

Qucs 入門

フリーソフトで始める回路シミュレーション

齊藤剛史

付録 A Qucs の表記方法
付録 B 電子回路部品
付録 C Qucs の操作コマンド

工学社

目 次

付 録 A Qucs の表記方法	3
A.1 「テキスト」および「軸ラベル」で使える「特殊文字」	3
A.2 方程式で使える表現	5
付 録 B 電子回路部品	10
B.1 集中定数部品	10
B.1.1 抵抗	11
B.1.2 キャパシタ	12
B.1.3 「インダクタ」と「アンプ」	13
B.1.4 「スイッチ」と「リレー」	14
B.2 ソース源部品	15
B.2.1 「DC 電圧源」と「DC 電流源」	15
B.2.2 「AC 電圧源」と「AC 電流源」	16
B.2.3 「矩形電圧源」と「矩形電流源」	17
B.3 非線形部品	18
B.3.1 ダイオード	18
B.3.2 バイポーラトランジスタ	19
B.3.3 MOSFET	21
B.4 シミュレーション部品	23
B.4.1 DC シミュレーション	23
B.4.2 トランジェントシミュレーション	24
B.4.3 AC シミュレーション	25

付 録 C Qucs の操作コマンド	26
C.1 Qucs のメニューバー	26
C.2 ツールバー	28
C.2.1 【ファイル】 ツールバー	30
C.2.2 【編集】 ツールバー	30
C.2.3 【ビュー】 ツールバー	31
C.2.4 【その他】 ツールバー	32
C.3 ホット・キー	33
C.4 Qucs で使用可能な部品	34

付 録 A Qucs の表記方法

この章では、「方程式」や「グラフ」などで利用する表記方法をまとめます。

A.1 「テキスト」および「軸ラベル」で使える「特殊文字」

「Qucs」では、「テキスト」や「軸ラベル」に「特殊文字」を使うことができます（ただし、本文 4.1 で説明した部品の名前には特殊文字を使うことができません）。

「特殊文字」は、「 \LaTeX ¹」の記号のように、先頭にバックスラッシュ「 \backslash 」（フォントによっては「 \textbackslash 」）を付けます。

また、「下付きの文字」を表記する場合は、「 $\text{_{}i}$ 」のように「アンダーライン」を、「上付きの文字」を表現する場合は「 $\text{\^{}i}$ 」のように「キャレット」を使います。

たとえば、「 V_i 」と表記したい場合は、「 $\text{_{}v_{}i}$ 」と入力してください。

ただし、「 \LaTeX 」で利用可能なすべての記号が対応している訳ではありません。

Qucs の「特殊文字」の一覧を、「表 A.1」「表 A.2」「表 A.3」にまとめます。

詳しくは、「表 A.1」「表 A.2」「表 A.3」を参考にしてください。

¹テキストベースの組版処理システムの一つ

表 A.1 ギリシャ文字 (小文字)

表記	文字	表記	文字
\alpha	α	\nu	ν
\beta	β	\xi	ξ
\gamma	γ	\pi	π
\delta	δ	\varpi	ϖ
\epsilon	ϵ	\rho	ρ
\zeta	ζ	\varrho	ϱ
\eta	η	\sigma	σ
\theta	θ	\tau	τ
\iota	ι	\upsilon	υ
\kappa	κ	\phi	ϕ
\lambda	λ	\chi	χ
\mu	μ	\psi	ψ
\textmu	μ	\omega	ω

表 A.2 ギリシャ文字 (大文字)

表記	文字	表記	文字
\Gamma	Γ	\Sigma	Σ
\Delta	Δ	\Upsilon	Υ
\Theta	Θ	\Phi	Φ
\Lambda	Λ	\Psi	Ψ
\Xi	Ξ	\Omega	Ω
\Pi	Π		

表 A.3 数学記号

表記	文字	表記	文字
\cdot	\cdot	\leq	\leq
\times	\times	\geq	\geq
\pm	\pm	\sim	\sim
\mp	\mp	\propto	\propto
\partial	∂	\emptyset	\emptyset
\nabla	∇	\frac{1}{2}	$\frac{1}{2}$
\infty	∞	\frac{1}{4}	$\frac{1}{4}$
\int	\int	\sup	\sup
\approx	\approx	\sup	\sup
\neq	\neq	\Omega	Ω
\in	\in		

A.2 方程式で使える表現

本文 4.1 で、「Qucs」で用いられる「部品」の名前の与え方を説明しました。ここでは、「方程式」で使える「演算子」と「関数」についてまとめます。

「算術演算子」の意味と例の一覧を表 A.5 に、「論理演算子」の意味と例の一覧を表 A.6 に示します。

ご存知の通り、数学では「加減算」より「乗除算」が優先されます。

「Qucs」においても、演算子の「優先順序」があります。

表 A.5 と表 A.6 は、「優先順序」が高い順に演算子を列挙しています。

ただし、「水平線」で区切られた境界で「優先順序」があり、水平線に囲まれた同じ区間内の演算子は同じ優先順序です。

たとえば、「 $2 * 3 - (4 + 5)$ 」という計算は、表 A.5 より、括弧内の「 $4 + 5$ 」が最初に計算されるため、「 $2 * 3 - 9$ 」になります。

次に、乗算の「 $2 * 3$ 」が計算されて「 $6 - 9$ 」になり、結果は「 -3 」になります。

また、表 A.7～表 A.9 に、「関数」の意味と例の一覧を示します。

「Qucs」で用意されている「関数」は、表 A.7～表 A.9 に示したものだけではありません。

その他の関数や詳細を知りたい人は、「Reference Manual (Measurement Expressions Reference Manual)」を参考にしてください。

英文ですが、すべての関数についての説明が記載されています。

表 A.4 算術演算子

演算子	意味	例
()	括弧あるいは関数呼び出し	max(x)
^	指数	3^4
*	乗算	3*4
/	除算	3/4
%	剰余	3%4
+	加算	3+4
-	減算	3-4
:	範囲	3:12
+, -	符号	+3, -4

