

アナログ／デジタル混在

電子回路シミュレータ

Micro-Cap 7

チュートリアル

ver. 0.9a

目次

| | |
|--|----|
| 1. 回路シミュレータ Micro-Cap 7 とは..... | 4 |
| 1.1. 回路シミュレータとは..... | 4 |
| 1.2. Micro-Cap 7 の特徴 | 4 |
| 1.3. Micro-Cap の略歴 | 5 |
| 1.4. SPICE の基礎知識 | 5 |
| 「部品モデル」とは | 5 |
| 1.5. Micro-Cap 7 評価版について | 6 |
| 製品版との主な相違点..... | 6 |
| 評価版の動作条件..... | 6 |
| 評価版のインストール方法..... | 6 |
| 2. 回路図の作成方法..... | 7 |
| 2.1. 回路図エディタの操作の基本..... | 7 |
| 部品を配置するには | 7 |
| 部品どうしを配線するには..... | 7 |
| 回路を編集・修正するには..... | 7 |
| 2.2. 値の入力について..... | 8 |
| 2.3. その他 便利な機能..... | 8 |
| 3. 基本的な解析..... | 9 |
| 3.1. ダイナミック DC 解析..... | 9 |
| 「Operating Point」とは | 9 |
| 「ノード」とは | 9 |
| 3.2. 3つの基本解析モード | 10 |
| 3.3. Transient 解析: 回路に時間波形を入力してみる | 10 |
| カーソルモード | 12 |
| 性能関数 | 13 |
| 3.4. AC 解析: 周波数応答をみる | 14 |
| 3.5. DC 解析: DC カーブを見る..... | 15 |
| 4. 一歩進んだ解析機能 | 17 |
| 4.1. ステッピング | 17 |
| 4.2. 性能プロット | 18 |
| 5. サンプル回路集 | 19 |
| 5.1. 回路図ファイル(Schematic ファイル、拡張子.cir) | 19 |
| 5.2. SPICE ファイル..... | 23 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 6. 参考文献 | 24 |
| 6.1. Micro-Cap 7 の使用方法に関するもの | 24 |
| 製品に付属するもの | 24 |
| 現在準備中のもの | 24 |
| 市販されているもの | 24 |
| 6.2. 半導体部品のモデリング | 24 |
| 6.3. その他 | 24 |

改訂履歴:

ver. 0.9a (2002/02/12): PDF 変換時の文字化け修正。

ver. 0.9 (2002/02/07):

「サンプル回路集」「参考文献」の章を追加。「FAQ」を他文書へ移動。

1. 回路シミュレータ Micro-Cap 7 とは

1.1. 回路シミュレータとは

回路シミュレータ = 電子回路の動作を計算によって模擬するソフトウェア



パーソナルコンピュータ上に実現された「仮想的な実験環境」

- アイデアが正しいかどうか、確認しながら設計することができる。
- 実際の基板を試作する前に、回路の動作を検証できる。

1.2. Micro-Cap 7 の特徴

習得しやすいユーザ・インターフェイス

- ・ Windows の操作体系で回路編集が出来る。

SPICE 互換

- ・ SPICE の部品モデル/シミュレーションテクニック等、ノウハウを活用できる。

統合化された論理シミュレータ

- ・ アナログ/デジタル混在のシミュレーションが可能。

強化された部品ライブラリ(15,000 種類以上)

強力なプロット機能

- ・ 四則演算や各種関数に加え、微分・積分等の演算子が使用可能

高度な解析機能を標準搭載

- ・ ステッピング等の複数回解析機能を搭載

プロット後の波形解析機能

- ・ 出力波形の FFT 解析、性能解析等

1.3. Micro-Cap の略歴

開発元：米国 Spectrum Software 社

最初のリリース：1982 年 Micro-Cap (MC1)

- ・ Apple II および IBM PC に対応。
- ・ 当初から、パソコン用シミュレータとしては画期的な、回路図入力方式を採用。

：

最新バージョン：2001 年 9 月 Micro-Cap 7 (MC7)

- ・ Windows 95/98/Me/NT4.0/2000 に対応。
- ・ 新機能：オプティマイザ、スミスチャートプロット、etc.
- ・ ユーザインタフェイスの強化。

1.4. SPICE の基礎知識

- ・ 1970 年代初頭 カリフォルニア大学バークレー校にて研究の一環として開発された アナログ回路シミュレータ。「トランジスタレベル」で回路をシミュレートするため、計算力を要するが、モデル次第で比較的高精度な結果を出力可能。
- ・ **SPICE = Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis**
「IC に重点を置いたシミュレーションプログラム」が名称の由来。当初は、IC の性能を製造前に評価することが目的だった。
⇒ 今日では、汎用的なアナログ電子回路シミュレータとして利用されている。
- ・ オリジナルの **SPICE** では、基本的に回路はテキスト形式で入力。
⇒ **Micro-Cap** では、回路図入力をサポート。
- ・ 半導体メーカー各社から、**SPICE** でシミュレーションを行なうため **部品モデル** が供給されている。

「部品モデル」とは

電子部品をパラメータ化し、シミュレータで利用できる形式にしたものを「部品モデル」と呼んでいます。**Micro-Cap** では、半導体メーカーが Web 等で公開している、**SPICE** 形式の部品モデルを利用することができます。

1.5. Micro-Cap 7 評価版について

評価版は Micro-Cap の紹介用に、無償で配布されているバージョンです。部品パラメータの抽出に利用する MODEL プログラムは含まれませんが、回路図の作成／保存／印刷／解析等、基本的な機能については支障なく利用できます。

製品版との主な相違点

回路規模：約 100 ノード程度まで解析できます。

解析速度：小さな回路では製品版と同等ですが、回路規模が大きくなると、製品版の 4 倍程度の時間がかかることがあります。

機能制限：オプティマイズ／フィルタデザイナー／3D プロット／PCB 機能／性能プロット／複数パラメータのステップングなど、一部機能の利用に制限があります。

部品ライブラリ：製品版で利用できる 15,000 種類の部品ライブラリのうち、一部の部品のみ利用可能です。(利用できない部品は、メニューの中でグレイ表示されています。)

評価版の動作条件

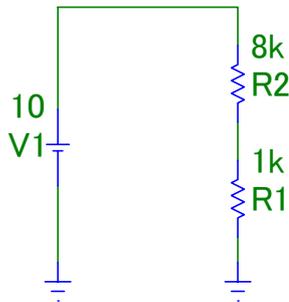
- ・ Pentium II 以降のプロセッサ
- ・ システムメモリ 64MB 以上
- ・ HDD 空き容量 100MB 以上推奨
- ・ Windows 95／NT4.0 Service Pack 3 もしくはその後継バージョン

評価版のインストール方法

- 1) Micro-Cap 7 評価版のインストール CD を CD-ROM ドライブに挿入するとセットアッププログラムが起動します。しばらく待っても起動しない場合は、手動で `setup.exe` を実行してください。
- 2) セットアッププログラムの指示に従って、インストールを行ってください。

