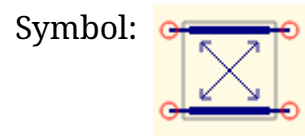
coupled transmission lines

Symbol: 

Name	Default Value	Description
Ze	50 Ω	characteristic impedance of even mode
Zo	50 Ω	characteristic impedance of odd mode
L	1 mm	physical length of the line
Ere	1	relative dielectric constant of even mode
Ero	1	relative dielectric constant of odd mode
Ae	0 dB	attenuation factor per length of even mode
Ao	0 dB	attenuation factor per length of odd mode
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Coupler

ideal coupler (or hybrid)



Name	Default Value	Description
k	0.5	power coupling factor
phi	90	phase shift of coupling path in degree
Z	50 Ohm	reference impedance

Circuit Model:
If terminated with reference impedance:
The port on the same side is decoupled,

the input power splits according to the coupling factor to the ports on the other side, i.e. power out of the straight port = $(1-k) \cdot P_{in}$ and power out of the cross port = $k \cdot P_{in}$ with the specified phase shift.

Noise Model:
noise free

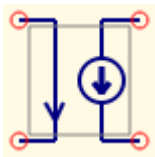
System Simulation:
The left ports are inputs, the right ones are outputs.
Coupling like in circuit model, but the parameter Z is ignored.

Digital Simulation:
not supported

Current Controlled Current Source

current controlled current source

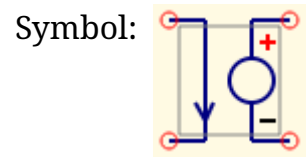
Symbol:



Name	Default Value	Description
G	1	forward transfer factor
T	0	delay time

Current Controlled Voltage Source

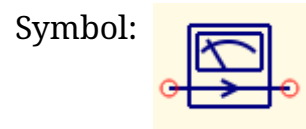
current controlled voltage source



Name	Default Value	Description
G	1 Ω	forward transfer factor
T	0	delay time

Current Probe

This component measures the current flowing through it and writes the result into the dataset.



Name	Default Value	Description
Package	con_2	for PCB layout only: footprint [con_2, smd_jumper]

Circuit Model:

short circuit

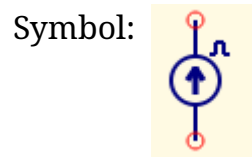
Noise Model:
noise free

System Simulation:
not supported

Digital Simulation:
not supported

Current Pulse

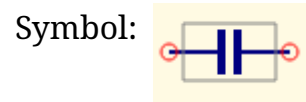
current pulse source



Name	Default Value	Description
I1	0	current before and after the pulse
I2	1 A	current of the pulse
T1	0	start time of the pulse
T2	1 ms	ending time of the pulse
Tr	1 ns	rise time of the leading edge
Tf	1 ns	fall time of the trailing edge

DC Block

The ideal DC Block is an open circuit for DC and a short circuit for frequencies larger than zero.



Name	Default Value	Description
C	1 μ F	for transient simulation: capacitance

Circuit Model:
for DC: open circuit

for AC: short circuit

Noise Model:
noise free

System Simulation:
removes the DC from the signal, i.e. substractes the average value

Digital Simulation:
not supported

DC Current Source

DC Current Source

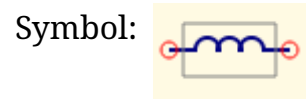
Symbol:



Name	Default Value	Description
I	1 mA	current
Package	con_2	for PCB layout only: footprint [con_2, smd_jumper]

DC Feed

The ideal DC feed is a short circuit for DC and an open circuit for frequencies larger than zero.



Name	Default Value	Description
L	1 μ H	for transient simulation: inductance

Circuit Model:
for DC: short circuit

for AC: open circuit

Noise Model:
noise free

System Simulation:
not supported

Digital Simulation:
not supported

DC simulation

non-linear DC simulation

Symbol:

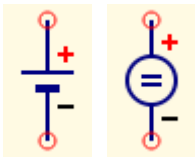
DC simulation

Name	Default Value	Description
reltol	0.001	relative tolerance for convergence
abstol	1 nA	absolute tolerance for convergence
MaxIter	500	maximum number of iterations before error
output	none	additional results in dataset: bias currents or power? [none, bias, power]

DC Voltage Source

DC Voltage Source

Symbol:

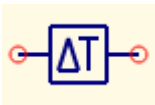


Name	Default Value	Description
V	1 V	voltage
Symbol	battery	schematic symbol [battery, general]
Package	con_2	for PCB layout only: footprint [con_2, smd_jumper]

Delay

time delay

Symbol:



Name	Default Value	Description
delay	1	duration of the delay in sec

Circuit Model:
voltage-controlled voltage source

with time delay and unity gain,
i.e. input impedance is infinite and output impedance is zero.

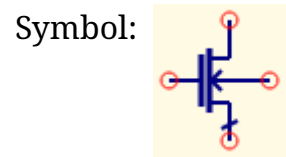
Noise Model:
noise free

System Simulation:
time delay

Digital Simulation:
time delay

depletion MOSFET

MOSFET with substrate (Schichman Hodges model)



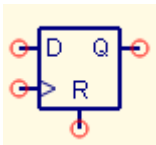
Name	Default Value	Description
Type	nfet	polarity [nfet, pfet]
Vt0	-1.0 V	zero-bias threshold voltage
Kp	2e-5	transconductance coefficient in A/V^2
Gamma	0.0	bulk threshold in sqrt(V)
Phi	0.6 V	surface potential
Lambda	0.0	channel-length modulation parameter in 1/V
Rd	0	drain ohmic resistance
Rs	0	source ohmic resistance
Rg	0	gate ohmic resistance
Is	1e-14 A	bulk junction saturation current
N	1.0	bulk junction emission coefficient
W	1 μm	channel width
L	1 μm	channel length
Ld	0.0	lateral diffusion length
Tox	0.1 μm	oxide thickness
Cgso	0.0	gate-source overlap capacitance per meter of channel width in F/m
Cgdo	0.0	gate-drain overlap capacitance per meter of channel width in F/m
Cgbo	0.0	gate-bulk overlap capacitance per meter of channel length in F/m
Cbd	0.0	zero-bias bulk-drain junction capacitance

Cbs	0.0	zero-bias bulk-source junction capacitance
Pb	0.8 V	bulk junction potential
Mj	0.5	bulk junction bottom grading coefficient
Fc	0.5	bulk junction forward-bias depletion capacitance coefficient
Cjsw	0.0	zero-bias bulk junction periphery capacitance per meter of junction perimeter in F/m
Mjsw	0.33	bulk junction periphery grading coefficient
Tt	0.0 ps	bulk transit time
Cj	0.0	zero-bias bulk junction bottom capacitance per square meter of junction area in F/m ²
Ad	0.0	drain diffusion area in m ²
As	0.0	source diffusion area in m ²
Pd	0.0	drain junction perimeter
Ps	0.0	source junction perimeter
Kf	0.0	flicker noise coefficient
Af	1.0	flicker noise exponent
Ffe	1.0	flicker noise frequency exponent
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius
Tnom	26.85	temperature at which parameters were extracted
Eg	1.11	energy bandgap in eV
EgTA	7.02e-4	energy bandgap temperature coefficient alpha
EgTB	1108.0	energy bandgap temperature coefficient beta

D-FlipFlop

D flip flop with asynchron reset

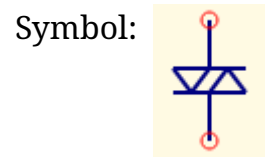
Symbol:



Name	Default Value	Description
t	0	delay time

Diac

diac (bidirectional trigger diode)



Name	Default Value	Description
Vbo	30 V	(bidirectional) breakover voltage
Ibo	50 μ A	(bidirectional) breakover current
Cp	0	parasitic capacitance
Is	1e-10 A	saturation current
N	2	emission coefficient
Ri	10 Ohm	intrinsic junction resistance
Ts	1e-6	duration of switching on/off in sec
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

digital simulation

digital simulation

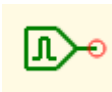
Symbol:



Name	Default Value	Description
Type	TruthTable	type of simulation [TruthTable, TimeList]
time	10 ns	duration of TimeList simulation
Model	Verilog	model language [Verilog, VHDL]

Digital Source

Digital Source

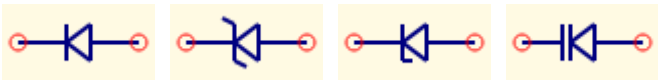
Symbol: 

Name	Default Value	Description
Num	1	number of the port for creating a truth table
init	low	initial output value [low, high]
times	1ns; 1ns	list of times for changing output value
V	1 V	voltage of high level

Diode

diode

Symbol:

Four different diode symbols are shown side-by-side, each on a yellow background. The first is a standard diode symbol with a triangle pointing right and a vertical line. The second is a Schottky diode symbol with a triangle pointing right and a vertical line, but with a small circle at the junction. The third is a Zener diode symbol with a triangle pointing right and a vertical line, but with a horizontal line across the vertical line. The fourth is a diode symbol with a triangle pointing right and a vertical line, but with a horizontal line across the vertical line and a small circle at the junction.

Name	Default Value	Description
Is	1e-15 A	saturation current
N	1	emission coefficient
Cj0	10 fF	zero-bias junction capacitance
M	0.5	grading coefficient
Vj	0.7 V	junction potential
Fc	0.5	forward-bias depletion capacitance coefficient
Cp	0.0 fF	linear capacitance
Isr	0.0	recombination current parameter
Nr	2.0	emission coefficient for Isr
Rs	0	ohmic series resistance
Tt	0.0 ps	transit time
Ikf	0	high-injection knee current (0=infinity)
Kf	0.0	flicker noise coefficient
Af	1.0	flicker noise exponent
Ffe	1.0	flicker noise frequency exponent
Bv	0	reverse breakdown voltage (0 = no breakdown)
Ibv	1 mA	current at reverse breakdown voltage
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius
Xti	3.0	saturation current temperature exponent
Eg	1.11	energy bandgap in eV
Tbv	0.0	Bv linear temperature coefficient
Trs	0.0	Rs linear temperature coefficient

Ttt1	0.0	Tt linear temperature coefficient
Ttt2	0.0	Tt quadratic temperature coefficient
Tm1	0.0	M linear temperature coefficient
Tm2	0.0	M quadratic temperature coefficient
Tnom	26.85	temperature at which parameters were extracted
Area	1.0	default area for diode
EgTA	7.02e-4	energy bandgap temperature coefficient alpha
EgTB	1108.0	energy bandgap temperature coefficient beta
Symbol	normal	schematic symbol [normal, Schottky, Zener, varactor]
Package	1N4148	for PCB layout only: footprint [1N4148, 1N4007, SOD123, LED_5mm, LED_3mm]

DLI

delay-line interferometer

Symbol:

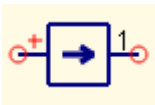


Name	Default Value	Description
FSR	1	free spectral range in Hz
ER	30 dB	extinction ratio (0=infinity)
phase	0	phase for interference
IL	1	power insertion loss

Equation Component

equation defined component

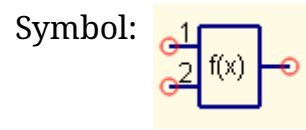
Symbol:



Name	Default Value	Description
ports	1	number of ports
I1	$0.02 \cdot v1$	current equation of port 1
Q1	0	current equation of port 1

equation defined

equation defined system component



Name	Default Value	Description
in	2	number of input ports (0...8)
eqn	$_in1 + _in2 + \sin(2 * \pi * 2GHz * _time)$	equation to calculate output signal
samples	0	only if no input port: number of bits to generate (0=take number of simulation component)

Variables and Equations

variable declarations and equation definitions

Symbol: 

Name	Default Value	Description
y	--	variable definition
Export	yes	put result into dataset [yes, no, GUIonly]

Notes:
Variables are declared by entering a name (left-hand

side) and giving it a value or an equation (right-hand side). Then, they can be used in component parameters or diagrams.

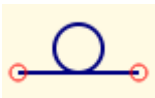
The last parameter *Export* in the component is not a variable, but controls its behaviour:

- **yes** - The variable is written into the dataset file after the simulation has finished.
- **no** - The variable is not written into the dataset file.
- **GUIonly** - The variable can not be used during simulation, but for diagrams. The variable name is parsed for Greek letters and subscripts, e.g. gamma_0 appears as γ_0 in the schematic.

Fiber

glass fiber for optical communication

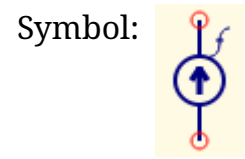
Symbol:



Name	Default Value	Description
a	0.1 dB	power attenuation
t	32	group delay
D	1	dispersion in sec/meter

File Based Current

file based current source (time or frequency dependent)

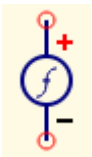


Name	Default Value	Description
File	file.csv	name of the data file (*.CSV or *.DAT)
Var	out.Vt	variable name in dataset (for *.DAT only)
interpol	linear	interpolation type [hold, linear, cubic]
repeat	no	repeat waveform [no, yes]
G	1	current gain
T	0	delay time or frequency shift

File Based Voltage

file based voltage source (time or frequency dependent)

Symbol:



Name	Default Value	Description
File	file.csv	name of the data file (*.CSV or *.DAT)
Var	out.Vt	variable name in dataset (for *.DAT only)
interpol	linear	interpolation type [hold, linear, cubic]
repeat	no	repeat waveform [no, yes]
G	1	voltage gain
T	0	delay time or frequency shift

File Data

make content of data files accessible to simulations

Symbol:

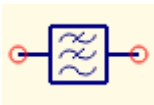
File Data
→ ERROR #1

Name	Default Value	Description
File	data.mdf	file name (MDIF format)
mode	interpolate	behaviour for not existing values [error, nearest, interpolate]

Filter

filter

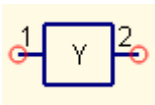
Symbol:



Name	Default Value	Description
f0	1 GHz	-3dB cut-off (low- & highpass) or band middle frequency (bandpass & bandstop)
Order	3	filter order
Class	lowpass	filter class [lowpass, highpass, bandpass, bandstop]
Type	butterworth	filter type [bessel, butterworth]
Zref	50 Ohm	reference impedance
B	0.1 GHz	bandwidth for bandpass and bandstop

Frequency Domain

equation defined component in frequency domain

Symbol: 

Name	Default Value	Description
Type	Y	type of parameters [Y, Z, S, H, G, A, T, VCVS]
Ports	2	number of ports
duringDC	open	representation during DC and transient analysis [open, short, zerofreq, response]
Y11	1e-9*S	parameter equation 11
Y12	2*pi*freq	parameter equation 12
Y21	0	parameter equation 21
Y22	0	parameter equation 22

Notes:

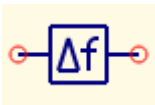
The parameter *duringDC* determines the behaviour of this component for DC and transient analysis.

- *open* - omit the component
- *short* - connect all signal pins together
- *zerofreq* - use the s-parameter model at frequency 0 Hz
- *response* - for DC analysis equal to *zerofreq*, for transient analysis use the impulse response (transform s-parameters into time domain)

Frequency Shift

frequency shifter

Symbol:

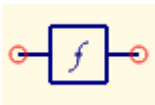


Name	Default Value	Description
shift	1	frequency shift in Hz

Function

functional block

Symbol:



Name	Default Value	Description
Func	magnitude	function performed by the component [magnitude, norm, square, root, max_hold, to_bipolar, real, clip, clip_negative]

Ground

ground (reference potential)

Symbol:



Notes:

This component needs to be present in all analog circuit simulations!

Circuit Model:

It gives a voltage of zero and the voltages at all nodes are referenced to it.

