

Micro-Cap 10

電子回路シミュレーションプログラム
ユーザーズガイド

原著： 第10版 2010年10月

翻訳：

著作権

© Spectrum Software. 1982-2010. This manual and the software described in it are copyrighted, with all rights reserved. No part of this publication, or the software, may be reproduced, transmitted, transcribed, stored in a retrieval system, or translated into any language in any form without the written permission of Spectrum Software.

[本マニュアルとその中に記載されたソフトウェアは、著作権で保護されています。この出版物またはソフトウェアのどの部分も、Spectrum Softwareの書面による許可なしに、複写、転送、転写、保管システムへ保存、他の言語への翻訳を行うことはできません。]

© TOYO Corporation, 1996-2002.

日本語翻訳部分に関しては、株式会社東陽テクニカが著作権を有します。

ソフトウェアライセンスに関する注意

製品に同封されたSpectrum Softwareとのライセンス契約には、許可される使用形態と禁止される使用形態に関する記述があります。Micro-Cap 10の全体または一部を、印刷物であれ、他の保管システムであれ、許可なく複製することは明示的に禁じられています。

目次

Spectrum SoftwareとMicro-Cap.....	7
Micro-Cap 6 の新機能.....	9
Micro-Cap 7 の新機能.....	10
Micro-Cap 8 の新機能.....	11
Micro-Cap 9 の新機能.....	12
Micro-Cap 10 の新機能.....	13
本ユーザーズガイドについて.....	21
表記上の規約.....	22
第1章 始める前に.....	23
パッケージ内容の確認.....	24
機器構成の確認.....	25
製品の登録.....	25
フィードバックについて.....	25
プログラムのインストール.....	26
第2章 基本の習得.....	27
本章の内容.....	27
MC10 を起動する方法.....	27
クイックツアー.....	28
コマンドラインとバッチファイル.....	39
用語と概念.....	41
ファンクションキー.....	44
元に戻す機能と繰り返し機能.....	45
第3章 簡単な回路の作成と編集.....	47
本章の内容.....	47
簡単な回路の作成.....	48
コンポーネントのパラメータとテキストの編集.....	56
オブジェクトの削除.....	59
操作の元に戻す／繰り返し.....	59
クリップボード.....	59
選択.....	61
ドラッグコピー.....	62
大きな回路図のナビゲーション.....	63
SPICEテキストファイルの作成と編集.....	66
まとめ.....	68

第4章 トランジェント解析	69
本章の内容.....	69
トランジェント解析リミットダイアログボックス	70
プロットする曲線の選択.....	76
プロットプロパティダイアログボックス	80
状態変数とその初期化.....	83
状態変数エディタ	85
スライダの使用.....	88
波形バッファの使用	90
第5章 AC解析	93
本章の内容.....	93
AC解析	94
AC解析リミットダイアログボックス.....	96
オプションと条件の実際の使用	101
数値出力.....	103
ノイズのプロット.....	104
ナイキストプロット	106
スミスチャート.....	107
極座標プロット.....	108
第6章 DC解析	109
本章の内容.....	109
DC解析	110
DC解析リミットダイアログボックス.....	112
第7章 スコープの使用	117
本章の内容.....	117
スコープの実際の使用	118
拡大.....	119
パニング	120
カーソルモード.....	121
カーソルモードにおけるパニングとスケーリング	122
カーソルの配置.....	123
プロットへのテキストの追加.....	128
プロットへのタグの追加.....	129
性能関数.....	131
性能タグ.....	135
解析のアニメーション.....	136

第 8 章	プローブの使用	137
	本章の内容	137
	プローブはどのようにはたらくのか	138
	トランジェント解析の変数	140
	ノード電圧のプローブ	142
	端子間電圧のプローブ	143
	回路図上のナビゲート	144
	AC解析での例	145
	DC解析での例	147
	SPICEのファイルのプローブ	149
	マクロとサブサーキットのプローブ	150
	簡単にプローブするためのヒント	152
第 9 章	コンポーネントパラメータのステップング	153
	本章の内容	153
	パラメータステップングとは	154
	トランジェント解析におけるステップング	156
	AC解析/DC解析における例	158
	テキストのステップング	160
	ステップングのまとめ	162
第 10 章	モンテカルロの使用	165
	本章の内容	165
	モンテカルロはどのように行われるのか	166
	分布	168
	性能関数	169
	オプション	170
	例	171
	統計情報	178
第 11 章	マクロの操作	179
	本章の内容	179
	マクロとは?	179
	マクロ回路ファイルの作成	180
	マクロの適切なシェイプの選択	181
	コンポーネントライブラリへのマクロの登録	182
	回路におけるマクロの利用	184
	マクロ作成の簡単な方法	186

第 12 章	サブサーキットの操作	189
	本章の内容	189
	サブサーキットとは?	189
	サブサーキットテキストファイルの作成	190
	適切なシェイプの選択	191
	コンポーネントライブラリへの登録	192
	サブサーキットの利用	194
	部品追加ウィザードの利用	195
第 13 章	印刷	197
	本章の内容	197
	回路図の印刷	198
	回路図印刷の例	201
	解析プロットの印刷	203
第 14 章	アニメーションモードの使用	207
	本章の内容	207
	アニメーションモードの機能	208
	アニメーションコンポーネント	209
	アニメーションのオプションダイアログボックス	211
	トランジェント解析の例	212
	ダイナミックDC解析の例	214
	索引	215

Spectrum SoftwareとMicro-Cap

Spectrum Softwareは、Andy Thompsonによって、パーソナルコンピュータ用のソフトウェアの提供を目的として1980年2月に設立されました。当初は、主にApple IIシステム用のソフトウェアを提供していました。

Logic Designer and Simulator

初期の製品の一つです。1980年6月にリリースされました。パーソナルコンピュータで使用できる、最初の回路エディタ/論理シミュレーションの統合システムでした。色々な意味でMicro-Capの先駆けといえます。第一の目的は、デジタルシミュレーションの世界に「circuit creation and simulation」（回路の作成とシミュレーションの両方を行う）環境を提供することでした。

Circuit Designer and Simulator

1981年8月、最初のプログラムのアナログ版がリリースされました。内蔵のテキストエディタで、単純な線形アナログシミュレータ用の回路記述を作成しました。

初代Micro-Cap

1982年9月にリリースされました。「sketch and simulate」（回路図を描いてシミュレーションを行う）というモチーフを提案した最初のプログラムで、回路図エディタが提供されており、ネットリストを出力して付属のシミュレータで解析することができました。またmodified nodal circuit formulationとbackward Euler integration techniquesに基づく、改良された非線形シミュレータが導入されました。Micro-Capの重要な特徴に、実行しながら動的に解析結果をプロットできることがあります。解析がどうなっているかわかるため、完了するずっと前に実行を中断し、貴重な時間を節約することができます。この製品では、Apple II版とIBM版の両方がリリースされました。

Micro-Cap II

1984年11月にリリースされました。従来の回路図エディタに大幅な改善が加えられ、強化されたモデルが含まれていました。バージョン2.0、3.0、4.0が、1985年、1986年、1987年にそれぞれ導入され、高解像度表示、コプロセッサ、プロッタのサポートが追加されました。この製品では、Macintosh版とIBM版の両方がリリースされました。

Micro-Cap III

1988年12月にリリースされました。マウスとウィンドウの使用が前提で、非常にわかりやすい環境を提供しました。シミュレータは、100%互換ではないものの、UC BerkeleyのSPICE 2Gモデルにはほぼ準拠していました。標準デバイスモデルには、Gummel-Poonバイポーラトランジスタモデル、JFETモデル、Level 1, 3のMOSFETモデルがありました。以降のバージョンはC言語に書き改められ、SPICE 2Gモデルに数多くの改良と拡張が加えられました。これらには、アナログビヘイビア信号源（ラプラス/非線形関数）、非線形磁気コア、GaAsFET、OPAMPがあります。そのほか、Monte Carlo解析、パラメータステップングなど、多くの先進機能が導入されました。

Micro-Cap IV

1992年2月にリリースされました。大幅に改善された回路図エディタと、SPICE 2Gテキストファイルを直接に読み込んで解析できるシミュレータが導入されました。回路図エディタには、クリップボードなど、数多くの新機能がありました。DOS版のシミュレータは他のどのDOS用シミュレータよりも高速でした。拡張DOS版では最大16メガバイトの拡張RAMが使用でき、1万トランジスタの回路を処理することもできました。コアシミュレータはSPICE 2Gと同一で、SPICE 3由来の拡張機能とSpectrum独自開発の拡張機能を持っていました。大規模な部品ライブラリが同梱されましたが、必要なユーザのために、データシートからのモデル作成を簡単かつ正確に行うことができる最適化モデルジェネレータが導入されました。標準デバイスモデルには、すべてのSPICE 2Gモデル、ラプラス/非線形関数のアナログビヘイビア信号源、非線形磁気コア、GaAsFET、OPAMPがありました。プローブ機能により、回路図をマウスでプローブし、波形を「スコープ」に表示することができました。また、数式の使用により、プロットとコンポーネントモデル定義が非常に柔軟にできるようになりました。使用できる数式には、通常の算術演算子、超越関数演算子、双曲線関数演算子、ブール演算子、関係演算子のほか、正/逆フーリエ変換、相関、自己相関、コヒーレンス、数値積分、数値微分など特殊なものもありました。

Micro-Cap V

1995年8月、最初のWindows版であるMicro-Cap Vがリリースされました。Micro-Cap IVの全機能に加え、アナログシミュレーションエンジンと時間同期した、Pspice®互換の5-ステートイベントドリブンデジタル論理シミュレータを内蔵していました。ユーザインタフェースはMicro-Cap IVに似ていましたが、Windowsのインタフェース標準に準拠するよう変更されました。コンポーネントモデルはさらに追加され、損失伝送線、電圧/電流制御スイッチなどが導入されました。回路図構造は強化され、シミュレーションに必要なテキストを保持する独立したテキスト領域が追加されました。回路図は複数ページ文書に一般化され、ページ間タイで接続できるようになりました。新しい編集コマンドに、領域のミラーリング、回転、X軸/Y軸反転機能がありました。コンポーネントには属性が追加され、各属性テキストは独立して移動が可能でした。線は、ワイヤとなり、端点でのみ接続される性質を持つようになりました。これは、論理回路で密集した相互接続を行うのに重要です。解析プロットには、グラフィカルオブジェクト、テキスト、タグが追加され、タグは個々のデータ点やデータ点どうしの差をラベリングするのに使用できます。

Micro-Cap V ver. 2.0

1997年6月にリリースされました。完全なMOSFET BSIMモデル、3Dプロット機能、性能関数のプロット機能、多次元パラメータステップング、記号変数ステップング、アニメーション表示が導入されました。アニメーション表示には、7セグメント表示、LED、ノード状態、スイッチがありました。

Micro-Cap 6 の新機能

1999年7月、Micro-Cap 6がリリースされました。主な新機能は次の機能でした。

- 能動/受動フィルタデザイナー
- PCBネットリストインタフェース
- 新しいBSIM3 3.2 MOSFETモデル
- ダイナミックDC動作点解析モード
- 感度解析
- 伝達関数解析
- すべての解析の温度リスト
- DC解析用リスト、対数、リニアスweepオプション
- 自動マクロ
- ネットワークバージョン
- 強化されたユーザ波形
- Gminステップング
- 新しい性能関数：Slope、X_Low、X_High、Y_Low、Y_High
- プロブマクロピンセレクタ
- 新しい電力変数
- 複素数ベッセル関数、複素級数、階乗
- 記号変数の許容誤差
- 希望の設計領域を定義するプロットポリゴン領域
- 拡張されたDC解析

Micro-Cap 7 の新機能

2001年9月、Micro-Cap 7がリリースされました。主な機能は次の機能でした。

- オプティマイザ
- RF（高周波）モデルとスミスチャート
- 回路図ファイル形式の可搬性の改善
- 主なファイルグループのユーザ指定パス
- Attributeダイアログボックスでの特性曲線の表示
- コンポーネントエディタのImport and Add Partオプション
- Attributeダイアログボックス
- 多段階アンドウ／リドゥ
- component findコマンドの改良
- テキストステッピング
- Symbolic derivative finder
- ステータスバーモニタ
- 波形ブランチとデータ点のラベリング
- より滑らかな回路図のパニング
- 部品表出力
- Sanity checker（妥当性チェッカ）
- SPICEファイルプロービング
- ライヴフォーミュラ（Live formula）機能
- 定数グリッド値の新しいX/Yスケールフォーマット
- 均等な10進値へのカーソル配置機能
- サムネイルプロット
- 増分オートレンジ
- 同時の複数行の解析限界の編集
- モデルパラメータの実行時不変式
- 複素三角関数
- 複素条件関数
- ヒストグラムや性能プロットへの数式利用
- 属性に対する検索／置換
- 複数ファイルのオープン
- PADS PCB出力

Micro-Cap 8 の新機能

2004年2月に、Micro-Cap 8がリリースされました。主な特長は次の通りです。

- IBISモデリングツール
- EKV MOSFETモデル
- BSIM4 MOSFETモデル
- HSPICEスタイルのピンニング
- BSIM3モデルおよびBSIM4モデルに対する短距離VTマッチング
- Touchstoneデータフォーマットを使用したN-Portデバイス
- SPICEの電圧源と電流源の強化
- タイマデバイス
- 強化されたSスイッチおよびWスイッチ
- 改善された磁気モデル
- アニメーションのコンポーネント
- パスワード保護
- Find in Filesコマンド
- Infoページ
- Componentメニューのシェイプ表示
- ローカル.PATHコマンド
- サブサーキットメーカー
- 改善されたBill of Materialsレポート
- Apply Display Propertiesコマンド
- Change Attributeコマンド
- TIFF、PNG、JPG、およびICOグラフィックフォーマット
- 自動ノード強調表示
- Cleanupコマンド
- 新しいAttributeダイアログボックスプロット
- 部品およびワイヤ色
- ダイナミックAC解析
- ダイナミックDC用ステップング、最適化、および解析リミットダイアログボックス
- 歪み解析
- FFTウィンドウ + FSおよびRES関数
- 解析プロットの改善（スケール、単位、データ点のスタイル、リトレースモード）
- 配列変数および積分・微分関数
- ダイナミックDCおよびダイナミックAC用オプティマイザ
- コンポーネントライブラリにモデルを直接インポート
- 国際工学表記（3R3 = 3.3など）および10進数形式
- フィルタデザイナーに対するステップおよびインパルス応答のプロット
- モンテカルロ乱数シード
- インデックスをローカルで書き込むため、サーバへの書き込み権限有無に左右されない

Micro-Cap 9 の新機能

2007年1月に、Micro-Cap 9がリリースされました。主な特徴は次の通りです。

- 回路図の領域有効化/無効化
- 領域有効数式
- コンポーネントパネル
- 最近値、RMS値、平均値、またはピーク値の回路図表示
- ユーザ設定のホットキー
- 受動楕円フィルタ
- バスコネクタ
- ウィンドウタブ
- Intelligent Pasteコマンドによるモデル文、サブサーキットなどの移動
- テキストコントロールブロック
- .SPICE/.ENDSPICEコマンド
- 入力と同時に表示されるコンポーネント検索コマンド
- 属性ダイアログボックス用パラメータ検索コマンド
- 割り当て可能コンポーネントリンク
- ライブテキストフォーミュラ
- マウスインフォボックス
- 基本値にフィットコマンド
- オーバーラッピングコマンド
- 部品表デリミタでエクスポートを簡易化
- RGB色をファイルに保存することでシステム間の移動性向上
- バッチファイルパラメータ
- IGBTモデル
- Philips MextramおよびModellaバイポーラモデル
- Philips MOSFETモデルPSP、11、20、31、および40
- Philips MOSFET PSPモデル
- 強化RLCモデル
- ユーザ信号源のトリガ数式
- 波形バッファ
- ダイナミック解析モード
- ダイナミック性能タグ
- 個別タグフォーマット
- プロットページ
- プロービングモード中の編集
- マクロやサブサーキットの目視プロービング掘り下げ
- FFT、性能、および3Dウィンドウのプローブ
- モンテカルロ許容ダイアログボックス
- ルジャンドル多項式、ランベルトW関数、複素インピーダンス

Micro-Cap 10 の新機能

2010年6月、Micro-Cap 10がリリースされました。主な新機能は次のとおりです。

概要

Micro-Cap 10には、ユーザからの要望を反映させ、さまざまな改良が加えられています。そのような改良や、その他の細部にわたる新しい工夫により、製品の利用性が大幅に向上しました。MC10の主な技術的改良は、次の4点です。

スレッディング：スレッディング技術により、複数のCPUコアを採用し、シミュレーション時間を短縮しています。

PSS：AprilleおよびTrickにより開発された技術を使用して周期定常状態を計算し、時間領域波形から短期的なトランジェントを取り除きます。これにより、回路解析におけるさまざまな問題を大幅に単純化できます。

歪み：全く新しい2種類の解析により、高調波歪みと相互変調歪みのプロットを容易に作成できます。

最適化：3種類のメソッドが追加され、最適化処理が改良されました。現在使用可能なメソッドの一覧は次のとおりです。

Powell
Hooke
Levenberg-Marquardt
微分展開

スレッディング

Micro-Cap 10ではスレッディングが採用されており、複数のCPUコアを利用できるため処理速度が大幅に向上しました。複数の単独解析が必要な場合、スレッディング技術を使用して各サブ解析を異なるCPUに割り当て、解析全体を高速化します。これは、モンテカルロ解析における温度やパラメータのステップング、さらに高周波歪み解析および相互変調歪み解析で便利です。

回路図エディタ

回路図上でのテキスト編集 : Altキーを押しながらテキストをクリックすることでグリッドテキストを直接編集できるようになりました。

お気に入り : コンポーネントパネルにお気に入りタブが追加されました。このタブでは、コンポーネントの使用状態が追跡され、最も使用頻度の高い部品がリストの上部に表示されます。

マウスインフォボックス : 部品上にマウスを置くと、電圧や電流などの基本情報がこのボックスに表示されます。オプションで、ベータ、電気容量、コンダクタンス、その他内部デバイス構造からのさまざまな値をボックス情報に含めることも可能です。

テキストの検索 : テキストの検索コマンドが改良され、検索条件の入力と同時にすべてのインスタンスが表示されるようになりました。選択中の項目は強調表示されます。検索されたインスタンスは「前へ」と「次へ」でナビゲートします。

ローカルVIPフォントおよび形式制御 : ノード電圧やピン電流、電力値のフォントおよび数値形式が、すべての回路に適用されるグローバル形式に代わり、回路のプロパティページ (F10) から制御されるようになりました。