2. 回路図の作成方法

Micro-Cap を最初に起動すると、回路図エディタの画面が現れます。最初に、以下のような簡単な回路図を作成してみます。



2.1. 回路図エディタの操作の基本

部品を配置するには

1. ツールバー  もしくは[Component]メニューから、部品を選択します。(このとき、自動的に「部品モード」になります。)
2. 回路図の白い部分をクリックすると、部品が配置されます。
3. 必要に応じて、属性ダイアログが表示されるので、値を入力してください。

部品どうしを配線するには

1. ツールバーのワイヤモードボタン  をクリックします。
2. マウスでドラッグすると、ワイヤが描画されます。

回路を編集・修正するには

1. ツールバーの選択モードボタン  をクリックします。
2. 次のような操作が実行できます。
 - 部品をダブルクリックすると、部品の属性を変更できます。
 - 部品をドラッグすると、部品を移動できます。
 - 部品をドラッグしながら右クリックすると、部品の向きを8通りに変更できます。
 - 部品をクリックすると、部品が「選択」されます。また、領域指定(何も無いところからドラッグ)や、Shift+クリックを行うことにより、複数の部品をまとめて選択することができます。選択された部品は、コピー(Ctrl+C)/カット(Ctrl+X)/ペースト(Ctrl+V)の対象となります。
 - Ctrl+ドラッグによっても、部品をコピーできます。

2.2. 値の入力について

以下の3通りの表現方法が利用できます。値を入力する際、V, A, ohm等の単位をつける必要はありません。

- 普通の実数 1.0, 6, 12.7 など
- 浮動小数点 1E-12, 1E+3, -7.832e-8, 100e9 など
- べき乗を略記 1f, 1n, 1u, 1m, 1, 1k, 1meg, 1g, 1t など

※ Micro-Cap では基本的に大文字／小文字は区別されません。そのため「m」「M」はいずれも「ミリ」を表します。「メガ」を表すには、「meg」「Meg」等を使用してください。

2.3. その他 便利な機能

- **Help** モードボタン **?** を押して、部品をクリックすると、部品の設定方法のヘルプ(英文)が表示されます。
- **Info** モードボタン **I** を押して、部品をクリックすると、部品の定義位置へジャンプします。

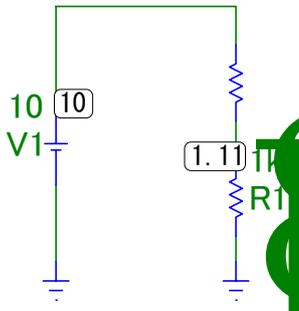
3. 基本的な解析

3.1. ダイナミック DC 解析

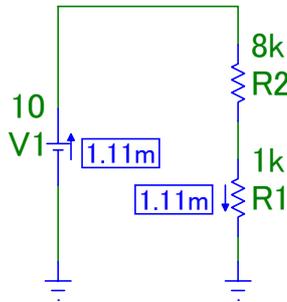
本格的な解析を行う前に、回路に間違いがないか確認できると便利です。ダイナミック DC 解析機能を使用すると、手軽に DC 的な電圧／電流値を確認することが出来ます。

[Analysis]メニューの[Dynamic DC]をチェックすると、回路の「Operating Point」が自動計算されるようになります。それぞれの表示は、以下のボタンで on/off を切り替えられます。

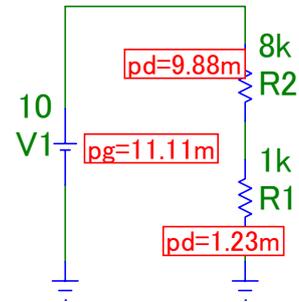
 電圧の表示



 電流の表示



 消費電力の表示



「Operating Point」とは

回路の定常状態における電圧、電流、etc.を Operating Point といいます。動作点、バイアス点とも言います。Operating Point の計算においては、コンデンサは開放、インダクタは短絡として扱われます。

「ノード」とは

回路内の中で、同じ配線によって互いに接続されている部分を、ノードといいます。回路中の電圧値は、ノードごとに保持されます。これをノード電圧といいます。上の回路では、グラウンドを入れて 3つのノードがあります。

ノード番号

回路図エディタによって自動的に割り振られます。 ボタンを押すと表示されます。

ノード番号表示は、接続のチェックに使用できます。

ノード名

 ボタンを使用して配線上に短いテキストを置きます。

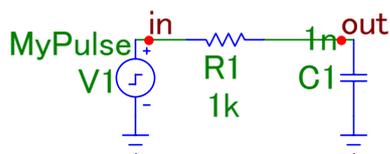
3.2. 3つの基本解析モード

以下の3つが Micro-Cap の基本的な解析モードとして特に重要です。

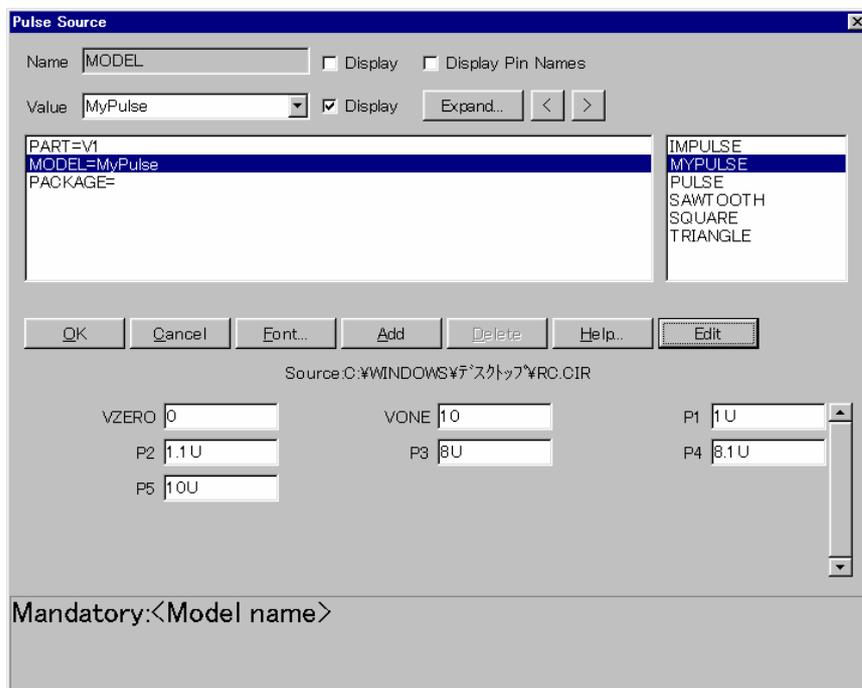
- Transient 解析 時間領域波形のプロット ≡ オシロスコープ
- AC 解析 周波数特性のプロット ≡ スペクトラム アナライザ
- DC 解析 DC 特性のプロット ≡ カーブ トレーサ