Noise Model:

noise free

System Simulation:

gives constant zero

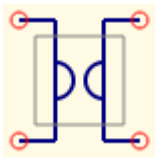
Digital Simulation:

gives logical zero

Gyrator

gyrator (impedance inverter)

Symbol:



Name	Default Value	Description
G	1	gyrator ratio in Siemens

Circuit Model:

$$I_{in} = G \cdot U_{out}$$

$$I_{out} = -G \cdot U_{in}$$

Noise Model:

noise free

System Simulation:

not supported

Digital Simulation:

not supported

harmonic balance

non-linear steady-state simulation in frequency domain

Symbol:

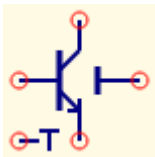
Harmonic balance
simulation

Name	Default Value	Description
n	8@;	
Noise	no	calculate noise voltages [no, yes, sideband]
carrier	1 GHz	carrier frequency for sideband noise calculation
Type	lin	[lin, log, list]
Start	1 kHz	
Stop	10 kHz	
Points	10	
reltol	0.001	relative tolerance for convergence
abstol	0.1 μ A	absolute tolerance for convergence
MaxIter	500	maximum number of iterations before error

HICUM L0

HICUM level 0, version 1.32

Symbol:



Name	Default Value	Description
is	1e-16	(Modified) saturation current
it_mod	off	Flag for using third order solution for transfer current[on, off]
mcf	1	Non-ideality coefficient of forward collector current
mcr	1	Non-ideality coefficient of reverse collector current
vef	1e6	forward Early voltage (normalization voltage)
ver	1e6	reverse Early voltage (normalization voltage)
aver	0.0	bias dependence for reverse Early voltage
iqf	1e6	forward DC high-injection roll-off current
fiqf	off	flag for turning on base related critical current[on, off]
iqr	1e6	inverse DC high-injection roll-off current
iqfh	1e6	high-injection correction current
tfh	0	high-injection correction factor
ahq	0	Smoothing factor for the DC injection width
ibes	1e-18	Internal B-E saturation current
mbe	1	Internal B-E current ideality factor
ires	0	Internal B-E recombination saturation current
mre	2	Internal B-E recombination current ideality factor
ibcs	0	Internal B-C saturation current
mbc	1	Internal B-C current ideality factor
cje0	1e-20	Internal B-E zero-bias depletion capacitance

vde	0.9	Internal B-E built-in potential
ze	0.5	Internal B-E grading coefficient
aje	2.5	Ratio of maximum to zero-bias value of internal B-E capacitance
vdedc	0.9	B-E charge built-in voltage for DC transfer current
zedc	0.5	charge B-E exponent factor for DC transfer current
ajedc	2.5	B-E capacitance ratio, maximum to zero-bias value for DC transfer current
t0	0	Low current forward transit time at VBC=0V
dt0h	0	Time constant for base and B-C space charge layer width modulation
tbvl	0	Time constant for modelling carrier jam at low VCE
tef0	0	Neutral emitter storage time
gte	1	Exponent factor for current dependence of neutral emitter storage time
thcs	0	Saturation time constant at high current densities
ahc	0.1	Smoothing factor for current dependence of base and collector transit time
tr	0	Storage time for inverse operation
rci0	150	Internal collector resistance at low electric field
vlim	0.5	Voltage separating ohmic and saturation velocity regime
vpt	100	Collector punch-through voltage
vcas	0.1	Internal C-E saturation voltage
cjci0	1e-20	Internal B-C zero-bias depletion capacitance
vdci	0.7	Internal B-C built-in potential
zci	0.333	Internal B-C grading coefficient
vptci	100	Internal B-C punch-through voltage
cjcx0	1e-20	External B-C zero-bias depletion capacitance
vdcx	0.7	External B-C built-in potential
zcx	0.333	External B-C grading coefficient

vptcx	100	External B-C punch-through voltage
fbc	1	Split factor = C_{jci0}/C_{jc0}
rbi0	0	Zero bias internal base resistance
vr0e	2.5	forward Early voltage (normalization voltage)
vr0c	1e6	forward Early voltage (normalization voltage)
fgeo	0.656	Factor for geometry dependence of emitter current crowding
rbx	0	External base series resistance
rcx	0	External collector series resistance
re	0	Emitter series resistance
itss	0	Substrate transistor transfer saturation current
msf	1	Forward ideality factor of substrate transfer current
iscs	0	C-S diode saturation current
msc	1	Ideality factor of C-S diode current
cjs0	1e-20	C-S zero-bias depletion capacitance
vds	0.3	C-S built-in potential
zs	0.3	C-S grading coefficient
vpts	100	C-S punch-through voltage
cbcpar	0	Total parasitic B-C capacitance
cbepar	0	Total parasitic B-E capacitance
eavl	0	Exponent factor for avalanche current
kavl	0	Avalanche current factor
kf	0	Flicker noise coefficient
af	2	Flicker noise exponent factor
alqf	0.167	Factor for additional delay time of minority charge
alit	0.333	Factor for additional delay time of transfer current
flnqs	off	Vertical NQS effect[on, off]
vgb	1.2	Bandgap voltage extrapolated to 0 K
vge	1.17	Effective emitter bandgap voltage

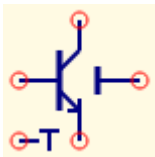
vgc	1.17	Effective collector bandgap voltage
vgs	1.17	Effective substrate bandgap voltage
f1vg	-1.02377e-4	Coefficient K1 in T-dependent band-gap equation
alt0	0	First order relative TC of parameter T0
kt0	0	Second order relative TC of parameter T0
zetact	3.0	Exponent coefficient in transfer current temperature dependence
zetabet	3.5	Exponent coefficient in B-E junction current temperature dependence
zetaci	0	Temperature exponent for RCI0
alvs	0	Relative TC of saturation drift velocity
alces	0	Relative TC of VCES
zetarbi	0	Temperature exponent of internal base resistance
zetarbx	0	Temperature exponent of external base resistance
zetarcx	0	Temperature exponent of external collector resistance
zetare	0	Temperature exponent of emitter resistance
zetaiqf	0	TC of iqf
alkav	0	TC of avalanche current factor
aleav	0	TC of avalanche exponential factor
zetarth	0	Temperature coefficient for Rth
tef_temp	on	Flag for turning temperature dependence of tef0 on and off[on, off]
zetaver	-1	TC of Reverse Early voltage
zetavgbe	1	TC of AVER
dvgbe	0	Bandgap difference between B and B-E junction used for hJEi0 and hf0 in volts
aliqfh	0	Frist-order TC of iqfh
kiqfh	0	Second-order TC of iqfh
flsh	off	self-heating effect[off, std, full]
rth	0	Thermal resistance

cth	0	Thermal capacitance
Tnom	27	temperature at which parameters were extracted
Temp	27	device temperature in degree Celsius
type	npn	polarity[npn, pnp]

HICUM L2

HICUM level 2, version 2.33

Symbol:



Name	Default Value	Description
c10	2e-30	GICCR constant
qp0	2e-14	Zero-bias hole charge
ich	0	High-current correction for 2D and 3D effects
hf0	1	Weight factor for the low current minority charge
hfe	1	Emitter minority charge weighting factor in HBTs
hfc	1	Collector minority charge weighting factor in HBTs
hjei	1	B-E depletion charge weighting factor in HBTs
ahjei	0	Parameter describing the slope of $h_{jEi}(V_{BE})$
rhjei	1	Smoothing parameter for $h_{jEi}(V_{BE})$ at high voltage
hjci	1	B-C depletion charge weighting factor in HBTs
ibeis	1e-18	Internal B-E saturation current
mbei	1	Internal B-E current ideality factor
ireis	0	Internal B-E recombination saturation current
mrei	2	Internal B-E recombination current ideality factor
ibeps	0	Peripheral B-E saturation current
mbep	1	Peripheral B-E current ideality factor
ireps	0	Peripheral B-E recombination saturation current
mrep	2	Peripheral B-E recombination current ideality factor
mcf	1	Non-ideality factor for III-V HBTs
tbhrec	0	Base current recombination time constant at B-C barrier for high forward injection

ibcis	1e-16	Internal B-C saturation current
mbci	1	Internal B-C current ideality factor
ibcxs	0	External B-C saturation current
mbcx	1	External B-C current ideality factor
ibets	0	B-E tunneling saturation current
abet	40	Exponent factor for tunneling current
tunode	PE	Base node connection for the tunneling current [IE, PE]
favl	0	Avalanche current factor
qavl	0	Exponent factor for avalanche current
alfav	0	TC of avalanche current factor
alqav	0	TC of avalanche exponential factor
rbi0	0	Zero bias internal base resistance
rbx	0	External base series resistance
fgeo	0.6557	Factor for geometry dependence of emitter current crowding
fdqr0	0	Correction factor for modulation by B-E and B-C space charge layer
fcrbi	0	Ratio of HF shunt to total internal capacitance (lateral NQS effect)
fqi	1	Ration of internal to total minority charge
re	0	Emitter series resistance
rcx	0	External collector series resistance
itss	0	Substrate transistor transfer saturation current
msf	1	Forward ideality factor of substrate transfer current
iscs	0	C-S diode saturation current
msc	1	Ideality factor of C-S diode current
tsf	0	Transit time for forward operation of substrate transistor
rsu	0	Substrate series resistance
csu	0	Substrate shunt capacitance
cjei0	1e-20	Internal B-E zero-bias depletion capacitance

vdei	0.9	Internal B-E built-in potential
zei	0.5	Internal B-E grading coefficient
ajei	2.5	Ratio of maximum to zero-bias value of internal B-E capacitance
cjep0	1e-20	Peripheral B-E zero-bias depletion capacitance
vdep	0.9	Peripheral B-E built-in potential
zep	0.5	Peripheral B-E grading coefficient
ajep	2.5	Ratio of maximum to zero-bias value of peripheral B-E capacitance
cjci0	1e-20	Internal B-C zero-bias depletion capacitance
vdci	0.7	Internal B-C built-in potential
zci	0.4	Internal B-C grading coefficient
vptci	100	Internal B-C punch-through voltage
cjcx0	1e-20	External B-C zero-bias depletion capacitance
vdcx	0.7	External B-C built-in potential
zcx	0.4	External B-C grading coefficient
vptcx	100	External B-C punch-through voltage
fbcpar	0	Partitioning factor of parasitic B-C cap
fbepar	1	Partitioning factor of parasitic B-E cap
cjs0	0	C-S zero-bias depletion capacitance
vds	0.6	C-S built-in potential
zs	0.5	C-S grading coefficient
vpts	100	C-S punch-through voltage
t0	0	Low current forward transit time at VBC=0V
dt0h	0	Time constant for base and B-C space charge layer width modulation
tbvl	0	Time constant for modelling carrier jam at low VCE
tef0	0	Neutral emitter storage time
gtfe	1	Exponent factor for current dependence of neutral emitter storage time

thcs	0	Saturation time constant at high current densities
ahc	0.1	Smoothing factor for current dependence of base and collector transit time
fthc	0	Partitioning factor for base and collector portion
rci0	150	Internal collector resistance at low electric field
vlim	0.5	Voltage separating ohmic and saturation velocity regime
vces	0.1	Internal C-E saturation voltage
vpt	100	Collector punch-through voltage
tr	0	Storage time for inverse operation
vcbar	0	Barrier voltage
icbar	0	Normalization parameter in amps
acbar	0.01	Smoothing parameter for barrier voltage
delck	2	fitting factor for critical current
cbepar	0	Total parasitic B-E capacitance
cbcpar	0	Total parasitic B-C capacitance
alqf	0.167	Factor for additional delay time of minority charge
alit	0.333	Factor for additional delay time of transfer current
flnqs	no	Vertical NQS effect [yes, no]
kf	0	Flicker noise coefficient
af	2	Flicker noise exponent factor
cfbe	IB	Flicker noise source [IB, PB]
flcono	no	correlated noise implementation [yes, no]
kfre	0	Emitter resistance flicker noise coefficient
afre	2	Emitter resistance flicker noise exponent factor
latb	0	Scaling factor for collector minority charge in direction of emitter width
latl	0	Scaling factor for collector minority charge in direction of emitter length
vgb	1.17	Bandgap voltage extrapolated to 0 K

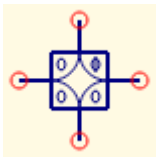
alt0	0	First order relative TC of parameter T0
kt0	0	Second order relative TC of parameter T0
zetaci	0	Temperature exponent for RCI0
alvs	0	Relative TC of saturation drift velocity
alces	0	Relative TC of VCES
zetarbi	0	Temperature exponent of internal base resistance
zetarbx	0	Temperature exponent of external base resistance
zetarcx	0	Temperature exponent of external collector resistance
zetare	0	Temperature exponent of emitter resistance
zetacx	1	Temperature exponent of mobility in substrate transistor transit time
vge	1.17	Effective emitter bandgap voltage
vgc	1.17	Effective collector bandgap voltage
vgs	1.17	Effective substrate bandgap voltage
f1vg	-1.02377e-4	Coefficient K1 in T-dependent band-gap equation
f2vg	4.3215e-4	Coefficient K2 in T-dependent band-gap equation
zetact	3.0	Exponent coefficient in transfer current temperature dependence
zetabet	3.5	Exponent coefficient in B-E junction current temperature dependence
alb	0	Relative TC of forward current gain for V2.1 model
dvgbe	0	Bandgap difference between B and B-E junction used for h_{jEi0} and h_{f0} in volts
zetahjei	1	Temperature coefficient for ah_{jEi}
zetavgbe	1	Temperature coefficient for h_{jEi0}
flsh	off	self-heating effect [off, std, full]
rth	0	Thermal resistance
zetarth	0	Temperature coefficient for Rth
alrth	0	First order relative TC of parameter Rth in 1/K
cth	0	Thermal capacitance

flcomp	2.1	Model version [2.1, 2.2, 2.3]
Tnom	27	temperature at which parameters were extracted
Temp	27	device temperature in degree Celsius
type	npn	polarity [npn, pnp]

Hybrid

hybrid (unsymmetrical 3dB coupler)

Symbol:



Name	Default Value	Description
phi	180	phase shift in degree
Zref	50 Ohm	reference impedance

Inductor

ideal, lumped inductor

Symbol: 

Name	Default Value	Description
L	1 nH	inductance
R	0	series resistance
I		initial current for transient simulation
Package	inductor_1mH	for PCB layout only: footprint [inductor_1mH, inductor_220uH]

Notes:

- If the *initial current for transient simulation* (parameter I) is empty (default), the current from the DC analysis (if *initialDC=yes*) or 0.0 A (if *initialDC=no*) is used.
- Non-ideal inductors can be found in the library *diverse*. The components *Qcoil*, *RFcoil* and *AirCoil* have RF parasitics.

Circuit Model:

$$u = L \cdot di/dt + R \cdot i = L \cdot j \cdot 2\pi \cdot f \cdot i + R \cdot i$$

Noise Model:

The series resistance R creates thermal noise at a temperature of 290K.

System Simulation:

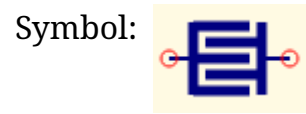
not supported

Digital Simulation:

not supported

Interdigital Cap

microstrip interdigital capacitor

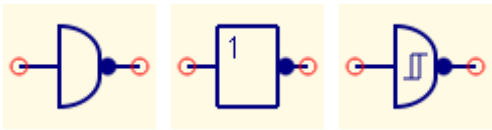


Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
N	4	number of fingers
W	0.4 mm	width of one finger
L	1 mm	length of one finger
G	0.4 mm	gap between two fingers

Inverter

logical inverter

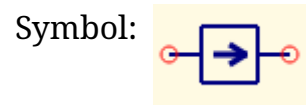
Symbol:



Name	Default Value	Description
V	1 V	voltage of high level
t	0	delay time
Symbol	old	schematic symbol [old, DIN40900, ST]

Isolator

ideal isolator (one-way line)



Name	Default Value	Description
Z1	50 Ohm	reference impedance of input port
Z2	50 Ohm	reference impedance of output port
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Circuit Model:

voltage gain = 1 when input & output is matched; no backward transmission

Noise Model:

thermal noise with specified temperature

System Simulation:

not supported

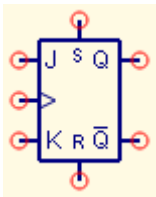
Digital Simulation:

not supported

JK-FlipFlop

JK flip flop with asynchron set and reset

Symbol:

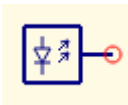


Name	Default Value	Description
t	0	delay time

Laser

laser source

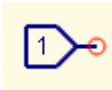
Symbol:



Name	Default Value	Description
Pout	1 mW	output power
width	0	3dB linewidth of output spectrum
ase	0	noise power density due to spontaneous emission in 1/Hz
df	0	frequency deviation

logic state

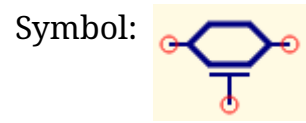
fix logic state

Symbol: 

Name	Default Value	Description
state	1	logic state [0, 1, X, Z]
V	1 V	voltage of high level

Mach-Zehnder

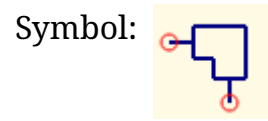
Mach-Zehnder modulator



Name	Default Value	Description
bias	0.5	DC bias voltage for modulation
Vpi	1	voltage for full modulation
ER	25 dB	extinction ratio (0=infinity)
chirp	0	additional chirp parameter
IL	1	power insertion loss
type	push-pull	modulator configuration [push-pull, push, single]

Microstrip Bend

microstrip bend

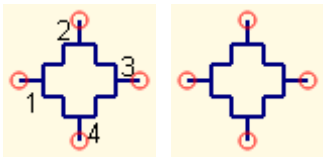


Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	substrate
W	1 mm	width of line
theta	90	bend angle in degree (0° = straight line)

Microstrip Cross

microstrip cross

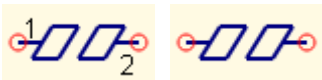
Symbol:



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	substrate
W1	1 mm	width of line 1
W2	2 mm	width of line 2
W3	1 mm	width of line 3
W4	2 mm	width of line 4
Symbol	showNumbers	show port numbers in symbol or not [showNumbers, noNumbers]

Microstrip Gap

microstrip gap

Symbol: 

Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W1	1 mm	width of the line 1
W2	1 mm	width of the line 2
S	1 mm	spacing between the microstrip ends
Symbol	showNumbers	show port numbers in symbol or not [showNumbers, noNumbers]

Microstrip Line

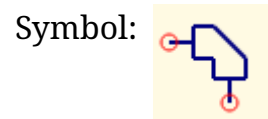
microstrip line

Symbol: 

Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
L	10 mm	length of the line
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Microstrip Mitered Bend

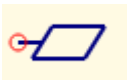
microstrip 50% mitered bend



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	substrate
W	1 mm	width of line

Microstrip Open

microstrip open

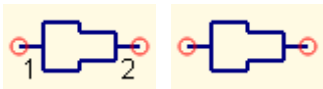
Symbol: 

Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
Model	Kirschning	microstrip open end model [Kirschning, Hammerstad]

Microstrip Step

microstrip impedance step

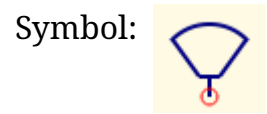
Symbol:



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	substrate
W1	2 mm	width 1 of the line
W2	1 mm	width 2 of the line
Symbol	showNumbers	show port numbers in symbol or not [showNumbers, noNumbers]