表 A.5 論理演算子

演算子	意味	例
()	括弧	(x y) && z
!	否定	!x
? :	条件演算子	x ? y : z
&&	論理積	x && y
	論理和	x y
^^	排他的論理和	x ^^ y
==	等しい	x == y
!=	等しくない	x != y
<	大きい	x < y
<=	以上	x <= y
>	小さい	x > y
>=	以下	x >= y

A.2. 方程式で使える表現

7

表 A.6 関数 (1)

関数	意味	例
abs()	絶対値	abs(-3) → 3 abs(-3+4*i) → 5
angle(), arg()	複素数の位相角度 [rad]	arg(-3) → 3.14 arg(-3+4*i) → 2.21
conj()	複素共役	conj(-3+4*i) → -3 - 4 * i
deg2rad()	度単位 [deg] をラジアン単位 [rad] に変換	deg2rad(45) → 0.785
hypot()	ユークリッド距離	hypot(3,4) → 5 hypot(1+2*i, 1-2*i) → 3.16
imag()	複素数の虚数成分	imag(-3+4*i) → 4
mag()	複素数の大きさ	mag(-3) → 3 mag(-3+4*i) → 5
norm()	ベクトルの各要素の絶対値の 2 乗和	norm(-3+4*i) → 25
phase()	複素数の位相角度 [deg]	phase(-3) → 180 phase(-3+4*i) → 127
polar()	複素数の極座標表現	pola(3,45) → 2.12 + j2.12
rad2deg()	ラジアン単位 [rad] を度単位 [deg] に変換	rad2deg(0.785) → 45
real()	複素数の実数成分	real(-3+4*i) → -3
signum(), sign()	符号関数	signum(-4) → -1 signum(3+4*i) → 0.6 + j0.8
sqr()	2 乗	sqr(-4) → 16 sqr(3+4*i) → -7 + j24
sqrt()	2 乗根	sqrt(-4) → 0 + j2 sqrt(3+4*i) → 2 + j1
exp()	指数関数	exp(-4) → 0.0183 exp(3+4*i) → -13.1 - j15.2
limexp()	制限された指数関数	exp(-4) → 0.0183 limexp(81) → 1.11e + 35
log10()	常用対数 (底は 10)	log10(-4) → 0.602 + j1.36 log10(3+4*i) → 0.699 + j0.403
log2()	底を 2 とした対数	log2(-4) → 2 + j4.53 log2(3+4*i) → 2.32 + j1.34
ln()	自然対数 (底は e)	ln(-4) → 1.39 + j3.14 ln(3+4*i) → 1.61 + j0.927

表 A.7 関数 (2)

関数	意味	例
<code>cos()</code>	余弦関数 (cosine)	$\cos(-0.5) \rightarrow 0.878$ $\cos(3+4*i) \rightarrow -27.0 - j3.85$
<code>cosec()</code>	余割関数 (cosecant)	$\text{cosec}(1) \rightarrow 1.19$
<code>cot()</code>	余接関数 (cotangent)	$\cot(-0.5) \rightarrow -1.83$ $\cot(3+4*i) \rightarrow -0.000188 - j1$
<code>sec()</code>	割線関数 (secant)	$\sec(0) \rightarrow 1$
<code>sin()</code>	正弦関数 (sine)	$\sin(-0.5) \rightarrow -0.479$ $\sin(3+4*i) \rightarrow 3.85 - j27$
<code>tan()</code>	正接関数 (tangent)	$\tan(-0.5) \rightarrow -0.546$ $\tan(3+4*i) \rightarrow -0.000187 + j0.999$
<code>arccos()</code>	arc cosine	$\arccos(-1) \rightarrow 3.14$ $\arccos(3+4*i) \rightarrow 0.937 - j2.31$
<code>arccot()</code>	arc cotangent	$\arccot(-1) \rightarrow 2.36$ $\arccot(3+4*i) \rightarrow 0.122 - j0.159$
<code>arcsin()</code>	arc sine	$\arcsin(-1) \rightarrow -1.57$ $\arcsin(3+4*i) \rightarrow 0.634 + j2.31$
<code>arctan()</code>	arc tangent	$\arctan(-1) \rightarrow -0.785$ $\arctan(3+4*i) \rightarrow 1.45 + j0.159$ $\arctan(1,1) \rightarrow 0.785$
<code>cosh()</code>	hyperbolic cosine	$\cosh(-1) \rightarrow 1.54$ $\cosh(3+4*i) \rightarrow -6.58 - j7.58$
<code>cosech()</code>	hyperbolic cosecant	$\text{cosech}(-1) \rightarrow -0.851$ $\text{cosech}(3+4*i) \rightarrow -0.0649 + j0.0755$
<code>coth()</code>	hyperbolic cotangent	$\coth(-1) \rightarrow -1.31$ $\coth(3+4*i) \rightarrow 0.999 - j0.0049$
<code>sech()</code>	hyperbolic secant	$\text{sech}(-1) \rightarrow 0.648$ $\text{sech}(3+4*i) \rightarrow -0.0653 + j0.0752$
<code>sinh()</code>	hyperbolic sine	$\sinh(-1) \rightarrow -1.18$ $\sinh(3+4*i) \rightarrow -6.55 - j7.62$
<code>tanh()</code>	hyperbolic tangent	$\tanh(-1) \rightarrow -0.762$ $\tanh(3+4*i) \rightarrow 1 + j0.00491$

表 A.8 関数 (3)