3.3. Transient 解析: 回路に時間波形を入力してみる

観測対象が時間領域の事象である場合は、Transient 解析を使用します。ここでは、以下の回路を使用して、コンデンサの充放電を観測してみます。

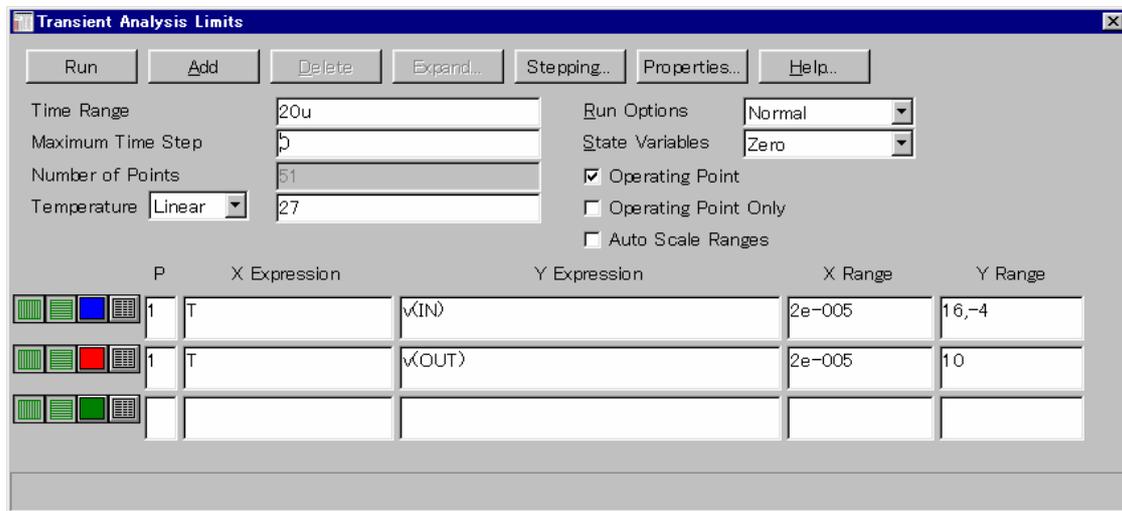


パルス源 V1 の属性ダイアログでは、MODEL=MyPulse として[Edit]ボタンを押し、以下のような値を入力します。

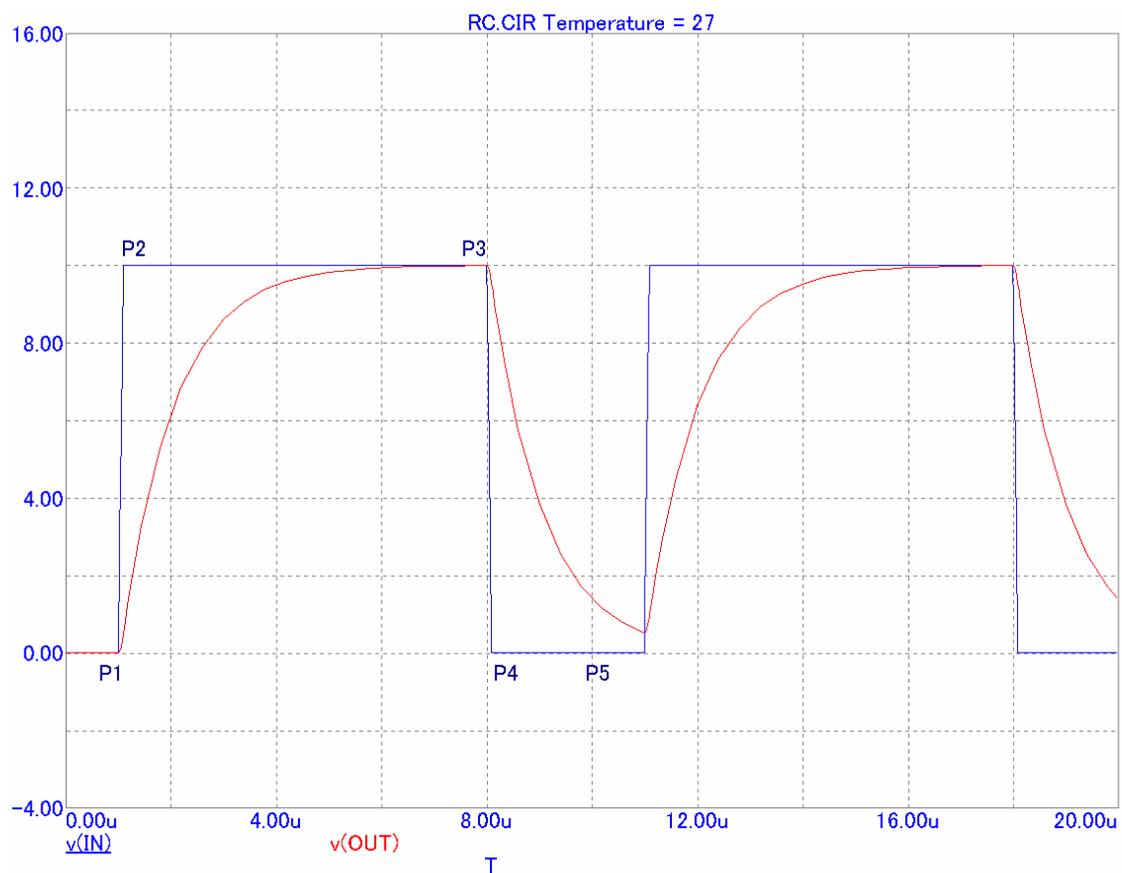


観測したいポイントには、Text モード([T]アイコン)を使用して「in」「out」等のノード名をつけます。

[Analysis]メニューの[Transient Analysis]を選択し、以下のように設定します。



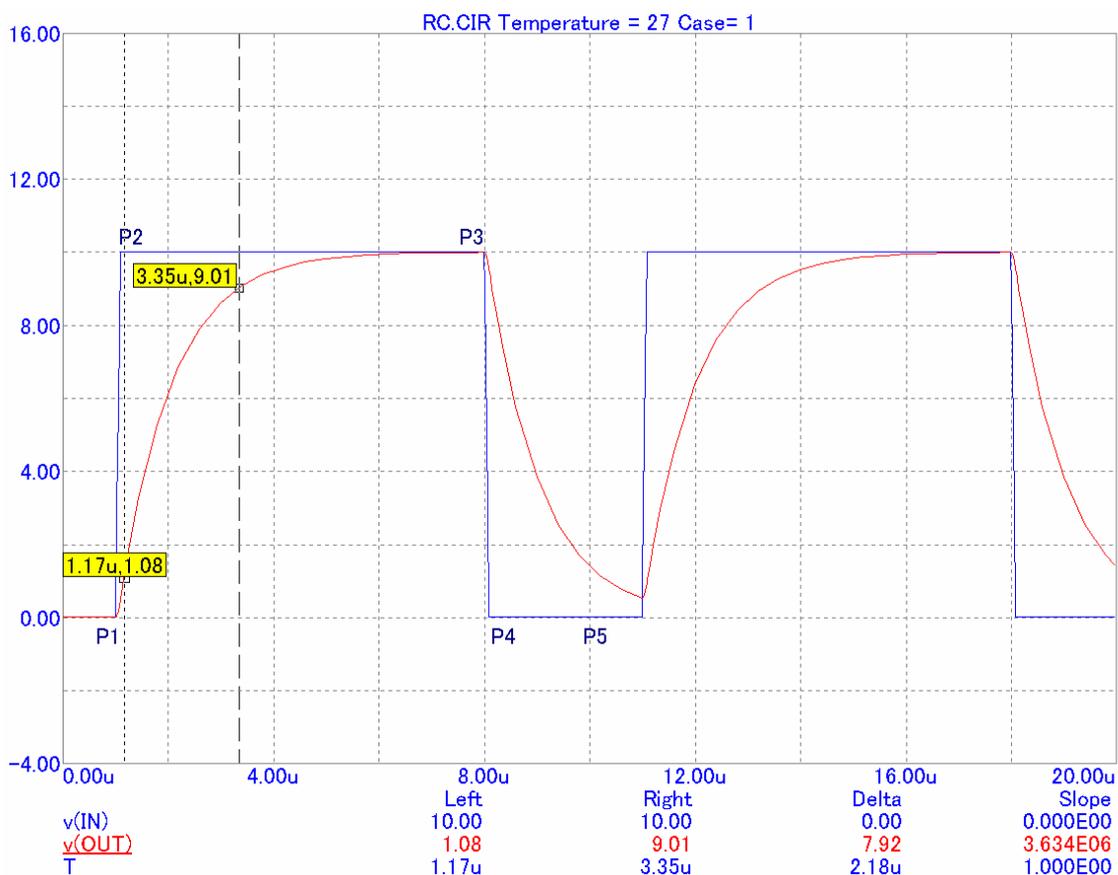
[Run]ボタンを押すと以下のようにグラフがプロットされます。



カーソルモード

出力波形について 10% ⇒ 90%の立上り時間を測定してみましょう。

ツールバーの  ボタンを押すと、カーソルモードとなります。ここでは、カーソル位置における数値や2つのカーソル間の差や傾きを読み取ることができます。