検索コマンド : このコマンドにより、すべての属性やグリッドテキストで検索や置き換え処理を行えるようになりました。

色/フォントの変更 : 新しく変更/属性機能が拡張され、選択されている部品属性テキストの色やフォントを同時に変更できるようになりました。

全般設定デフォルト : 全般設定のうち非デフォルトの項目が太字で表示され、変更箇所が強調されるようになりました。

テキストの整列 : このコマンドでは、選択したグリッドや属性テキストの位置調整を行えます。

ユーザ作成ツールバービットマップ : ユーザが、任意のコマンドに対して新しいビットマップを作成し張り当てることが可能になりました。

回路領域の有効化/無効化 : フォント/色制御とともに、ブール有効化テキストの表示/非表示機能が追加されました。有効化テキストについては、回路図テキスト編集が追加されました。

コンポーネントの検索 : ダイアログボックスのサイズが調節可能になり、指定したテキスト文字列とマッチする部品が多い場合、より広いスペースを使用できます。

すべてのファイルを閉じる：開いているすべてのファイルを閉じるためのコマンドが追加されました。

ファイルの保存：このコマンドにより、解析中の回路ファイルの保存が可能になりました。

トポロジーチェックオプション：接地経路、電圧ループ、およびフローティングノードのチェックがオプションになりました。

PWL：PWLテーブル編集領域の文字数制限がなくなりました。

ウィンドウダイアログボックス：ウィンドウダイアログボックスが追加され、ウィンドウの開閉や開いているウィンドウの保存を容易に行えるようになりました。

部品表部品のグループ化：部品のグループ化チェックボックスの状態により、部品を（旧バージョンと同様に）グループ化できます。また、グループ化の解除も可能です。

更新の自動チェック：プログラムが自動的にウェブサイトをチェックし、最新バージョンが入手可能かどうかを確認します。

解析

PSS（周期定常状態：Periodic Steady State）：この解析モードは、トランジェント、高周波歪みおよび相互変調歪みにおける時間周期的な定常状態波形を検索するもので、動作点の後、通常的时间領域動作の代わりに実行されます。PSSではシューティング法を採用してトランジェントを除去し、定常状態波形を生成します。

高周波歪み解析：従来の高周波歪み解析が大幅に拡張され、歪みプロットの作成が容易になりました。入力レベルや周波数のプロット、およびTHD、THDN（ノイズ付き）、SINAD、SNR、その他あらゆる高周波対F、VIN、VOUT、PINまたはPOUTのプロット作成が可能です。プロットは、電圧または電力比（dB）、パーセント比（%）または単純な数値形式で行えます。PSS法を使用することで、出力波形の高速収束を達成してFFTエラーを最小限に抑え、正確な歪み解析を実現できます。

相互変調歪み解析：相互変調歪み解析では、入力レベルのステップングとIM2、IM3、またはH1（第1高周波）対VIN、VOUT、PIN、またはPOUTのプロットを作成できます。プロットは、電圧または電力比（dB）、パーセント比（%）または単純な数値形式で行えます。また、高周波歪みの場合と同様、PSS法を適用できます。オーディオ製品については、入力電圧や周波数に対してSMPTE、CCIF、またはDIN基準を使用することも、独自の基準を入力することも可能です。RF製品に対しては、IM2やIM3インターセプトポイントおよび1 dB圧縮点を示すH1プロットを作成できます。

歪みプロット波形バッファ：高周波解析および相互変調解析で作成された歪みプロットは、保存や、波形バッファからの呼び出しが可能です。

FFTダイアログボックス：解析プロパティページ（F10）のFFTパネルには、周波数ステップという新しいフィールドが設けられています。ここに値を入力すると、数式にしたがって、制限時間下限値またはその逆について調整が行われます。

基本周波数 = $1 / (\text{制限時間上限} - \text{制限時間下限})$

プロットする、保存するがプロットしない、保存もプロットもしない：これらのボタンオプションは、解析リミットダイアログボックスの各波形や曲線に対して選択できます。

FFTオートスケール：FFTオートスケールは、従来のようにTMAXやTSTARTではなく、FFT時間制限上限/下限値パラメータを使用して行うようになりました。

プロットのブランチ値：ここでは、さまざまなブランチから波形値を使用する数式をプロットできます。ブランチは、モンテカルロケースまたはステップされた値です。V(1)@1-V(1)@2は、ブランチ1とブランチ2の間におけるV(1)の差をプロットします。

ポイントタグ数値形式：ポイントタグのXおよびY数値形式が別々に指定できるようになりました。

HSPICE互換：{3*V(1)}と同様の意味を表すのに'3*V(1)'も許容することにより、HSPICEファイルに対する互換性に若干の改良が加えられました。

曲線のオートセーブ：このオプションは、選択された波形を実行後に毎回自動保存します。

テキスト数式内のカーソル値：ここでは、カーソル値のCursorLX、CursorLY、CursorRX、CursorRYを変数として使用し、解析数式テキストの書き込みを行うことができます。

カーソル値をクリップボードにコピー：カーソル表の内容をクリップボードにコピーできます。

有効化/無効化/非表示：ページフィールドまたはP（プロット）フィールドを右クリックすると、そのページまたはプロット番号を使用している曲線を有効化、無効化、または非表示にできます。有効化を選択するとデータが保存されます。無効化ではデータは保存されません。非表示を選択すると、プロットが表示されなくなりますが、データは保存されます。

WAVファイルのインポートおよびエクスポート：WAVオーディオファイルをインポートまたはエクスポートすることにより、音声増幅器の出力を聞くことが可能になりました。

AC電力：AC電力は、次の式で計算できます。

$$P = V * \text{共役}(I)$$

時間領域電力：RMSの回路上表示が求められる場合、トランジェント解析電力が次の式で計算できるようになりました。

$$P = \text{RMS}(V) * \text{RMS}(I)$$

時間データの保持：トランジェント解析の時間範囲形式であるtmax, [tmin]の定義は、tmax, [tstart]に変更されました。解析は常にT=0で開始されますが、tstartより前のデータ点は、プロット後に破棄されません。tstartより前のデータ点は保存されていないため、プロットを移動させたり、実行後にプロットを再スケールしたりすると、tstartより前のデータ点は再プロットされません。

ページおよびプロット番号のソート機能：ページ名やプロット番号を英数字でソートできるようになりました。

プロット式を右クリック：下線の付いた数式テキストをプロット内で右クリックすることで、スケールや形式、プロットラインやテキスト色などの追加機能を使用できるようになりました。

ヒストグラム、性能、3D、FFTウィンドウ：これらのウィンドウに対して従来設けられていた制限値10が撤廃されました。

DC解析の掃引抵抗：抵抗値を、DC解析で直製掃引できるようになりました。

ステップングの有効化：ステップングが有効化されている場合、解析リミットダイアログボックスのステップングボタンが太字で表示されます。

初期状態エディタ形式：形式ボタンを使用すると、.IC、書き込み、印刷コマンドの数値形式を制御できます。

AC解析リミットデフォルト変更：周波数範囲メソッドは対数がデフォルトになり、ポイント数は1001がデフォルトになりました。

ノイズ出力ノードプロンプト：AC解析リミットダイアログボックスのノイズ出力フィールドで右クリックすると、使用可能なノード名のリストが表示されます。

不正数式エラーメッセージの改良：不正数式のエラーメッセージが拡張され、数式全体や数式内のエラー発生箇所が表示されるようになりました。

エラーページ：独立したエラーページにより、解析に発生したすべてのエラーがキャプチャされるようになりました。これは、実行を停止させないエラーが生じた場合に有用です。このページにより、それらのエラーを追跡し、後で精査することが可能になります。たとえば、モンテカルロで1000ケースを実行し、いくつかの「時間ステップが小さすぎる」エラーが発生した場合、1000ケースはすべて処理が継続されますが、エラーメッセージがこのページに残ります。

関数信号源の拡張：電圧や電流の関数信号源で、それぞれの数式におけるB、H、および磁束値が参照できるようになりました。

感度解析：出力数式制限の10がなくなりました。

コンポーネントエディタ

部品の追加およびインポートウィザードの改良：これらのルーチンが改良され、特定のテンプレートを選択した場合、部品がどのように見えるかを表示できるようになりました。

保存および戻すオプション：保存および戻すオプションがツールバーで使用できるようになり、ファイル作業中にそのファイルを保存または戻す際、ファイルを終了させる必要がなくなりました。

シェイプエディタ

検索コマンド：検索コマンドにより、シェイプ名の特定が容易になります。

ピクチャファイル：ピクチャファイルをインポートし、シェイプファイルの一部として使用できます。

複製コマンド：新しくなった複製コマンドにより、選択したシェイプの正確なコピーを作成し、そのコピーに新しい名前を割り当てることができます。

グループ化：グループにグループ名を割り当てられるようになりました。

保存および戻すオプション：保存および戻すオプションがツールバーで使用できるようになり、ファイル作業中にそのファイルを保存または戻す際、ファイルを終了させる必要がなくなりました。

数式

dBm演算子 : dBm0演算子が追加されました。 $\text{dBm}(x) = 10 \cdot \log(x/1e-3)$

Int演算子 : INT演算子が追加されました。 $\text{INT}(2.7) = 2$

Nint演算子 : NINT演算子が追加されました。 $\text{NINT}(2.7) = 3$

Harmn関数 : HARMN関数が追加されました。出力はHARM関数と同じですが、この場合は、第1高周波の値に標準化されます。

D(ノード)およびV(ノード)のプロット : デジタルとアナログノードが加わる場合、D(ノード)はデジタル波形をプロットし、V(ノード)はアナログ波形をプロットします。

最適化

新しくなった最適化アルゴリズム : 最適化が改良され、3種類の新しいメソッド (Hooke、Levenberg-Marquardt、微分展開) が加われました。各メソッドには独自の強みがあり、最適な適用分野も問題の種類によって異なります。これらのメソッドがまとまって提供されることで、最適化問題を解決する上で強力なサポートとなります。これらの新しいメソッドは、それぞれ別個の解析最適化ルーチンおよびモデルプログラムオプティマイザで使用できます。

ファイルからのオプティマイザ曲線適合 : オプティマイザで、ファイルからデータセットをインポートできるようになり、大きなデータセットでの曲線適合にオプティマイザを使用することが容易になりました。

モンテカルロ

GAUSS関数およびUNIF関数 : GAUSS、AGUASS、UNIF、AUNIF関数が使用可能となり、コンポーネントの分布値を簡潔に指定できるようになりました。

ユーザ定義スケール : ヒストグラムのXおよびYスケールを自動的に設定できるようになりました。

バー上 : ヒストグラムのバー上に、各バーの範囲で検索された数量またはパーセンテージで注釈を付けることができます。

実行数表示 : ヒストグラムの表示には実行数が含まれます。

Low/Mean/High形式：これらの表記が工学表記（10n vs le-8など）で表示されるようになりました。

印刷時の統計情報：数値出力に、最低値、平均値、最高値、およびシグマ（標準偏差）が含まれるようになりました。

モデル

WAVファイル信号源：この信号源により指定されたWAVファイルから波形を取得し、オーディオ波形やその他の波形を簡単にインポートすることができるようになりました。

BJT擬似飽和モデル：BJTモデルが拡張され、quasimod、rco、gamma、およびvoパラメータを扱えるようになりました。

IBISモデル：IBISモデルが拡張され、I/Oオープンドレイン、I/Oオープンソース、I/Oオープンシンク、オープンドレイン、オープンソース、およびオープンシンクモデルを処理できるようになりました。

パッケージエディタ

オートチェック：ここにチェックマークを入れると、新しいパッケージでの自動入力が有効化されます。

複数入力：一度に複数のパッケージに対し重複した入力値を指定することで、複数のパッケージへの入力が可能になりました。

モデルプログラム

オプティマイザの追加：モデルの最適化が改良され、3種類の新しいメソッドが追加されました。したがって、現在使用可能なメソッドの全リストは次のとおりとなります。

Powell
Hooke
Levenberg-Marquardt
微分展開

ユーザ定義回路の最適化：モデルでは、ユーザ定義による試験回路を使用した最適化がサポートされるようになりました。これにより、一定のデバイスセットに対し、パラメータを特定する必要がなくなりました。試験回路を作成し、BSIM3、BSIM4 PSP、IGBT、その他のデバイスに対し最適なパラメータを決定することが可能です。

本ユーザーズガイドについて

このガイドは初めてご利用になる方を手助けします。製品のインストール方法や、プログラムの主な機能を説明します。全体にチュートリアル形式が使用されており、最初に基本概念を述べ、プログラムの機能を実際に使用することでスキルを養います。各章では以下のトピックを扱います。

- 第1章「始める前に」では、装置の確認、ディスクのバックアップの作成、インストール方法を説明します。
- 第2章「基本の習得」では、製品のクイックツアーを行った後、Micro-Capの基本ユーザインタフェースを紹介します。
- 第3章「簡単な回路の作成と編集」では、回路の作成と編集を行うテクニックを説明します。
- 第4章「トランジェント解析」では、時間領域シミュレータについて説明します。
- 第5章「AC解析」では、AC解析を説明します。
- 第6章「DC解析」では、非線形DCシミュレータについて説明します。
- 第7章「スコープの使用」では、スコープを使用してプロットを解析する方法を示します。
- 第8章「プローブの使用」では、プローブのポイントアンドシュート機能を説明します。これはシミュレーション結果を対話的に表示します。
- 第9章「コンポーネントパラメータのステップング」では、パラメータステップングを使用して、数値モデルパラメータの変更の影響を調べる方法を説明します。
- 第10章「モンテカルロの使用」では、モンテカルロ機能を使用して、回路の統計的パフォーマンスを解析する方法を説明します。
- 第11章「マクロの操作」では、マクロの使用について説明します。
- 第12章「サブサーキットの操作」では、サブサーキットの使用について説明します。
- 第13章「印刷」では、Micro-Capが生成する各種テキスト・グラフィック表示を印刷する際のオプションを説明します。
- 第14章「アニメーションモードの使用」では、アニメーションメソッドについて説明します。

表記上の規約

マニュアルの理解と使用を容易にするために、一定の表記上の規約を使用しています。以下にそのガイドラインを挙げます。

1. 名前付きキーは、キー名だけを記述します。

例：HOMEを押した後、ENTERを押します。

2. ユーザが入力するテキストは、「」で囲みます。

例：名前「TTLNV」を入力します。

3. 2つのキーの組み合わせは、キー記号の間に+を挿入して表わします。

例：ALT + R

4. オプションの選択は階層的に示します。

例：

オプション/プリファレンス/オプション/ショートカット

これは、オプションメニューのプリファレンスダイアログのオプションセクションのショートカット項目を意味します。

5. ユーザの入力内容はイタリック体で記述されます。

例：*emitter_lead*

6. [] は、オプション（省略可能）な入力を示します。

例：*[low]*

7. <> にはユーザ入力が必要となります。

例：<*emitter_lead*>

8. OR 記号「|」は、相互に排他的な選択肢を示します。

例：PUL|EXP|SIN

これは、PULまたはEXPまたはSINを意味します。

Micro-Cap 10 (PC用アナログ-デジタル混合回路解析プログラム) をご購入いただき有り難うございました。Micro-Cap 10は、1982年のMicro-Capのリリースで始まったプログラムの10世代目にあたります。以来、このプログラムは多くの改良を重ねてきましたが、操作、スケッチ、およびシミュレーションが容易な環境を提供するという第1の目標を常に固持しています。Micro-Cap 10も以下の機能を提供することによってその伝統を継承しています。

- 最新の覚えやすいWindowsベースユーザインタフェース
- 強力な回路図エディタ
- 高速のアナログ-デジタルシミュレータ
- スレディングで複数のCPUコアに対応
- 高機能な高周波歪み解析および相互変調歪み解析
- PSS (周期定常状態 : Periodic Steady State) オプションによりトランジェントのない波形を確保
- Hefner IGBT、Mextram BJT、CMC承認PSP MOSFETモデルを含む最新のデバイスモデル
- 回路の数値を微調整するオプティマイザ
- 対話的な解析および編集付き回路図の波形プロービング
- データシートからの高速で正確なデバイスモデル生成
- 24,000を超えるアナログ/デジタル部品を収納した大規模なデバイスライブラリ
- アナログおよびデジタルのビヘイビアモデリング機能
- BSIM3、BSIM4、EKV、MOS11、PSPを含む13のMOSFETモデル
- 標準GP、Mextram、Modellaを含む3つのバイポーラモデル
- IBISモデリング
- 強力なパフォーマンス測定/プロット機能
- 一般的なPCBパッケージへのネットリストインターフェース
- 統合された能動フィルタと受動フィルタの設計機能
- アニメーションによる解析表示
- DCおよびACの電圧、電流、電力の回路図上での動的表示

Micro-Cap 10では、ユーザにとって最も自然な方法で回路を記述することができます。ユーザは回路図をスケッチすることも、SPICEテキスト記述を入力することもできます。どちらの方法でも、Micro-Cap 10は即座に回路を解析し、実行時に動的にその結果をプロットすることができます。

本章では、このプログラムを実行する前にユーザが行う必要があることを説明します。

パッケージ内容の確認

Micro-Cap 10パッケージには、以下の品目が含まれています。

- CD-ROM 1枚
 - セキュリティデバイス（新規購入の場合）
 - パスワードシート（アップグレード購入の場合）
-
- マニュアル 2冊
 - 登録カード

マニュアルには「ユーザーズガイド」と「リファレンスマニュアル」があります。

- ユーザーズガイドは、すぐにMicro-Capを使えるようになるためのものです。プログラムのインストール方法や、どのように使い始めたらよいかについて説明しています。また、このマニュアルでは、製品のほぼすべての機能の簡単な紹介と、主要な機能の使い方を説明する段階を追ったチュートリアルが提供されています。
- リファレンスマニュアルには、Micro-Cap 10のすべての機能が詳細に記述されています。また、このマニュアルには、これらの機能のさらに高度な使用法が記述、図示されています。

セキュリティデバイスは、コンピュータのUSBまたはパラレルポート（プリンタポート）のいずれかに接続します。プログラムは、すべてのパラレルポートをチェックして、デバイスの存在を確認します。Micro-Cap 10をインストールする時にはデバイスは不要ですが、動作させるときには常に取り付けておく必要があります。通常、デバイスは同じポートに接続されるプリンタや他のデバイスには影響を与えません。

旧バージョンのMicro-Capからのアップグレードの場合には、ユーザのKey IDから生成されたパスワードシートが、パッケージに同梱されています。Micro-Cap 10を最初に起動したときに、そのパスワードの入力を求められます。パスワードを入力すると、キーは恒久的にアップグレードされ、Micro-Cap 5～10のいずれのバージョンでも実行が可能になります。

機器構成の確認

Micro-Cap 10は、多くのPCシステムで使用することができます。最小ハードウェア要件を以下に示します。

- ・ Pentium II以降のコンピュータ
- ・ Windows 2000以降のオペレーティングシステム。これには、2000、XP、Vista、およびWindows 7が該当します。
- ・ 256 MBのシステムメモリ
- ・ SVGA以上のディスプレイアダプタおよびディスプレイモニタ