関数	意味	例
<code>arcosh()</code>	hyperbolic arc cosine	<code>arcosh(1)</code> $\rightarrow 0$ <code>arcosh(3+4*i)</code> $\rightarrow 2.31 + j0.937$
<code>arcoth()</code>	hyperbolic arc cotangent	<code>arcoth(2)</code> $\rightarrow 0.549$ <code>arcoth(3+4*i)</code> $\rightarrow 0.118 - j0.161$
<code>arsinh()</code>	hyperbolic arc sine	<code>arsinh(1)</code> $\rightarrow 0.881$ <code>arsinh(3+4*i)</code> $\rightarrow 2.3 + j0.918$
<code>artanh()</code>	hyperbolic arc tangent	<code>artanh(0)</code> $\rightarrow 0$ <code>artanh(3+4*i)</code> $\rightarrow 0.118 + j1.41$
<code>ceil()</code>	切り上げ	<code>ceil(-3.5)</code> $\rightarrow -3$ <code>ceil(3.2+4.7*i)</code> $\rightarrow 4 + j5$
<code>fix()</code>	実数値の整数部分	<code>fix(-3.5)</code> $\rightarrow -3$ <code>fix(3.2+4.7*i)</code> $\rightarrow 3 + j4$
<code>floor()</code>	切り下げ	<code>floor(-3.5)</code> $\rightarrow -4$ <code>floor(3.2+4.7*i)</code> $\rightarrow 3 + j4$
<code>round()</code>	四捨五入	<code>round(-3.5)</code> $\rightarrow -4$ <code>round(3.2+4.7*i)</code> $\rightarrow 3 + j5$

付 録 B 電子回路部品

「Qucs」では、多くの基本的な「部品」が用意されています。この「部品」の「パラメータ」を修正することで、実際に市販されている「部品」の「シミュレーション」ができます。「パラメータ」の修正は、本文 3.6.2 で説明したのと同様に、「プロパティ編集」で行なえます。この章では、代表的な「部品」の「パラメータ」について説明します。

B.1 集中定数部品

「集中定数部品」には、「27 種」の「部品」が含まれていますが、**本節**では、代表的な部品である「抵抗」「キャパシタ」「インダクタ」「アンプ」「スイッチ」「リレー」の各部品の「回路シンボル」と「パラメータ」を説明します。

B.1.1 抵抗

「抵抗」の「回路シンボル」には、図 B.1 に示す「european」と「US」の2種があります。

両者の違いは、「記号」が異なるだけで「特性」などは同じです。

「抵抗」の「パラメータ」を、表 B.1 に示します。



図 B.1 「抵抗」の「回路シンボル」

表 B.1 「抵抗」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
R	抵抗	50	Ω
Temp	シミュレーション温度	26.85	$^{\circ}\text{C}$
Tc1	一次温度係数	0.0	
Tc2	二次温度係数	0.0	
Tnom	パラメータが抽出された温度	26.85	
Symbol	回路シンボル [european, US]		

B.1.2 キャパシタ

「キャパシタ」の「回路シンボル」には、図 B.2 に示す「neutral」と「polar」の 2 種があります。

「キャパシタ」の「パラメータ」を、表 B.2 に示します。



(a) neutral



(b) polar

図 B.2 「キャパシタ」の「回路シンボル」

表 B.2 「キャパシタ」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
C	容量	1 p	F
V	トランジェント初期電圧		
Symbol	回路シンボル [neutral, polar]		

B.1.3 「インダクタ」と「アンプ」

「インダクタ」の「回路シンボル」を図 B.3、「パラメータ」を表 B.3 に示します。



図 B.3 「インダクタ」の「回路シンボル」

表 B.3 「インダクタ」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
L	インダクタンス	1 n	H
I	トランジェントシミュレーション初期電流		

また、「アンプ」の「回路シンボル」を図 B.4、「パラメータ」を表 B.4 に示します。



図 B.4 「アンプ」の「回路シンボル」

表 B.4 「アンプ」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
G	電圧ゲイン	10	
Z1	入力ポートインピーダンス	50	Ω
Z2	出力ポートインピーダンス	50	Ω
NF	ノイズフィギュア	0	dB

B.1.4 「スイッチ」と「リレー」

スイッチの回路シンボルを図 B.5、パラメータを表 B.5 に示します。



図 B.5 「スイッチ」の「回路シンボル」

表 B.5 「スイッチ」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
init	初期値 [on, off]	off	
time	状態変化時間	1 m	s
Ron	on 時の抵抗値	0	Ω
Roff	off 時の抵抗値	1e12	Ω
Temp	シミュレーション温度	26.85	$^{\circ}\text{C}$

また、リレーの回路シンボルを図 B.6、パラメータを表 B.6 に示します。

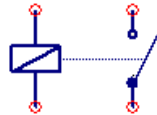


図 B.6 「リレー」の「回路シンボル」

表 B.6 「リレー」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
Vt	しきい値電圧	0.5	V
Vh	ヒステリシス電圧	0.1	V
Ron	on 時の抵抗値	0	Ω
Roff	off 時の抵抗値	1e12	Ω
Temp	シミュレーション温度	26.85	$^{\circ}\text{C}$

B.2 ソース源部品

B.2.1 「DC 電圧源」と「DC 電流源」

「DC 電圧源」と「DC 電流源」の、「回路シンボル」をそれぞれ図 B.7 と図 B.8 に、「パラメータ」をそれぞれ表 B.7 と表 B.8 に示します。



図 B.7 「DC 電圧源」の「回路シンボル」

表 B.7 「DC 電圧源」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
U	電圧	1	V



図 B.8 「DC 電流源」の「回路シンボル」

表 B.8 「DC 電流源」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
I	電流	1 m	A

B.2.2 「AC 電圧源」と「AC 電流源」

「AC 電圧源」と「AC 電流源」の、「回路シンボル」をそれぞれ図 B.9 と図 B.10 に、「パラメータ」をそれぞれ表 B.9 と表 B.10 に示します。



図 B.9 「AC 電圧源」の「回路シンボル」

表 B.9 「AC 電圧源」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
U	ピーク電圧	1	V
f	周波数	1 G	Hz
Phase	開始位相	0	°
Theta	ダンピングファクター（過渡解析のみ）	0	