Microstrip Stub

microstrip radial stub

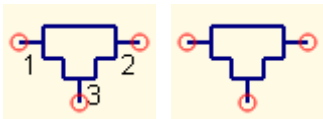


Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
wi	1 mm	inner stub width
ro	10 mm	outer radius
angle	60	stub angle in degree

Microstrip Tee

microstrip tee

Symbol:



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	substrate
W1	1 mm	width of line 1
W2	1 mm	width of line 2
W3	2 mm	width of line 3
Symbol	showNumbers	show port numbers in symbol or not [showNumbers, noNumbers]

Microstrip Via

microstrip via

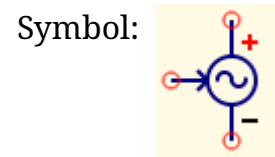
Symbol:



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	substrate
D	1 mm	diameter of round via conductor
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Modulated Source

AC voltage source with modulation



Name	Default Value	Description
V	1 V	peak voltage
freq	1 GHz	frequency
Phase	0	initial phase in degrees
m	1.0	modulation index
type	AM	type of modulation [AM, PM, FM]

Monte Carlo

Monte Carlo - simulation of tolerances

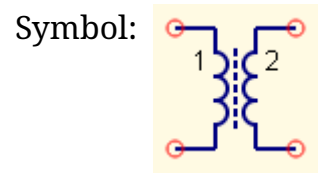
Symbol:



Name	Default Value	Description
Sim		simulation to apply Monte Carlo to
count	20	number of runs

Mutual Inductors

two inductors that are coupled magnetically



Name	Default Value	Description
L1	1 mH	inductance of coil 1
L2	1 mH	inductance of coil 2
k	0.9	coupling factor between coil 1 and 2
R1	0	series resistance of coil 1
R2	0	series resistance of coil 2
Package	line_filter_inductor	for PCB layout only: footprint [line_filter_inductor]

Circuit Model:

$$\begin{aligned} v_1 &= L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} + k \cdot \sqrt{L_1} \cdot \sqrt{L_2} \cdot \frac{di_2}{dt} + R_1 \cdot i_1 = j \cdot 2\pi \cdot f \cdot (L_1 \cdot i_1 + k \cdot \sqrt{L_1} \cdot \sqrt{L_2} \cdot i_2) + R_1 \cdot i_1 \\ v_2 &= L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + k \cdot \sqrt{L_1} \cdot \sqrt{L_2} \cdot \frac{di_1}{dt} + R_2 \cdot i_2 = j \cdot 2\pi \cdot f \cdot (L_2 \cdot i_2 + k \cdot \sqrt{L_1} \cdot \sqrt{L_2} \cdot i_1) + R_2 \cdot i_2 \end{aligned}$$

Noise Model:

R1 and R2 create thermal noise at a temperature of 290K.

System Simulation:

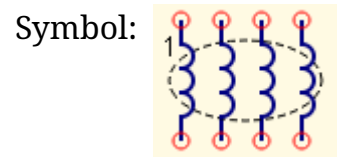
not supported

Digital Simulation:

not supported

Mutual Inductors

several inductors that are coupled magnetically



Name	Default Value	Description
coils	4	number of mutual inductances
L1	1 mH	inductance of coil 1
L2	1 mH	inductance of coil 2
L3	1 mH	inductance of coil 3
L4	1 mH	inductance of coil 4
k12	0.9	coupling factor between coil 1 and coil 2
k13	0.9	coupling factor between coil 1 and coil 3
k14	0.9	coupling factor between coil 1 and coil 4
k23	0.9	coupling factor between coil 2 and coil 3
k24	0.9	coupling factor between coil 2 and coil 4
k34	0.9	coupling factor between coil 3 and coil 4

Circuit Model:
$$v_1 = L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} + \sum (k_{1n} \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_n} \cdot \frac{di_n}{dt}) + R_1 \cdot i_1 \stackrel{?}{=} j \cdot 2\pi \cdot f \cdot (L_1 \cdot i_1 + \sum (k_{1n} \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_n} \cdot i_n)) + R_1 \cdot i_1$$

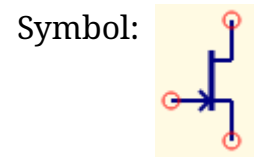
Noise Model:
noise free

System Simulation:
not supported

Digital Simulation:
not supported

n-JFET

junction field-effect transistor



Name	Default Value	Description
Type	nfet	polarity [nfet, pfet]
Vt0	-2.0 V	threshold voltage
Beta	1e-4	transconductance parameter
Lambda	0.0	channel-length modulation parameter
Rd	0.0	parasitic drain resistance
Rs	0.0	parasitic source resistance
Is	1e-14	gate-junction saturation current
N	1.0	gate-junction emission coefficient
Isr	1e-14	gate-junction recombination current parameter
Nr	2.0	Isr emission coefficient
Cgs	0.0	zero-bias gate-source capacitance
Cgd	0.0	zero-bias gate-drain capacitance
Pb	1.0	gate-junction potential
Fc	0.5	forward-bias junction capacitance coefficient
M	0.5	gate P-N grading coefficient
Kf	0.0	flicker noise coefficient
Af	1.0	flicker noise exponent
Ffe	1.0	flicker noise frequency exponent
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius
Xti	3.0	saturation current temperature exponent
Vt0tc	0.0	Vt0 temperature coefficient

Betatce	0.0	Beta exponential temperature coefficient
Tnom	26.85	temperature at which parameters were extracted
Area	1.0	default area for JFET
Eg	1.11	energy bandgap in eV
EgTA	7.02e-4	energy bandgap temperature coefficient alpha
EgTB	1108.0	energy bandgap temperature coefficient beta
Package	SOT23	for PCB layout only: footprint [SOT23, TO92]

Noise Current Source

noise current source with power spectral density $PSD = i^2 / (a + c \cdot freq^e)$

Symbol:



Name	Default Value	Description
i	1e-6	current density in A/sqrt(Hz)
e	0	frequency exponent
c	1	frequency coefficient
a	0	additive frequency term
tr_sim	no	create noise during transient simulation [yes, no]

Noise Generator

white noise generator

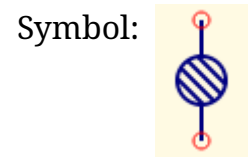
Symbol:



Name	Default Value	Description
samples	0	number of bits to generate (0=take number of simulation component)
vn	1e-9	noise density in 1/sqrt(Hz)
type	normal	amplitude distribution [uniform, normal]

Noise Voltage Source

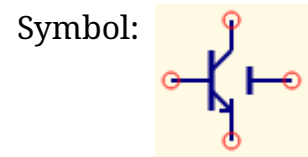
noise voltage source with power spectral density $PSD = u^2 / (a + c \cdot freq^e)$



Name	Default Value	Description
v	1e-6	voltage density in V/sqrt(Hz)
e	0	frequency exponent
c	1	frequency coefficient
a	0	additive frequency term
tr_sim	no	create noise during transient simulation [yes, no]

npn Transistor

bipolar junction transistor with substrate (Gummel-Poon model)
The model is for vertical epitaxy transistors, thus, the substrate is a PN junction to the collector terminal.



Name	Default Value	Description
Type	npn	polarity [npn, pnp]
Is	1e-16	saturation current
Nf	1	forward emission coefficient
Nr	1	reverse emission coefficient
Ikf	0	high current corner for forward beta
Ikr	0	high current corner for reverse beta
Vaf	0	forward early voltage
Var	0	reverse early voltage
Ise	0	base-emitter leakage saturation current
Ne	1.5	base-emitter leakage emission coefficient
Isc	0	base-collector leakage saturation current
Nc	2	base-collector leakage emission coefficient
Bf	100	forward beta
Br	1	reverse beta
Rbm	0	minimum base resistance for high currents
IRb	0	current where base resistance falls half-way to its minimum
Rc	0	collector ohmic resistance
Re	0	emitter ohmic resistance
Rb	0	zero-bias base resistance (may be high-current dependent)
Cje	0	base-emitter zero-bias depletion capacitance

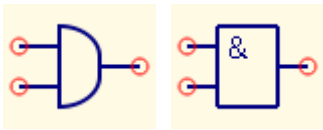
Vje	0.75	base-emitter junction built-in potential
Mje	0.33	base-emitter junction exponential factor
Cjc	0	base-collector zero-bias depletion capacitance
Vjc	0.75	base-collector junction built-in potential
Mjc	0.33	base-collector junction exponential factor
Xcjc	1.0	fraction of Cjc that goes to internal base pin
Cjs	0	zero-bias collector-substrate capacitance
Vjs	0.75	substrate junction built-in potential
Mjs	0	substrate junction exponential factor
Fc	0.5	forward-bias depletion capacitance coefficient
Tf	0.0	ideal forward transit time
Xtf	0.0	coefficient of bias-dependence for Tf
Vtf	0.0	voltage dependence of Tf on base-collector voltage
Itf	0.0	high-current effect on Tf
Tr	0.0	ideal reverse transit time
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius
Kf	0.0	flicker noise coefficient
Af	1.0	flicker noise exponent
Ffe	1.0	flicker noise frequency exponent
Kb	0.0	burst noise coefficient
Ab	1.0	burst noise exponent
Fb	1.0	burst noise corner frequency
Ptf	0.0	excess phase in degrees
Xtb	0.0	temperature exponent for forward- and reverse beta
Xti	3.0	saturation current temperature exponent
Eg	1.11	energy bandgap in eV
Tnom	26.85	temperature at which parameters were extracted
Area	1.0	default area for bipolar transistor

EgTA	7.02e-4	energy bandgap temperature coefficient alpha
EgTB	1108.0	energy bandgap temperature coefficient beta

n-port AND

logical AND

Symbol:

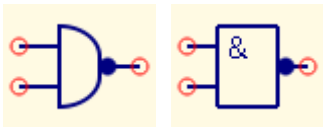


Name	Default Value	Description
in	2	number of input ports
V	1 V	voltage of high level
t	0	delay time
Symbol	old	schematic symbol [old, DIN40900]

n-port NAND

logical NAND

Symbol:

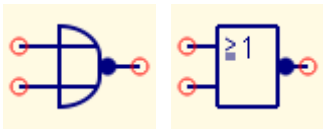


Name	Default Value	Description
in	2	number of input ports
V	1 V	voltage of high level
t	0	delay time
Symbol	old	schematic symbol [old, DIN40900]

n-port NOR

logical NOR

Symbol:

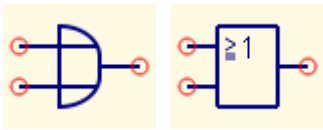


Name	Default Value	Description
in	2	number of input ports
V	1 V	voltage of high level
t	0	delay time
Symbol	old	schematic symbol [old, DIN40900]

n-port OR

logical OR

Symbol:

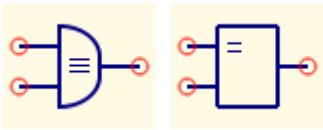


Name	Default Value	Description
in	2	number of input ports
V	1 V	voltage of high level
t	0	delay time
Symbol	old	schematic symbol [old, DIN40900]

n-port XNOR

logical XNOR

Symbol:

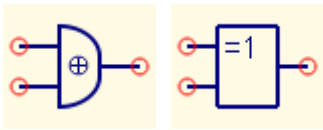


Name	Default Value	Description
in	2	number of input ports
V	1 V	voltage of high level
t	0	delay time
Symbol	old	schematic symbol [old, DIN40900]

n-port XOR

logical XOR

Symbol:

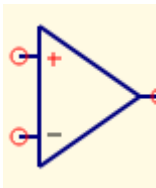


Name	Default Value	Description
in	2	number of input ports
V	1 V	voltage of high level
t	0	delay time
Symbol	old	schematic symbol [old, DIN40900]

OpAmp

operational amplifier

Symbol:

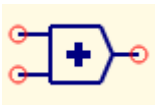


Name	Default Value	Description
G	1e6	voltage gain
Umax	15 V	absolute value of maximum and minimum output voltage

Operation

operations

Symbol:



Name	Default Value	Description
Op	addition	operation to perform on input signals [addition, subtraction, multiplication]
in	2	number of input ports

Optimization

Optimization

Symbol:

Optimization

Name	Default Value	Description
Sim		
Algo	2 2000 1e-5 0.1 1 3	

parameter sweep

parameter sweep

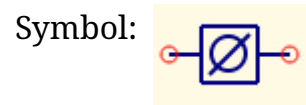
Symbol:



Name	Default Value	Description
Sim		
Param	R1	
Type	lin	[lin, log, list]
Start	5	
Stop	50	
Points	10	

Phase Shifter

bidirectional phase shifter



Name	Default Value	Description
phi	90	phase shift in degree
Zref	50 Ohm	reference impedance

Circuit Model:
changes the phase of the transferred signal.
unity gain when input and output are

matched to the reference impedance.
not clearly defined in time domain!

Noise Model:
noise free

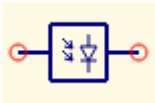
System Simulation:
changes the phase of the transferred signal (unity gain)
The parameter *Zref* is ignored.

Digital Simulation:
not supported

Photodetector

photodetector

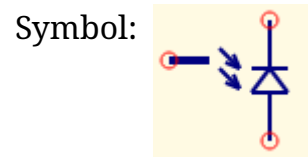
Symbol:



Name	Default Value	Description
R	0.5	responsivity in A/W
RL	20	load resistance (e.g. from next stage)
C	0	intrinsic capacitance
Tt	0	charge transit time

Photodiode

photodiode



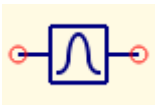
Name	Default Value	Description
Resp	0.5	responsivity in A/W
Is	1 fA	saturation current
N	1	emission coefficient
Cj0	10 fF	zero-bias junction capacitance
M	0.5	grading coefficient
Vj	0.7 V	junction potential
Fc	0.5	forward-bias depletion capacitance coefficient
Cp	0.0 fF	linear capacitance
Isr	0.0	recombination current parameter
Nr	2.0	emission coefficient for Isr
Rs	0	ohmic series resistance
Tt	0.0 ps	transit time
Ikf	0	high-injection knee current (0=infinity)
Kf	0.0	flicker noise coefficient
Af	1.0	flicker noise exponent
Ffe	1.0	flicker noise frequency exponent
Bv	0	reverse breakdown voltage (0 = no breakdown)
Ibv	1 mA	current at reverse breakdown voltage
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius
Xti	3.0	saturation current temperature exponent
Eg	1.11	energy bandgap in eV

Tbv	0.0	Bv linear temperature coefficient
Trs	0.0	Rs linear temperature coefficient
Ttt1	0.0	Tt linear temperature coefficient
Ttt2	0.0	Tt quadratic temperature coefficient
Tm1	0.0	M linear temperature coefficient
Tm2	0.0	M quadratic temperature coefficient
Tnom	26.85	temperature at which parameters were extracted
Area	1.0	default area for diode
EgTA	7.02e-4	energy bandgap temperature coefficient alpha
EgTB	1108.0	energy bandgap temperature coefficient beta

Pulse Shape

pulse shaper

Symbol:

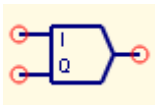


Name	Default Value	Description
samples	0	number of samples per pulse (0=take number of simulation component)
shape	cosine	shape of pulse [rectangle, linear, cosine, root-cosine, gauss]
type	NRZ	type of pulse [NRZ, RZ, DNRZ, DRZ]
Er	0	extinction ratio (0 = infinity; -1 = multi-level)
D	0.5	duration of symbol transitions (0...1)

QAM

QAM modulator

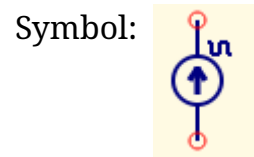
Symbol:



Name	Default Value	Description
I	1	number of bits for I-channel
Q	0	number of bits for Q-channel

Rectangle Current

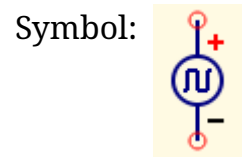
rectangle current source



Name	Default Value	Description
IH	1 mA	current at high pulse
IL	0 mA	current at high pulse
TH	1 ms	duration of high pulses
TL	1 ms	duration of low pulses
Tr	1 ns	rise time of the leading edge
Tf	1 ns	fall time of the trailing edge
Td	0 ns	initial delay time
type	high_low	pulse sequence [high_low, PRBS_8bit, PRBS_32bit]

Rectangle Voltage

rectangle voltage source

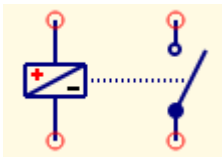


Name	Default Value	Description
VH	1 V	voltage of high signal
VL	0 V	voltage of low signal
TH	1 ms	duration of high pulses
TL	1 ms	duration of low pulses
Tr	1 ns	rise time of the leading edge
Tf	1 ns	fall time of the trailing edge
Td	0 ns	initial delay time
seq	high_low	pulse sequence [high_low, PRBS_8bit, PRBS_32bit]

Relay

relay

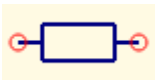
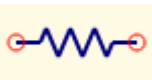
Symbol:



Name	Default Value	Description
Vt	0.5 V	threshold voltage
Vh	0.1 V	hysteresis voltage
Package	relay_crydom_CX240D5	for PCB layout only: footprint [relay_crydom_CX240D5, relay_crydom_SPF240D25]

Resistor

ideal, lumped resistor

Symbol:  

Name	Default Value	Description
R	50 Ω	resistance
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)
Symbol	european	schematic symbol [european, US]
Package	SMD0603	for PCB layout only: footprint [SMD0201, SMD0402, SMD0603, SMD0805, SMD1206, resistor_sil2, resistor_0.25W]

Notes:

- A temperature dependency can be entered as an equation, e.g. $R=50*(1+12e-6*(Temp-25))$ for a resistance with 50 ohms at 25°C and a temperature coefficient of 12 ppm/°C.
- A non-ideal resistor can be found in the library *diverse*. The component *RF_resitor* has RF parasitics and temperature coefficients.