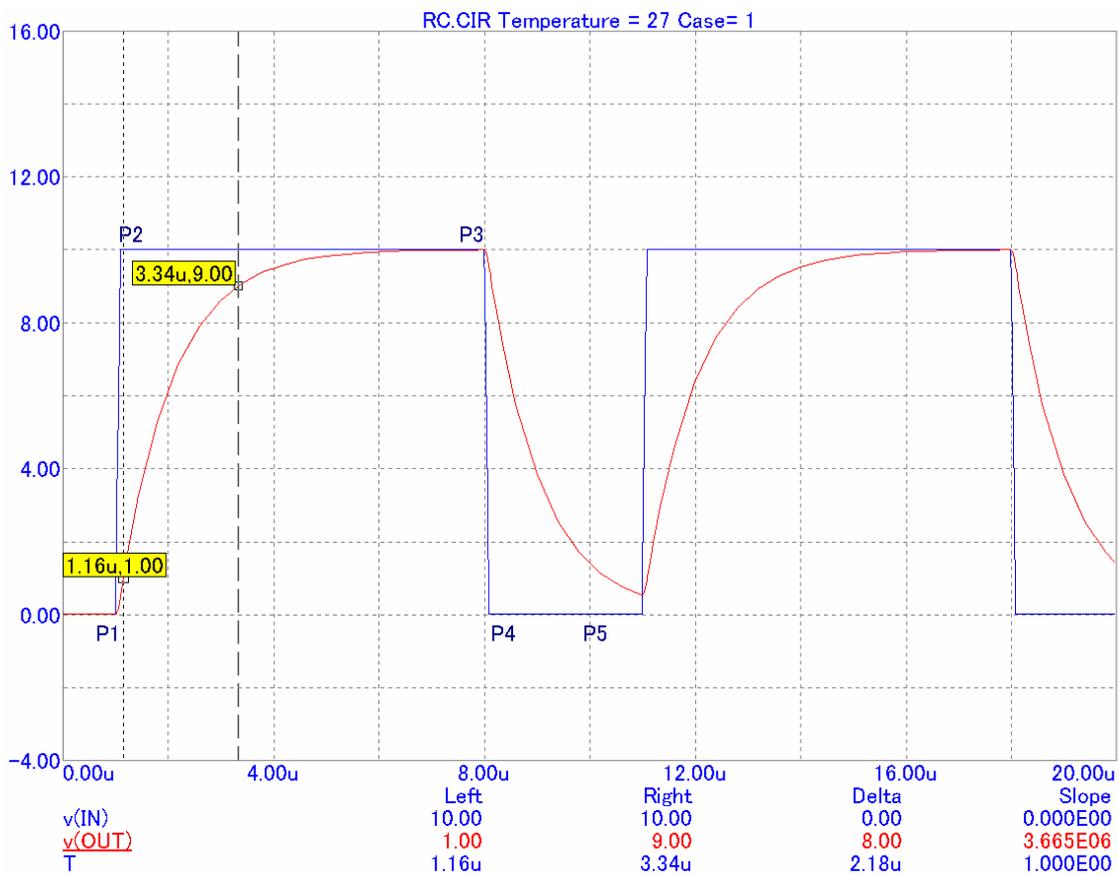
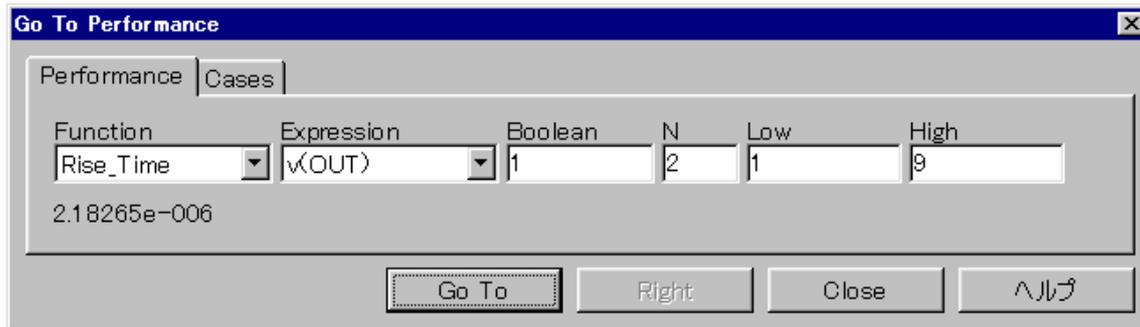
カーソルは **Left** と **Right** の2つが用意されており、それぞれ左右のマウスボタンによって移動できます。

Left カーソルにおいて $T = 1.17\mu\text{s}$ 、**Right** カーソルにおいて $T = 3.35\mu\text{s}$ となるようにカーソルを移動させると、両者の差(Delta) $\Delta T = 2.18\mu\text{s}$ より、10% ⇒ 90%の立上り時間が $2.18\mu\text{s}$ であることがわかります。

性能関数

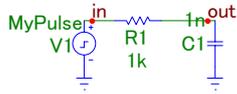
Micro-Cap には、解析波形をもとに、性能に関する特性値を算出する機能が搭載されています。これを性能関数(Performance Function)といいます。これを利用すると、立上り時間などを簡単に求めることができます。