図 B.10 「AC 電流源」の「回路シンボル」

表 B.10 「AC 電流源」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
U	ピーク電流	1 m	A
f	周波数	1 G	Hz
Phase	開始位相	0	°
Theta	ダンピングファクター（過渡解析のみ）	0	

B.2.3 「矩形電圧源」と「矩形電流源」

「矩形電圧源」と「矩形電流源」の、「回路シンボル」をそれぞれ図 B.11 と図 B.12 に、「パラメータ」をそれぞれ表 B.11 と表 B.12 に示します。



図 B.11 「矩形電圧源」の「回路シンボル」

表 B.11 「矩形電圧源」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
U	ハイパルス時の電圧	1	V
TH	ハイパルス持続時間	1 m	s
TL	ローパルス持続時間	1 m	s
Tr	立ち上がり時間	1 n	s
Tf	立ち下がり時間	1 n	s
Td	初期遅延時間	0	s



図 B.12 「矩形電流源」の「回路シンボル」

表 B.12 「矩形電流源」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
I	ハイパルス時の電流	1 m	A
TH	ハイパルス持続時間	1 m	s
TL	ローパルス持続時間	1 m	s
Tr	立ち上がり時間	1 n	s
Tf	立ち下がり時間	1 n	s
Td	初期遅延時間	0	s

B.3 非線形部品

B.3.1 ダイオード

「ダイオード」の「回路シンボル」を図 B.13、「パラメータ」を表 B.13 に示します。



図 B.13 「ダイオード」の「回路シンボル」

表 B.13 「ダイオードモデル」の「パラメータ」

名前	記号	説明	デフォルト値	単位
Is	I_S	飽和電流	10^{-14}	A
N	N	放射係数	1.0	
Cj0	C_{j0}	ゼロバイアスジャンクション（接合）容量	0.0	F
M	M	等級係数	0.5	
Vj	V_j	ジャンクション電位	0.7	V
Fc	F_c	順バイアス空乏層容量係数	0.5	
Cp	C_p	線形容量	0.0	F
Isr	I_{SR}	recombination current parameter	0.0	A
Nr	N_R	emission coefficient for Isr	2.0	
Rs	R_S	直流抵抗	0.0	Ω
Tt	τ	推移時間	0.0	s
Ikf	I_{KF}	high-injection knee current	0.0	A
Kf	K_F	フリッカーノイズ係数	0.0	
Af	A_F	フリッカーノイズ指数	1.0	
Ffe	F_{FE}	フリッカーノイズ指数	1.0	
Bv	B_v	逆ブレイクダウン電圧	∞	V
Ibv	I_{B_v}	逆ブレイクダウン電圧時の電流	0.001	A
Temp	T	シミュレーション温度	26.85	$^{\circ}C$
Xti	X_{TI}	飽和電流温度指数	3.0	
Eg	E_G	バンド幅電圧	1.11	eV
Tbv	T_{B_v}	Bv リニア温度係数	0.0	$1/^{\circ}C$
Trs	T_{RS}	Rs リニア温度係数	0.0	$1/^{\circ}C$
Ttt1	$T_{\tau 1}$	Tt リニア温度係数	0.0	$1/^{\circ}C$
Ttt2	$T_{\tau 2}$	Tt 二次温度係数	0.0	$1/^{\circ}C^2$
Tm1	T_{M1}	M リニア温度係数	0.0	$1/^{\circ}C$
Tm2	T_{M2}	M 二次温度係数	0.0	$1/^{\circ}C^2$
Tnom	T_{NOM}	パラメータ抽出温度	26.85	$^{\circ}C$
Area	A	default area for diode	1.0	
Symbol		回路シンボル [normal, US, Schottky, Zener, Varactor]	normal	

B.3.2 バイポーラトランジスタ

「トランジスタ」の「回路シンボル」を図 B.14、「パラメータ」を表 B.14 に示します。

これらの「値」を変更することによって、実際の「素子」を想定することが可能となります。



(a) NPN 型



(b) PNP 型

図 B.14 「トランジスタ」の「回路シンボル」

表 B.14: トランジスタモデルのパラメータ

名前	記号	説明	デフォルト値	単位
Type		極性 [npn, pnp]		
Is	I_S	飽和電流	10^{16}	A
Nf	N_F	順放射係数	1.0	
Nr	N_R	逆放射係数	1.0	
Ikf	I_{KF}	高電流順方向ベータ降下点	∞	A
Ikr	I_{KR}	高電流逆	∞	A
Vaf	V_{AF}	順初期電圧	∞	V
Var	V_{AR}	逆初期電圧	∞	V
Ise	I_{SE}	ベースエミッタ間 漏れ飽和電流	0	A
Ne	N_E	ベースエミッタ間 漏れ放射係数	1.5	
Isc	I_{SC}	ベースコレクタ間 漏れ飽和電流	0	A
Nc	N_C	ベースコレクタ間 漏れ放射係数	2.0	
Bf	B_F	順方向ベータ	100	
Br	B_R	逆方向ベータ	1	
Rbm	R_{Bm}	高電流時の最小ベース抵抗	0.0	Ω
Irb	I_{RB}	ベース抵抗中点時の電流	∞	A
Rc	R_C	コレクタ抵抗	0.0	Ω
Re	R_E	エミッタ抵抗	0.0	Ω
Rb	R_B	ゼロバイアス ベース抵抗 (おそらく大電流に依存)	0.0	Ω
Cje	C_{JE}	ベースエミッタ間 ゼロバイアス 空乏容量	0.0	F
Vje	V_{JE}	ベースエミッタ間 電位	0.75	V
Mje	M_{JE}	ベースエミッタ間 接合指数係数	0.33	
Cjc	C_{JC}	ベースコレクタ間 ゼロバイアス 空乏容量	0.0	F
Vjc	V_{JC}	ベースコレクタ間 電位	0.75	V