Circuit Model:

Ohm's law applies for all frequencies.

Noise Model:

thermal noise, i.e. $\langle i^2 \rangle = 4kT / R$ (with T being the device temperature in Kelvin)

System Simulation:

ideal short circuit

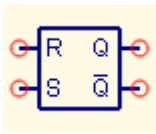
Digital Simulation:

not supported

RS-FlipFlop

RS flip flop

Symbol:

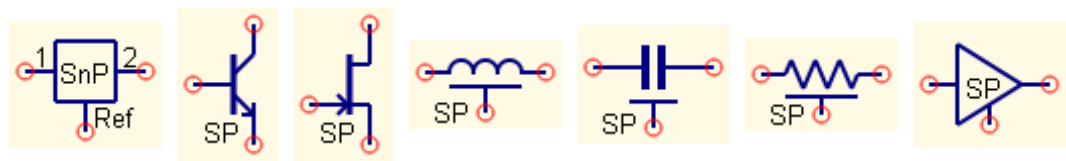


Name	Default Value	Description
t	0	delay time

S parameter file

n-port S parameter file (Touchstone format)

Symbol:



Name	Default Value	Description
File	test.s2p	name of the s parameter file
Ports	2	number of ports
domain	polar	interpolation domain [rectangular, polar]
interpol	linear	interpolation type [linear, quadratic, cubic]
duringDC	short	representation during DC and transient analysis [open, short, shortall, zerofreq, response]
func	none	for 2-port only: special functions [none, deembed, complexZ0]
Symbol	block	schematic symbol [block, BJT, FET, coil, capacitor, resistor, amp]
Package	SOT23	for PCB layout only: footprint [SOT23, TO92]

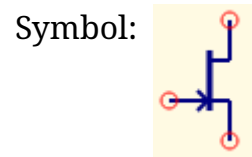
Notes:

The parameter *duringDC* determines the behaviour of this component for DC and transient analysis.

- *open* - omit the component
- *short* - connect all signal pins together, leave the reference pin open
- *shortall* - connect all signal pins and the reference pin together
- *zerofreq* - use the s-parameter model at frequency 0 Hz
- *response* - for DC analysis equal to *zerofreq*, for transient analysis use the impulse response (transform s-parameters into time domain)

Statz

Statz Raytheon model for GaAs MESFETs

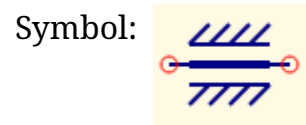


Name	Default Value	Description
Type	nfet	polarity [nfet, pfet]
W	1	unit gate width relative to nominal value
Ng	1	number of gate fingers relative to nominal value
Vt0	-2.0 V	threshold voltage
alpha	2.0	saturation parameter for Ids in 1/volts
beta	1e-4	transconductance
lambda	0	channel length modulation
b	0	Ids transition from quadratic to linear regime
Is	1 pA	saturation current of gate diode
Ir	1 pA	reverse saturation current of gate diode
N	1	emission coefficient of gate diode
Vbr	0	diode reverse breakdown voltage (0=infinity)
Cds	0	linear drain-source capacitance
Cgs0	0	zero-bias gate-source capacitance
Cgd0	0	zero-bias gate-drain capacitance
Delta1	0.3	capacitance saturation transition voltage
Delta2	0.2	capacitance threshold transition voltage
Vbi	0.85	built-in gate potential
Fc	0.5	linearization parameter of depletion capacitance
Crf	0	capacitance for frequency-dependent DS conductance
Rc	1e9	resistance for frequency-dependent DS conductance

Rd	0	parasitic drain resistance
Rs	0	parasitic source resistance
Rg	0	parasitic gate resistance
Rin	0	intrinsic GS resistance
Rgd	0	intrinsic GD resistance
alphatce	0	exponential temperature coefficient for alpha
betatce	0	exponential temperature coefficient for beta
Vt0tc	0	linear temperature coefficient for Vt0
Tqm	0.2	temperature coefficient for junction capacitance
Xti	3.0	temperature exponent for Is
Eg	1.11	energy gap (in eV) for temperature effect on Is
Tnom	25	temperature at which parameters were extracted
Temp	25	device temperature in degree Celsius
P	1.0	drain noise coefficient
Kf	0	flicker noise coefficient
Af	1	flicker noise exponent
Ffe	1	flicker noise frequency exponent
Package	SOT23	for PCB layout only: footprint [SOT23, TO92]

Stripline

centered stripline



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
L	10 mm	length of the line
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Stripline Bend

stripline bend

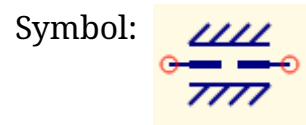
Symbol:



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
P	90	angle of bend in degree

Stripline Gap

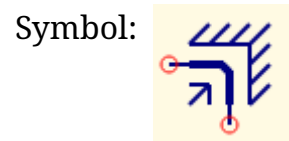
stripline gap



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
S	0.5 mm	length of gap

Stripline Mitered Bend

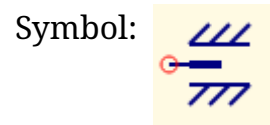
stripline optimal mitered 90 degree bend



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Stripline Open

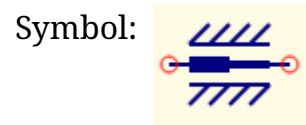
stripline open end



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of the line
L	0 mm	length of the line
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Stripline Step

stripline impedance step



Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W1	1.5 mm	width of line 1
W2	1 mm	width of line 2

Stripline Tee

stripline tee

Symbol:

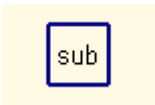


Name	Default Value	Description
Subst	Subst1	name of substrate definition
W	1 mm	width of line 1 and 2
Wm	1 mm	width of the middle line

Subcircuit

subcircuit

Symbol:



Name	Default Value	Description
File	test.sch	name of schematic file

Subcircuit Port

port of a subcircuit

Symbol: 

Name	Default Value	Description
Type	analog	type of the port (for digital simulation only) [analog, in, out, inout]
Package	smd_point	for PCB layout only: footprint [smd_point, con_1]

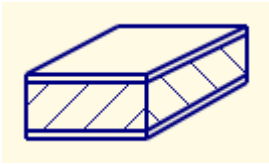
Notes:

A schematic that contains at least one port is subcircuit. I.e. it can be used as a component in other schematics. For more details, please read the section [Working with Subcircuits](#).

Substrate

substrate definition

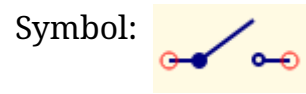
Symbol:



Name	Default Value	Description
er	9.8	relative permittivity
h	1 mm	substrate height
t	35 μm	thickness of metalization
tand	2e-4	loss tangent
rho	1.72e-8	specific resistance of metal
Rz	0	rms substrate roughness
backside	Metal	for coplanar waveguide only: material at the backside of the substrate [Metal, Air]
Model	Hammerstad	for microstrip only: quasi-static model [Hammerstad, Wheeler, Schneider]
DispModel	Kirschning	for microstrip only: dispersion model [none, Kirschning, Hammerstad]

Switch

SPMT switch (time controlled)

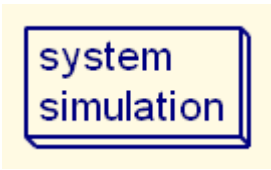


Name	Default Value	Description
num	1	number of contacts (throws)
state	0	initial state (0 = off, 1 = contact 1, 2 = contact 2, ...)
time	1 ms	time when state changes (semicolon separated list possible)
Package	con_2	for PCB layout only: footprint [con_2, smd_jumper2]

system simulation

time-domain system simulation

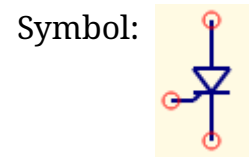
Symbol:



Name	Default Value	Description
rate	1 Gbps	symbol rate per second
npSym	16	number of samples per symbol
numSym	32	number of symbols

Thyristor

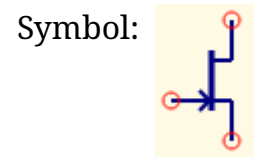
silicon controlled rectifier (SCR)



Name	Default Value	Description
Vbo	400 V	breakover voltage
Igt	50 μ A	gate trigger current
Cp	0	parasitic capacitance
Is	1e-10 A	saturation current
N	2	emission coefficient
Ri	10 Ohm	intrinsic junction resistance
Rg	5 Ohm	gate resistance
Ts	1e-6	duration of switching on/off in sec
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

TOM3

TriQuint's Own Model III (TOM3) for FETs



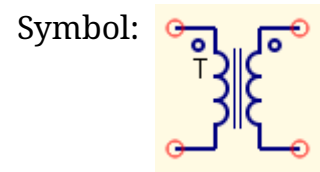
Name	Default Value	Description
W	1	unit gate width relative to nominal value
Ng	1	number of gate fingers relative to nominal value
Vt0	-2.0 V	threshold voltage
alpha	3.0	saturation parameter for Ids in 1/volts
beta	0.05	transconductance
lambda	0	channel length modulation
gamma	0.1	Vds coefficient for pinch-off change
Q	2.0	power of Ids law
K	3.0	knee function power-law coefficient
Vst	0.05	subthreshold slope voltage
Mst	0	parameter for Vst dependence on Vds
Is	1 pA	saturation current of gate diode
eta	1.25	emission coefficient of gate diode
Ilk	100 nA	reverse leakage saturation current
Plk	2.25	reverse leakage reference voltage
Cds	0	linear drain-source capacitance
Qgql	2e-13	low-power gate charge nonlinear term coefficient
Qgqh	1e-13	high-power gate charge nonlinear term coefficient
Qgi0	1e-4	reference current in high-power gate charge nonlinear Ids term

Qgag	0.75	low-power gate charge nonlinear term exponential coefficient
Qgad	0.65	low-power gate charge nonlinear term exponential Vds coefficient
Qggb	3.0	transition coefficient for combined low-high power charge
Qgcl	1e-13	low-power gate charge linear term coefficient
Qgsh	2e-13	high-power gate charge linear Vgsi term coefficient
Qgdh	1e-13	high-power gate charge linear Vgdi term coefficient
Qgg0	0	combined low-high power additional linear term coefficient
Rd	0	parasitic drain resistance
Rs	0	parasitic source resistance
Rg	0	parasitic gate resistance
Rgmet	0	gate metal resistance
Rdtc	0	linear temperature coefficient for Rd
Rstc	0	linear temperature coefficient for Rs
alphatce	0	exponential temperature coefficient for alpha
betatce	0	exponential temperature coefficient for beta
gammatc	0	linear temperature coefficient for gamma
Vsttc	0	linear temperature coefficient for Vst
Msttc	0	linear temperature coefficient for Mst
Vt0tc	0	linear temperature coefficient for Vt0
Xti	2.5	temperature exponent for Is
Eg	1.11	energy gap (in eV) for temperature effect on Is
Tnom	25	temperature at which parameters were extracted
Temp	25	device temperature in degree Celsius
P	1.0	drain noise coefficient
Kf	0	flicker noise coefficient
Af	1.0	flicker noise exponent
Ffe	1.0	flicker noise frequency exponent

Package	SOT23	for PCB layout only: footprint [SOT23, T092]
---------	-------	--

Transformer

ideal transformer



Name	Default Value	Description
T	1	voltage transformation ratio
Package	line_filter_inductor	for PCB layout only: footprint [line_filter_inductor]

Notes:

- Keeps the ratio between the voltage across the left terminals and the one across the right terminals constant to factor T .
- DC voltages are transformed, too!

Circuit Model:

$$u_1 = T \cdot u_2$$

$$i_2 = T \cdot i_1$$

$$Z_1 = T^2 \cdot Z_2$$

Noise Model:

noise free

System Simulation:

not supported

Digital Simulation:

not supported

transient simulation

non-linear simulation in time domain

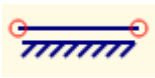
Symbol:



Name	Default Value	Description
Type	lin	[lin, log, list, steady]
Start	0	
Stop	1 ms	
Points	501	
method	Trapezoidal	integration method [Trapezoidal, Gear1, Gear2, Gear3, Gear4, Gear5, Gear6]
MinStep	1e-16	minimum step size in seconds
MaxIter	500	maximum number of iterations before error
reltol	0.001	relative tolerance for convergence
abstol	1 μ A	absolute tolerance for convergence
initialDC	yes	perform an initial DC analysis [yes, no]
output	none	additional results in dataset: bias currents or power? [none, bias, power]

Transmission Line

ideal transmission line

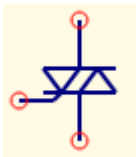
Symbol: 

Name	Default Value	Description
Z	50 Ω	characteristic impedance
L	1 mm	length of the line
A	0 dB	attenuation factor per length in 1/m
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)
a1		for transient simulation: inital wave at port 1 (=v1 + ZL*i1)
a2		for transient simulation: inital wave at port 2 (=v2 + ZL*i2)

Triac

triac (bidirectional thyristor)

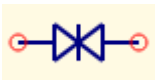
Symbol:



Name	Default Value	Description
Vbo	400 V	(bidirectional) breakover voltage
Igt	50 μ A	(bidirectional) gate trigger current
Cp	0	parasitic capacitance
Is	1e-10 A	saturation current
N	2	emission coefficient
Ri	10 Ohm	intrinsic junction resistance
Rg	5 Ohm	gate resistance
Ts	1e-6	duration of switching on/off in sec
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Tunnel Diode

resonance tunnel diode

Symbol: 

Name	Default Value	Description
Ip	4 mA	peak current
Iv	0.6 mA	valley current
Vv	0.8	valley voltage
Wr	2.7e-20	resonance energy in Ws
eta	1e-20	Fermi energy in Ws
dW	4.5e-21	resonance width in Ws
Tmax	0.95	maximum of transmission
de	0.9	fitting factor for electron density
dv	2.0	fitting factor for voltage drop
nv	16	fitting factor for diode current
Cj0	80 fF	zero-bias depletion capacitance
M	0.5	grading coefficient
Vj	0.5 V	junction potential
te	0.6 ps	life-time of electrons
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)
Area	1.0	default area for diode

Twisted-Pair

twisted pair transmission line

Symbol: 

Name	Default Value	Description
d	0.5 mm	diameter of conductor
D	0.8 mm	diameter of wire (conductor and insulator)
L	1.5	physical length of the line
T	100	twists per length in 1/m
er	4	dielectric constant of insulator
mur	1	relative permeability of conductor
rho	0.022e-6	specific resistance of conductor
tand	4e-4	loss tangent
Temp	26.85	device temperature in degree Celsius (for noise calculation only)

Verilog/VHDL file

VHDL or Verilog file

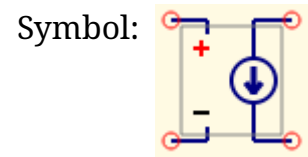
Symbol:



Name	Default Value	Description
File	sub.v	Name of VHDL or Verilog file

Voltage Controlled Current Source

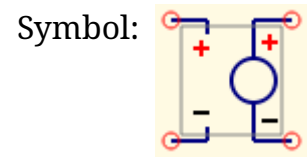
voltage controlled current source



Name	Default Value	Description
G	1 S	forward transconductance
T	0	delay time

Voltage Controlled Voltage Source

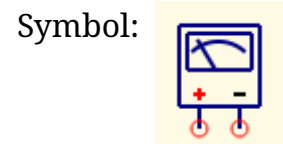
voltage controlled voltage source



Name	Default Value	Description
G	1	forward transfer factor
T	0	delay time

Voltage Probe

This component measures the voltage across its terminals and writes the result into the dataset.



Name	Default Value	Description
Package	con_2	for PCB layout only: footprint [con_2, smd_jumper]

Circuit Model:

open circuit

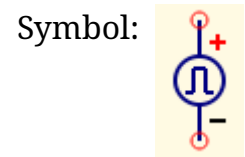
Noise Model:
noise free

System Simulation:
not supported

Digital Simulation:
not supported

Voltage Pulse

voltage pulse source



Name	Default Value	Description
V1	0 V	voltage before and after the pulse
V2	1 V	voltage of the pulse
T1	0	start time of the pulse
T2	1 ms	ending time of the pulse
Tr	1 ns	rise time of the leading edge
Tf	1 ns	fall time of the trailing edge

Daten exportieren

Dateien von einem Projekt können kopiert werden, indem sie per Drag'n'Drop von der Inhaltsansicht zu einem anderen Ort gezogen werden.

Das Exportieren von Daten erfolgt am besten direkt aus dem Graph eines Diagramms. Rechte Maustaste auf dem Graphen und wählen:

- **Graph in Zwischenablage** - Die Daten befinden sich nun in der System-Zwischenablage und können in ein Tabellenkalkulationsprogramm oder einen Texteditor eingefügt werden. Das Format ist: Unabhängige Variable in der ersten Spalte, Betrag der abhängigen Variable in der nächsten Spalte und Phase (in Grad) der abhängigen Variable in der letzten Spalte.
- **Exportiere nach CSV...** - Erzeugt eine CSV-Datei und schreibt die Daten dort hinein. Das Format lautet: Unabhängige Variable in der ersten Spalte, Realteil der abhängigen Variable in der nächsten Spalte und Imaginärteil der abhängigen Variable in der letzten Spalte.