製品の登録

Micro-Cap 10のユーザ登録は下記Webサイトにて行っております。連絡先の変更等あった場合は、再度ご登録ください。

<http://www.toyo.co.jp/micro-cap/>

ユーザ登録をしていただくと、弊社による技術サポートを受けることができます。これは登録されたユーザのみに提供するものです。また、弊社から製品に関するアップグレードや新バージョンのご案内が送付されます。

フィードバックについて

この製品について、気に入った点、気に入らなかった点をお知らせください。Spectrum社では、お客様の意見、提案、製品の改良に関するコメントなどをお待ちしております。製品に関するご意見、将来のバージョンに対するご希望があればお知らせください。

(株) 東陽テクニカよりご購入のお客様は下記e-mailアドレスまでご連絡下さい。

e-mail : micro-cap@toyo.co.jp

プログラムのインストール

Micro-Cap 10のインストールは、セットアッププログラムを使用して行います。インストール手順を以下に示します。

- CDをドライブに挿入します。
- StartメニューのRunを選択します。
- CD-ROMドライブを参照し、セットアッププログラムを実行します。
- 以降は、セットアッププログラムの指示に従ってください。

インストール中に、MC10をインストールしたい場所を尋ねられます。旧版のMC5、MC6、MC7、MC8、MC9、Demoフォルダにインストールしてはなりません。デフォルトのフォルダを使用するか、新しいフォルダ名にします。インストール完了後、旧版のフォルダから選択された回路ファイル、マクロファイル、モデルファイルをMC10のデータフォルダまたはライブラリフォルダにコピーできます。この方法により旧版も以前と同様に機能し、そのファイルがインストールによって上書きされることはないので、旧バージョンのフォルダにインストールする方法より推奨されます。

セットアップによりMC10、DATA、DOCUMENTS、LIBRARYの4つのフォルダが作成されます。プログラムはMC10フォルダに、操作説明書(PDF形式)はDocumentsフォルダに、モードライブラリはLIBRARYフォルダに、サンプル回路ファイルはDATAフォルダにコピーされます。

本章の内容

本章では、プログラム操作の基本を説明します。ここでは、ユーザのWindowsユーザインタフェースに関する知識を前提にして、そのインタフェースを使用して電子回路の作成と解析を行う方法を示します。本章ではまた、プログラムの操作に欠かせない重要な用語と概念を概観します。

MC10 を起動する方法

Windowsがすでに起動していれば、Micro-Cap 10は、通常通りアイコンをダブルクリックすることにより、起動します。

Micro-Cap 10を実行する前に、パラレルポートまたはUSBポートの1つにセキュリティデバイスを接続してください。MC10を起動するには、デバイスがポートに接続されている必要があります。また、プログラムの実行中も、デバイスが接続されたままにしておいてください。LAN版の場合、LAN版の赤いデバイスがサーバのパラレルポートまたはUSBポートに挿入されている必要があります。

クイックツアー

MC10を紹介するために、簡単なプログラムツアーを行います。MC10アイコンをダブルクリックして始めます。

ツアーを開始するために、MC10に付属しているサンプル回路ファイルの1つをロードします。ファイルメニューの**開く**を選択し、ファイルプロンプトが表示されたら、ファイル名「MIXED4」を入力して、**開く**をクリックします。回路がロードされ、次の画面が表示されます。

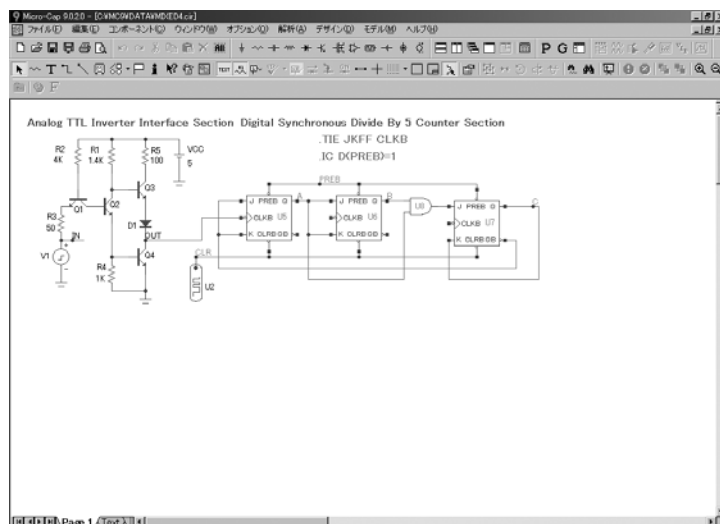


図2-1 サンプル回路MIXED4

この回路はアナログのTTLインバータを使用して、デジタルの同期式の3段5進カウンタを駆動するものです。第1段のJKフリップフロップへのデジタルクロック入力にはアナログTTL出力によって駆動されますが、フリップフロップのCLRへの初期化パルスはデジタルソースU2によって供給されます。CLK入力は、.TIEコマンドを使用して互いに接続されています。フリップフロップのプリセットノードはワイヤによって互いに接続されているほか、グリッドテキストにより「PREB」というラベルがつけられています。このノードは、.ICコマンドを使用して「1」状態に初期化されます。デジタルソースの状態遷移は、回路図のテキスト領域に存在する.DEFINEコマンドで指定されます。テキスト領域は、回路図ごとに存在するテキスト保管用の私用キャッシュです。CTRL+Gを押すか、下のページスクロールバーのTextタブをクリックすることにより、図面領域/テキスト領域の表示を切り替えることができます。この例のように、Micro-Capは、アナログ回路とデジタル回路の組み合わせを簡単に扱うことができます。内蔵のネイティブなイベントドリブンデジタルシミュレーションエンジンは、SPICEベースのアナログシミュレーションエンジンと内部的に同期が取られています。

トランジェント
解析表示

解析メニューから、トランジェント解析を選択してください。MC10が表示する解析リミットダイアログボックスで、時間範囲の指定、プロット・シミュレーションオプションの選択、実行中にプロットされる波形の選択を行います。





図2-2 解析リミットダイアログボックス

ここでは、入力パルス源とアナログ部の出力におけるアナログ電圧波形と、いくつかのデジタル波形のプロットを選択しました。一般的にMC10は、ノード電圧／ノード状態／デバイス端子電圧／デバイス電流等を変数として使用した任意の式をプロットすることができます。以下に、この回路でプロット可能な式の例をいくつか示します。

d (CLR)	ノードCLRにおけるデジタル状態波形
hex (CLR,PB,1,2)	ノードCLR,PB,1,2におけるhex波形
vbe (q3)	トランジスタq3のベース-エミッタ電圧
I (VCC)	電源VCCを流れる電流
PG (VCC)	電源VCCが供給する電力
qbe (q1)	q1のベース-エミッタ間コンデンサに蓄積された電荷
cbc (q4)	q4のベース-コレクタ間の容量

上記以外にも、非常に多くの変数がプロットに使用できます。Y式フィールドで右マウスボタンを押すと、使用可能な変数の一覧が表示されます。メニューの外部でクリックすると、一覧表示が消えます。

それでは、実際にシミュレーションを実行してみましょう。実行ボタン  か、F2キーを押して、シミュレーションを起動します。MC10は、実行しながら結果をプロットします。停止ボタン  か、ESCキーを押すと、実行を停止することができます。

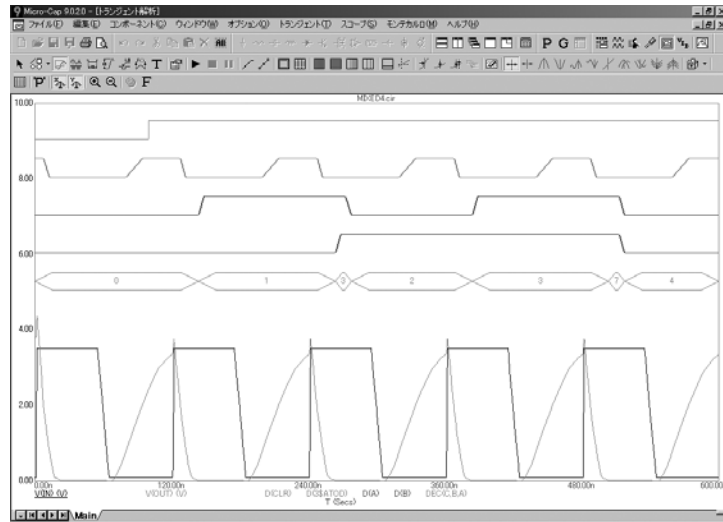


図2-3 回路のトランジェント解析

最終的な波形は、図2-3のようになります。それぞれの波形には、ユニークなトークン、線幅、パターン、色を割り当てることができます。これらのオプションは、新規作成回路に関しては**オプション/新規回路のデフォルトプロパティ**、現在の回路に関しては**プロパティ (F10) ダイアログボックス**で設定されます。波形は、1つまたは複数のプロットにグループ化できます。グループ化は、それぞれの波形に割り当てられたプロット番号によって制御されます。プロット番号は、解析リミットダイアログボックスのP列の番号です。すべての波形を単一のプロットに割り当てることも、画面上に入るだけの数のプロットにグループ化することもできます。複数の波形を同一のプロットに割り当てるには、これらの波形すべてに同一のプロット番号を指定します。複数のプロットを作成するには異なるプロット番号を使用します。ある波形のプロットを無効にするには、プロット番号を空白にします。

この例では、グループ化されたすべての波形が共通の垂直スケールを使用しています。異なるスケールを使用するには、**プロットプロパティ (F10) /スケールと形式/各プロットグループに同じYスケールオプション**を無効にして、**Y範囲フィールド**に希望のスケールを指定します。なお、グループ化された波形の水平またはXスケールは常に共通となります。

デジタル波形とアナログ波形は混合することも、分離することもできます。分離した場合、プロットの隣、左側に数式が表示されます。混合した場合、解析リミットダイアログボックスの中に示された順に、プロットの一番下に、表示されるアナログの式とともにデジタルの式が表示されます。

波形の
ズームイン

マウスを波形の上端付近に置きます。左マウスボタンを押して、そのまま、下図に示すように、マウスを右下に移動して、アウトラインボックスを作成します。ここで、マウスボタンを離すと、MC10はボックス領域の拡大と再描画を行います。

マウスを使ってズームするには、スケールモードにする必要があります。

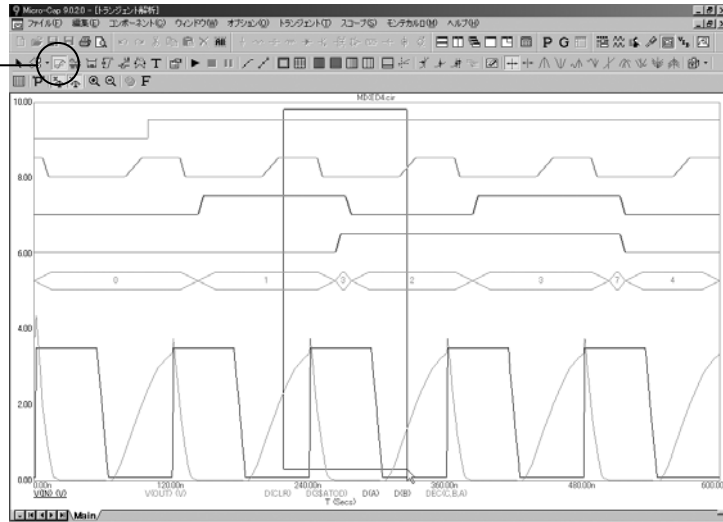


図2-4 マウスを使用して波形を拡大する

間違った操作を行った場合は、CTRL + HOMEを押して、やり直します。

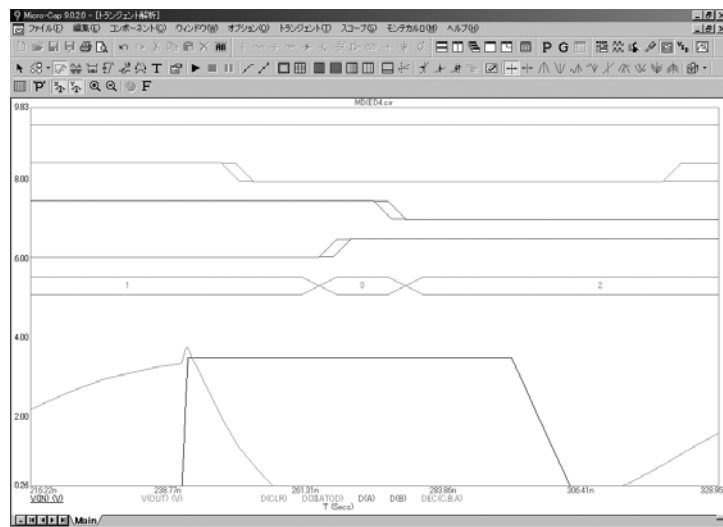


図2-5 拡大された領域

F3を押して、解析を終了します。解析メニューの**ダイナミックDC**を選択し、OKボタンをクリックします。すると、DC動作点解析が実行され、次のようにノード電圧とノード状態が表示されます。

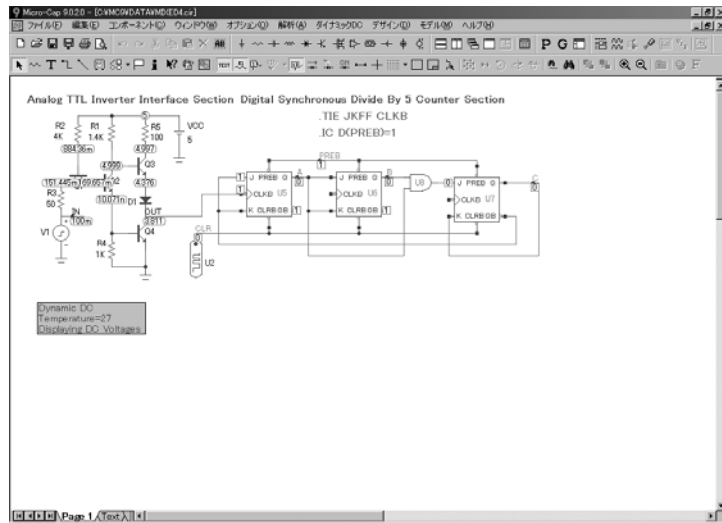


図2-6 動作点のノード電圧とノード状態

13 をクリックして電圧をオフにし、 をクリックすると、次のように電流が表示されます。

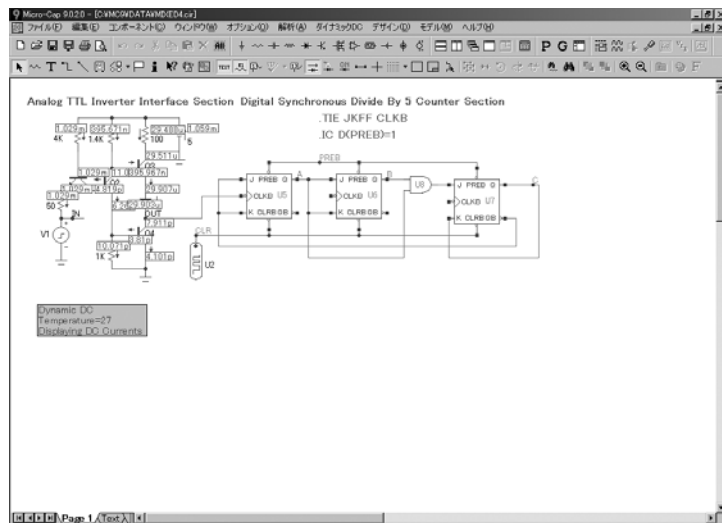


図2-7 動作点のDC電流

 をクリックして電流をオフにし、 をクリックすると、次のように電力が表示されます。

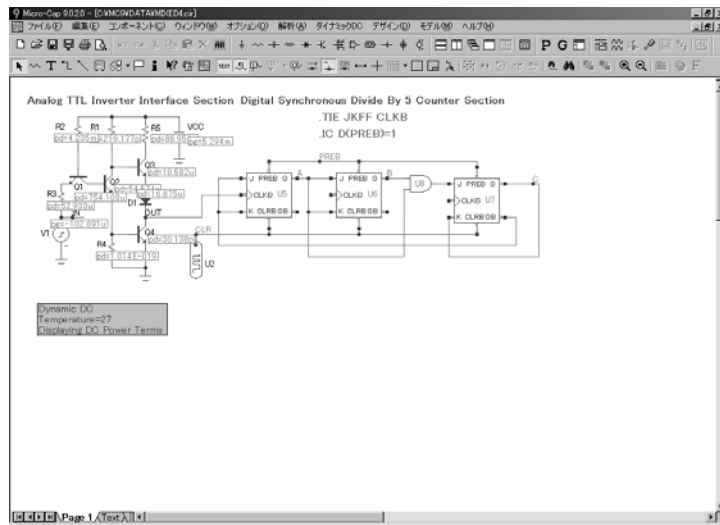




図2-8 動作点のDC電力

 をクリックして電力をオフにし、 をクリックすると、次のように状態が表示されます。

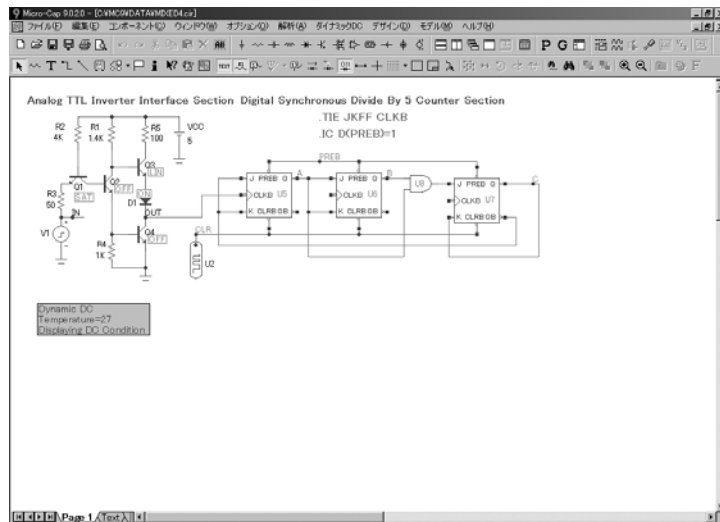


図2-9 動作点のDC状態

電圧、電流、電力、状態は、最新の時間領域値です。今回の場合には、これはDC動作点の計算結果となります。

AC解析

解析メニューから**ダイナミックDC**解析モードをオフにしてください。ファイルメニューの**閉じる**を選択して、回路MIXED4を閉じます。ファイルメニューの**開く**を選択して新しいファイルをロードします。ファイル名としては「RCA3040」を入力し、**開く**をクリックしてください。