Mjc	M_{JC}	ベースコレクタ間 接合指数係数	0.33	
Xcjc	X_{CJC}	内部ベースノードにつながる B-C 空乏層容量	1.0	
Cjs	C_{JS}	ゼロバイアス時のコレクタと基板の容量	0.0	F
Vjs	V_{JS}	基板との接合電位	0.75	V
Mjs	M_{JS}	基板との接合指数係数	0.0	
Fc	F_C	順バイアス空乏層容量係数	0.5	
Tf	T_F	理想的な順通過時間	0.0	
Xtf	X_{TF}	Tf に依存するバイアスの係数	0.0	
Vtf	V_{TF}	ベースコレクタ間電圧における Tf の電圧依存	∞	V
Itf	I_{TF}	Tf における大電流降下	0.0	A
Tr	T_R	理想逆通過時間	0.0	s
Temp	T	シミュレーション温度	26.85	$^{\circ}C$
Kf	K_F	フリッカーノイズ係数	0.0	
Af	A_F	フリッカーノイズ指数	1.0	
Ffe	F_{FE}	フリッカーノイズ指数	1.0	
Kb	K_B	バーストノイズ係数	0.0	
Ab	A_B	バーストノイズ指数	1.0	
Fb	F_B	バーストノイズのコーナー周波数	1.0	Hz
Ptf	ϕ_{TF}	超過位相	0.0	$^{\circ}$
Xtb	X_{TB}	順方向, 逆方向ベース温度指数	0.0	
Xti	X_{TI}	飽和電流温度指数	3.0	
Eg	E_G	バンド幅電圧	1.11	eV
Tnom	T_{NOM}	パラメータ抽出温度	26.85	$^{\circ}C$
Area	A	default area for bipolar transistor	1.0	

B.3. 非線形部品

B.3.3 MOSFET

「MOSFET」の「回路シンボル」を図 B.15、「パラメータ」を表 B.15 に示します。



図 B.15 「MOSFET」の「回路シンボル」

表 B.15: MOSFET のパラメータ

名前	記号	説明	デフォルト値	単位
Type		極性 [nfet, pfet]		
Vt0	V_{T0}	ゼロバイアススレッショルド電圧	1.0	V
Kp	K_P	トランスコンダクタンス	2e-5	A/V ²
Gamma	γ	バルク電圧	0.0	\sqrt{V}
Phi	Φ	面電位	0.6	V
Lambda	λ	チャネル長変調	0.0	1/V
Rd	R_D	ドレイン抵抗	0.0	V
Rs	R_S	ソース抵抗	0.0	Ω
Rg	R_G	ゲート抵抗	0.0	Ω
Is	I_S	バルク pn 飽和電流	1e-14	Ω
N	N	バルク接合放射係数	1.0	
W	W	チャネル幅	1u	m
L	L	チャネル長	1u	m
Ld	L_D	ラテラル拡散 (長さ)	0.0	m
Tox	T_{OX}	酸化膜厚み	0.1u	m
Cgso	C_{GSO}	ゲート-ソース間 重なり容量 / チャネル幅	0.0	F/m
Cgdo	C_{GDO}	ゲート-ドレイン間 重なり容量 / チャネル幅	0.0	F/m
Cgbo	C_{GBO}	ゲート-バルク間 重なり容量 / チャネル幅	0.0	F/m
Cbd	C_{BD}	バルク-ドレイン間 ゼロバイアス 接合容量	0.0	F
Cbs	C_{BS}	バルク-ソース間 ゼロバイアス 接合容量	0.0	F
Pb	Φ_B	バルク接合電位	0.8	V
Mj	M_J	バルク底面接合傾斜係数	0.5	
Fc	F_C	バルク順方向バイアス時容量係数	0.5	
Cjsw	C_{JSW}	バルク接合ゼロバイアス時周辺容量 / 長さ	0.0	F/m
Mjsw	M_{JSW}	バルク側壁接合傾斜係数	0.33	
Tt	T_T	バルク通過時間	0.0p	s
Nsub	N_{SUB}	基板不純物濃度	0.0	1/cm ³
Nss	N_{SS}	表面状態密度	0.0	1/cm ²

Tpg	T_{PG}	ゲートの材料 ・ 0 = アルミナ ・ -1 = バルクと同様 ・ 1 = バルクと相対する材料	1	
Uo	μ_0	移動度低下臨界電界	600.0	cm ² /Vs
Rsh	R_{SH}	ドレイン-ソース間 拡散広がり抵抗	0.0	Ω /square
Nrd	N_{RD}	number of equivalent drain squares	1	
Nrs	N_{RS}	number of equivalent source squares	1	
Cj	C_J	バルク接合ゼロバイアス時底面容量 / 面積	0.0	F/m ²
Js	J_S	バルク接合飽和電流 / 面積	0.0	A/m ²
Ad	A_D	ドレイン拡散面積	0.0	m ²
As	A_S	ソース拡散面積	0.0	m ²
Pd	P_D	ドレイン接合周囲長	0.0	m
Ps	P_S	ソース接合周囲長	0.0	m
Kf	K_F	フリッカーノイズ係数	0.0	
Af	A_F	フリッカーノイズ指数	1.0	
Ffe	F_{FE}	フリッカーノイズ指数	1.0	
Temp	T	シミュレーション温度	26.85	°C
Tnom	T_{NOM}	測定温度パラメータ	26.85	°C

B.4 シミュレーション部品

B.4.1 DC シミュレーション

「DC シミュレーション」の「回路シンボル」を図 B.16、「パラメータ」を表 B.16 に示します。



図 B.16 「DC シミュレーション」の「回路シンボル」

表 B.16 「DC シミュレーション」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
Temp	シミュレーション温度	26.85	°C
reltol	収束公差	0.001	
abstol	電流絶対公差	1 p	A
vntol	電圧絶対公差	1 u	V
saveOPs	オペレーティングポイントをデータセットに入力 [yes, no]	no	
MaxIter	エラーになるまでの最大繰り返し数	150	
saveAll	サブサーキットノードをデータセットに保存 [yes, no]	no	
convHelper	優先収束アルゴリズム <ul style="list-style-type: none">• none• gMinStepping• SteepestDescent• LineSearch• Attenuation• SourceStepping	none	
Solver	回路行列を解くための方式 <ul style="list-style-type: none">• CroutLU• DoolittleLU• HouseholderQR• HouseholderLQ• GolubSVD	CroutLU	