Datensatz-Dateien können aus dem Inhalt-Tab per rechter Maustaste in das Touchstone-Format konvertiert werden. Der umgekehrte Weg funktioniert ebenso.

Schaltungen oder Diagramme können über die Zwischenablage (STRG+C) in andere Applikationen kopiert werden (STRG+V), wenn diese das EMF-Format unterstützen.

[zurück nach oben](#)

Daten importieren

Es gibt mehrere Wege, um Dateien zu importieren:

Dateien in das Projekt-Verzeichnis kopieren - Das geschieht, indem man *Projekt→Dateien zu Projekt hinzufügen...* (CTRL+SHIFT+A) wählt, oder indem man die Dateien einfach in das Inhalt-Tab des Projektes drag'n'dropt. Zum Beispiel ist das sinnvoll für Datenblätter oder Touchstone-Dateien, die zu einigen Simulationen gehören. Erscheinen die Dateien dann in der Inhaltsliste, können sie durch Doppeldrücken geöffnet werden, falls es sich um bekannte Dateitypen wie z.B. Text- oder Gerber-Dateien handelt. Alle anderen kann man mittels Drag'n'Drop auf ein zum Anzeigen geeignetes Programm ziehen.

Dateien mit dem Import-Dialog konvertieren - Einige Dateitypen können über das Menü *Projekt→Importiere Daten...* (CTRL+SHIFT+I) importiert werden. Eine andere Möglichkeit ist, die Dateien in den Inhalt-Tab des Projektes zu ziehen und während des Ablegens die STRG- oder Alt-Taste zu drücken (drag'n'drop + STRG oder drag'n'drop + Alt).

Folgende Datei-Formate werden unterstützt:

SPICE-Format (*.cir)

CITI-Format (*.citi, *.cit)

Touchstone-Format (*.s1p, *.s2p, usw.)

VCD-Format (*.vcd)

IC-CAP model files (*.mdl)

Text-Format mit reellen Zahlen (*.txt)

Text-Format mit komplexen Zahlen (*.ri)

Die Text-Formate sind die universellste Möglichkeit für den Import, falls die Daten manuell konvertiert werden müssen. Die Textdatei muss in Spalten organisiert sein und die Zahlen im typischen ASCII-Format enthalten. D.h. die erste Spalte enthält die unabhängige Variable und alle weiteren Spalten (sofern vorhanden) enthalten abhängige Variablen. Bei komplexen Zahlen müssen die Spalten abwechselnd Real- und Imaginärteil enthalten. Optional kann die erste Zeile die Namen der Variablen enthalten.

Mit Hilfe der Zwischenablage - Daten aus ASCII Zahlen können direkt über die Zwischenablage importiert werden. Z.B. können Sie die Spalten mit den Zahlen aus einem Tabellenkalkulationsprogramm kopieren (erste Spalte = unabhängige Variable, zweite Spalte = abhängige Variable, optional dritte Spalte mit imaginär Teil). Wechseln Sie dann zu einem Schaltungs- oder Datenanzeige-Dokument und fügen Sie die Daten ein mit *Bearbeiten→Einfügen* (STRG+V). Jetzt kann ein kartesisches Diagramm auf das Dokument gesetzt werde. Das Diagramm zeigt die importierten Daten. Beachten Sie, dass während dieses Vorganges eine Datendatei im Projektverzeichnis angelegt wird: Name 'clipboardX.dat', wobei 'X' eine Zahl ist.

[zurück nach oben](#)

Einführung in Analog-Simulationen

Nachdem die Applikation gestartet wurde, sieht man das Hauptfenster, ähnlich wie das in Bild 1. Auf der rechten Seite ist die Arbeitsfläche (7), welche die Schaltungen, Datenanzeigen usw. enthält. Mit Hilfe des Tab-Balkens (6) darüber, kann man schnell zwischen allen geöffneten Dokumenten hin und her schalten. Auf der linken Seite des Hauptfensters befindet sich eine weitere Fläche (1), dessen Inhalt vom Status des links davon liegenden Tab-Balkens abhängt: "Projekte" (2), "Inhalt" (3), "Komponenten" (4) und "Bibliothek" (5). Nach dem Programmstart ist der "Projekte"-Tab aktiviert. Da dies der erste Programmstart war, ist die Fläche leer, denn es existiert noch kein Projekt. Drücken Sie den "Neu"-Knopf direkt über der Fläche (1) und ein Dialog öffnet sich. Geben Sie den Namen Ihres ersten Projektes ein, z.B. "erstesProjekt" und drücken Sie "Ok". Das Programm erzeugt ein Projekt-Verzeichnis im .qucs Verzeichnis, in diesem Beispiel "erstesProjekt_prj". Jede Datei, die zu diesem Projekt gehört, wird in dieses Verzeichnis gespeichert. Das neu erzeugte Projekt wird auch gleich geöffnet (wie man in der Titelleiste des Fensters sehen kann) und der Tab-Balken wechselt zu "Inhalt" (3), wo der Inhalt des momentan geöffneten Projektes angezeigt wird. Zur Zeit existiert noch kein Dokument, also drücken Sie den Speichern-Knopf in der Werkzeugleiste (oder verwenden Sie das Hauptmenü: Datei→Speichern), um das unbenannte Dokument zu speichern, das sich bereits in der Arbeitsfläche (7) befindet. Sie werden nach den Namen des neuen Dokumentes gefragt. Geben Sie "Teiler" ein und drücken Sie den "Ok"-Knopf.

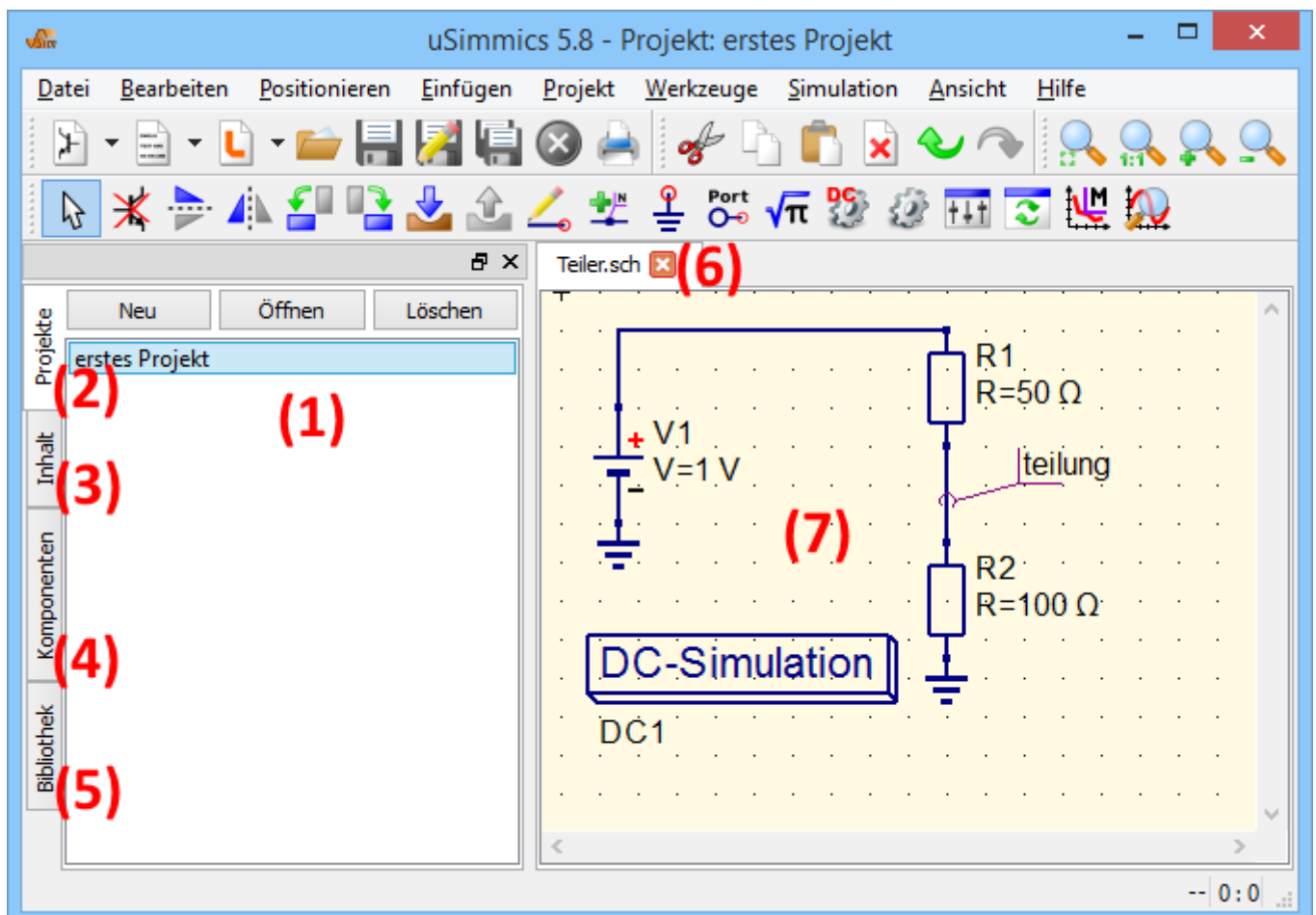


Bild 1 - Hauptfenster

Jetzt soll eine einfache DC-Simulation durchgeführt werden, d.h. die Schaltung in Bild 1 soll analysiert werden. Aktivieren Sie den "Komponenten"-Tab (4) in Bild 1). Dort sehen Sie oben einen Auswahl-Kasten, wo eine Komponenten-Gruppe gewählt werden kann. Gleich darunter befinden sich die Komponenten der ausgewählten Gruppe. Wählen Sie "konzentrierte Komponenten" und drücken Sie auf das erste Symbol: "Widerstand". Wenn Sie nun den Mauszeiger in die Arbeitsfläche (7) bewegen, führen Sie die Skizze eines Widerstandes mit sich. Drücken der rechten Maustaste dreht dieses Symbol; das Drücken der linken Maustaste fügt den Widerstand in die Schaltung ein. Wiederholen Sie diesen Prozess für alle Komponenten aus Bild 1. Die Spannungsquelle findet man in der Komponentenklasse "Quellen", das Masse-Symbol kann aus der Komponentenklasse "konzentrierte Komponenten" oder aus der Werkzeugleiste entnommen werden, die gewünschte Simulation wird durch den großen Simulationsblock definiert, der sich in der Komponentenklasse "Simulationen" befindet. Um die Parameter des zweiten Widerstandes zu verändern, doppelt-drücken Sie auf sein Symbol. Ein Dialog öffnet sich, wo der Widerstandswert editiert werden kann. Ändern Sie "50 Ohm" nach "100 Ohm" im Editierfeld auf der rechten Seite, drücken Sie die Eingabetaste und schließen Sie den Dialog durch Drücken auf den "Ok"-Knopf.

Um die Komponenten zu verbinden, drücken Sie den Werkzeugleisten-Knopf "Draht" (oder benutzen Sie das Hauptmenü: Einfügen→Draht). Bewegen Sie den Mauszeiger auf einen offenen Port (gekennzeichnet durch einen kleinen roten Kreis) und drücken Sie die linke Maustaste, um die Drahtverbindung zu beginnen. Nun bewegen Sie den Mauszeiger zum nächsten Port und Drücken erneut. Die Komponenten sind nun verbunden. Falls die Richtung des Draht-Winkels geändert werden soll, drückt man die rechte Maustaste vor dem Setzen des Endpunktes. Man kann einen Draht auch abschließen, ohne auf einen offenen Port oder Draht zu drücken: Doppel-Druck der linken Maustaste.

Zum Schluß muß der Knoten oder Draht benannt werden, wo die Spannung berechnen werden soll. Drücken Sie hierzu auf den Werkzeugleisten-Knopf "Draht-Bezeichnung" (oder benutzen Sie das Menü: Einfügen→Draht-Bezeichnung). Anschließend drücken Sie auf den gewünschten Draht. Ein Dialog öffnet sich und Sie können den Knoten-Namen eingeben. Geben Sie "Teilung" ein und drücken Sie den "Ok"-Knopf. Jetzt sollte die Schaltung so aussehen, wie in Bild 1.

Um die Simulation zu starten, drücken Sie in der Werkzeugleiste den "Simulieren"-Knopf (oder verwenden Sie das Menü: Simulation→Simulieren). Ein Fenster öffnet sich und zeigt den Fortschritt an. Nach dem erfolgreichen Ende der Simulation öffnet sich ein neues Dokument zur Datenanzeige. Normalerweise geschieht das so schnell, daß nur ein kurzes Flackern zu sehen ist. Nun muß ein Diagramm eingefügt werden, um das Simulationsergebnis darstellen zu können. Auf der linken Seite hat sich bereits automatisch die Komponenten-klasse "Diagramme" geöffnet. Drücken Sie auf das Symbol "Tabelle", bewegen Sie den Mauszeiger in die Arbeitsfläche und fügen Sie das Diagramm

durch Drücken der linken Maustaste ein. Ein Dialog öffnet sich, wo Sie wählen können, was im neuen Diagramm angezeigt werden soll. In der linken Hälfte stehen die Knoten-Namen, die Sie definiert haben: "Teilung.V". Doppel-Drücken Sie auf den Namen, so wird er in das rechte Feld kopiert. Verlassen Sie den Dialog durch Drücken des "Ok"-Knopfes. Jetzt sehen Sie endlich das Simulationsergebnis: 0.666667 Volt. Wunderbar, klopfen Sie sich selbst auf die Schulter!

Um die weiteren Möglichkeiten kennenzulernen, wird empfohlen, die Beispiele von der Internet-Seite herunterzuladen und auszuprobieren.

[zurück nach oben](#)

Einführung in Digital-Simulationen

Mit der graphischen Benutzeroberfläche können auch Digital-Simulationen durchgeführt werden. Diese Dokumentation soll eine kurze Beschreibung geben, wie das funktioniert.

Standardmäßig wird eine Digital-Simulation mit Hilfe des *Icarus Verilog Compilation-System* von Stephen Williams durchgeführt. (siehe hierzu <http://iverilog.icarus.com/>).

Es ist auch möglich, Digital-Simulationen mit VHDL durchzuführen. Dazu wird *GHDL* von Tristan Gingold (siehe <https://github.com/tgingold/ghdl/>) verwendet.

Es gibt keinen großen Unterschied beim Durchführen einer Analog- oder einer Digital-Simulation. Nachdem Sie die [Einführung in Analog-Simulationen](#) gelesen haben, ist es leicht eine Digital-Simulation zum Laufen zu bringen. Zuerst soll die Wahrheitstabelle eines einfachen logischen UND-Gatters berechnet werden. Wählen Sie die digitalen Komponenten in dem Auswahl-Feld des Komponenten-Tabs auf der linken Seite an und erstellen Sie die Schaltung aus Bild 1. Der Digital-Simulation-Block befindet sich unter den digitalen Komponenten und ebenso unter den Simulationsblöcken.

Die digitale Quelle *S1* und *S2* sind die Eingänge, der Knoten mit Namen *Ausgang* ist der Ausgang. Nach dem Ausführen der Simulation öffnet sich die Datenanzeige. Hier kann nun das Diagramm *Wahrheitstabelle* mit der Variable *Ausgang* eingefügt werden. Die Wahrheitstabelle eines UND-Gatters wird jetzt angezeigt. Gratulation, die erste Digital-Simulation ist fertiggestellt!