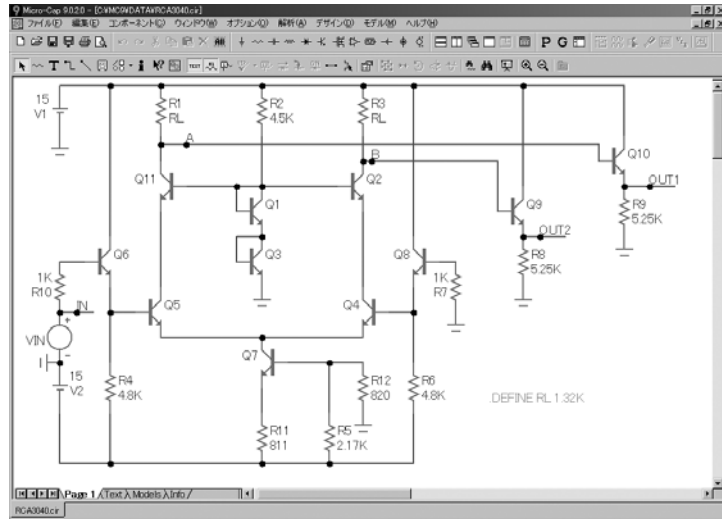


図2-10 RCA3040回路

解析メニューの**AC**解析を選択してください。先程と同様の解析リミットダイアログが表示されます。ここでは、2つのノードOut1とOut2の電圧を、dB単位でプロットすることを選択しました。実行ボタンをクリックすると、次のような解析プロットが表示されます。

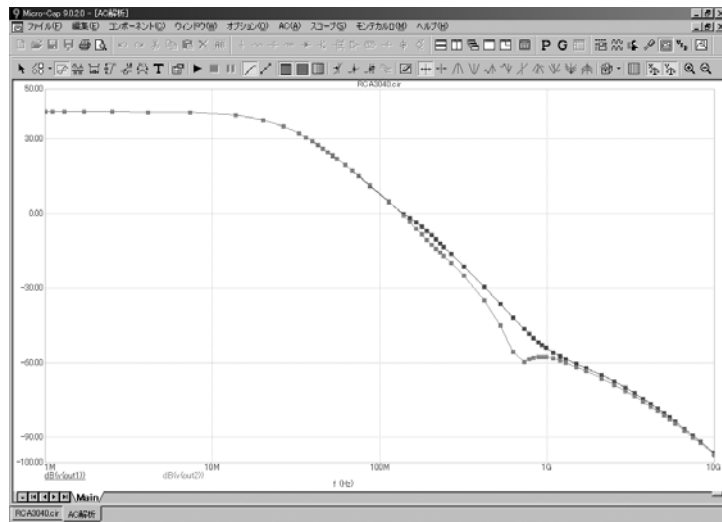



図2-11 AC解析の解析プロット

トランジェント解析と同様に、AC解析でも豊富な数式を利用できます。さらに、以下の演算子が非常に有用です。

- db (c) 複素数式cのデシベル値を求めます。
- re (c) 複素数式cの実数部を求めます。
- im (c) 複素数式cの虚数部を求めます。
- ph (c) 複素数式cの位相 (度) を求めます。
- gd (c) 複素数式cの群遅延を求めます。
- inoise 入力ノードへ反映された入力ノイズを求めます。
- onoise 出力ノードにおける出力ノイズを求めます。

カーソルモードにおける、
スコープ

ツールバーのカーソルモードボタン  か、F8キーを押します。このモードでは、2つのカーソルがグラフ上に置かれ、グラフ内を移動することができます。プロットの下を表は、2つのカーソル位置の波形値 (左、右)、それらの差、および傾きを示します。画面は次のようになります。

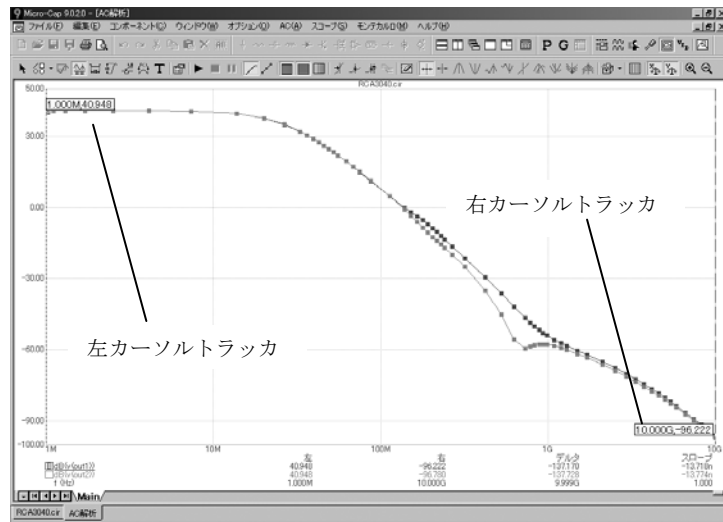


図2-12 カーソルモード

左マウスボタンは左カーソルを制御し、右マウスボタンは右のカーソルを制御します。左右矢印キーによってカーソルを制御することもできます。カーソルの動きに追従して、波形値、カーソル間の波形の変化量、カーソル間の波形の傾きも連続的に更新されます。カーソルの動きに追従して、オプションのカーソルトラッカも、XおよびYの値を表示します。

オプティマイザ

図2-10において、負荷抵抗R1、R3の値はRLと設定されており、RLは記号変数として1.32Kと定義されていることにご注意ください。ここでは、1MHzでゲインが最大となるようにRLの値を最適化してみます。CTRL + F11でオプティマイザを起動すると、次のように表示されます。



図2-13 オプティマイザのダイアログボックス

この設定では、性能関数のY_Level(DB (V (OUT1)), 1,1,1E6)を最大化するRLの値を探索します。図2-12によると、DB(V (OUT1))の1.0MHzにおける値は、最適化前は40.9dBです。最適化ボタンをクリックしてみてください。オプティマイザが発動し、徐々に最適値2.3Kを導き出します。適用と停止ボタンをクリックしてください。F2を押して再び解析を実行し、F8を押すと、RL = 2.3Kでは、DB(V (OUT1))が1 MHzで45.4dBになっていることがわかります。ネットゲインでは、4.5dBになります。F3を押してAC解析ルーチンを閉じてください。ファイルメニューから閉じるを選択して、回路をアンロードします。

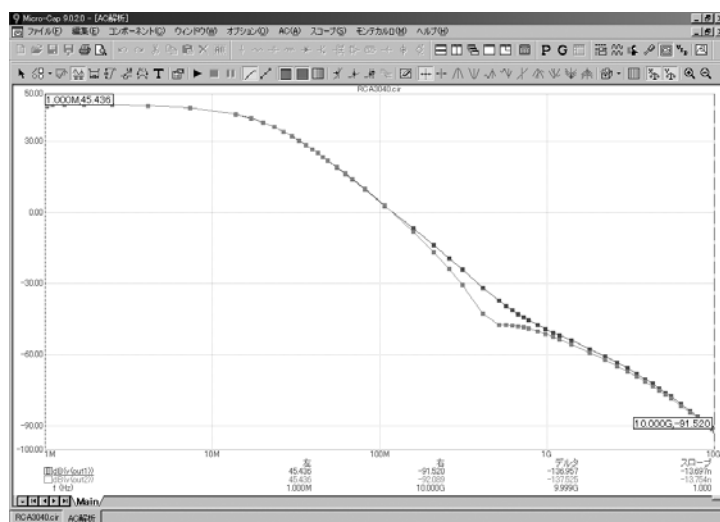


図2-14 最適化されたゲイン曲線

DC解析

ファイルメニューの**開く**を選択して新しい回路をロードし、「CURVES」と入力し、開くボタンをクリックします。

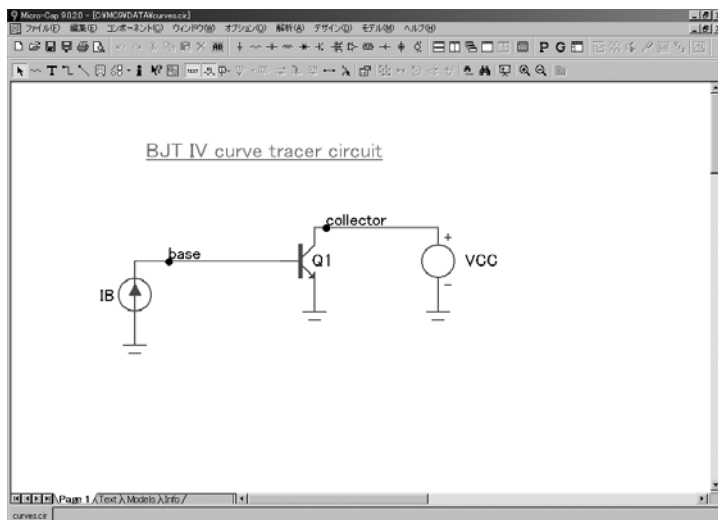


図2-15 曲線回路

この回路は、バイポーラトランジスタのIV曲線セットを作成します。**解析**メニューの**DC解析**を選択し、実行ボタンをクリックすると、次のようなプロットが表示されます。

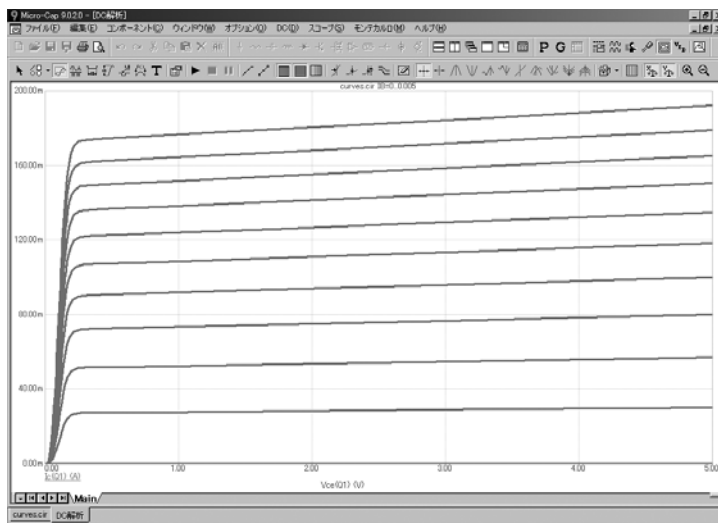


図2-16 バイポーラトランジスタのIV曲線

F3を押してDC解析を終了し、CTRL + F4で回路をアンロードしてください。

CTRL + Oを押してファイル名「MIXED4」を入力し、開くをクリックします。解析メニューのプローブトランジェントを選択してください。解析の限界値が表示されます。閉じるボタンをクリックします。必要ならばMC10は解析を実行し、結果をディスクに保存し、プローブ画面を表示します。スクロールまたはパン（右マウスボタンによるドラッグ）により回路図を移動させ、任意のノード/コンポーネントを左のマウスボタンをクリックしてプローブを行います。マウスをパルス信号源のところに持っていき、INノードの近くのドットを左ボタンでクリックすると、その電圧波形がディスクから取り出されてプロットされます。最初のフリップフロップのノードOUT、ピンCLKB、ピンJ、ノードCLRをマウスでクリックしてください。これにより、アナログ入力/アナログ出力に加え、クロック、J、CLRのデジタル波形がプロットされます。プローブメニューの**アナログとデジタルの分離**オプションがチェックされていない場合、アナログ波形とデジタル波形は、同一のプロットに表示されます。

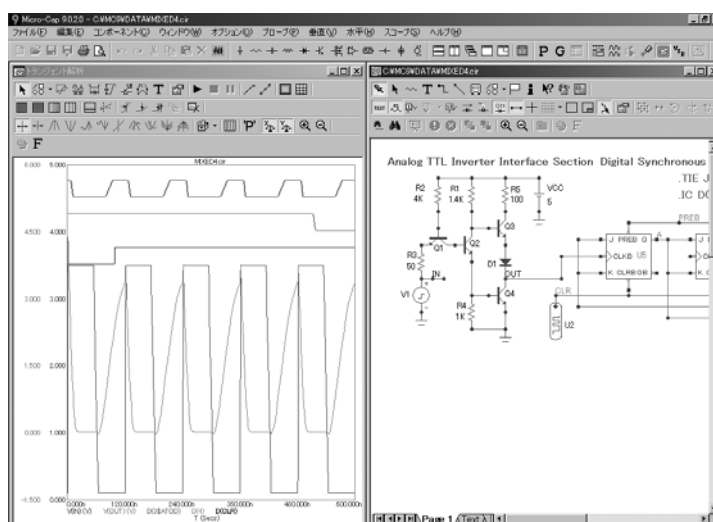


図2-17 プローブ画面

ノードをプローブした場合、アナログノードの電圧波形かデジタルノードの状態波形が表示されます。アナログデバイスのリード間をプローブすると、VBE (Q4)などのピン間端子電圧の波形が表示されます。デジタルデバイスをプローブすると、ノード名のリストが作成されます。その中からノード名を選択すると、選択されたノードのデジタル波形がプロットされます。アナログ部品については、電流波形、電荷、容量、インダクタンス、磁束等々、通常の変数もすべてプローブに使用可能です。加えて、回路変数を利用した数式を入力することもできます。

F3を押してプローブルーチンを終了し、回路図エディタに戻ってください。CTRL + F4で回路を閉じます。これで、MC10のクイックツアーは完了です。MC10の更に詳細なツアーを行いたい場合は、ヘルプメニューの**デモ**オプションを参照してください。

コマンドラインとバッチファイル

Micro-Cap 10は、主として対話型モードで実行するように設計されていますが、プログラママネージャの「コマンドライン」からバッチプロセスとして実行することもできます。以下の2つのコマンドラインフォーマットが使用できます。

コマンドライン
フォーマット

MC10 [F1 [.EXT]]... [FN [.EXT]]

MC10 [/S | /R] [/P] [/PC] [/PA] [@ BATCH.BAT]

ひとつ目のフォーマットでは、F1,... FNは、ロードされる回路ファイルの名前 (1つ以上) です。プログラムはこれらのファイルをロードし、さらなるコマンドを待ちます。

ふたつ目のフォーマットでは、テキストファイル内の1行に、回路の名前、解析の種類 (/T (トランジェント解析)、/A (AC解析)、または/D (DC解析)) を入れることにより、回路をバッチモードでシミュレートすることができます。バッチファイル内の「回路行」の構文を次に示します。

バッチモード
フォーマット

Cname [/DEF "x val"] [/NOF "fn"] [analysis] [/S|/R] [/P] [/PC] [/PA]

解析用コマンドオプション

/T	回路に対してトランジェント解析を実行します。
/A	回路に対してAC解析を実行します。
/D	回路に対してDC解析を実行します。
/HD	回路に対して高調波歪み解析を実行します。
/ID	回路に対して相互変調歪み解析を実行します。
/DISTORTION	回路に対してひずみ解析を実行します。
/DYNAMIC_AC	回路に対してダイナミックAC解析を実行します。
/DYNAMIC_DC	回路に対してダイナミックDC解析を実行します。

その他のコマンド

/S	解析実行結果をディスクに保存し、後で呼び出せるようにします。
/R	ディスクから解析実行結果を取得し、解析リミットダイアログボックスで指定された波形をプロットします。
/PC	回路の図を印刷します。
/PA	回路の解析プロットを印刷します。
/P	回路の図と解析プロットを印刷します。
/DEF "x val"	cname内で使用するために変数xをvalに設定します。cnameは.DEFINE X...文を有するものとします。
/NOF "fn"	専用の数値出力ファイル名fnを提供します。従ってcnameの複数の実行は標準数値出力ファイルcnameに上書きしません。*NO.fnは拡張子無しの望ましいファイル名です。MC10は適切な拡張子(.TNO、.ANO、または.DNO)をfnに付けます。

これらのコマンドは、プログラムマネージャのコマンドラインに配置することによりバッチファイルのすべての回路にグローバルに適用できます。またはバッチファイル内の回路ラインに配置することにより特定の回路ファイルにローカルに適用できます。

ふたつ目のフォーマットでは、MC10を起動するときにバッチファイルの前に文字「@」を付けた名前をつける必要があります。たとえば、以下の行を収納したTEST.BATと呼ばれるテキストファイルがあるとします。

```
PRLC /A /T
SENSOR.CKT /A
LOGIC /DEF "DELAY 1E-7" /NOF "DELAYA" /T
LOGIC /DEF "DELAY 2E-7" /NOF "DELAYB" /T
```

コマンドラインから「MC10@TEST.BAT」でMC10を呼び出すと、MC10は、次のように実行します。

1. 回路PRLC.CIRをロードしてAC解析とトランジェント解析を実行します。
2. 回路SENSOR.CKTをロードしてAC解析を実行します。
3. 変数DELAYを1E-7に設定した状態で、回路LOGIC.CIRをロードし、次にトランジェント解析を実行します。数値出力をファイルDELAYA.TNOに保存します。
4. 変数DELAYを2E-7に設定した状態で、回路LOGIC.CIRをロードし、次にトランジェント解析を実行します。数値出力をファイルDELAYB.TNOに保存します。

これらの解析の間、回路ファイルで指定された数式が実行時にプロットされ、画面上に表示されますが、結果のディスクへの保存は行われません。

回路ファイルの拡張子の既定値が.CIRであることに注意してください。

コマンドラインに「/S」を付加すると、バッチファイルで指定されたすべての解析が実行され、その結果が後の再呼び出しのためにディスクに保存されます。コマンドラインに「/R」を付加すると、解析はバイパスされ、単に結果を呼び出してプロット処理が行われます。

用語と概念

プログラムで使用される重要な用語と概念をいくつか以下に示します。

属性：各コンポーネントは、属性を使用して、部品名、モデル名、および他の定義特性を識別します。コンポーネントをダブルクリックして表示される属性ダイアログで属性の作成、編集を行います。

ボックス：ボックスは、回路または解析プロットの四角の領域です。ボックスはドラッグ操作で作成され、プロットの中の拡大する対象領域や、回路図のステップ/削除/回転/移動/マクロへの変換/コピーが行われる対象領域を定義します。

マウスのクリック：たいていのマウスには、2つ以上のボタンがついています。「マウスのクリック」とは、左ボタンか右ボタンを押して離すことを意味します。中央ボタンは使用しません。

クリップボード：一時的な保管領域で、回路図の全体または一部分、テキストフィールドのテキスト等を保持します。選択項目は、コピーコマンド (CTRL + C) によってクリップボードにコピーされ、貼り付けコマンド (CTRL + V) によって現在の回路図やデータフィールドに貼り付けられます。切り取り (CTRL + X) が行われた項目もクリップボードにコピーされます。クリアまたは削除が行われた項目は、クリップボードにコピーされません。

コンポーネント：コンポーネントとは、任意の電気的な回路オブジェクトです。これには、コネクタやマクロ、すべての電気的デバイスが含まれます。グリッドテキストやワイヤ、ピクチャ、グラフィカルオブジェクトは含まれません。

コピー：このコマンド (CTRL + C) は、テキストフィールドのテキストや回路図の回路オブジェクトをクリップボードにコピーし、貼り付けコマンド (CTRL + V) で使用できるようにします。

カーソル：カーソルは挿入位置のマークです。オブジェクトが回路に挿入されたり、テキストがテキスト入力フィールドに挿入されるとき、これらはカーソル位置に置かれます。回路図のカーソルは、ユーザの選択に従って、マウスの矢印か、実際のコンポーネントシェイプです。テキストのカーソルは、点滅する垂直バーです。