ツールバーの  ボタンを押すと、[Go To Performance]ダイアログを表示されます。適切な値をセットし、[Go To]ボタンを押すと、自動的にカーソルが移動し、値が表示されます。



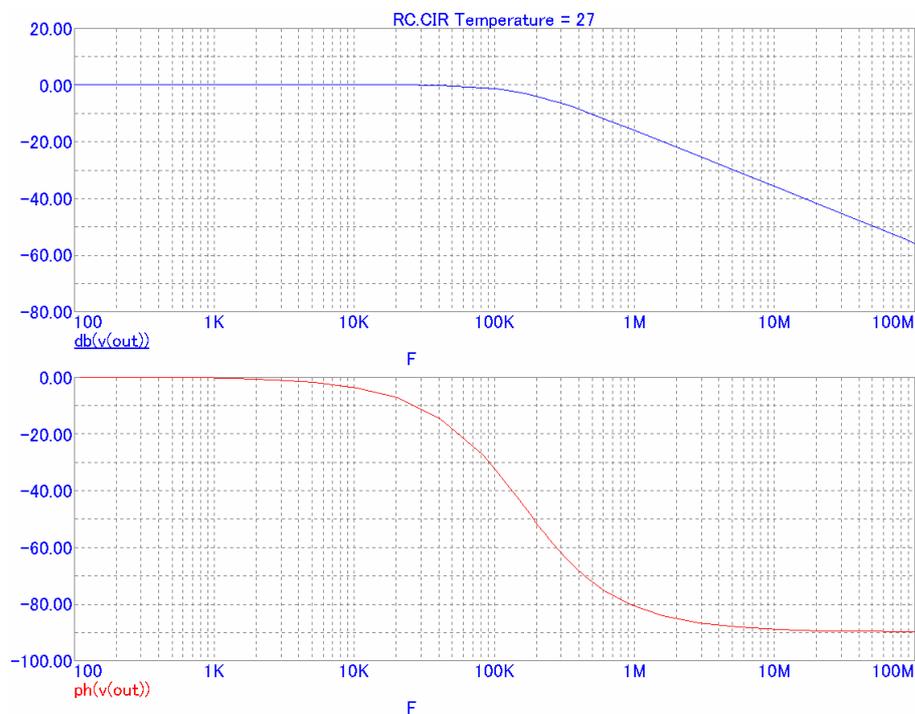
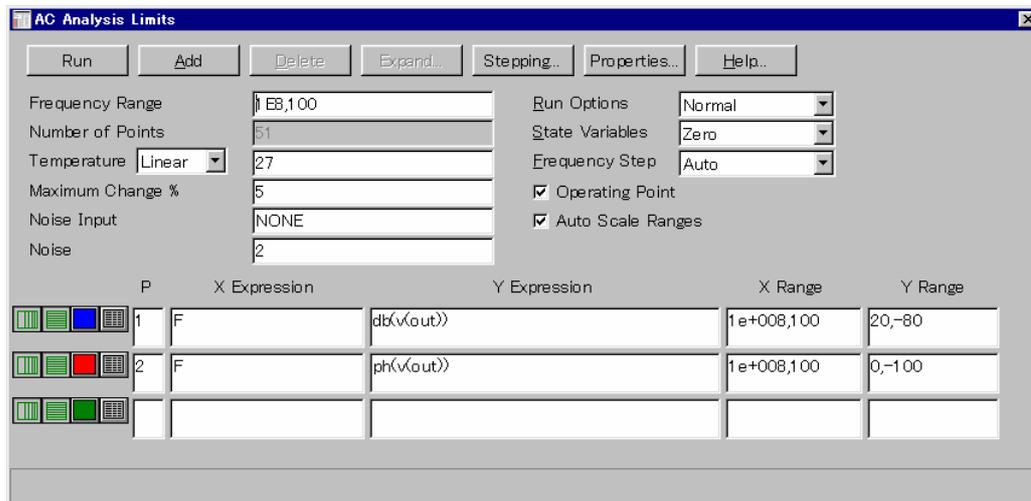
3.4. AC 解析: 周波数応答をみる

周波数特性を観測するには、AC 解析を使用します。



AC 解析では、パルス源は、振幅 1、位相 0 のサイン波として扱われます。

[Analysis]メニューの[AC Analysis]を選択し、以下のような設定で解析してみます。

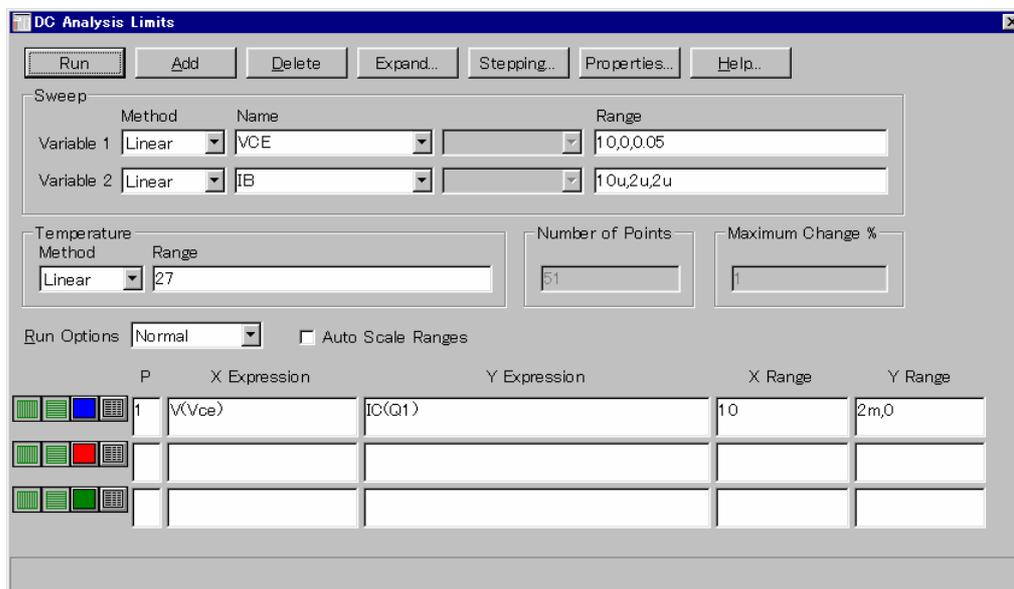
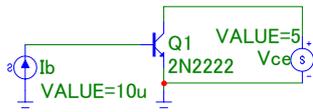