B.4.2 トランジェントシミュレーション

「トランジェントシミュレーション」の「回路シンボル」を図 B.17、「パラメータ」を表 B.17 に示します。



図 B.17 「トランジェントシミュレーション」の「回路シンボル」

表 B.17 「トランジェントシミュレーション」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
IntegrationMethod	integration method ・ Euler ・ Gear ・ AdamsMoulton	Trapezoidal	
Order	order of integration method (1 – 6)	2	
InitialStep	初期ステップサイズ	1 n	s
MinStep	最小ステップサイズ	1e-16	s
MaxIter	エラーになるまでの最大繰り返し数	150	
reltol	収束公差	0.001	
abstol	電流絶対公差	1 p	A
vntol	電圧絶対公差	1 u	V
Temp	シミュレーション温度	26.85	°C
LTEreltol	局所端面 相対公差エラー	1e-3	
LTEabstol	局所端面 絶対公差エラー	1e-6	
LTEvntol	局所端面の過大評価エラー	1	
Solver	回路行列を解くための方式 ・ CroutLU ・ DoolittleLU ・ HouseholderQR ・ HouseholderLQ ・ GolubSVD	CroutLU	
relaxTSR	relax time step raster [yes, no]	no	
initialDC	初期 DC 解析の実行 [yes, no]	yes	
MaxStep	最大ステップサイズ	0	s

B.4.3 AC シミュレーション

「AC シミュレーション」の「回路シンボル」を図 B.18、「パラメータ」を表 B.18 に示します。



図 B.18 「AC シミュレーション」の「回路シンボル」

表 B.18 「AC シミュレーション」の「パラメータ」

名前	説明	デフォルト値	単位
Noise	ノイズ電圧計算 [yes, no]	no	

付 録 C Qucs の操作コマンド

この章では、「Qucs」の「メニューバー」と「ツールバー」についてまとめます。

C.1 Qucs のメニューバー

本節では、「Qucs」の「メニュー」についてまとめます。
「Qucs」のウィンドウ上側に「メニューバー」があります。
「メニューバー」は、下記の項目があります。

-
- ファイル
 - 編集
 - 位置
 - 挿入
 - プロジェクト
 - ツール
 - シミュレーション
 - ビュー
 - ヘルプ
-

各項目の内容は、図 C.1～図 C.9 に示します。

C.1. Qucs のメニューバー

ファイル(F)	
新規(N)	Ctrl+N
新しいテキスト(T)	Ctrl+Shift+V
開く(O)	Ctrl+O
閉じる(Q)	Ctrl+W
保存(S)	Ctrl+S
全て保存(A)	Ctrl++
別名で保存...	Ctrl+-
印刷(P)	Ctrl+P
ページに合わせて印刷...	Ctrl+Shift+P
ドキュメント設定(D)	Ctrl-
回路シンボルを編集	F9
アプリケーションの設定...	Ctrl,
終了(X)	Ctrl+Q

図 C.1 【ファイル】メニュー

編集(E)	
やり直し(U)	Ctrl+Z
元に戻す(B)	Ctrl+Y
切り取り(C)	Ctrl+X
コピー(C)	Ctrl+C
貼付け(P)	Ctrl+V
削除(D)	Del
選択	Esc
全て選択	Ctrl+A
マーカー選択	Ctrl+Shift+M
検索...	Ctrl+F
再度検索	F3
置換...	F7
回転	Ctrl+R
×軸で反転	Ctrl+J
Y軸で反転	Ctrl+M
無効にする/有効にする	Ctrl+D
サブサーキットに入る	Ctrl+I
出る	Ctrl+H

図 C.2 【編集】メニュー

位置(L)	
部品のテキストを移動	Ctrl+K
グリッドに合わせる	Ctrl+U
水平中心	
垂直中心	
上に整列	Ctrl+T
下に整列	
左に整列	
右に整列	
水平方向に配置	
垂直方向に分割	

図 C.3 【位置】メニュー

挿入(I)	
ワイア	Ctrl+E
ワイアラベル	Ctrl+L
方程式を挿入	Ctrl+K
グラウンドを挿入	Ctrl+G
ポートを挿入	
グラフにマーカーをセットします	Ctrl+B
VHDL入力	Ctrl+Space

図 C.4 【挿入】メニュー

プロジェクト(P)		
新規プロジェクト(N)...		Ctrl+Shift+N
プロジェクトを開く(O)...		Ctrl+Shift+O
プロジェクトにファイルを追加(A)...		Ctrl+Shift+A
プロジェクトを閉じる(C)		Ctrl+Shift+W
プロジェクトを削除(D)...		Ctrl+Shift+D
ライブラリ作成(L)...		Ctrl+Shift+L
パッケージを作成(E)...		Ctrl+Shift+Z
パッケージ展開(Q)...		Ctrl+Shift+X
データインポート/エクスポート(I)		Ctrl+Shift+I
CSVファイルに変換(Q)...		Ctrl+Shift+C

ツール(T)		
テキストエディタ	Ctrl+1	
フィルタ生成	Ctrl+2	
伝送線路計算	Ctrl+3	
部品ライブラリ	Ctrl+4	
マッチング回路	Ctrl+5	
アッテネータ生成	Ctrl+6	

図 C.6 【ツール】メニュー

図 C.5 【プロジェクト】メニュー

シミュレーション(S)		
シミュレート	F2	
データディスプレイ/回路図を見る	F4	
DCバイアス計算	F8	
最後のメッセージを見る	F5	
最後のネットリストを見る	F6	

ビュー(V)		
全体を見る	0	
1:1のスケールで見る	1	
ズームイン	+	
ズームアウト	-	
ツールバー(t)		
ステータスバー(s)		
ウインドウをドッキングする(D)		
Qctave Window		

図 C.7 【シミュレーション】メニュー

図 C.8 【ビュー】メニュー

ヘルプ(H)		
ヘルプ目次...	F1	
はじめに...		
About Qucs...		
Qtについて...		