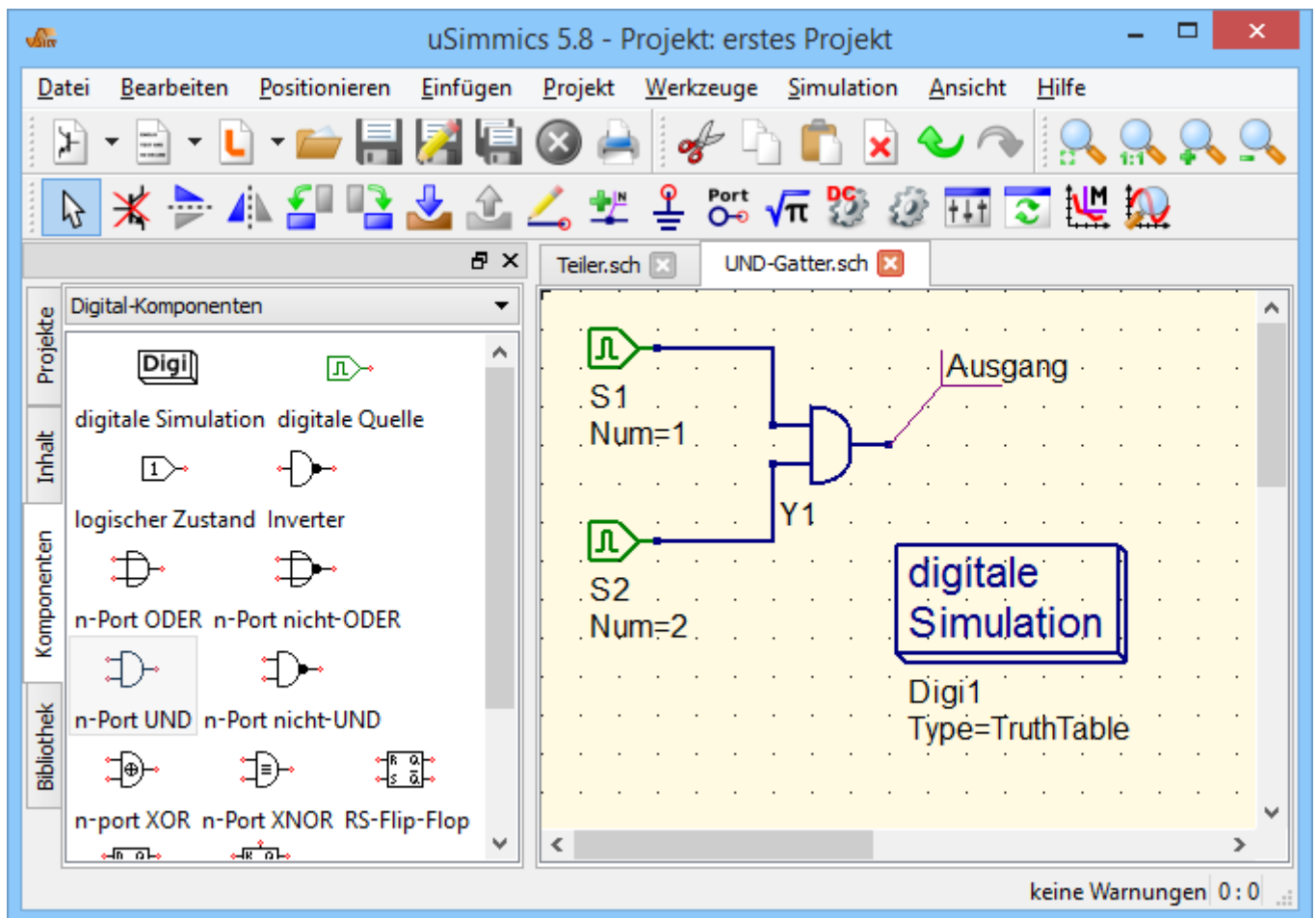


Bild 1 - Hauptfenster

Eine Wahrheitstabelle ist nicht die einzig mögliche Digital-Simulation. Man kann auch ein beliebiges Signal in die Schaltung einspeisen und das Ergebnis in einem Zeitverlauf-Diagramm anzeigen. Um das zu tun, muß der Parameter *Type* im Simulationsblock nach *TimeList* geändert und die Simulationsdauer im nächsten Parameter eingetragen werden. Die digitalen Quellen besitzen nun eine andere Funktion: Sie können eine beliebige Bit-Folge ausgeben. Hierzu wird der Status des ersten Bit (low oder high) angegeben, gefolgt von einer Liste mit Zeitspannen bis zu nächsten Statuswechsel (von high nach low oder umgekehrt). Diese Liste wird bis zum Simulationsende wiederholt durchlaufen. Um also ein 1GHz-Taktsignal mit Tastverhältnis 1:1 zu erzeugen, muß die Liste enthalten: 0.5ns; 0.5ns

Zum Darstellen dieses Simulationsergebnisses gibt es das Diagramm *Zeitverlauf-Diagramm*. Darin kann das Ergebnis aller Ausgangsknoten Zeile für Zeile in einem Diagramm gezeigt werden. Na dann, viel Spaß!

Verilog/VHDL Datei-Komponente

Umfangreichere und universellere Simulationen können mit Hilfe der "VHDL- oder Verilog-Datei" Komponente durchgeführt werden. Diese Komponente kann man in der Komponenten-Liste (Abschnitt "digitale Komponenten") finden. Der empfohlene Weg ist jedoch der folgende: Die Verilog- (oder VHDL-) Datei sollte zum Projekt gehören. Dann

befindet sie sich in der Inhaltsliste in der Rubrik Verilog (oder VHDL). Sie kann angewählt und anschließend in das Zeichenfenster der Schaltung plaziert werden. Das letzte Modul (bzw. der letzte Entität-Block) in der Verilog- (bzw. VHDL-) Datei definiert die Schnittstelle, d.h. alle Ein- und Ausgänge müssen hier deklariert sein. Diese Ports erscheinen auch im Schaltungssymbol und können so mit den Rest der Schaltung verbunden werden. Während der Simulation wird der Quellcode der Datei in die Simulationsdatei eingefügt. Das muß man immer bedenken, weil sich daraus einige Einschränkungen ergeben. Z.B. müssen sich die Namen der Module (bzw. Entitäten) innerhalb der Datei von denen der Unterschaltkreise unterscheiden. (Nach Ende der Simulation kann der gesamte Quellcode durch Drücken von Shift+F5 eingesehen werden. Benutzen Sie diese Möglichkeit um ein Gefühl für die Vorgänge zu gewinnen.)

[zurück nach oben](#)

Einführung in Octave

Die Applikation kann auch zum Entwickeln von Octave-Skripten verwendet werden (siehe <http://www.octave.org>). Hier soll kurz erklärt werden, wie das funktioniert.

Wenn der Benutzer eine Textdatei erzeugt und diese mit der Octave-Endung speichert (*name.m*), dann wird diese Datei bei den Octave-Skripten des aktuellen Projektes gelistet. Das Skript kann mit der F2-Taste oder durch Drücken auf den Simulieren-Knopf in der Werkzeugleiste ausgeführt werden. Die Ausgabe wird im üblichen Simulationsfenster angezeigt, das sich automatisch öffnet. Es ist zu beachten, dass Octave auch nach Schließen des Simulationsfensters im Hintergrund weiterläuft. Das bedeutet, dass Variablen ihren Inhalt behalten. Falls das nicht gewollt ist, sollte ein Skript mit dem Befehl *clear all* beginnen.

Es gibt zwei Octave-Funktionen, die Simulationsergebnisse laden: `loadQucsVariable()` und `loadQucsDataset()`. Bitte verwenden Sie die Hilfe-Funktion von Octave, um mehr darüber zu erfahren (d.h. führen Sie ein Skript aus mit dem Inhalt *help loadQucsVariable* und *help loadQucsDataset*). Weiterhin gibt es die Funktion `saveQucsVariable()`, um Daten von Octave zu exportieren.

Es ist auch möglich compilierte Funktionen für Octave zu erstellen, sogenannte mex-Dateien. In der Vorlagen-Liste (Menü: Datei → Vorlagen → octave_mex.c) existiert hierzu ein Programmgerüst in C. Dieses kann im eingebauten Text-Editor angepasst und dann mit der F2-Taste compiliert werden. Danach steht es sofort zum Aufrufen in Octave zur Verfügung. Erkannt wird mex-Quellcode an der Direktive `#include <octave/mex.h>`, die schon deshalb nie fehlen darf.

Nachbearbeitung

Octave ist auch in der Lage, Simulationsergebnisse automatisch nachzubearbeiten. Dies geschieht, indem die Datenanzeige-Datei einer Schaltung editiert wird (*Dokumenten Einstellungen...* im Datei Menü). Wenn der Dateiname eines Octave-Skriptes (Dateinamenerweiterung *m*) aus dem selben Projekt eingegeben wird, dann wird dieses Skript nach Beenden der Simulation ausgeführt.

Octave Hilfe

Eine komplette Dokumentation über Octave kann im Hilfe-Menü oder mit Shift+F1 aufgerufen werden.

[zurück nach oben](#)

Einrichten und erste Schritte

uSimmics ist ein Simulator für elektronische Schaltungen. Er besitzt eine graphische Benutzeroberfläche, kann viele verschiedene Simulationsarten durchführen und enthält außerdem noch mehrere kleine Hilfsprogramme. Die Applikation benötigt keine Installation.

Wenn das Programm das erste mal gestartet wird, erzeugt es den Ordner ".qucs" im Benutzerverzeichnis. Jede Datei und jedes Unterverzeichnis werden hier gespeichert (z.B. Programm-Einstellungen und Projekt-Verzeichnisse). Der Ort von diesem Verzeichnis kann geändert werden, indem das Programm mit Kommandozeilen-Option aufgerufen wird. Falls der Datei-Pfad Leerzeichen enthält, muss er in Anführungszeichen stehen.

Beispiel:

```
~\uSimmics\bin\uSimmics.exe -"C:\benutzer\max mustermann\qs_projekte"
```

Das geschieht am besten durch Anlegen einer Verknüpfung, also die Datei "uSimmics.exe" bei gedrückter *Alt*-Taste auf den Bildschirmhintergrund ziehen (Drag'n'Drop). Anschließend kann man mit der rechten Maustaste auf diese Verknüpfung drücken und in dem sich öffnenden Menü den Punkt "Eigenschaften" auswählen. Es erscheint ein Dialog, wo im Eingabefeld "Ziel" das Programm "uSimmics.exe" eingetragen ist. Dort lässt sich jede beliebige Kommandozeilen-Option ergänzen.

[zurück nach oben](#)

Elektromagnetische Feld-Simulationen

Mit dem EM-Simulator können von jeder Mikrostreifen-Leitungsstruktur die S-Parameter simuliert werden können, also auch von solchen, die nicht mit einer Schaltungssimulation berechenbar sind.

Eine einfache Methode, um eine Leiterplatte zu entwerfen, besteht darin, sie zunächst im Schaltungsseditor aufzubauen. Dabei müssen alle Komponenten die gleiche Orientierung wie später im Layout besitzen. Das gilt auch für die S-Parameter-Quellen (siehe Bild 1). Der Menü-Punkt *Werkzeuge*→*PCB-Layout erzeugen* überträgt die fertige Schaltung in ein Layout. Enthielt die Schaltung ein Substrat und eine S-Parameter-Simulation, so werden die dort enthaltenen Daten ebenfalls übernommen. Die EM-Simulation kann daher ohne weitere Eingaben mit der Taste F2 gestartet werden.

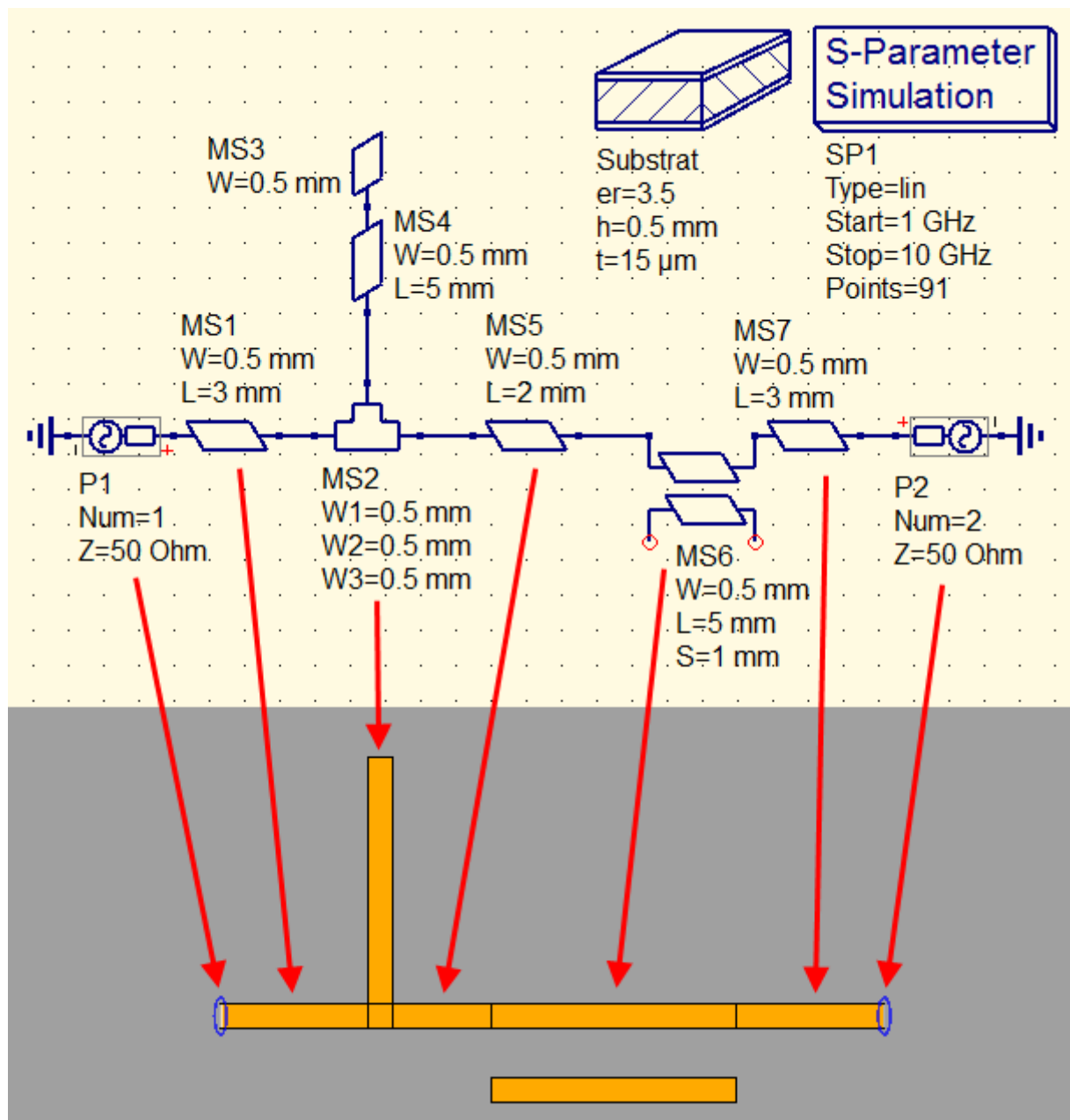


Bild 1 - Mikrostreifen-Schaltung (oben) und dessen Layout (unten)

Vor der eigentlichen Simulation unterteilt die Applikation den Simulationsbereich automatisch in Zellen (Raum-Diskretisierung), die im Layout angezeigt werden. Mit der Taste F8 kann man das Anzeigen dieses Gitternetzes ein- und ausschalten. Die nun folgende elektromagnetische Feld-Simulation benötigt viel Rechenleistung und dauern deshalb oft recht lange. Das Ergebnis ist die erste Spalte der S-Parameter-Matrix (S11, S21, S31, ...), d.h. nur das erste Tor ($Num=1$) ist eine Signal-Quelle, alle anderen Tore bleiben passive Abschlusswiderstände. Die Anregung erfolgt mit einem homogenen elektrischen Feld zwischen Leitung und Masseboden. Da dies nicht dem Mikrostreifen-Moden-Feld entspricht, sollte zwischen der Quelle und der eigentlichen Schaltung immer ein Leitungsstück eingefügt werden, damit sich das elektrische Feld entwickeln kann. (MS1 und MS7 in Bild 1) Weil die Abschlusswiderstände nicht ideal sind, beeinflussen sie das Ergebnis. Je nach Geometrie (Substrat-Dicke usw.) liefert die Simulation daher nur bei Frequenzen unterhalb von 10 bis 20GHz gute Resultate. Mit der F10-Taste kann man sich die Struktur drei-dimensional anschauen.

Das fertige Leiterplatten-Layout kann im Menü *Datei→Exportieren...* im GDS-Format gespeichert werden. Mit Hilfe der so entstandenen Datei können entsprechende Firmen eine Leiterplatte herstellen.

Im Layout-Editor gibt es mehrere Möglichkeiten, die Komponenten zu verändern.

- Das Anwählen einer Komponente erfolgt wie üblich mit einem Maus-Klick darauf. Eine selektierte Komponente hat die Farbe rot.
- Mehrere Komponenten lassen sich anwählen, indem man auf einen freien Bereich drückt und bei gedrückter Maustaste ein Rechteck aufzieht.
- Eine andere Möglichkeit für Mehrfach-Auswahl ist das Anklicken der Komponenten bei gleichzeitig gedrückter STRG-Taste.
- Selektierte Komponenten kann man mit den Knöpfen in der Werkzeugleiste drehen, spiegeln, löschen, kopieren, sowie mit den Cursor-Tasten verschieben.
- Das Doppelklicken auf eine Komponente öffnet einen Dialog zum Ändern der Eigenschaften.
- Neue Komponenten können mit gedrückter Maustaste von der Auswahl auf der linken Seite in das Layout gezogen werden. Auf die gleiche Weise lassen sich Komponenten im Layout verschieben.

Detaillierte Beschreibung

Der EM-Simulator verwendet die Methode EC-FDTD. Es handelt sich also um eine dreidimensionale, elektromagnetische Feld-Simulation im Zeit-Bereich. Die Signal-Quelle erzeugt einen gauß-förmigen Puls und berechnet die daraus resultierenden Spannungen und Ströme solange, bis die Puls-Energie abgeklungen ist. Spannung und Strom an den Toren werden anschließend in den Frequenzbereich transformiert und in S-Parameter umgerechnet.

Mit gedrückter STRG- und linker Maustaste kann der Benutzer ein Lineal anzeigen, um Abstände zu messen.

Durch Drücken der mittleren Maustaste (oder einer anderen Maustaste plus Umschalt-Taste) öffnet sich ein Dialog, mit dem man die Diskretisierung editiert kann. Diese Änderungen bleiben allerdings nur solange erhalten, bis das Gitternetz neu erstellt wird (z.B. durch Drücken der F8-Taste). Die geänderte Diskretisierung kann aber mit den entsprechenden Schaltflächen im Dialog in einer Extra-Datei gespeichert werden.