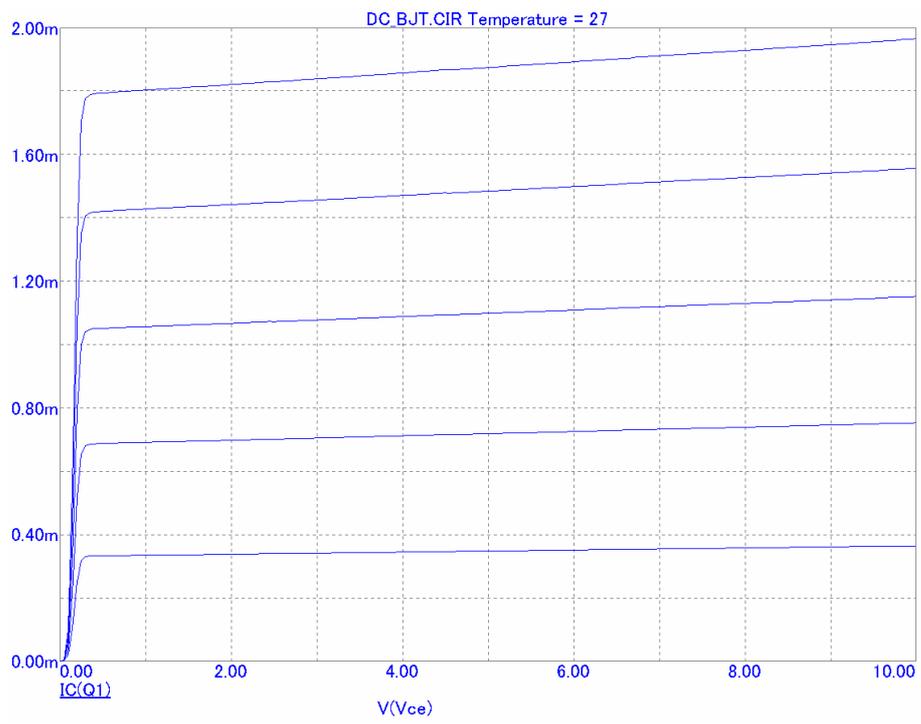
作成した回路は、あとでまた使用するので RC.CIR というファイル名で保存しておきます。

3.5. DC 解析: DC カーブを見る

半導体の I-V 曲線等、時間／周波数に依存しない DC 的な特性を調べるには、DC 解析を使用します。ここでは、トランジスタの I-V カーブを解析してみます。

[Analog Primitives]-[Waveform Sources]の[V]および[I]を利用して以下のような回路を作成します。



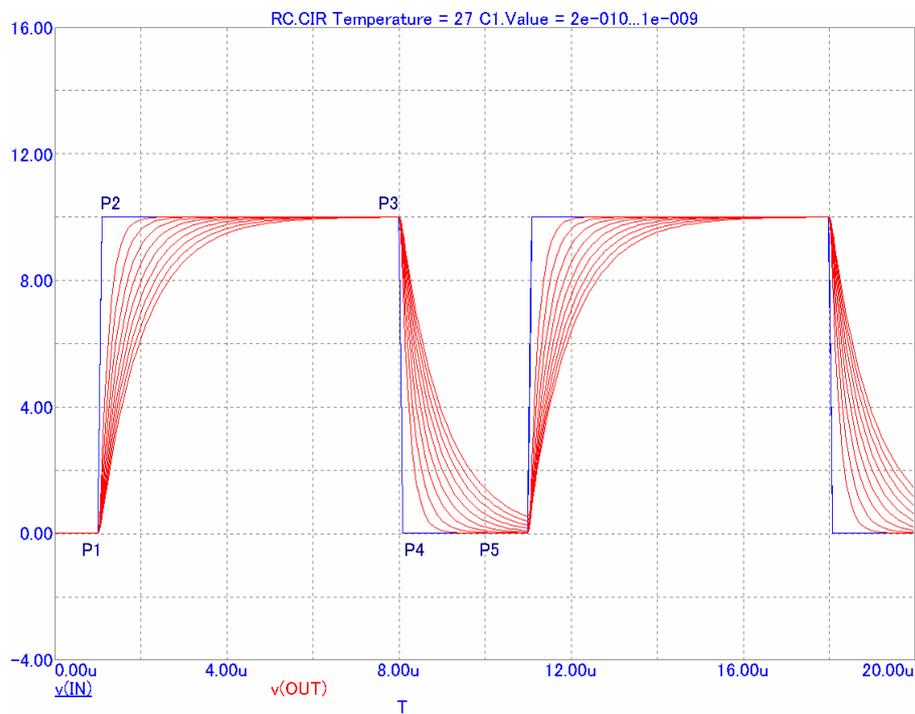
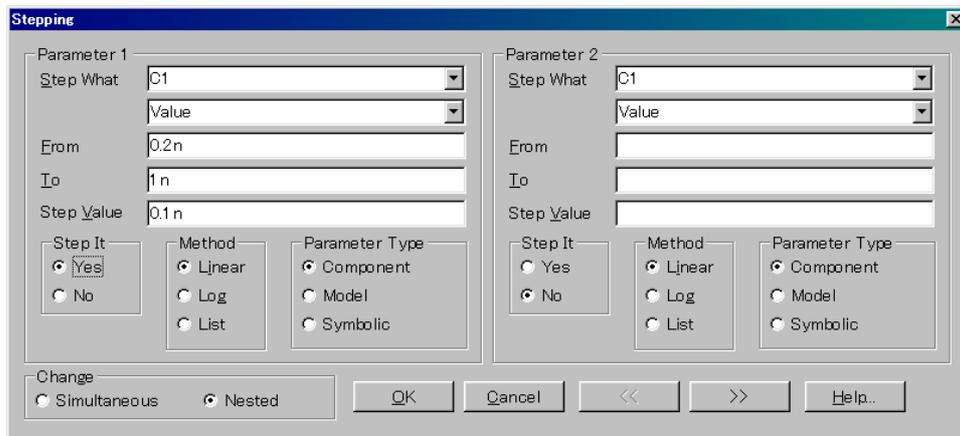