無効：一時的に使用不能であることを意味します。「有効」を参照してください。

ドラッグ：ドラッグ操作には、マウスボタンを押すことと、ボタンを押したまま新しい位置までドラッグすることが含まれます。右ボタンによるドラッグ操作は、シェイプ表示、回路図、および解析プロットのパニングに使用されます。左ボタンによるドラッグ操作は、ボックス領域の選択、ドラッグコピー、回路オブジェクトの移動、解析プロット領域の拡大に使用されます。

有効：チェックボックスボタンの機能は、そのボタンをマウスでクリックすることによって有効になります。有効なとき、ボタンに「X」が表示されます。メニュー項目の機能は、それをクリックしてチェックマークを表示することによって有効になります。ボタンの機能は、それをクリックしてボタンが押された状態にすることによって有効になります。ボタンの機能は、それをクリックしてボタンが押されていない状態にすることによって無効になります。他の機能は、「X」とチェックマークがどちらも表示されないとき無効になります。

ESCキー：ESCキーは、シェイプエディタ、コンポーネントエディタ、ステップング、モンテカルロ、および 状態変数ダイアログボックスを開いたり、シミュレーションを中止するためのショートカットキーとして使用されます。ダイアログボックスのキャンセルと同値です。

グリッド：グリッドは、回路内に等間隔に配置された四角形の配列で、回路オブジェクトの原点に対するすべての可能な位置を定義します。グリッドは、グリッドアイコンをクリックして表示することができます。

グリッドテキスト：回路図に置かれた任意のテキストを表わします。それは、コンポーネントの属性テキストとは区別して、グリッドテキストと呼びます。グリッドテキストは任意の位置に置くことができます。属性テキストは常にコンポーネントの隣にあり、コンポーネントとともに移動します。グリッドテキストは、ノード上に置かれるとノード名になり、数式で使用することができます。グリッドテキストは、テキストを選択してCTRL+Bを押すことによって、回路図ページとテキスト領域の間を移動することができます。

ワイヤ：ワイヤは1つ以上のノードを接続します。クロスしているワイヤは相互に接続しません。他のワイヤ上で終端する場合、相互に接続されます。ワイヤが他のワイヤや、コンポーネントピンに接続する場合、接続を示すドットが表示されます。2つのワイヤが終端どうしで接続されると、融合して単一のワイヤになります。

マクロ：マクロはディスク上に保存される回路図ですが、他の回路図からコンポーネントとして使用されます。呼び出し元の回路との接続の指定には、ピン名を使用します。

ノード：ノードとは、1つ以上のコンポーネントピンに接続された点のセットです。ノード上のすべての点は、同一の電圧もしくはデジタル状態を持ちます。アナログノードとデジタルノードが接続されると、インタフェース回路が挿入され、1つのノードが追加作成されます。これについては、リファレンスマニュアルで詳細に説明します。

ノード名：ノード名は、MC10が割り当てたノード番号か、ノード上のグリッドテキストです。ピン接続ドットが表示されていれば、グリッドテキストはノード上にあります。このドットは、テキストが選択されたときのテキストアウトラインボックスの左下隅にあります。ピン接続を表示するには、メインの**オプション**メニューから、**表示**項目の**ピンコネクション**オプションを選択します。同一のテキストを持つノードは、相互に接続されます。

ノード番号：ノード番号は、システムによって割り当てられるID番号です。ノードは、番号と名前のどちらでも参照できますが、ノード番号は回路図の変更時に変更されうるため、名前を使用することをお勧めします。


オブジェクト：オブジェクトは、回路図に置かれるすべてのものを指す一般的な用語です。コンポーネント、ワイヤ、グリッドテキスト、フラグ、ピクチャファイル、グラフィカルオブジェクトが含まれます。

パン（パニング）：パニングは、シェイプ／回路図／解析プロットの表示を移動するプロセスです。スクロールに似ていますが、パニングは全方向です。パニングは右マウスボタンでドラッグして行います。

貼り付け：貼り付けコマンド（CTRL+V）は、クリップボードの内容を現在のカーソル位置にコピーします。貼り付け処理は、回路図とテキストフィールドで行うことができます。貼り付け操作の位置を制御するには、最初に回路図またはテキストフィールドの貼り付け領域の左上隅をクリックした後、貼り付けます。

ピン：ピンは、他のコンポーネントへの電気接続が行われるコンポーネントシェイプ上の点です。ピンは、コンポーネントエディタを使用して作成、編集します。

選択：編集／移動／回転／削除や他の変更を行うには、項目の選択が必要です。一般的手順を以下に示します。

- 1) 項目がテキストフィールドのテキスト以外のものである場合、選択モードボタン  をクリックして、選択モードを有効にします。
- 2) 項目を選択します。
- 3) 項目を変更します。

項目とは、ダイアログボックス機能、テキストフィールドのテキスト片、シェイプエディタ／回路図ウィンドウ／解析プロット上の任意のオブジェクトを意味します。マウスによる項目選択は、マウスを項目に移動して、左ボタンをクリックします。キーボードによる項目選択は、該当の項目が選択されるまで、TABキーを押すことによって行います。キーボードによる選択は、テキストオブジェクトとダイアログボックス機能に対してのみ使用できます。選択された項目には、シェーディング／アウトライン表示／ハイライト表示が使用されます。

シェイプ：すべてのコンポーネントは、シェイプによって表現されます。シェイプは、シェイプエディタによって作成、変更、整備が行われます。

ファンクションキー

F1は、ヘルプシステムの呼び出しに使用されます。これには、目次とアルファベット順の索引があります。

F2は、解析メニューで解析の種類を選択した後、解析を開始するのに使用されます。

F3でAC解析/DC解析/トランジェント解析を終了し、回路図エディタに戻ります。回路図エディタでは、F3は最後の検索の繰り返しに使用されます。

F4は、解析プロットを表示します。

CTRL + F4は、アクティブウィンドウを閉じます。

F5は、数値出力ウィンドウを表示します。

F6は、選択された解析プロットグループをスケールしてプロットします。

CTRL + F6は、開かれたウィンドウを順々に表示します。

F7は、解析プロットをスケールモードに切り換えます。

F8は、解析プロットをカーソルモードに切り換えます。

F9は、AC解析/DC 解析/トランジェント解析、およびこれらのプローブ版の解析リミットダイアログボックスを表示します。

CTRL + F9を解析モジュールで使用すると、プローブの波形をクリアして解析リミットダイアログボックスを呼び出します。

F10は、フロントウィンドウのプロパティダイアログボックスを呼び出します。ダイアログボックスの種類は、フロントウィンドウの種類によって決まります。


F11は、パラメータステップングダイアログボックスを呼び出します。


CTRL + F11はオプティマイザダイアログボックスを呼び出します。

F12は、状態変数エディタを呼び出します。

元に戻す機能と繰り返し機能

Micro-Cap 10では、マルチステップの元に戻す（アンドゥ）／繰り返しの利用することができます。すべてのテキストおよび回路図ウィンドウ編集は、元に戻す機能を使って、ファイルがロードされた点に戻すことができます。また、新しいファイルの場合は、作成点まで戻すことができます。一般に、テキストフィールドの元に戻す機能は、最後の操作だけに適用することができます。コンポーネントエディタは例外で、テキストフィールドの多段階アンドゥを行うことができます。

元に戻す機能は、元に戻すボタン  か、CTRL + Zキーで実行されます。元に戻す機能は**編集**メニュー下に表示されます。

繰り返し機能は、繰り返しボタン  か、CTRL + Yキーで実行されます。繰り返し機能は**編集**メニュー下に表示されます。

たとえば、回路をロードし、ダイオードを追加し、抵抗器の数値を1Kから2Kに変更し、キャパシタを削除したとします。元に戻すコマンドを一度実行するとキャパシタが復元されます。元に戻すボタンをもう一度押すと、抵抗器の数値が1Kに戻ります。さらに元に戻すと、ダイオードが削除され、回路図が初期操作に復元されます。やり直すコマンドを一度実行すると、ダイオードを復元されます。もう一度やり直すボタンを押すと、抵抗器が2Kに復元され、三度目でキャパシタが削除されます。回路図の元に戻す、やり直すコマンドの回数はメモリーのみにより制限されます。実際問題として、通常元に戻す／やり直す機能は何百段階にもわたって利用できます。

回路図の編集は、解析実行後でも、元に戻す機能を実行することができます。回路のある領域を削除して、解析を実行した後、回路図エディタに戻り、元に戻す機能を使用して回路を以前の状態に戻すことができます。

ファイルメニューの**戻す**コマンドは、元に戻すコマンドに似ていますが、規模が違います。このコマンドは、ディスクから、フロントウィンドウのファイルを再ロードします。変更はすべて破棄されます。

本章の内容

本章では、簡単な回路の作成と編集を行う方法を示します。本章の目標は、簡単な回路を基本的な手法を紹介し、実際にサンプル回路を作成することによって、その手法を応用して試みることです。本章で扱う項目を以下に示します。

- ・ 回路図の作成
 - ・ コンポーネントの追加
 - ・ コンポーネントパラメータの入力
 - ・ ワイヤによるコンポーネントの接続
 - ・ `define`文およびモデル文の使用
 - ・ ノード名の追加
- ・ 回路図の編集
 - ・ テキスト編集モード
 - ・ コンポーネントパラメータおよびテキストの編集
 - ・ オブジェクトの削除
 - ・ クリップボード
 - ・ 選択
 - ・ 大きな回路図の表示
 - ・ SPICEテキストファイルの作成と編集

簡単な回路の作成

まず、MC10アイコンをマウスでダブルクリックします。CIRCUIT1という名前の回路ウィンドウが自動的に開かれます。コンポーネントパネルから**Analog Primitives / Waveform Sources / Voltage Source**の順で選択します。カーソルは、電圧源の形に変わります。

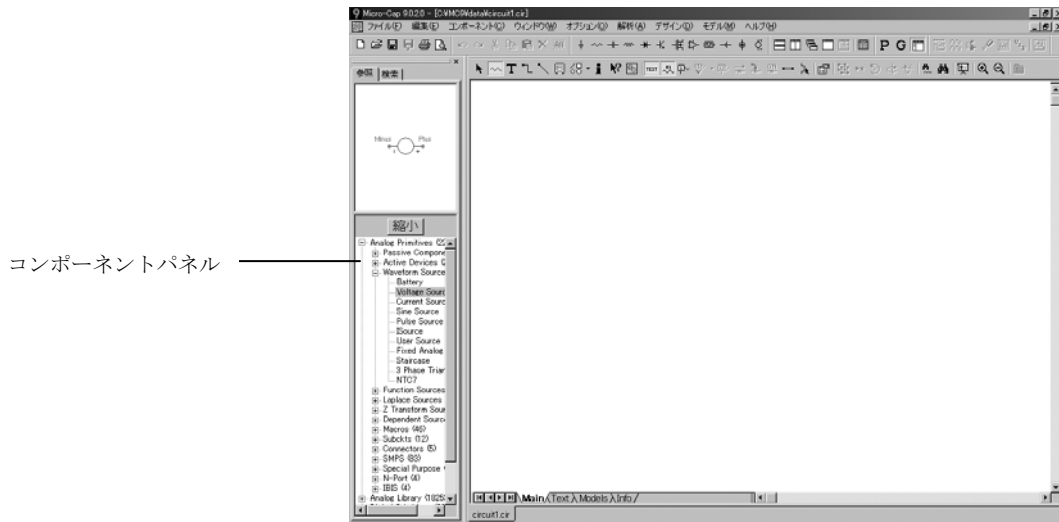


図3-1 コンポーネントパネルからの部品選択

パネルから部品を選択すると、コンポーネントを回路図に配置するため、コンポーネントモードになります。

左マウスボタンをクリックし、ボタンを押さえたまま右マウスボタンをクリックすると、形が回転します。右マウスボタンを8回クリックすると、信号源は8通りの方向を向きます。マウスを押したまま、信号源を回路ウィンドウの左端の中央まで移動します。プラス記号が上になりマイナス記号が下になるまで信号源を回転しマウスボタンを離すと、図3-2に示すような属性ダイアログボックスが表示されます。

このタイプの信号源には、部品名と値という2つの重要な属性があります。MC10は、この場合V1という適切な部品名を生成しますが、そのまま受け入れても良いし、新しい値の属性を入力する、または既存のものを変更する、あるいはタブとボタンの組み合わせにより異なる信号源を選択することもできます。それぞれのタブでは、8つの基本タイプの信号源、None、Pulse、Sin、Exp、PWL、SFFM、Noise、Gaussianのどれかを選択します。各ボタンでは、共通の波形を選択します。PulseタブとTRIANGLEボタンを選択してください。設定値の保存ボタンをクリックすることにより、任意のボタンに関連付けられたパラメータ値および名前を変更できます。

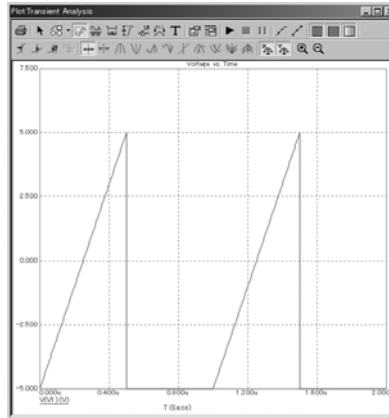


図3-4 TF = 0とした信号源の特性プロット

使用頻度の高い部品を選択する別の方法として、コンポーネントパレットがあります。ユーザが選択した部品で構成されるパレットは、単一のキーでオン/オフすることができます。任意の部品をクリックした後は、パレットを表示したままにしても構いませんし、呼び出しに使用したキーをもう一度押してパレットを消しても構いません。パレットには、1から9までの番号がついており、それぞれCTRL + 番号でオン/オフできます。パレットへのメンバ登録は、コンポーネントエディタで指定します。パレットを使用して抵抗器を登録してみましょう。CTRL + 1を押してパレット1を呼び出します。すると画面には次のように表示されます。

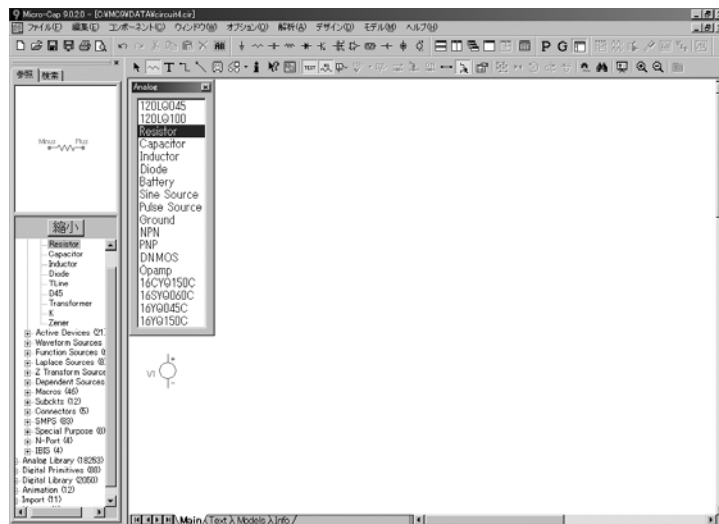



図3-5 ユーザパレット

パレットのResistorをクリックした後、CTRL + 1を押してパレットを消します。抵抗を信号源までドラッグし、水平になるまで回転させます。抵抗のリードの一方が信号源の一番上に触れたら、マウスボタンを離します。ノードスナップオプションが有効な場合は、抵抗のリードは信号源の近くに配置するだけで、最も近いノードに自動的に接続されます。

マウスボタンを離すと、属性ダイアログボックスが表示されます。MC10が提示するR1という抵抗名をそのまま受け入れ、抵抗属性に「1K」と入力し、ENTERを押します。

スペースバーで現在のモードと選択モードを切り換えます。

抵抗の属性テキストを移動してみましょう。移動するには、必ず選択モードにする必要があります。選択モードをアクティブにするには、ツールバーの左上の選択モードボタンをクリックするか、スペースバーを押します。抵抗名R1と値1Kをドラッグして、それぞれを抵抗本体の上下に配置します。属性テキストを望みの位置までドラッグすると、部品に対して相対的に移動することができます。属性テキストのシェイプに対する相対位置の初期設定は、コンポーネントライブラリで決定されます。部品の配置後は、テキスト属性（たとえば、名前、抵抗）は好きなように移動できます。属性表示のオン/オフは、属性ダイアログボックスで切り換えることができます。

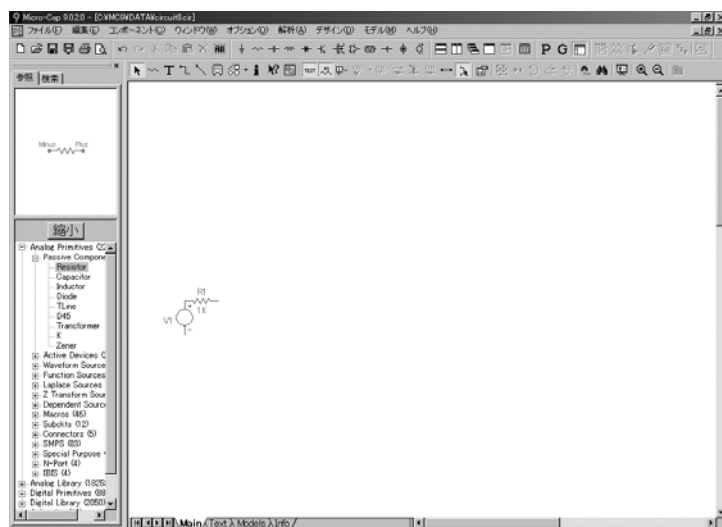


図3-6 抵抗属性を移動した後の回路

部品を選択する3番目の方法を説明します。コンポーネントパネルの検索タブをクリックし、テキスト領域をクリックします。「2N4013」とタイプします。タイプをすると、MC10は下の領域の部品ライブラリからマッチする名前をリストにします。リストから2N4013をクリックします。これにより、モデル化済みのバイポーラ NPN トランジスタ 2N4013 が選択されます。ドラッグしてエミッタを下にし、ベースが抵抗の右側端子に触れるようにし、マウスボタンをクリックします。今回は、属性ダイアログボックスは表示されません。これは、コンポーネントライブラリの Analog Library および Digital Library のコンポーネントは、すべて「コンポーネント名をモデルに指定」フラグがセットされているためです。これによりモデル属性にはコンポーネント名が設定されます。部品名 2N4013 を選択すると、モデル名は同じであることがわかっているため、モデルライブラリのモデルパラメータがすぐに使用可能になります。部品名とモデル名が既知であるため、属性ダイアログボックスは必要なく、表示されません。Analog Primitives および Digital Primitives セクションの部品より、コンポーネントメニューの Analog Library および Digital Library セクションの部品を使用の方が簡単です。ライブラリから部品を選択し、