図 C.9 【ヘルプ】メニュー

C.2 ツールバー

本節では、「Qucs」の「ツールバー」についてまとめます。

「Qucs」のウィンドウ上側に「4つのツールバー」があります。

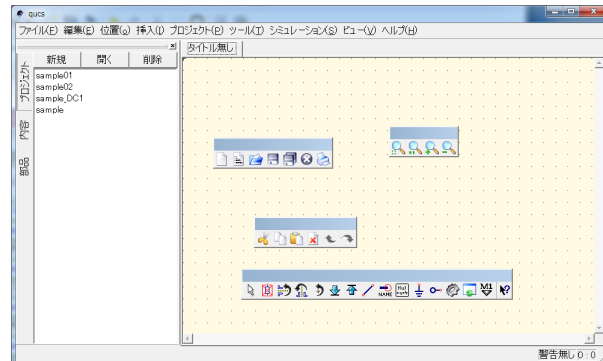
これらは、図 C.10(a) に示すように、任意の場所に移動できる「フローティングツールバー」にも変わります。

また、「メニューバー」の【ビュー】→【ツールバー】を選択することで、「ツールバー」の「有効」と「無効」を切り替えられます。

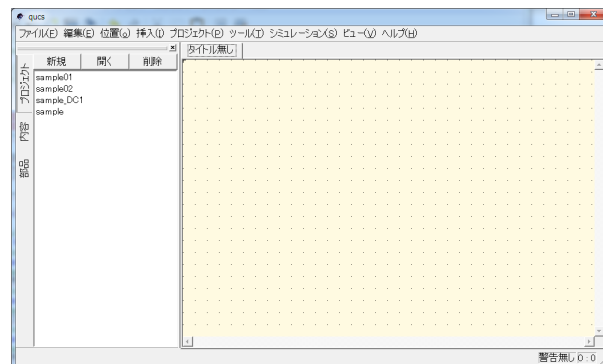
図 C.10(b) は、「ツールバー」を「無効」に設定したときの画面例です。

C.2. ツールバー

29



(a) フローティングツールバー










(b) ツールバーの無効時




図 C.10 ツールバー

次に、各「ツールバー」の詳細をまとめます。

C.2.1 【ファイル】 ツールバー

アイコン	ステータスバーの説明	対応するメニュー
	新しいドキュメントを作成	【ファイル】→【新規作成】
	新規テキストドキュメント作成	【ファイル】→【新しいテキスト】
	既存のドキュメントを開く	【ファイル】→【開く】
	現在のドキュメントを保存	【ファイル】→【保存】
	開かれたすべてのドキュメントを保存	【ファイル】→【すべて保存】
	現在のドキュメントを閉じる	【ファイル】→【閉じる】
	現在のドキュメントを印刷	【ファイル】→【印刷】





C.2.2 【編集】 ツールバー

アイコン	ステータスバーの説明	対応するメニュー
	選択を切り取り、クリップボードに入れる	【編集】→【切り取り】
	選択部をクリップボードにコピー	【編集】→【コピー】
	クリップボードの内容をカーソル位置に貼り付けます	【編集】→【貼り付け】
	選択された部品を削除します	【編集】→【削除】
	最後のコマンドをやり直します	【編集】→【やり直し】
	最後のコマンドを元に戻します	【編集】→【元に戻す】
















C.2. ツールバー

31

C.2.3 【ビュー】 ツールバー

アイコン	ステータスバーの説明	対応するメニュー
	ページ全体を見る	【ビュー】→【全体を見る】
	拡大しないで見る	【ビュー】→【1:1 のスケールで見る】
	現在のビューを拡大	【ビュー】→【ズームイン】
	現在のビューを縮小	【ビュー】→【ズームアウト】

C.2.4 【その他】 ツールバー

アイコン	ステータスバーの説明	対応するメニュー
	選択モードを有効にする	【編集】→【選択】
	選択された部品を無効/有効にする	【編集】→【無効にする/有効にする】
	選択したアイテムを X 軸で反転する	【編集】→【X 軸で反転】
	選択されたアイテムを Y 軸で反転する	【編集】→【Y 軸で反転】
	選択された部品を 90° 回転	【編集】→【回転】
	選択したサブサーキットに入る	【編集】→【サブサーキットに入る】
	サブサーキットから出る	【編集】→【出る】
	ワイアを挿入	【挿入】→【ワイア】
	ワイアかピンのラベルを挿入	【挿入】→【ワイアラベル】
	方程式を挿入	【挿入】→【方程式を挿入】
	グラウンドを挿入	【挿入】→【グラウンドを挿入】
	ポートを挿入	【挿入】→【ポートを挿入】
	現在の回路をシミュレートする	【シミュレーション】→【シミュレート】
	データディスプレイと回路図を切替えます	【シミュレーション】→【データディスプレイ/回路図を見る】
	グラフ上にマーカをセットします	【挿入】→【グラフにマーカをセットします】

C.3 ホット・キー

「Qucs」には、「ホット・キー」(ショートカット・キー)があります。
「回路図作成」時に利用すると、「作業時間」を短縮できます。
「ホット・キー」のリストを、表 C.1 に示します。

表 C.1 「ホット・キー」の一覧

ホット・キー	意味
F1	ヘルプ
F2	シミュレート
F3	再度検索
F4	回路図／データ表示の切り替え
F5	最後のメッセージ表示
F6	最後のネットリスト表示
F7	置換
F8	DC バイアス計算
F9	回路シンボルの編集