4. 一歩進んだ解析機能

4.1. ステッピング

ステッピング機能を利用すると、部品の値等を変化させながら、複数回の解析を繰り返すことができます。

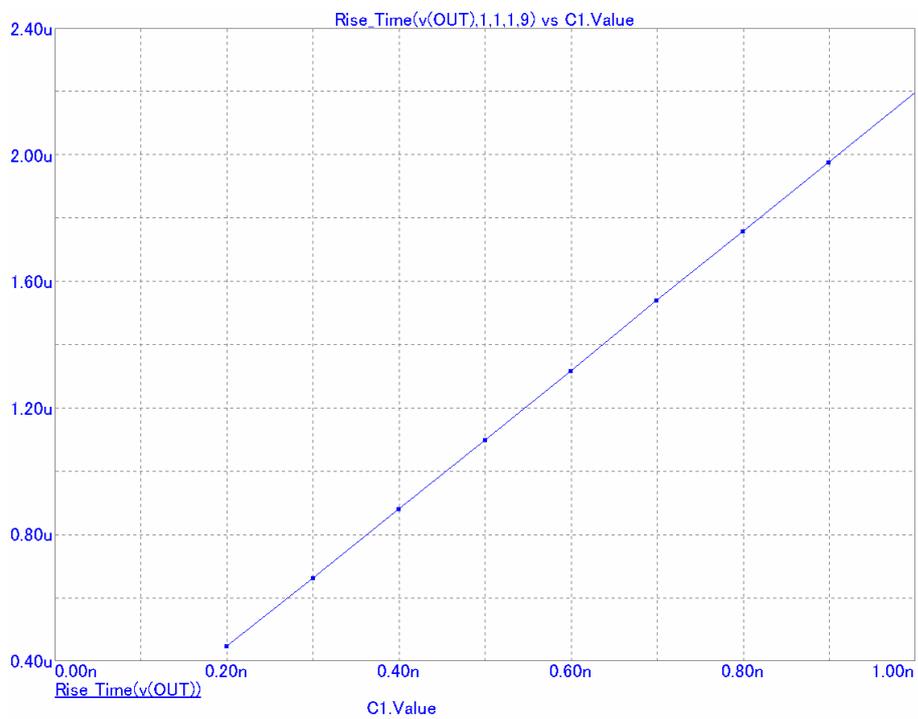
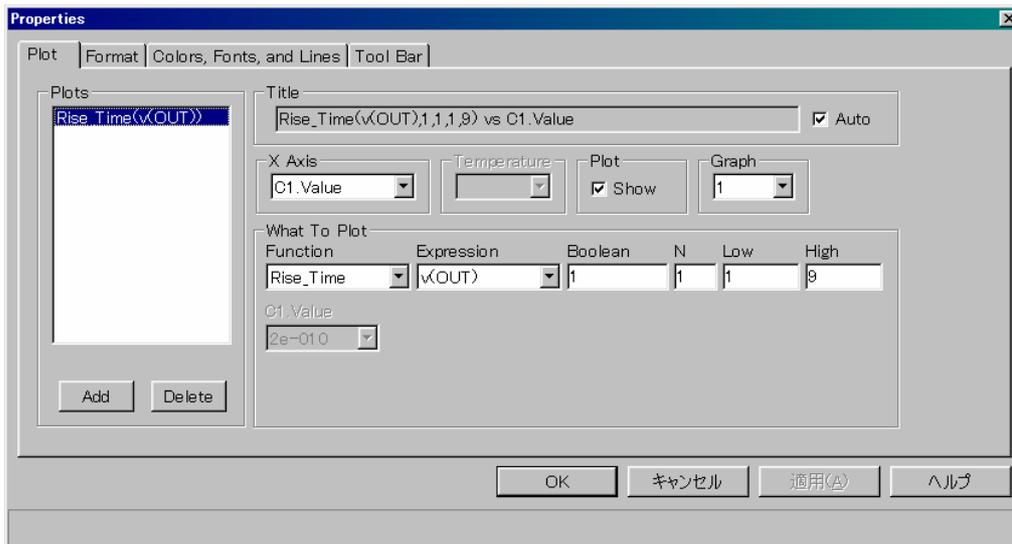
RC.CIR の[Transient Analysis Limits]において[Stepping...]ボタンを押して設定します。



4.2. 性能プロット

ステップングした結果を評価するのに、性能関数を使用することができます。

[Transient] – [Performance Windows] – [Add Performance Window...]を選択して、立上り時間をグラフにしてみます。



5. サンプル回路集

C:\MC7\DATA ディレクトリには、様々な回路の解析例が収録されています。実際に解析してみることをお勧めします。

5.1. 回路図ファイル(Schematic ファイル、拡張子.cir)

| (ファイル名) | (内容) |
|-----------------|---|
| 283 | Use of digital primitives to model a 283 logic unit |
| 381 | Use of digital primitives to model a 381 logic unit |
| 3D1 | Use of 3D plots |
| 3D2 | Use of 3D plots |
| 555ASTAB | Use of the 555 macro in an astable application |
| 555MONO | Use of the 555 macro in a monostable application |
| A_BOOST_CM_OL | Boost current mode averaged model open loop plot |
| A_BOOST_CM_ZOUT | Boost current mode averaged model Zout plot |
| A_BOOST_VM | Boost voltage mode averaged model open loop plot |
| A_BUCK_CM | Buck current mode averaged model open loop plot |
| A_BUCK_VM | Buck voltage mode averaged model open loop plot |
| A_BUCKBOOST | Buckboost current mode averaged model open loop plot |
| A_FLYBACK | Flyback voltage mode averaged model open loop plot |
| A_FORWARD | Forward voltage mode averaged model open loop plot |
| A_NCP | NCP1200 Converter |
| A_RESO_DC | Resonant converter DC analysis |
| A_RESO_OL | Resonant converter averaged model open loop plot |
| A_SEPIC | Single Ended Primary Inductance Converter |
| AD16 | Use of the AtoD and DtoA elements |
| ANIM | Use of the animation components |
| ANIM3 | Use of the animation components |
| BAX | Steps a resistor to model a pot element |
| BPFILT | Analysis of a bandpass filter |
| BUTTERN | Use of a Laplace source to represent a Butterworth filter |
| CARLO | Monte Carlo routines in transient and AC analysis |
| CARLO2 | Monte Carlo routines in DC analysis |
| CARLO4 | Monte Carlo routines in transient and AC analysis |
| CHOKE | Analysis of a diode choke circuit |
| CMOS | MOSFETs in an inverter configuration |

| | |
|------------|---|
| COLPITTS | Analysis of a colpitts oscillator |
| CONVERTER3 | Three-phase converter with zero-crossing detectors |
| CORE | Use of the core model and plotting a BH curve |
| CORE3 | Use of the nonlinear core model with multiple inductors |
| COUNTER | Analysis of a binary counter |
| COUNTER2 | Analysis of a BCD counter |
| CROSSOVR | Analysis of a passive 1kHz cross-over network |
| CURVES | BJT IV curves |
| DECODER | Use of a digital subcircuit as a decoder |
| DIFFAMP | Analysis of a differential amplifier |
| DIG_POWER | How to change the digital power supplies |
| DIRA | Use of the operators d, avg, sum, and rms |
| ECLGATE | Analysis of an analog equivalent ECL gate |
| F1 | Use of the VCO macro |
| F2 | Use of a nonlinear function source |
| F3 | Use of a nonlinear function source |
| F4 | Use of the Triode macro |
| FFT1 | Use of DSP and complex operators |
| FFT3 | Use of cross-correlation and auto-correlation operators |
| FFT4 | Use of the IFT operator |
| FFT5 | Use of the auto-correlation operator |
| FFT7 | Use of the DSP dialog box to eliminate startup transients |
| FILTER | Analysis of a Chebyshev filter and use of the Noise macro |
| FSK2 | Use of the FSK modulator macro |
| FSTIM8 | Use of the file stimulus component |
| GASFET | Use of the GaAsFET component |
| GILBERT | Analysis of a Gilbert multiplier |
| GUMMEL | Use of the Gummel-Poon SPICE BJT model |
| GYRTEST | Use of the gyrator macro |
| IVBJT | Use of DC analysis to plot the IV curves of a BJT |
| L1 | Use of a Laplace source to model a passive network |
| L2 | Use of Laplace sources to model transmission lines |
| L3 | Use of a Laplace source to model a Butterworth filter |
| LM117REG | Using the LM117 model |
| LTRA3 | Use of the lossy transmission line |
| MIXED | Analysis of a mixed-mode circuit |