回路図に配置するだけです。モデリングの決定は不要です。電圧源のようにライブラリのプリミティブセクションから選択される部品の場合は、それぞれモデル名やパラメータの設定が必要となります。設定はライブラリから選択できますが、必要なら手入力できます。

部品が最後に選択したものと異なる場合、コンポーネントメニューやユーザパレットから新しい部品を選択します。

もう一度CTRL + 1を押して、パレット1を呼び出します。パレットのResistorを選択してから回路図をクリックし、10Kの抵抗を追加します。それをコレクタ端子に接続して、真上を向くようにします。次に、パレットのBatteryを選択して垂直方向に配置し、正の端子を抵抗の上に接続します。バッテリーの値には10を設定します。パレットからGroundを選択し、アースを垂直方向に配置し、バッテリーの負の端子と接続します。NPNのエミッタと信号源の負の端子にもGroundを追加します。CTRL + 1を押してパレットをオフに切り換えます。回路は図3-7のように表示されます。

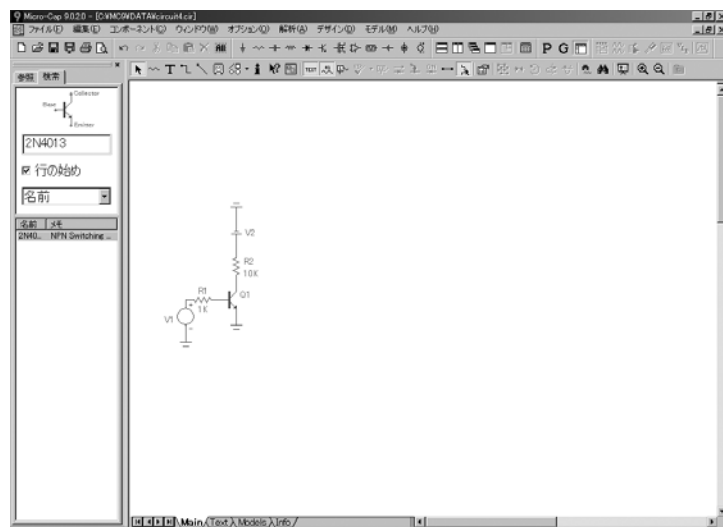






図3-7 バイポーラを追加した後の回路

コンポーネントパネルの検索コマンドを使ってOP08_ADを選択します。OPアンプをNPNの右に置いてダブルクリックし、属性ダイアログボックスでピン名オプションをクリックします。OKをクリックします。

部品を選択する4番目の方法を説明します。ツールバーの一番上の行の真ん中あたりにあるバッテリーボタン  をクリックしてから回路図をクリックし、4.0ボルトのバッテリーを垂直方向に配置し、正の端子をOP08_ADの「99」または「VCC」と表示された端子に接続します。ツールバーのグラウンドボタン  をクリックしてから回路図をクリックし、バッテリーの負の端子とOP08_ADの「50」または「VEE」と表示された端子に接続します。マウスの右ボタンを押して必要に応じてシェイプを回転させます。

2つの端子を接続するワイヤの端点は、端子またはワイヤ上に存在しなければなりません。端子の位置を確認するには、ピンコネクションボタン  をクリックします。これにより、各コンポーネントの端子に小さいドットが描かれます。属性ダイアログボックスのピン名の表示とピンマーカーオプションを有効にして、各部品のピン名とコネクションを別に表示することもできます。

ワイヤモードでは、マウスをドラッグしてワイヤを作成し、コンポーネント間の接続を行うことができます。

ツールバーのワイヤモードボタン  をクリックするか、CTRL+Wを押してモードを変更します。このモードでマウスをドラッグすると、ワイヤが描かれます。マウスを「3」すなわち正入力端子の部分に置きます。マウスをクリックして、ボタンを押したまま左側にドラッグし、ワイヤをコレクタ端子と抵抗端子の結合部に接続触れさせてマウスを離します。これで2つの端子が接続されます。

「2」すなわち負入力端子を「45」すなわち出力端子に接続するために、出力端子の付近でクリックし、ワイヤをOPアンプの下になるまで真っ直ぐ下にドラッグします。さらに、マウスボタンを押したまま、マウスを「2」の真下まで左側にドラッグし、マウスを離します。この結果、出力端子から入力端子の真下の中間点までの伸びた直角のワイヤが作成されます。この中間点で再びクリックして2番目のワイヤの作成を開始し、「2」端子までマウスをドラッグした後、マウスを離します。

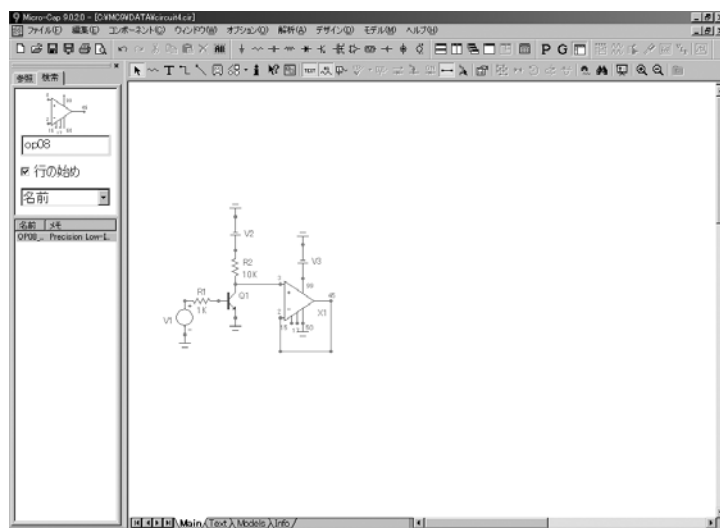


図3-8 OP08の配線を行った後の回路

コンポーネントパネルの検索コマンドを使って、7404 Hex Inverterを選択します。バッファをその入力端子がOP08の右側にくるように水平方向に配置します。ワイヤを、OP08出力端子から7404入力端子まで配置します。7404出力端子から水平方向右にもう1本ワイヤを描きます。最後に、パルス電源から水平方向左にワイヤを描きます。

テキストモードでは、グリッドテキストを回路図の任意の位置に配置することができます。グリッドテキストは主にノードの名前に使用されます。テキストでは大文字と小文字は区別されません。「1u」は、「1U」と同一です。

テキストボタン **T** をクリックするか、CTRL+Tを押して、モードをテキストモードに変更します。このモードでは、テキストを回路図に追加することができます。ノード上に直接テキストを配置すると、それはノードの名前になり、ノード電圧またはデジタル状態のプロット時、そのノードを参照するためにその名前を使用することができます。

信号源に追加したばかりの水平方向のワイヤをクリックします。ダイアログボックスが表示されたら、「IN」と入力し、OKボタンを押します。このとき、テキスト「IN」のアウトラインを示す選択ボックスの下の隅がワイヤにちょうど触れるようにしておく必要があります。触れていない場合は、選択モードを有効にして、テキストがワイヤに触れるまでドラッグします。同様の方法で、テキスト「A」をNPNコレクタがOP08の正の端子に接続するワイヤに追加し、テキスト「C」を7404出力に接続されたワイヤに追加します。完成した回路は図3-9のようになります。

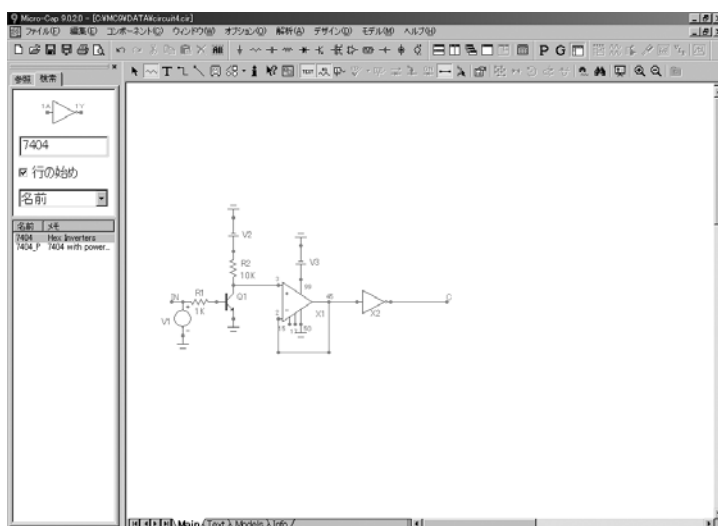


図3-9 完成した回路

MC10はノード番号をすべてのアナログノードとデジタルノードに割り当て、それらを識別します。ノード番号を表示するには、ツールバーのノード番号ボタン **1** をクリックします。このとき、回路は図3-10のようになります。

ノード名と
ノード番号

回路ノードの番号は、解析要求時、または回路のディスクへの保存時に、自動的に割り当てられます。回路図への番号表示は、ノード番号オプションが有効なときだけ行われます。ノードの電圧波形をプロットまたは印刷するとき、その波形はV（ノード名）として参照されます。このノード名には、ノード番号と、ユーザによって割り当てられたテキストの両方が使用できます。

プログラムがノード名であると認識するには、ノード名を直接にノード上に配置する必要があります。テキストアウトラインボックスの左下隅をノード上に直接に配置しなければなりません。

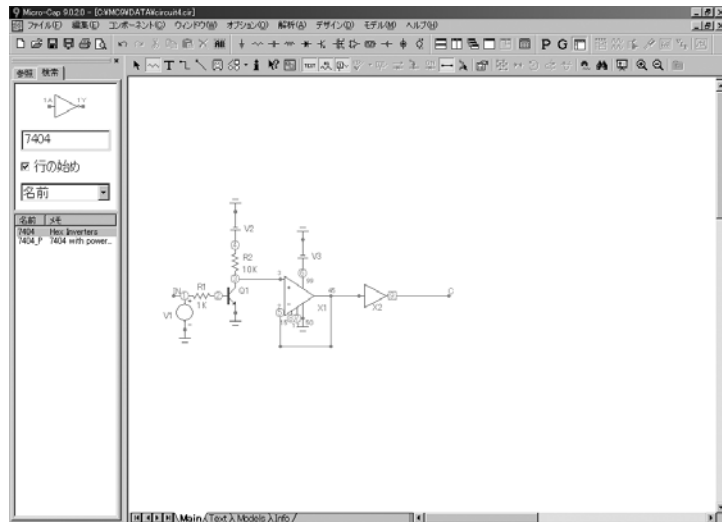




図3-10 ノード番号

ノードスナップを有効にしておく、テキストが1つのグリッド内の最も近いノードに移動され、この作業を容易にします。ノードスナップオプションは、メニューバーのオプション/プリファレンス/オプション/回路で選択します。

システムは、ノード番号の割り当てと表示を以下の規則に従って行います。

1. グラウンドの記号  に接続されるすべてのノードには、番号 0 が割り当てられますが、ノード番号は表示されることはありません。
2. 他のノードには、1から始まり、大きくなる番号が付けられます。
3. アナログノードとデジタルノードが接触するか、ワイヤによって接続されるとき、各ノードには固有の番号が付けられます。2つのノードの間にはインターフェース回路が自動的に挿入されます。このインターフェース回路は、デジタルノードが入力か出力かによって、<num>\$ATODまたは<num>\$DIOAという形式のインターフェースノードを生成します。インターフェースノードがアクセス可能な場合（プロット式で参照できる場合）、それは回路図上に表示されます。通常、アナログ部品とデジタルプリミティブ間のインターフェースノードは、サブサーキットインターフェースのインターフェースノードでない場合に限り、アクセス可能です。この回路のインターフェースノードの場合サブサーキットインターフェースのノードであるため、アクセスできません。
4. アナログノード番号は4隅が丸いボックスに表示され、デジタルノード番号は4隅が直角のボックスに表示されます。
5. 同一のテキストノード名を持つノードは接続されます。これは、多くの共通ノードを接続する処理を容易にします。

コンポーネントのパラメータとテキストの編集

回路図は、コンポーネント、テキスト、グラフィカルオブジェクト、ピクチャファイル、およびワイヤで構成されます。これらの項目のいずれかを編集するには、項目を選択する必要があります。項目を選択するには、MC10はモードが選択モードでなければなりません。選択モードを有効にするには、CTRL + Eを押すか、ツールバーの選択ボタン  をクリックするか、スペースバーを押します。

選択モードに入ると、オブジェクトまたは領域を選択して、その編集、移動、または削除を行うことができます。たとえば、サンプル回路 DIFFAMP をロードして、ツールバーの選択ボタンをクリックします。マウスを回路図の右上部分の6Vのバッテリーに移動して、その中央部でマウスをクリックすると、これによりバッテリーが選択され、再描画されます。選択やブロック選択の表示モードは、プリファレンスダイアログボックスで変更することができます。選択やブロック選択の色は、プリファレンスダイアログボックス (F10) で変更することができます。

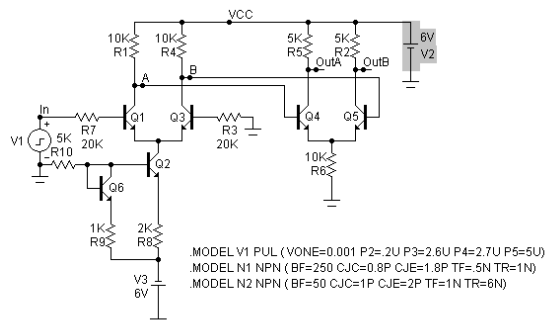


図3-11 編集のためのバッテリーの選択

選択されたコンポーネントをダブルクリックすると、属性ダイアログボックスが表示され、属性の変更が可能となります。バッテリーをダブルクリックしてください。ダイアログが現れ、値属性6Vを表示します。「6.5」を入力してOKをクリックします。単純な部品の場合、このようにしてパラメータを変更します。

トランジスタの順方向 β を変更するには、トランジスタをダブルクリックして、属性ダイアログボックスでBFパラメータを編集します。編集を行うと、パラメータは必ずローカライズされます。トランジスタのモデルパラメータがグローバルの場合、編集を行うとパラメータはローカルになります。ローカライズは、回路のテキスト領域に変更を加えたモデル文を置くことによって行われます。

では実際にやってみましょう。Q5トランジスタをダブルクリックしてください。次のような属性ダイアログが表示されます。

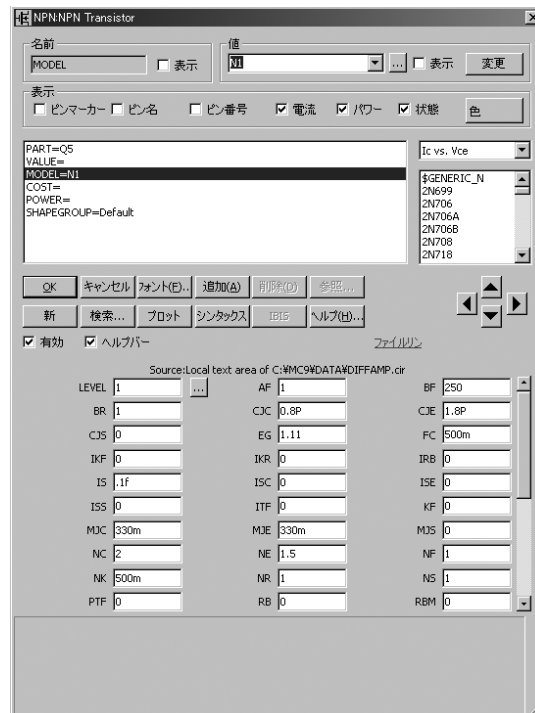


図3-12 属性ダイアログでモデルパラメータを編集

この場合、MC10がQ5のモデル文N1を検索し、それをこのダイアログボックスの編集領域に表示しました。モデル文を検索するときは、まずMC10は回路図とテキスト領域を調べます。そこにモデル文がない場合は、.LIB文によって参照されるライブラリ（デフォルトのマスタインデックスNOM.LIBを含む）が調べられます。そこにもモデル文がない場合は、デフォルトのパラメータ値を使用してモデル文を作成し、テキスト領域にコピーします。

モデル文の場所を確認した後（または、適切なデフォルトのモデル文を作成した後）、MC10はそのパラメータ値を編集フィールドに表示します。スクロールしてパラメータを確認し、適宜編集することができます。OKをクリックすると、モデル文のローカルコピーが更新されます。ここでの編集によって、グローバルライブラリの内容が変更されることはありません。回路ローカルのモデル文だけが変更されます。

モデルリストボックスの任意のモデル名をクリックできます。クリックしてどれかを選択すると、その部品のモデル名属性が変更されます。

モデルライブラリにないモデル名を入力すると、MC10はデフォルトのパラメータの集合をロードします。

モデルリストから部品を選択すると、ライブラリソースファイルからパラメータが読み込まれます。どちらの場合も、パラメータが表示され、確認、変更できます。N1 NPNモデルで表示されるモデルパラメータは、次の行でわかるようにローカルです。


Source: Local text area of C:\MC10W\DATA\DIFFAMP.CIR

これは、サブサーキットの記述やモデルパラメータのようなモデルデータにMC10がアクセスする方法を示します。

モデルデータは、その回路についてローカルになり、変更されるまでグローバルです。

グローバルとは、MC10のライブラリフォルダに格納されている情報であるということです。解析を実行するたびに、MC10はグローバルライブラリを使用してシミュレーションデータベースを構築します。

ローカルとは、回路内に格納されている情報であるということです。解析を実行するたびに、MC10はモデルの回路内ローカルコピーを使用してシミュレーションデータベースを構築します。

モデル情報をローカライズあるいはリフレッシュするには、メニューバーの**編集/モデルのローカライズ**コマンド  を使用します。このコマンドは、ダイアログボックスから選択したオプションによって、モデルデータをローカル回路にコピーするか、すでにそこにあるモデルデータをリフレッシュします。また、モデル文、サブサーキット、マクロを（回路にまだ無い場合は）追加し、（既に回路に存在する場合は）更新します。

オブジェクトの削除

クリアは、クリップボードの内容を変更しません。カットは、クリップボードの内容を、削除したオブジェクトで上書きします。

テキストとコンポーネントパラメータについては編集できるようになりました。オブジェクトの削除についてはどうでしょうか？編集と同様に、削除の場合も、オブジェクトを選択する必要があります。選択したオブジェクトは、2つの方法「クリア」と「カット」で削除することができます。Delキーによるクリアは、オブジェクトをクリップボードにコピーせずに削除します。CTRL+Xによるカットは、オブジェクトを削除してクリップボードへ転送します。実際にやってみましょう。DIFFAMP回路で信号源をクリックして選択します。いつも通り、オブジェクトは、選択されたことを示すため色が付きます。ここで、Delキーを押すと、信号源は削除されます。

操作の元に戻す／繰り返し


MC10は、多段階の元に戻す／繰り返し機能を搭載し、複数回の回路図編集を戻すことができます。テキスト領域に対しては、たいてい、単純な元に戻す機能が1回だけ実行できます。実際にやってみましょう。CTRL+Z（元に戻す）を押すと、削除されたものが元に戻り、直前に削除した信号源が再表示されます。CTRL+Y（繰り返し）を押すと、変更を再実施し、信号源を再び削除することができます。