Die Simulations-Parameter lassen sich im Dokumenten-Dialog anpassen (Taste *STRG+*, oder im Menü *Datei→Dokumenten-Einstellungen...*). Die Bedeutung der möglichen Einstellungen sei im folgenden kurz erläutert:

Im Reiter **Bereich**:

- Das **Bildschirm-Gitter** ist die Auflösung der Positionierung, wenn Bauteile mit gedrückter Maustaste oder mit den Cursor-Tasten verschoben werden. Es gilt ausschließlich für die Positionierung der Layout-Elemente auf dem Bildschirm und beeinflusst nicht die EM-Feldsimulation.
- Der **Diskretisierungsfaktor** gibt die maximale Größe der Zellen im Verhältnis zur kleinsten Substrat-Wellenlänge an. Ein größerer Wert verkleinert die Zellen, erhöht also die Genauigkeit der Ergebnisse, verlängert aber auch die Simulationszeit.
- Der **seitliche Abstand zum Rand** ist die Strecke von den äußersten Leitungsstrukturen bis zum Ende des Simulationsbereiches, also der Abstand links, rechts, oberhalb und unterhalb von der mit Komponenten belegten Fläche. Zusammen mit den Leitungsstrukturen wird so die laterale Größe des gesamten Simulationsbereiches festgelegt. Im Layout-Editor wird diese Fläche durch einen grauen Rahmen angezeigt. Nur innerhalb dieser Fläche erfolgt eine Diskretisierung (Taste F8).
- Der **vertikale Abstand zum Rand** ist die Höhe von der Leiterplatten-Oberfläche bis zum Ende des Simulationsbereiches. Diese Strecke ist im Layout-Editor nicht sichtbar, weil sie senkrecht aus der Zeichenebene herausragt.
- Die **Art der Randbedingung** beschreibt, welche Eigenschaft das Ende des Simulationsbereiches haben soll. Der Substrat-Boden ist immer eine ideale elektrisch-leitende Fläche. Die Art der anderen fünf Randflächen kann frei gewählt werden. Möglich sind: perfekter elektrischer Leiter (PEC), perfekter magnetischer Leiter (PMC) oder offen mit leichten Reflexionen (Mur-ABC).

Im Reiter **Anregung**:

- Die **minimale Frequenz**, **maximale Frequenz** und **Anzahl der Frequenzen** gibt den Frequenzbereich an, der berechnet wird.
- Der **Anregungstyp** definiert die Form des Gauß-Pulses. Ein breitbandiger Impuls führt zwar oft zu kürzeren Rechenzeiten, ist aber auch anfälliger für ein nicht vollständiges Abklingen der Energie. In einem solchen Fall zeigt die Simulation irgendwann keinen Fortschritt mehr. Eine *DC-freie* Anregung ist dagegen oft etwas langsamer, aber stabiler im Abklingen der Energie.

- Die **Energie-Abnahme am Ende** gibt an, wie weit die Energie des Gauß-Pulses abgeklungen sein muss, um die Simulation erfolgreich zu beenden.
- Die **max Zeit relativ zum Puls** ist ein zweites Abbruchkriterion, das insbesondere dann nützlich ist, wenn die Energie-Abnahme versagt. Es gibt die Zeit an, nach der die Simulation erfolgreich endet. Der Wert bezieht sich auf die Länge des anregenden Pulses, d.h. "100" bedeutet hundert Mal so lange wie der Gauß-Puls.

Die Parameter im Reiter **Substrat** entsprechen jenen aus dem Schaltungssimulator (Substrat-Komponente aus Bild 1).

[zurück nach oben](#)

Leiterplatten-Layout

Die Applikation enthält das Leiterplatten-Layoutprogramm *itecad.exe* (<http://www.itecad.it>). Es kann dazu benutzt werden, eine Leiterplatte aus einer Schaltung zu entwerfen.

Einige Komponenten wie Widerstände, Kondensatoren und Transistoren besitzen eine Eigenschaft mit Namen *Package*. Diese bestimmt den Footprint, der in dem Layout-Programm verwendet wird. Der Benutzer kann seine eigenen PCB-Komponenten mit Hilfe von [Unterschaltkreisen](#) erzeugen. Wenn der Name der letzten Eigenschaft *Package* heißt, dann wird der Inhalt für den Import in das PCB-Programm benutzt. Natürlich ist es auch möglich eine gesamte Benutzer-Bibliothek zu erstellen, deren Komponenten in dem Leiterplatten-Layouter verwendet werden können.

Nachdem die Schaltung erstellt und die Footprints eingestellt wurden, kann dies alles zum Layout-Programm übertragen werden, indem die F10-Taste betätigt wird oder per Menü *Werkzeuge→Übertrage zum PCB-Layouter*. Dadurch wird die Netzliste in der Datei *name.net* im Projekt-Verzeichnis gespeichert, und anschließend das Leiterplatten-Layoutprogramm gestartet. Dort öffnet sich ein Dialog, der die importierten Elemente auflistet. Nach dem Schließen dieses Dialoges kann das Layouten beginnen. Das Programm speichert die Leiterplatte unter den Namen *name.ite* im Projektverzeichnis, wo sie in der Rubrik *Leiterplatten-Layouts* erscheint.

Nachträgliche Änderungen im Schaltungsektor können jederzeit in das Leiterplatten-Layout übernommen werden. Dies geschieht wieder mit der F10-Taste. In dem bereits geöffneten Layoutprogramm erscheint dann automatisch das Dialog-Fenster, welches die Änderungen auflistet. Auch die Leiterplatten-Komponenten sind nun wieder mit der Schaltung konsistent.

Sobald das Leiterplatten-Layout fertig ist, kann man die Gerber-Dateien erstellen. Das geschieht im Menü *Ausgabe→Gerber*. In dem Dialog können noch einige Einstellungen vorgenommen werden, bevor mit dem Ok-Knopf die Gerber-Dateien im Projektverzeichnis gespeichert werden. Sie erscheinen im Inhalts-Reiter unter *Anderes* mit der Endung *.gbr*. Durch Doppel-Klicken mit der Maus können diese Dateien im Gerber-Anzeiger betrachtet werden. Dort lassen sich auch mehrere Gerber-Dateien übereinander legen, indem man im Menü *File→Load Gerber File* eine weitere Schicht hinzufügt.

3D-Ansicht

In dem PCB-Layoutprogramm existiert auch der Reiter *3D-Ansicht*, der die Leiterplatte 3-dimensional darstellt. Das Bild kann man drehen (linke Maustaste gedrückt halten) oder verschieben (rechte Maustaste gedrückt halten). Wie die einzelnen Komponenten hier aussehen bestimmt deren Eigenschaft *3D-Gehäuse*. (Doppelklick auf Komponente im

Reiter *Leiterplatte*) Dort kann entweder der Name einer pkg3d-Datei oder die Höhe (in Inch) und Farbe (als Name oder hex-RGB) eines Rechteckes eingegeben werden. Letzteres muss mit einem Sternchen beginnen und folgendes Format aufweisen:

*1.5;black

*0.1;#FFAA00

[zurück nach oben](#)

Mathematische Funktionen

Diagramm-Graphen und Komponenten-Parameter enthalten gewöhnlich Variablen oder Nummern. Allerdings können auch Gleichungen verwendet werden. Deren Syntax wird im folgenden Text beschrieben.

Name der Variablen

Die Suffixe (wie z.B. $.vt$) dienen der Unterscheidung einzelner Simulationsarten. In Schaltungsformeln können sie weggelassen werden.

<i>Knotenname.v</i>	Gleichspannung am Knoten <i>Knotenname</i>
<i>Name.dv</i>	Gleichspannung über Voltmeter <i>Name</i>
<i>Name.I</i>	Gleichstrom durch Komponente <i>Name</i>
<i>Knotenname.v</i>	Wechselspannung am Knoten <i>Knotenname</i>
<i>Name.dv</i>	Wechselspannung über Voltmeter <i>Name</i>
<i>Name.i</i>	Wechselstrom durch Komponente <i>Name</i>
<i>Knotenname.vn</i>	Rauschspannung am Knoten <i>Knotenname</i>
<i>Name.in</i>	Rauschstrom durch Komponente <i>Name</i>
<i>Knotenname.vt</i>	Transientenspannung am Knoten <i>Knotenname</i>
<i>Name.It</i>	Transientenstrom durch Komponente <i>Name</i>
<i>Knotenname.vb</i>	Harmonic-Balance-Spannung am Knoten <i>Knotenname</i>
<i>Name.Ib</i>	Harmonic-Balance-Strom durch Komponente <i>Name</i>
<i>Knotenname.vbn</i>	Harmonic-Balance-Rauschspannung am Knoten <i>Knotenname</i>
<i>Name.ibn</i>	Harmonic-Balance-Rauschstrom durch Komponente <i>Name</i>
<i>Knotenname.vamn</i>	Einseitenband-Amplituden-Rauschspannung (relative zu Träger) am Knoten <i>Knotenname</i>
<i>Knotenname.vpmn</i>	Einseitenband-Phasen-Rauschspannung (relative zu Träger) am Knoten <i>Knotenname</i>
<i>Name[3]</i>	Indizierung der Variable <i>Name</i> (Index 1...N)
<i>S[2,1]</i>	S-Parameter Wert
<i>Sopt</i>	optimaler Quellenreflektionsfaktor normalisiert zur Eingangstor-Impedanz
<i>NF</i>	Rauschzahl in Dezibel
<i>NFmin</i>	minimale Rauschzahl in Dezibel
<i>Rn</i>	äquivalenter Rauschwiderstand in Ohm

Hinweise:

- Alle Spannungen und Ströme sind Spitzenwerte.
- Rauschspannungen und -ströme sind Effektivwerte mit 1Hz Bandbreite, d.h.
Einheit: $V/\sqrt{\text{Hz}}$ bzw. $A/\sqrt{\text{Hz}}$.

Präfixe

Falls eine Zahl von einer Einheit gefolgt wird, dann hat der Präfix der Einheit die Bedeutung eines zusätzlichen Faktors zu der Zahl. Beispiele: $1\text{ nA} = 1\text{ nX} = 1\text{ n} = 1\text{e-9}$. Bei dem Skalierungsbuchstaben muss auf Groß-/Kleinschreibung geachtet werden. Paßt der erste Buchstabe zu keiner Skalierung, wird er ignoriert (z.B. $50\text{ Ohm} = 50$). Bekannte Skalierungen sind:

f	1e-15
p	1e-12
n	1e-9
u oder μ	1e-6
m	1e-3 (nur zusammen mit Einheit, z.B. $2\text{mA}=2\text{e-3}$ aber $3\text{m}=3\text{meter}=3$)
c	1e-2
d	1e-1
k	1e3
M	1e6
G	1e9
T	1e12
mil	2.54e-5 (= 1/1000 inch)
dB	$10^{(\text{Zahl}/10)}$
dBm	$10^{(\text{Zahl}/10)} * 1\text{e-3}$
°	$\text{pi} / 180$ (konvertiert Grad nach Radian)

Vektoren

Zahlenvektoren können als komma-getrennte Liste erzeugt werden.
Beispiel: [2.5,5.6, 7 ,-3]

Konstanten

j	imaginäre Einheit ("Quadratwurzel von -1")
i	imaginäre Einheit ("Quadratwurzel von -1")
pi	Kreiszahl = 3.14159... (Verhältnis von Umfang zu Durchmesser eines Kreises)
e	Eulersche Konstante = 2.71828...

k_B	Boltzmann-Konstante = $1.38065...e-23$
T_0	Standard-Temperatur = 290
T_0K	absoluter Nullpunkt ($T = 0K$) in Grad Celsius = -273.15
μ_0	magnetische Feldkonstante = $12.566...e-7$
ϵ_0	elektrische Feldkonstante = $8.85...e-12$
c_0	Vakuum-Lichtgeschwindigkeit = 299792458
ZF_0	Wellenwiderstand im Vakuum = 376.7...
$q_{electron}$	Elementar-Ladung = $1.6...e-19$

Operatoren

$+x$	unäres Plus
$-x$	unäres Minus
$x+y$	Addition
$x-y$	Subtraktion
$x*y$	Multiplikation
x/y	Division
x^y	Potenz
$x < y$	ergibt 1 falls x kleiner als y, sonst 0
$x > y$	ergibt 1 falls x größer als y, sonst 0

Funktionen

$\text{real}(x)$	Realteil einer komplexen Zahl
$\text{imag}(x)$	Imaginärteil einer komplexen Zahl
$\text{conj}(x)$	konjugiert-komplexe Zahl
$\text{polar}(\text{mag}, \text{phase})$	komplexe Zahl mit Betrag <i>mag</i> und Phase <i>phase</i> in Grad
$\text{abs}(x)$	Betrag
$\text{mag}(x)$	Betrag
$\text{norm}(x)$	Norm (Betrag zum Quadrat)
$\text{phase}(x)$	Phase in Grad (-180°...0°...+180°)
$\text{wphase}(x)$	Phase in Grad, versucht Sprünge zu vermeiden
$\text{vswr}(x)$	konvertiert Reflektionsfaktor x nach Spannungs-Stehwellenverhältnis (VSWR)
$\text{dB}(x)$	Spannungsdezibel = $20 \cdot \log_{10}(x)$

<code>dBm(x,Z)</code>	konvertiert Spannung über Impedanz Z nach Wirkleistung in dBm (Parameter Z is optional, default 50)
<code>sqrt(x)</code>	Quadratwurzel
<code>exp(x)</code>	Exponentialfunktion zur Basis e
<code>limexp(x,lim)</code>	begrenzte Exponentialfunktion zur Basis e , d.h. die Funktion wird linear falls x größer <i>lim</i> ist (Parameter <i>lim</i> is optional, default 80)
<code>ln(x)</code>	natürlicher Logarithmus
<code>log10(x)</code>	dekadischer Logarithmus
<code>sin(x)</code>	Sinus
<code>cos(x)</code>	Cosinus
<code>tan(x)</code>	Tangens
<code>arcsin(x)</code>	Arcus Sinus in Radiant
<code>arccos(x)</code>	Arcus Cosinus in Radiant
<code>arctan(x)</code>	Arcus Tangens in Radiant
<code>sinh(x)</code>	Sinus Hyperbolicus
<code>cosh(x)</code>	Cosinus Hyperbolicus
<code>tanh(x)</code>	Tangens Hyperbolicus
<code>length(x)</code>	Anzahl der Elemente in x
<code>if(cond, x1, x2)</code>	ergibt $x1$, wenn <i>cond</i> größer 0, sonst $x2$.
<code>min(x)</code>	Minimum aller Werte in x
<code>max(x)</code>	Maximum aller Werte in x s
<code>average(x)</code>	(arithmetischer) Mittelwert aller Werte in x
<code>sum(x)</code>	Summe aller Werte in x
<code>prod(x)</code>	Multipliziert alle Werte in x
<code>count(x)</code>	Anzahl der Werte in erster Dimension von x
<code>diff(x)</code>	Ableitung nach der ersten Abhängigkeit
<code>int(x)</code>	integriert über die erste Abhängigkeit
<code>gdelay(x)</code>	Gruppenlaufzeit von x
<code>smooth(x,n)</code>	Tiefpaß-Filter durch Mittelwert über die n vorigen und n nachfolgenden Werte (Parameter n ist optional, default 5)
<code>xvalue(f,y)</code>	x -Wert von f dessen y -Wert am nächsten zu y ist
<code>yvalue(f,x)</code>	y -Wert von f dessen x -Wert am nächsten zu x ist
<code>range(f,x1,x2)</code>	y -Werte von f dessen x -Werte zwischen $x1$ und $x2$ liegen
<code>linspace(x1,x2,n)</code>	erzeugt Zahlenvektor der Länge n von $x1$ bis $x2$ mit linearer Schrittweite

<code>max_gain_dB()</code>	maximale Verstärkung in Dezibel, d.h. MSG für $K < 1$ und MAG sonst (nur bei S-Parametern)
<code>max_ulgain_dB()</code>	maximale unilaterale Verstärkung in Dezibel, d.h. Mason's Invariant (nur bei S-Parametern)
<code>rollet()</code>	Stabilitätsfaktor nach Rollet K (nur bei S-Parametern)
<code>detS()</code>	Determinante (nur für 2-Tor S-Parameter)
<code>mu()</code>	Stabilitätsfaktor bezogen auf die Quelle (Tor 1) (nur bei S-Parametern)
<code>mu2()</code>	Stabilitätsfaktor bezogen auf die Last (Tor 2) (nur bei S-Parametern)
<code>ztor(x,Z)</code>	konvertiert Impedanz nach Reflexionskoeffizient mit Referenz-Impedanz Z (Parameter Z ist optional, default 50)
<code>stoz(S,Z)</code>	transformiert S-Parameter mit Referenzimpedanz Z nach Z-Parameter, Parameter Z ist optional, default ist 50, unterschiedliche Impedanzen sind möglich, z.B. [25, 75]
<code>stoy(S,Z)</code>	transformiert S-Parameter mit Referenzimpedanz Z nach Y-Parameter, Parameter Z ist optional, default ist 50, unterschiedliche Impedanzen sind möglich, z.B. [25, 75]
<code>stoh(S,Z)</code>	transformiert Zwei-Tor-S-Parameter mit Referenzimpedanz Z nach H-Parameter, Parameter Z ist optional, default ist 50, unterschiedliche Impedanzen sind möglich, z.B. [25, 75]
<code>stoa(S,Z)</code>	transformiert Zwei-Tor-S-Parameter mit Referenzimpedanz Z nach ABCD-Parameter, Parameter Z ist optional, default ist 50, unterschiedliche Impedanzen sind möglich, z.B. [25, 75]

Funktionen nur in Diagrammen

<code>plot(x,y)</code>	zeichnet y über x
<code>time2freq(x,w)</code>	transformiert vom Zeit- in den Frequenzbereich mit optionaler Fenster-Funktion w (0=keine, 1=Dreieck, 2=Welch, 3=Hanning, 4=Hamming, 5=Blackman, 6=Blackman-Harris, 7=30dB Abfall pro Oktave, 8=flache Spitze, -1=Rauschen nach $V/\sqrt{\text{Hz}}$ konvertieren)
<code>freq2time(x,w)</code>	transformiert vom Frequenz- in den Zeitbereich mit optionaler Fenster-Funktion w (siehe oben)
<code>tdr(x,w)</code>	Zeitbereichsreflektometrie (TDR) von x (z.B. $S[1,1]$) mit Fenster-Funktion w wie bei <code>time2freq()</code>
<code>stabS()</code>	Stabilitätskreis in der Quellen-Ebene (nur bei S-Parametern)
<code>stabL()</code>	Stabilitätskreis in der Last-Ebene (nur bei S-Parametern)
<code>GaCircle(g)</code>	Kreis mit konstanter verfügbarer Leistungsverstärkung g in der Quellen-Ebene (nur bei S-Parametern)

<code>GpCircle(g)</code>	Kreis mit konstanter effektiver Leistungsverstärkung g in der Last-Ebene (nur bei S-Parametern)
<code>noiseCircle(NF)</code>	Kreis konstanter Rauschzahl NF in dB (nur bei S-Parametern mit Rauschanalyse)
<code>IP1dB(v, freq)</code>	Eingangs-1dB-Kompression von HB-Spannung v bei Frequenz $freq$ (Parameter $freq$ ist optional, default ist die erste Frequenz)
<code>OP1dB(v, freq)</code>	Ausgangs-1dB-Kompression von HB-Spannung v bei Frequenz $freq$ (Parameter $freq$ ist optional, default ist die erste Frequenz)
<code>polarPat(E, w, t)</code>	Antennen-Richtcharakteristik für Polardiagramme mit w = Winkel, t = 0 (Azimut) oder 1 (Elevation)
<code>poisson(N, EW, kum)</code>	Poisson-Wahrscheinlichkeitsverteilung von N Werten mit Erwartungswert EW ($kum=1$ bedeutet kumulierter Wert)

Funktionen nur in Schaltungsformeln

<code>tol(x, v, d)</code>	Toleranz für Monte-Carlo-Simulation; x Mittelwert, v Toleranz in Prozent und optional d Verteilungsart (0=normal (default), 1=gleich)
---------------------------	---

[zurück nach oben](#)

Referenzen

Diese Applikation verwendet die folgenden Programme.