C.4 Qucs で使用可能な部品

最後に、「Qucs」で使用可能な「部品記号」およびその「名称」を、表 C.2～表 C.4 にまとめます。

表 C.2 集中定数部品




























	抵抗		抵抗 (US)
	コンデンサ		インダクタ
	グラウンド		サブサーキットポート
	トランス		対称トランス
	DC ブロック		電圧付加
	バイアスティー		アッテネータ
	アンプ		アイソレータ
	サーキュレータ		ジャイレータ
	フェーズシフタ		カップラ
	非対称 3dB カップラ ¹		電流計
	電圧プローブ		相互インダクタンス ²
	相互インダクタンス ³		スイッチ
	リレー		方程式の定義された RF デバイス
	方程式の定義された 2 ポート RF デバイス		

表 C.3 ソース源部品











































	DC 電圧源		DC 電流源
	AC 電圧源		AC 電流源
	パワーソース		ノイズ電圧源
	ノイズ電流源		電圧制御電流源 ⁴
	電流制御電流源		電圧制御電圧源
	電流制御電圧源		電圧パルス
	電流パルス		矩形波電圧 ⁵
	矩形波電流		相関ノイズ源
	相関ノイズ源		相関ノイズ源
	AM 変調源 ⁶		PM 変調源
	Exponential 電流源 ⁷		Exponential 電圧源 ⁸
	ファイルによる電圧源		ファイルによる電流源

表 C.4 プローブ

	電流計		電圧計 ⁹
---	-----	---	------------------




















¹hybrid と表記されています。
²Mutual Inductors と表記されています。
³3 Mutual Inductors と表記されています。
⁴電流制御電圧限と誤表記されています。
⁵矩形電圧と表記されています。
⁶AM 変調ソースと表記されています。
⁷Exponential Current Pulse と表記されています。
⁸Exponential Voltage Pulse と表記されています。

表 C.5 伝送線路部品

	トランスミッションライン		4端子トランスミッションライン
	Coupled Transmission Line		ツイストペア
	同軸線路		角ウェーブガイド
	RLCG トランスミッションライン		基板
	マイクロストリップライン		カップルドマイクロストリップライン
	マイクロストリップコーナー		マイクロストリップマイターベンド
	マイクロストリップステップ		マイクロストリップテージャージャンクション
	マイクロストリップクロス		マイクロストリップオープン
	マイクロストリップギャップ		マイクロストリップビア
	マイクロストリップラジアルスタブ		コプレーナライン
	コプレーナオープン		コプレーナショート
	コプレーナギャップ		コプレーナステップ
	ボンドワイア		

⁹電圧プローブと表記されています。

表 C.6 非線形部品

	ダイオード		NPN トランジスタ
	PNP トランジスタ		NPN トランジスタ
	PNP トランジスタ		n-JFET
	p-JFET		n-MOSFET
	p-MOSFET		depletion MOSFET
	n-MOSFET		p-MOSFET
	depletion MOSFET		オペアンプ
	方程式定義済デバイス		ダイアック
	トライアック		サイリスタ
	トンネルダイオード ¹⁰		

¹⁰Tunnel Diode と表記されています。

表 C.7 Verilog-a デバイス



































	HICUM L2 v2.1		FBH HBT
	オペアンプモジュール		HICUM L2 v2.22
	ログアンプ		npn HICUM L0 v1.12
	pnp HICUM L0 v1.12		ポテンショメータ
	MESFET		EPFL-EKV NMOS 2.6
	EPFL-EKV PMOS 2.6		npn HICUM L0 v1.2
	pnp HICUM L0 v1.2		npn HICUM L0 v1.2g
	pnp HICUM L0 v1.2g		npn HICUM L0 v1.3
	pnp HICUM L0 v1.3		HICUM L2 v2.23
	HICUM L2 v2.24		フォトダイオード
	フォトトランジスタ		NIGBT

表 C.8: デジタル部品

	デジタルソース		インバータ
	n ポート OR		n ポート NOR
	n ポート AND		n ポート NAND
	n ポート XOR		n ポート XNOR
	バッファ		4x2 AndOr
	4x3 AndOr		4x4 AndOr

C.4. Qucs で使用可能な部品

39

































	2to1 Mux		4to1 Mux
	8to1 Mux		2to4 Demux
	3to8 Demux		4to16 Demux
	1Bit HalfAdder		1Bit FullAdder
	2Bit FullAdder		RS フリップフロップ
	D フリップフロップ		D-FlipFlop w/ SR
	JK フリップフロップ		JK-FlipFlop w/ SR
	T-FlipFlop w/ SR		Gated D-Latch
	Logic 0		Logic 1
	2Bit Pattern		3Bit Pattern
	4Bit Pattern		A2D Level Shifter
	D2A Level Shifter		4Bit Bin2Grey
	4Bit Grey2Bin		1Bit Comparator
	2Bit Comparator		4Bit COparator
	4Bit HPRI-Bin		VHDL ファイル
	Verilog ファイル		デジタルシミュレーション

表 C.9 ファイル部品






	SPICE ネットリスト		1 ポート S パラメータ ファイル
	2 ポート S パラメータ ファイル		n ポート S パラメータ ファイル
	サブサーキット		

表 C.10 シミュレーション部品








	DC シミュレーション		トランジェント解析
	AC シミュレーション		Sパラメータシミュレー ション
	ハーモニックバランス		パラメータ・スイープ
	デジタルシミュレーショ ン		最適化

表 C.11 図表部品




















	直交座標		極座標
	表		スミスチャート
	アドミッタンスチャート		極座標 - スミス混合
	スミス - 極座標混合		3D - 直交座標
	ルーカスカーブ		タイミングダイアグラム
	真値テーブル		

表 C.12 図表描画部品

	線		矢印
	テキスト		楕円
	塗りつぶし楕円		長方形
	塗りつぶし長方形		弧