クリップボード

MC10では、一時的な保管用として2つのクリップボードが用意されています。1つは回路図用で、もう1つはテキストフィールド用です。次の2つの重要なクリップボード操作があります。

何かをクリップボードにコピーするには、選択した後、CTRL+Cを押します。

クリップボードの内容を回路図に貼り付けるには、回路図上の挿入位置をマウスでクリックし、CTRL+Vを押します。クリップボードの内容は回路図にコピーされ、それが選択状態になります。選択部分の任意のオブジェクトをドラッグすると、移動が行えます。選択されていない任意のオブジェクトをクリックすると、すべてのオブジェクトの選択が解除されます。

たとえば、ツールバーの選択ボタン  をクリックし、マウスをDIFFAMP回路の2段目の差動増幅部の左上に置き、画面が図3-13のようになるまで、ドラッグします。ここでマウスボタンを離すと、アウトラインボックス内のオブジェクトが選択されます。アウトラインボックスの外部のオブジェクトは選択されません。

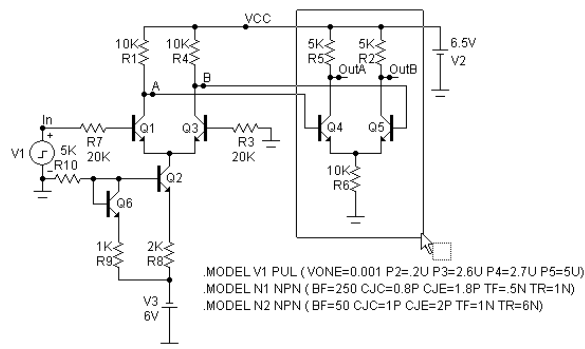


図3-13 クリップボードへコピーするために領域を選択

ここで、CTRL + Cを押すと、選択された領域がクリップボードにコピーされます。マウスをバッテリーの右側に移動して、左ボタンをクリックし、挿入位置を移動します。ここで、CTRL + Vを押すと、クリップボードの内容が挿入位置に貼り付けられ、回路は次の図のようになります。

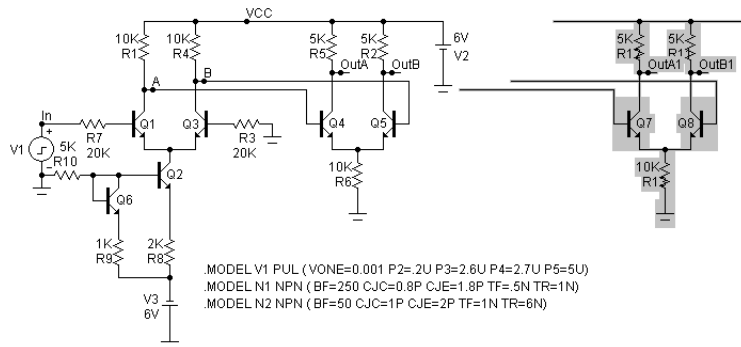


図3-14 クリップボード内容を貼り付けた後の回路

選択された領域がクリップボードから回路にコピーまたはペーストされます。

選択

編集、削除、移動、回転、ミラー処理、ステップ処理、またはコピーを行うために、単一のオブジェクトまたは領域全体を選択することができます。これらは、個々にまたはグループとして選択、選択解除することができます。SHIFTキーを押したままオブジェクトまたは領域をクリックすると、選択状態がトグルされます。オブジェクトまたは領域が選択状態の場合、選択解除されます。選択解除状態の場合、選択されます。

たとえば、SHIFTキーを押したまま、選択されたグループのQ7トランジスタをクリックしてください（このとき「Q7」という名前をクリックしてしまうと、部品自体でなく、部品属性が選択されてしまうので注意してください）。SHIFTキーを離すと、回路は次の図のようになります。

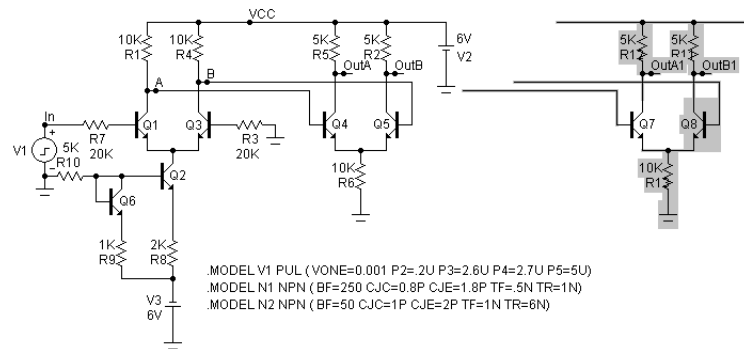


図3-15 SHIFT + マウスクリックによる部分選択

現在、トランジスタQ7は選択解除されています。ここで、Delキーを押すと、Q7はそのまま残りますが、選択された領域の他の部分は削除されます。SHIFTキーを押して、同じトランジスタをもう一度クリックすると、再び選択状態になります。ここで、Delキーを押すと、選択されていた領域全体が削除されます。

部分選択を使用することにより、回路図上から事実上任意のサブセットを選択して、編集、コピー、削除、移動を行うことができます。

ファイルメニューの戻すオプションボタンをクリックして、DIFFAMP回路を元に戻しておいてください。

ドラッグコピー

通常、選択されたオブジェクトまたはオブジェクトグループをドラッグすると、グループ全体がマウスとともに移動します。しかし、CTRLキーを押した状態で、ドラッグすると、選択されたオブジェクトは元の位置に残され、オブジェクトのコピーが作成されて、そのコピーがマウスとともに移動します。これは、印刷されたコピーの束から1枚のコピーをはがす動作に似ています。ステップ処理や、クリップボードの貼り付けの場合と同様に、部品名は、**オプション/プリファレンス/オプション/回路/テキストインクリメントオプション**が有効な場合だけインクリメントされます。

実際にDIFFAMP回路でやってみましょう。選択ボタンをクリックし、領域ボックスを右上のV2電池の周囲にドラッグして作成し、マウスを離します。CTRLを押し、そのまま選択領域を右側にドラッグすると、次の図に示すように、選択領域のコピーが作成されます。

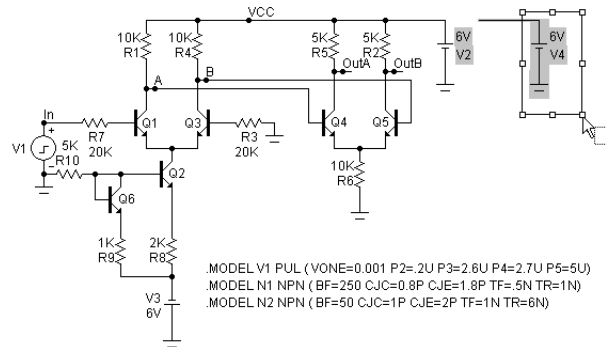


図3-16 ドラッグコピー

たいていの場合ドラッグコピーはグリッボードのコピー/ペーストより便利です。特に必要なコピーが1つだけの場合はなおさらです。ワンステップの操作であるため、より速く、簡単に行うことができます。

大きな回路図のナビゲーション

大きな回路図内を移動する方法を以下に示します。



パニングとは、
ウィンドウビュー
の移動のこと
です。



1. パニング：もっとも簡単な方法です。マウスでパンするには、マウスの右ボタンでドラッグします。これは机の上で紙を移動させるような動作になります。キーボードでパンするには、CTRL + 矢印キーを使用し、矢印の方向へビューを移動します。

2. スクロールバー：回路図のスクロールバーを使用します。この方法は時間がかかりますが、確実です。

3. 再配置：SHIFT + クリックにより、ビューの再配置と変更を行います。SHIFTボタンを押した状態で、ウィンドウの中央にくる点を右マウスボタンでクリックします。クリックする毎に、拡大率が高/低と切り替わり、回路図をマウス位置でセンタリングします。

4. 表示したい領域が他のページに存在する場合にはページスクロールバーを使用します。CTRL + PAGE UPとCTRL + PAGE DOWNを使用して、ページ間を移動することもできます。

5. フラグ：フラグモードボタンを利用してフラグを好きな位置に配置します。その後、フラグに移動ボタンをクリックして、リストからフラグを選択します。

6. ツールバーの縮小または拡大ボタンを使用します。

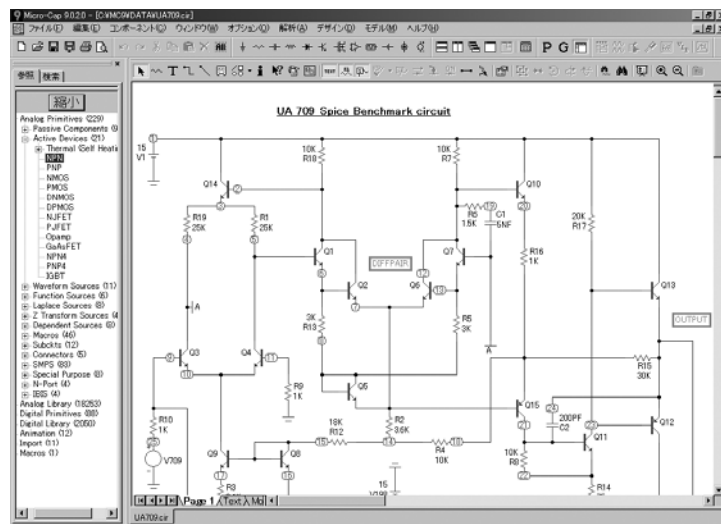


図3-17 UA709回路

実際にやってみましょう。図3-17のように回路UA709をロードしてください。1024 x 768の解像度の場合、デフォルトの倍率では表示しきれないため、縮小ボタンを2度クリックして倍率を縮小します。すると、回路は下図のようになります。

拡大ボタンは画像サイズを拡大します。



縮小ボタンは画像サイズを縮小します。

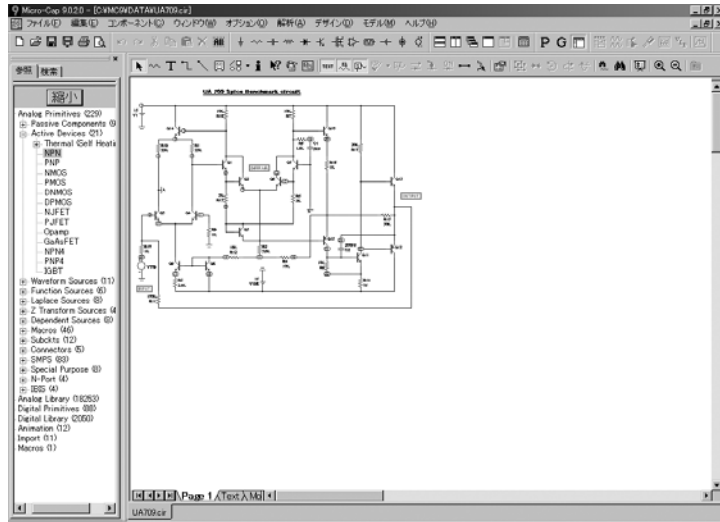
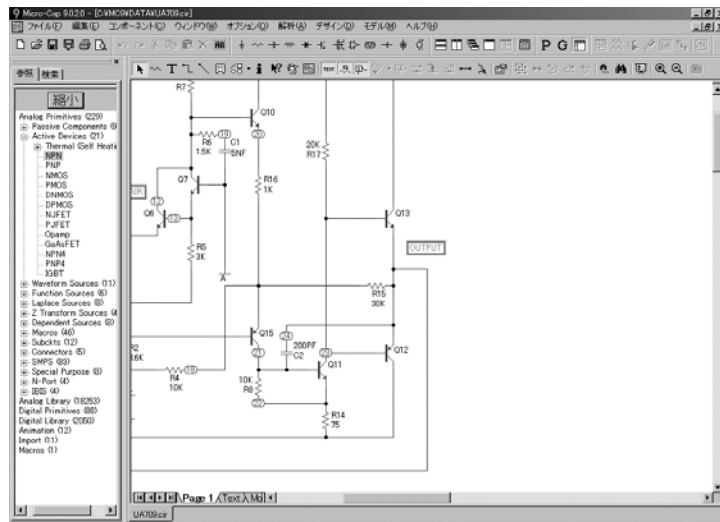


図3-18 縮小ボタンをクリックした後の画面

SHIFTキーを押したまま、右下の2つのトランジスタの近くで右マウスボタンをクリックすると、そのマウス位置で、回路図のセンタリングが行われ、通常の倍率で再描画されます。



もう一度、SHIFT + クリックを実行すると、回路が低倍率で再描画されます。最後にもう一度、左上付近で SHIFT + クリックを実行すると、回路図が1 : 1の倍率に戻ります。

パニングでは、カーソルキーや右ドラッグによって、回路図を移動します。

パニングは、回路図を移動する方法の中で、最も容易かつ便利な方法です。パニングを行うには、右マウスボタンを使用して回路図を任意の場所へドラッグします。右マウスボタンを押したまま、マウスをドラッグして、回路図を移動します。マウスがウィンドウの端に近づいたら、マウスボタンを離します。回路図が望む位置に来るまで、この手順を繰り返します。UA709回路の中央付近を右ボタンでドラッグして、左側に動かしてください。回路図が左に移動し、見えなかった右側部分が表示されます。

最後に、フラグを使用して回路図内の移動を行う方法について説明します。フラグは、非常に大きい回路図の場合に有効です。パニングでは回路図全体を横切るために操作を何度も行う必要があります。フラグを使う方法の場合、回路図の中の将来見たい地点に、フラグを配置しておきます。リストからフラグを選択すると、そのフラグを基準として回路図表示をセンタリングすることができます。実際にやってみましょう。編集/フラグに移動を選択します。リストから「OUTPUT」フラグを選択すると、回路図が再描画され、フラグを中心にセンタリング表示されます。

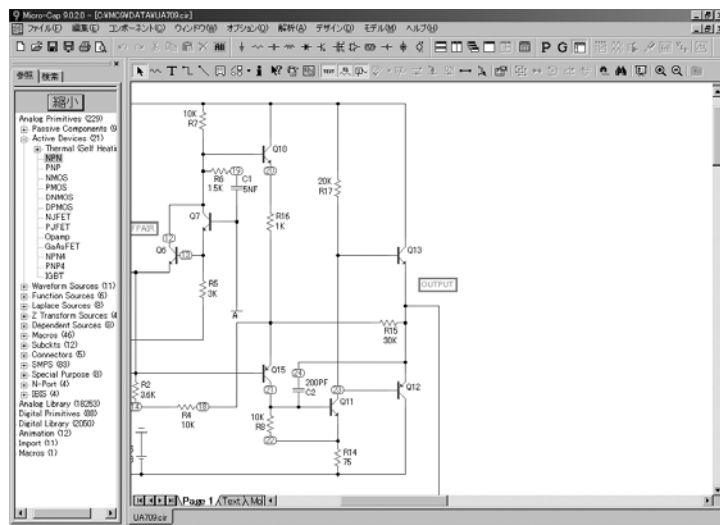


図3-20 フラグによる移動

UA709ファイルは保存せずに閉じてください。

SPICEテキストファイルの作成と編集

MC10では、回路図と同様に、SPICEテキストファイル回路記述の作成／解析を行うことができます。SPICEテキストファイルは、外部プログラム（ワードプロセッサやテキストエディタ）や、内蔵のMC10テキストエディタを使用して、作成することができます。実際にテキストファイルを作成してみましょう。ファイルメニューの**新規**オプションを選択すると、作成するファイルの種類を指定するダイアログボックスが表示されます。SPICEファイルオプションをクリックしてOKボタンをクリックすると、新しいテキストウィンドウが開き、テキストカーソルが左上に置かれます。

ここで、以下のように入力します。

```
CHOKE.CKT
V1 1 0 SIN (0 100 50)
V2 0 3 SIN (0 100 50)
D1 1 2 DIO
D2 3 2 DIO
L1 4 2 5
R1 0 2 10K
R2 0 4 10K
C1 0 4 2UF
.MODEL DIO D (IS = 1E-14 CJO = 10PF)
.TRAN 2m 0.05 0.2m
.TEMP 27
.PLOT TRAN V (1) V (2) V (3) V (4) -150,200
.END
```

回路は、ファイルメニューの**名前を付けて保存**を使用して、CHOKE1.CKTという名前で保存します。SPICE回路のファイル名には、拡張子は必要ありません。デフォルトの拡張子は存在しません。「CIR」を除く拡張子を使用することができます。拡張子「CIR」は、回路図ファイル用に予約されています。慣習的に、MC10はSPICEファイルの拡張子として「CKT」を使用しますが、「CIR」を除く任意の拡張子を使用できます。

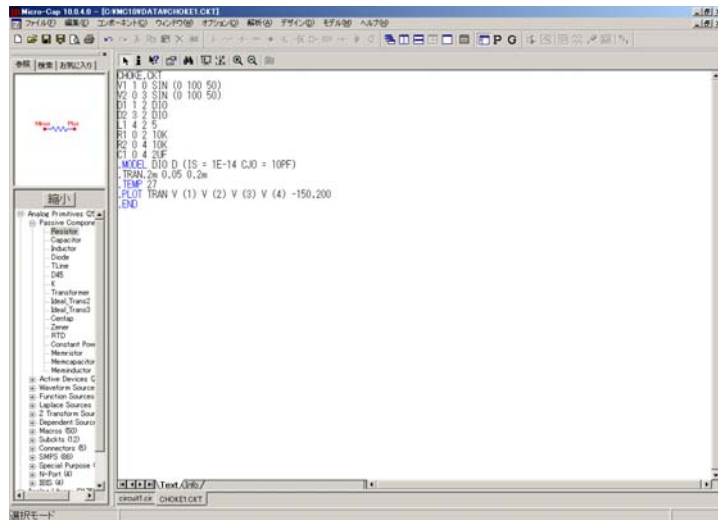


図3-21 サンプルSPICE回路

作成したSPICEテキスト回路は、図3-21のようになります。ALT+1を押して、トランジェント解析を実行します。AC解析リミットダイアログボックスが表示されたら、F2を押して解析を実行します。実行結果は、図3-22のようになります。