Vielen Dank an alle Autoren für ihre großartige Arbeit!

uSimmics - grafische Benutzeroberfläche und Schaltungssimulator

Autor: Michael Margraf

<http://qucsstudio.de/>

ADMS - Code-Generator für VerilogA

ursprünglicher Autor: Laurent Lemaitre

<https://sourceforge.net/projects/mot-adms/>

MinGW - Minimalistisches GNU für Windows, C/C++ Compiler

<http://www.mingw.org/>

Icarus Verilog - Verilog-Simulations- und Synthese-Werkzeug

Autor: Stephen Williams

<http://iverilog.icarus.com/>

GHDL - VHDL-Simulations- und Synthese-Werkzeug

Autor: Tristan Gingold

<https://sourceforge.net/projects/ghdl-updates/>

KiCad - eine Umgebung für den Entwurf elektronischer Schaltungen

ursprünglicher Autor: Jean-Pierre Charras

<http://www.kicad.org/>

Octave - eine interpretierende Sprache für numerische Datenverarbeitung

ursprünglicher Autor: John W. Eaton

<http://www.gnu.org/software/octave/>

hyp2mat - HyperLynx-Format-Leser

Autor: Koen De Vleeschauwer

<https://github.com/koendv/hyp2mat/>

libGDSII - GDSII-Datei-Leser

Autor: M. T. Homer Reid

<http://github.com/HomerReid/libGDSII/>

COLAMD - COLumn Approximate Minimum Degree (entnommen aus SuperLU)

ursprüngliche Autoren: Stefan I. Larimore, Timothy A. Davis

Copyright (C) 2003, The Regents of the University of California, through Lawrence Berkeley National Laboratory (subject to receipt of any required approvals from U.S. Dept. of Energy)

<http://crd-legacy.lbl.gov/~xiaoye/SuperLU/>

Icons - einige Icons stammen aus der Oxygen-Sammlung (KDE)

Autoren: The Oxygen Team (David Vignoni und weitere)

<http://www.oxygen-icons.org/>

Icons - einige Icons stammen aus der Echo-Sammlung

Autoren: The Echo Team (Fedora-Projekt)

<https://fedorahosted.org/echo-icon-theme/>

Qucs - ziemlich universeller Schaltungssimulator, das ursprüngliche Projekt

ursprüngliche Autoren: Michael Margraf, Stefan Jahn

<http://qucs.sourceforge.net/>

[zurück nach oben](#)

Schaltungs-Optimierer

Die Optimierung einer Schaltung ist die Suche nach Komponenten-Werten, die zu einem bestimmten Verhalten der Schaltung führen. Bild 1 zeigt eines der bekanntesten Optimierungsprobleme. Eine Quelle mit Innenwiderstand R_{intern} wird mit einem Lastwiderstand R_{load} verbunden. Der Lastwiderstand soll optimiert werden, um die größte Leistung aus der Quelle zu erhalten. Die Lösung ist weithin bekannt, trotzdem es ist ein gutes Beispiel, um zu zeigen, wie eine Optimierung funktioniert.

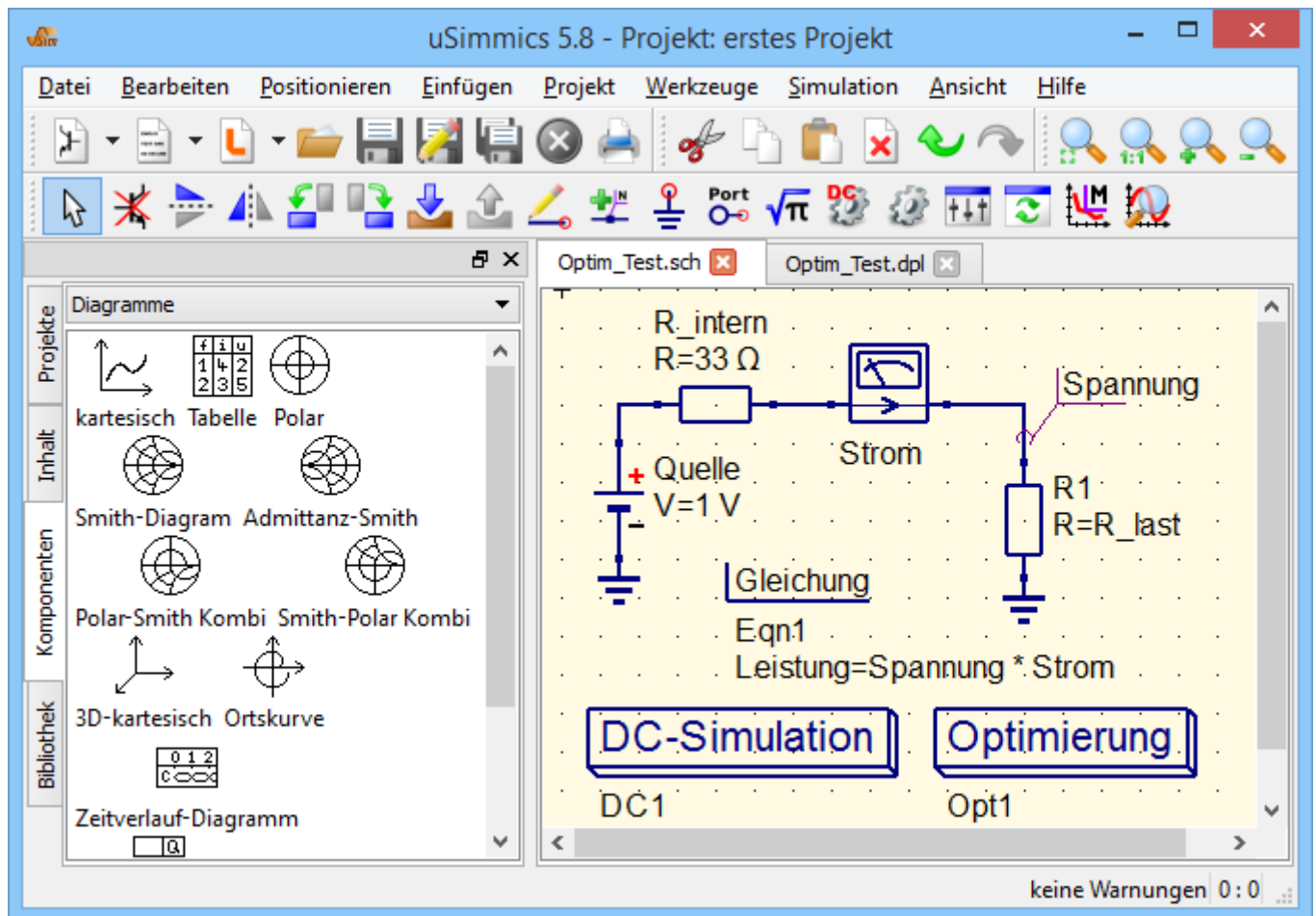


Bild 1 - Zu optimierende Schaltung

Nach Erstellen der Schaltung aus Bild 1 muss die Optimierung eingerichtet werden. Doppel-Drücken auf die Optimierungskomponente öffnet einen Dialog mit drei Reitern. Auf dem ersten Reiter muss die gewünschte Simulationskomponente angegeben werden. Da in diesem Fall nur eine in der Schaltung ist, hat der Dialog bereits die richtige Entscheidung getroffen. Weiterhin können mehrere Parameter bezüglich des Algorithmus geändert werden; meistens sind die Default-Werte jedoch in Ordnung. Auf dem zweiten Reiter müssen die Variablen eingegeben werden, die während des Optimierungsprozesses variiert werden sollen. Bild 2 zeigt, was hier für das Beispiel aus Bild 1 getan werden muss: Der Last-Widerstand ist der gesuchte Wert. Die Simulation soll mit 10 beginnen (initial) und kann Werte von 0 bis 1000 verwenden.



Bild 2 - Optimierungsdialog mit Variablen-Reiter

Eine bequemere Möglichkeit, Variablen zum Optimierer hinzuzufügen, ist in Bild 2a zu sehen. Ein Klick mit der rechten Maustaste auf den gewünschten Komponenten-Parameter öffnet ein Menü. Hier wählt man den obersten Punkt, was sofort die Optimierungsvariable erzeugt.

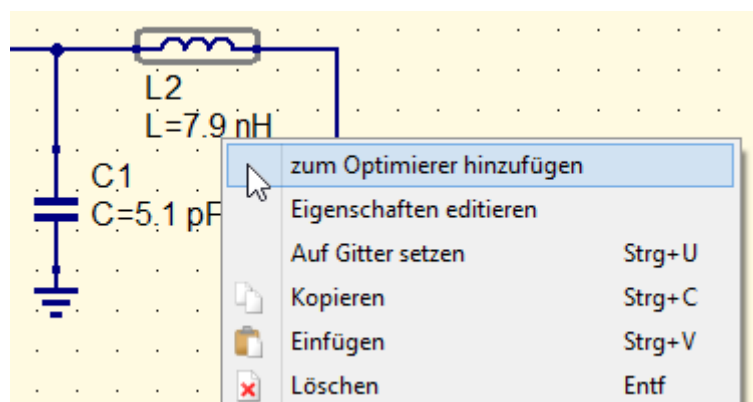


Bild 2a - Optimierungsvariable hinzufügen

Bild 3 zeigt den dritten Reiter des Optimierungsdialoges. Hier müssen die Optimierungsziele eingegeben werden. Beim Beispiel aus Bild 1 muss die Leistung, die von der Quelle abgegeben wird, maximiert werden. Die Leistung wird von der Gleichungs-Komponente in der Schaltung berechnet. Somit muss der Name dieser Variablen eingegeben und der Typ *maximieren* gewählt werden. Bei mehreren Zielen gibt der Parameter *Gewichtung* deren Wichtigkeit an, d.h. wurde ein Ziel nicht erreicht, so kann dessen Priorität mit einer höheren Gewichtung verstärkt werden.

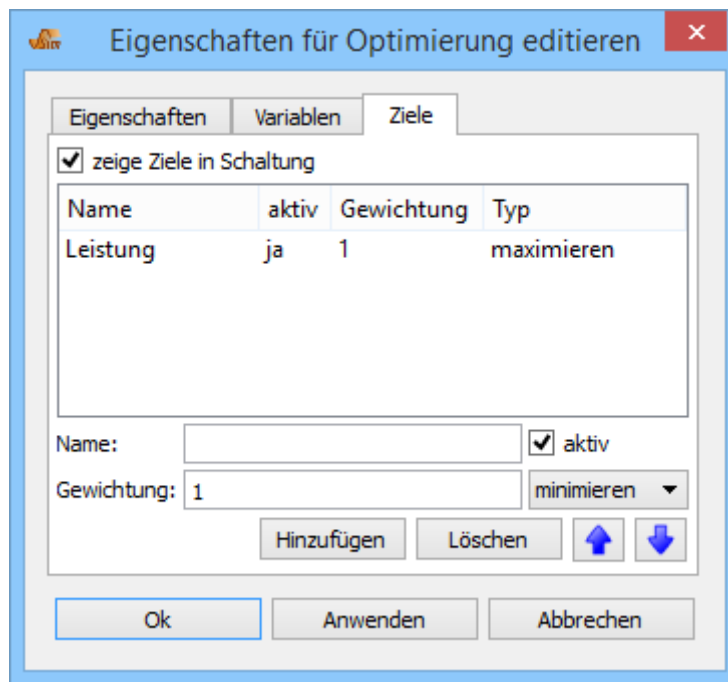


Bild 3 - Optimierungsdialog mit Ziele-Reiter

Eine bequemere Möglichkeit, Ziele zum Optimierer hinzuzufügen, ist in Bild 3a zu sehen. Ein Klick mit der rechten Maustaste auf die gewünschte Gleichung öffnet ein Menü. Hier wählt man den obersten Punkt, was sofort das Optimierungsziel erzeugt.

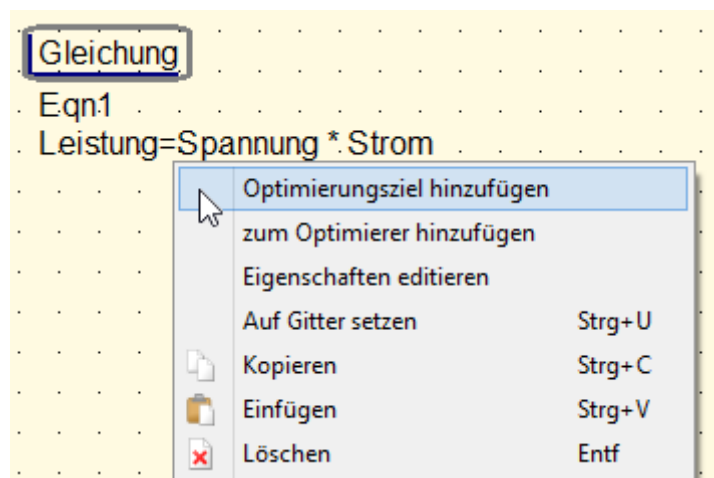


Bild 3a - Optimierungsziel hinzufügen

Nun ist alles fertig und die Simulation kann mit F2 gestartet werden. Der Optimierer sucht den am besten geeigneten Variablen-Wert und wenn der gefunden wurde, können die Ergebnisse mit dem gefundenen Optimum angezeigt werden, wie bei allen anderen Simulationen auch. Wie erwartet gleicht der optimale Last-Widerstand dem Innenwiderstand der Quelle. Natürlich trifft der Optimierer nie den genauen Wert, aber einen, der sehr nah dran liegt.

Wechselt man wieder in die Schaltung, so können mit der F6-Taste (oder im Menü *Simulation*) die optimalen Werte als Startwerte in die Optimierungskomponente übernommen werden. Durch rechten Mausklick auf die Optimierungskomponente erhält man außerdem ein Menü, in dem der Punkt *Variablen bearbeiten* es ermöglicht,

die optimalen Werte direkt in die Schaltung zu übertragen.

Optimierungsmethoden

Eine wichtige Option in der Optimierungskomponent ist die Methode, die zum Auffinden des Optimums Verwendung findet. Grob gesprochen gibt es drei Arten von Algorithmen:

- Das Verfahren *Gitter-Suche* schreitet den benutzer-definierten Variablen-Bereich ab, wobei es sich die beste Position merkt. Diese Methode eignet sich nur für Probleme mit wenigen, eng eingegrenzten Variablen. Für gewöhnlich ist dies nicht die beste Wahl.
- Zu den Verfahren, die dem Gefälle der Zielfunktion folgen, gehören *steilstes Gefälle* und *Nelder-Mead*. Sie finden nur dann das Optimum, wenn keine lokalen Minima existieren, oder wenn sich der Anfangswert nahe genug am globalen Minimum befindet. *Nelder-Mead* ist hiervon die robusteste Methode, *steilstes Gefälle* ist jedoch meistens schneller.
- Für sehr schwierige Probleme mit mehreren lokalen Minima eignen sich nur heuristische Verfahren wie *differenzielle Evolution* (DE). Sie benötigen viele Simulationsläufe, sind dafür aber erstaunlich erfolgreich. Am besten hat sich hier DEGL/SAW bewährt. Aber auch DE/best-of-rand/2/bin liefert meistens sehr gute Resultate. Für sehr hartnäckige Probleme lohnt sich außerdem DE/rand/1/bin auszuprobieren. Für die Größe der Population hat sich bewährt, die zehnfache Anzahl der verwendeten Variablen zu benutzen.

[zurück nach oben](#)