| | |
|----------------|--|
| MIXED1 | Analysis of a mixed-mode circuit |
| MIXED4 | Analysis of a mixed-mode circuit |
| MODELRLC | Use of temperature stepping |
| MOSCAPS | Plotting of MOSFET capacitance curves |
| MOSDIFF | Analysis of a MOSFET differential amplifier |
| NOISEBJT | Plotting of input and output noise |
| NYQUIST | Plotting of a Nyquist graph |
| O7 | Analysis of a mixed-mode circuit |
| OPAMP1 | Use of the three levels of opamps |
| OPT1 | Using the Optimizer to maximize power transfer |
| OPT2 | Using the Optimizer to maximize low frequency gain |
| OPT3 | Using the Optimizer to design matching networks |
| OPT4 | Using the Optimizer in curve fitting |
| OSC1 | Use of the Schmitt macro in an oscillator |
| P1 | Use of the Laplace table source for a RC network |
| PERF1 | Demonstrates the use of performance plots |
| PERF2 | Demonstrates the use of performance plots |
| PLA2 | Use of a PLA subcircuit as an equality comparator |
| PLA3 | Use of the PLA digital primitive |
| POTDEMO | Use of the pot macro |
| PRINT | Use of the print preview for the schematic |
| PRLC | Analysis of a simple passive network |
| PSK2 | Use of the PSK modulator macro |
| RCA3040 | Analysis of a RCA3040 component |
| RELAY | Using the relay models |
| RISE | Use of Monte Carlo routines for rise times |
| S_2FLY_CM | Two-Switch Flyback Converter |
| S_2FOR_CM | Two-Switch Forward Converter |
| S_BOOST_CM | Boost Current Mode Converter |
| S_BOOST_VM | Boost Voltage Mode Converter |
| S_BUCK_CM | Buck Current Mode Converter |
| S_BUCK_SYN | Synchronous Buck Voltage Mode Converter |
| S_BUCK_SYN2 | Synchronous Buck Current Mode Converter |
| S_BUCK_VM | Buck Voltage Mode Converter Converter |
| S_BUCKBOOST_CM | Buck-Boost Current Mode Converter |
| S_BUCKBOOST_VM | Buck-Boost Voltage Mode Converter |

| | |
|--------------|--|
| S_FLYBACK_CM | Flyback Current Mode Converter |
| S_FLYBACK_VM | Flyback Voltage Mode Converter |
| S_FORWARD_CM | Forward Current Mode Converter |
| S_FORWARD_VM | Forward Voltage Mode Converter |
| S_FULL_CM | Full Bridge Current Mode Converter |
| S_FULL_VM | Full Bridge Voltage Mode Converter |
| S_FULL_XFMR | Full Bridge with XFMR Current Mode Converter |
| S_HALF_CM | Half Bridge Current Mode Converter |
| S_HALF_VM | Half Bridge Voltage Mode Converter |
| S_HALF_XFMR | Half Bridge with XFMR Current Mode Converter |
| S_NCP | NCP1200 Converter |
| S_PUSH_CM | Push-Pull Current Mode Converter |
| S_PUSH_VM | Push-Pull Voltage Mode Converter |
| SH2 | Use of the sample and hold component. |
| SMITH | Use of the Smith chart |
| SPARK | Use of the spark-gap macro |
| STIM_DEMO | Use of the digital stimulus generators |
| STIMSAMP | Use of the digital stimulus generators |
| STIMTST2 | Use of a Stim generator in counting from 0 to F |
| STIMTST3 | Use of the INCR command in a Stim generator |
| STIMTST4 | Use of the random characters in a Stim generator |
| SUBCKT | Use of an analog subcircuit |
| SUBCKT1 | Adding subcircuits to the library |
| SWITCH | Use of the three types of the Switch component |
| SYSTEM1 | Analysis of a mechanical system |
| SYSTEM2 | Use of behavioral modeling components |
| T1 | Use of nonlinear table sources |
| THY1 | Use of the Put, Triac, and SCR macros |
| THY2 | Analysis of a SCR phase control |
| TL1 | Use of transmission line and plotting line variables |
| TL2 | AC simulation of a transmission line |
| TL3 | Plotting the input small signal impedance |
| TRANS | Use of the three methods of implementing a transformer |
| TTLINV | Use of mixed mode analysis |
| TUBE_AMP | Vacuum tube amplifier |
| TUBE6L6 | Vacuum tube circuit |

| | |
|-----------|-------------------------------|
| UA709 | Analysis of a UA709 opamp |
| UA723_REG | Using the UA723 model |
| UA741 | Analysis of a UA741 opamp |
| USER | Use of the User source |
| USER2 | Use of multiple User sources |
| XTAL1 | Use of the crystal macro |
| ZDOMAIN | Use of the Z transform source |

5.2. SPICE ファイル

| (ファイル名) | (内容) |
|-------------|---|
| ASTABLE.CKT | Analysis of a SPICE circuit |
| CHOKE.CKT | SPICE equivalent of CHOKE |
| ECLGATE.CKT | SPICE equivalent of ECLGATE |
| PLA1.CKT | Use of a PLA subcircuit in a SPICE file |
| PLA2.CKT | The PLA subcircuit that is used in PLA2 |
| RCA3040.CKT | SPICE equivalent of RCA3040 |
| RTLINV.CKT | Analysis of a SPICE equivalent inverter |
| SCHMITT.CKT | Analysis of a SPICE Schmitt trigger |
| TTLINV.CKT | SPICE analysis of a TTL inverter |
| UA709.CKT | SPICE equivalent of UA709 |
| UA741.CKT | SPICE equivalent of UA741 |

6. 参考文献

6.1. Micro-Cap 7 の使用方法に関するもの

製品に付属するもの

「Micro-Cap 7 User's Guide」(英語、約 254 ページ、著: Spectrum Software)

「Micro-Cap 7 Reference Manual」(英語、約 712 ページ、著: Spectrum Software)

「Micro-Cap 7 セットアップの手引き」(日本語、約 10 ページ、著: 東陽テクニカ)

現在準備中のもの

2002 年 2 月現在、日本語訳を準備中です。完成次第、製品版ユーザの方へ送付させていただきます。

「Micro-Cap 7 ユーザーズガイド」

「Micro-Cap 7 リファレンスマニュアル」

市販されているもの

「トランジスタ技術 SPECIAL No.56 電子回路シミュレータ活用マニュアル」

「トランジスタ技術 SPECIAL No.62 電子回路シミュレータの本格活用法」

6.2. 半導体部品のモデリング

「SPICE - Practical Device Modeling」

著: Ron Kielkowski、出版: McGraw Hill 1995. ISBN# 0-07-911524-1

“reasonable”な半導体モデルを作成する方法について解説した良書です。

「Semiconductor Device Modeling with SPICE」

著: Paolo Antognetti, and Giuseppe Massobrio、出版: McGraw-Hill, 1988

SPICEの部品モデルに関するリファレンスの書籍です。

6.3. その他

「Switch-Mode Power Supply SPICE Simulation Cookbook」

著: Christophe Basso、出版: McGraw-Hill, 2001

SPICE でスイッチング電源をシミュレーションするための解説書です。Micro-Cap 7 のサンプル回路ディレクトリ(C:\MC7\DATA)には、この本で解説されている回路を多数収録しております。