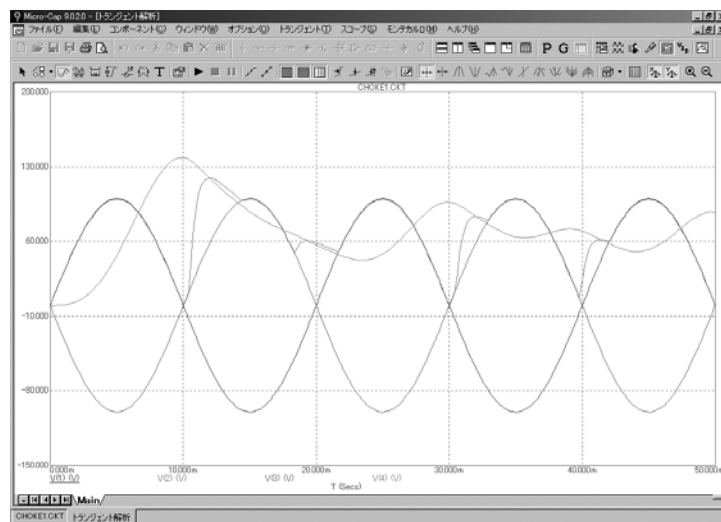


図3-22 SPICE回路のトランジェント解析

解析後、必要ならば自動的に適当な倍率が決定され、.PLOT文の指定に従って、要求された波形がプロットされます。

F3を押して解析を終了し、CTRL+F4でファイルを閉じてください。

まとめ

本章で説明した重要な概念と方法を以下に示します。

- 新しい回路図を開くには、**ファイル**メニューの**新規**を使用するか、プログラムの最初の起動時に自動的に開かれた回路図を使用します。
 - 追加したいコンポーネントをデフォルトのコンポーネントとして設定します。デフォルトのコンポーネントは、コンポーネントメニュー、コンポーネントパレット、ツールメニューの部品ボタンで選択します。
 - コンポーネントを回路図上に追加するには、**CTRL + D**を押すか、コンポーネントモードボタンをクリックし、コンポーネントメニュー、ユーザパレット、またはツールバーボタンで望むコンポーネントを選択します。マウスで回路図上をクリックし、適当な位置までドラッグします。必要な場合、右マウスボタンでコンポーネントの向きを変えます。
 - **CTRL + W**を押すか、ツールバーのワイヤ項目をクリックして、ワイヤを追加します。
 - コンポーネントは、ワイヤを使用して相互に接続されます。ワイヤを追加するには、一方の端点をクリックし、他方の端点までマウスをドラッグした後、マウスを離します。交差しているワイヤは接続されません。
 - **CTRL + T**を押すか、ツールバーのテキストボタンをクリックして、テキストを追加します。
 - ノードにテキストを追加して名前を付け、ノードの参照を簡単に行えるようにします。ノードの参照には、ノード番号も使用されます。同じ名前をもつノードは、接続されます。
 - オブジェクトの編集、移動、クリップボードへのコピー、または削除を行うには、まずオブジェクトを選択する必要があります。オブジェクトを選択するには、**CTRL + E**を押してモードを選択モードにした後、オブジェクトをクリックします。領域を選択するには、マウスで領域をドラッグします。**SHIFT + クリック**により、選択されたグループ内のオブジェクトを選択解除することができます。
 - 選択されたオブジェクトは**CTRL + C**によりクリップボードにコピーされ、**CTRL + V**によりカーソル位置に貼り付けられます。
 - **CTRL + ドラッグ**は、選択されたオブジェクトのコピーと名前変更を行います。
- 回路図内のナビゲーションは、スクロール、パニング、倍率の変更、**SHIFT + クリック**によるポジショニング、フラグ、ページスクロールによって行われます。

本章の内容

トランジェント解析が、本章のテーマです。MIXED4回路を使用して、時間領域シミュレータの機能を調べます。本章の目標は、以下の基本的項目を紹介し、それらを十分に理解してもらうことです。

- ・解析リミットダイアログボックスによる解析の制御
 - ・プロットまたは印刷する波形の選択
 - ・状態変数のその初期化
-
- ・状態変数エディタ
 - ・スライダの使用

トランジェント解析リミットダイアログボックス

MIXED4回路ファイルを読み、解析メニューのトランジェント解析を選択します。MC10は、回路図から直接に必要な回路情報を抽出しますが、解析を始める前に必要なそれ以外の情報は、解析リミットダイアログボックスで指定します。

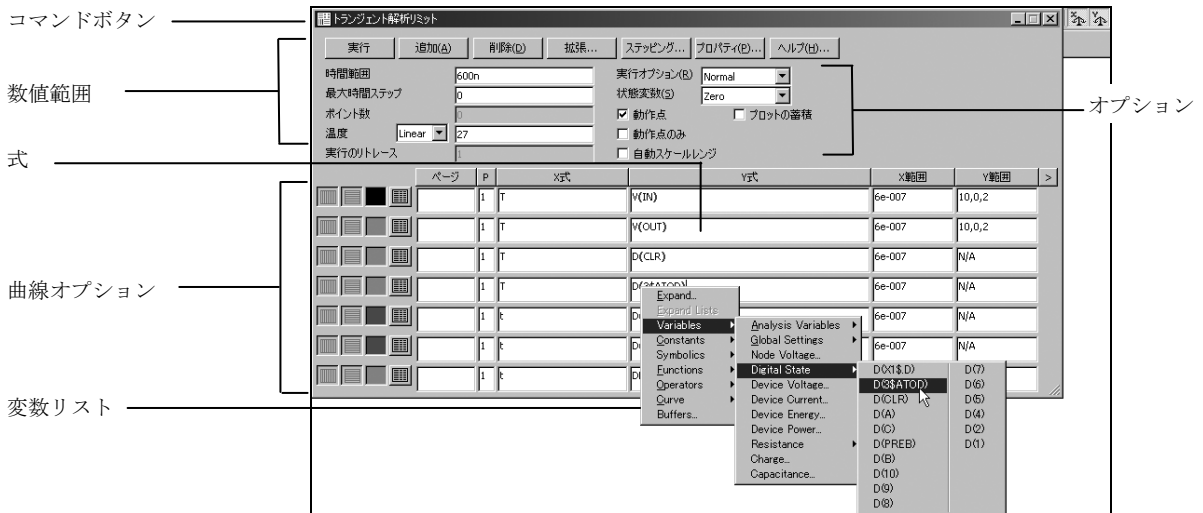



図4-1 解析リミットダイアログボックス

解析リミットダイアログボックスは、コマンドボタン、数値範囲、曲線オプション、式、およびオプションという5つの領域に分けられます。

コマンドボタン

数値範囲フィールドの上部にあるコマンドボタンには、7つのコマンドがあります。

実行：解析を開始します。ツールバーの実行ボタン  をクリックするか、F2を押すことによって、解析が開始されます。

追加：カーソルが存在する行の後に、曲線オプションフィールドおよび式フィールドの行を追加します。式フィールドの右側のスクロールバーは、表示できるものがまだ存在する場合、曲線をスクロールします。

削除：テキストカーソルが存在する曲線オプションフィールドおよび式フィールドの行を削除します。

拡張：テキストカーソルが現在存在するテキストフィールドを編集または表示用の大きいダイアログボックスに拡大します。この機能を使用するには、望むテキストフィールドをマウスでクリックした拡張ボタンをクリックします。

ステップング：ステップングダイアログボックスを呼び出します。ステップングについては、別の章で説明します。

PSS：PSSダイアログボックスにアクセスし、最適化周期数、最大反復数、および最大エラー数などのPSSパラメータを設定できます。

プロパティ：解析プロットウィンドウと曲線の表示方法を制御できるプロパティダイアログボックスを呼び出します。

ヘルプ：ヘルプ画面を呼び出します。ヘルプシステムは、索引およびトピック別に情報を提供します。

数値範囲

数値範囲フィールドは、解析の時間範囲、時間ステップ、印刷する点の数、使用温度を制御します。

• **時間範囲**：解析の開始時間と停止時間を決定します。フォーマットは次のとおりです。

`< tmax > [, < tstart >]`

設定された時間がゼロに等しいとき実行が開始され、時間が< tmax >に等しくなると、実行が終了します。データの収集は< tstart >で開始されます。

• **最大時間ステップ**：このフィールドは、プログラムで使用可能な最大時間ステップを定義します。既定値は(`< tmax >`)/ 50で、このフィールドへの入力が空白または0のときに使用されます。

• **ポイント数**：このフィールドの内容は、数値出力の際のポイント数を決定します。既定値は、51です。解析時間が偶数で分割されるようにするため、通常このフィールドには奇数を入力します。出力間隔とは、連続した出力間の時間間隔のことです。使用される出力間隔は(`< tmax >`-< tstart >)/([*Number of Points*]-1)です。

• **温度**：このフィールドでは、実行のグローバル温度を℃で指定します。デバイスの個別の温度が指定されない限り、この温度が各デバイスに使われます。リストボックスにLinearまたはLogと表示されている場合は、形式は次の通りです。

<high>[,<low>[,<step>]]

<low>の既定値は<high>、<step>の既定値は<high>-<low>（リニアモード）またはhigh/low（対数モード）です。温度は<low>から開始し、<high>に到達するまで<step>毎に増分される（リニアモード）または<step>が乗算されます（対数モード）。

温度リストボックスがListの場合、次のような形式になります。

<t1>[,<t2>[,<t3>][,...]]




t1、t2、...は、それぞれの温度値です。



指定されたそれぞれの温度で1つの解析が実行され、各実行について1つの曲線ブランチが生成されます。



- **実行のリトレース**：この領域は再実行数を指定します。


曲線オプション


曲線オプションフィールドは、数値範囲フィールドの下、式フィールドの左側にあります。それぞれの曲線オプションは、その行の曲線に対してだけ効果を持ちます。曲線オプションの機能を以下に示します。

最初のオプションは、保存してプロットする 、保存するがプロットしない 、および保存もプロットもしない  を切り換えます。「保存するがプロットしない」を選択した場合は、後でF10ダイアログボックスからディスプレイにプロットを呼び出して追加できます。

2番目のオプションは、X軸をリニアプロット  にするか、対数プロット  にするかを切り換えます。対数プロットの場合、スケール範囲は正でなければなりません。

3番目のオプションは、Y軸をリニアプロット  にするか、対数プロット  にするかを切り換えます。対数プロットの場合、スケール範囲は正でなければなりません。

 オプションはカラーメニューをアクティブにします。個々の曲線について64個のカラー選択肢があります。ボタンのカラーが曲線のカラーになります。

 オプションは、波形の数値で構成される表を数値出力します。値の数は、ポイント数値で設定されます。この表はポイント数ウィンドウに表示され、CIRCUITNAME.TNOファイルとして保存されます。

ページ入力により、タブで選択できる指名プロットウィンドウに波形が表示されます。これにより、関連するプロットをグループ化し、最適な状態でプロットを表示できます。たとえば、あるページに「電流」というラベルを付け、別のページに「電圧」というラベルを付けることも可能です。

プロット欄 (P) の1から9までの数は、曲線を異なるプロットにグループ化するために使用されます。同じ番号のすべての曲線は、同一のプロットに表示されます。P欄が空白の場合、その曲線はプロットされません。

式

X式フィールドとY式フィールドには、X軸の式とY軸の式を指定します。MC10は、それぞれの軸について、様々な式を評価し、プロットすることができます。通常、式は単一の変数、例えば時間「T」、ノード10の電圧「V(10)」、ノードOUTのデジタル状態「D(OUT)」などを使用しますが、「 $V(2,3)*I(V1)*\sin(2*PI*1E6*T)$ 」のような複雑な数式を使用することもできます。

変数リスト

右マウスボタンでY式フィールドをクリックすると、変数リストが呼び出されます。変数、定数、関数、演算子を選択したり、フィールドを拡張して長い数式を編集したりすることができます。他のフィールドでも、右マウスボタンをクリックすると、適切な選択肢を表示した簡単なメニューが呼び出されます。

X範囲フィールドとY範囲フィールドには、X式およびY式をプロットするときに使用される数値スケールを指定します。次はそのフォーマットです。

$\langle high \rangle [\langle low \rangle] [\langle grid spacing \rangle] [\langle bold grid spacing \rangle]$

$\langle low \rangle$ の既定値は0です。[$\langle grid spacing \rangle$]では、グリッド間の間隔を設定します。[$\langle bold grid spacing \rangle$]では、太字グリッド間の間隔を設定します。範囲フィールドに文字列「AUTO」を指定すると、それぞれの範囲が自動計算されます。自動スケールレンジオプションは、シミュレーション実行時にすべての範囲に対するスケールを計算し、X範囲フィールドとY範囲フィールドを更新します。自動スケール(F6)コマンドは、すべての曲線のスケール範囲を即座にスケールしますが、範囲の設定値については変更せず、必要とあればCTRL + HOMEで範囲を元に戻すことができます。 $\langle grid spacing \rangle$ と $\langle bold grid spacing \rangle$ は、linearスケールの場合にのみ使用します。logスケールでは、1/10の $\langle grid spacing \rangle$ を使用し、 $\langle bold grid spacing \rangle$ は使われません。自動スケールでは、プロパティダイアログボックス(F10)/スケールとフォント/自動/静的グリッドフィールドで指定されたグリッド数を使用します。

トランジェント オプション

以下のトランジェントオプションがあります。

・実行オプション

- ・ **Normal** : シミュレーションを実行しますが、その結果を保存しません。

- **Save** : シミュレーションを実行し、その結果をプローブの場合と同一のフォーマットで保存します。ファイル名は、CIRCUITNAME.TSAです。
- **Retrieve** : 以前に保存されたシミュレーション結果をロードし、新しい実行のように、その結果のプロットと印刷を行います。ファイル名は、CIRCUITNAME.TSAです。

• 状態変数

以下のオプションは、次の解析開始時の状態変数の値を決めます。

- **Zero** : 状態変数の初期値（ノード電圧、インダクタ電流、デジタル状態）として、0またはXを設定します。
- **Read** : 以前に保存された状態変数セットを読み取り、それらを解析実行時の初期値として使用します。
- **Leave** : 状態変数の現在の値がそのまま使用されます。状態変数の最後の値が保持されます。これが最初の実行である場合、それらは0です。解析を実行したばかりで回路図エディタに戻っていない場合は、状態変数の値は実行が終わったときの値です。実行が動作点のみの実行の場合、その値はDC動作点の値です。
- **Retrace** : これにより、解析をN回実行します。ここでNは、実行のリトレースフィールドの数値です。最初の実行では、通常の初期化が実行され、要求があれば動作点が計算されます。F2によって手動で呼び出された場合でも、実行のリトレースフィールドで1より大きな数字を使用して自動で呼び出した場合でも、いずれの場合も初期条件はその後の実行でも維持されます。
- **動作点** : DC動作点の計算を行います。これは、初期状態変数を初期値として使用し、DC定常状態を表わす新しいセットを計算します。これは、すべての信号源の $T=0$ の時の値となります。
- **動作点のみ** : DC動作点のみの計算を行います。トランジエント解析は行われません。状態変数は、動作点の最終値のままとなります。
- **自動スケールレンジ** : 解析を実行する度にX範囲およびY範囲を自動にします。このオプションが無効の場合、X範囲フィールドとY範囲フィールドの既存のスケール値が使用されます。

- **プロットの蓄積**：これは回路エディットによるプロットを蓄積します。通常、回路と解析プロットは回路への手動編集のためタイトル表示され、プロットページには対応するプロットが表示されます。
- **固定時間ステップ**：このオプションは、指定された最大時間ステップと同等の固定時間ステップを使用するよう、プログラムに強制します。この機能は理論的研究のためのもので、頻繁には使用されません。局所打ち切り誤差理論に基づいたネイティブの可変時間ステップの方がはるかに効率的です。
- **周期定常状態**：このオプションではシューティング法を使用してトランジェントを除去し、定常状態波形を生成します。使用方法については、リファレンスマニュアルの「周期定常状態」の章を参照してください。

サイズ変更

- **フィールドサイズの調整**：カラムのタイトル（X式やY式等）を分けている線をドラッグしてフィールドのサイズを調整します。
- **自動サイズ**：オートサイズボタンをクリックして、既存の式の長さとも一致するようにフィールドのサイズを自動的に調整します。
- **拡大**：拡大アイコンを移動して、ダイアログボックスのサイズを大きくします。

プロットする曲線の選択

注:MC10の初期選択は、2つのノード名の電圧曲線となります。

MC10は、新規作成回路について、自動的に解析条件セットを作成します。MC10は、ユーザがどの曲線を見たいのか、ユーザがプロット/解析オプションを望んでいるのか推定しようとします。たいてい、初期値は変更する必要があります。解析リミットダイアログボックスのエントリに対してユーザが行った変更は回路ファイルとともに保存されるため、解析を実行する度にこれらを入力する必要はありません。

実行ボタンをクリックして、MIXED4回路のトランジェント解析を実行します。

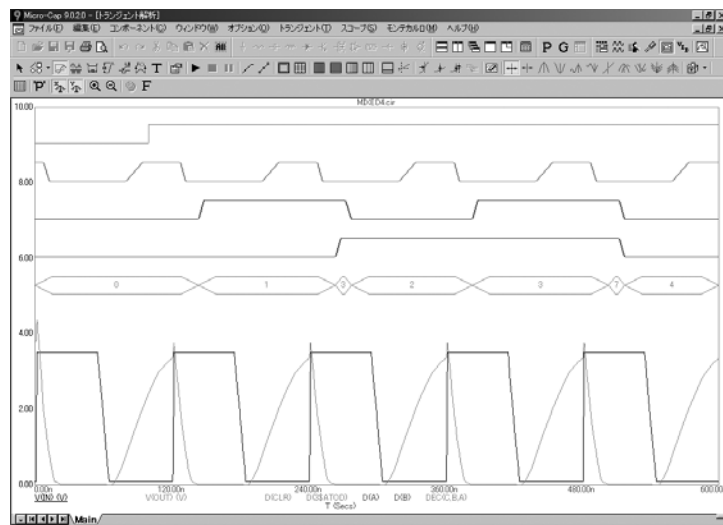


図4-2 MIXED4のトランジェント解析

上の5つの曲線はデジタルで、それぞれ、CLR入力、クロック入力、第1段の2つのフリップフロップの状態出力、3つのフリップフロップの十進値を示しています。下の2つの曲線は電圧で、入力信号源とアナログ部の出力をプロットしています。一般的に、V(A)はアナログノードAの電圧をプロットし、D(B)はデジタルノードBの状態をプロットします。

他の曲線の
プロット

様々な変数を利用した数式をプロットすることができます。たとえば、ノード電圧、デバイスの端子電圧/電流などがあります。複数の曲線をプロットするために、新しい曲線フィールドを追加したり、既存の曲線フィールドを変更することができます。実際にやってみましょう。F9を押して、解析リミットダイアログボックスを表示します。一番下の行の任意の欄をクリックします。ダイアログボックスの上部の追加ボタンをクリックすると、新しい行が追加され、テキストカーソルがそのP欄に移動します。また、新しい行には、その1つ上の行のすべてのフィールドの内容がコピーされています。削除ボタンをクリックすると、追加したばかりの曲線が削除されます。もう1度、追加ボタンをクリックすると、削除した行が再び追加されます。

ここでは、新しい曲線を別のプロットに表示したいので、P欄の「1」を「2」に変更してください。タブキーを2度押すか、マウスでY式フィールドをクリックして、次の文字列を入力します。

"IC(Q4)*VCE(Q4)"

さらに、タブキーを2度押し、カーソルをY範囲フィールドに移動して、「Auto」と入力します。これは、Y軸のスケール範囲を解析実行後に自動決定することをプログラムに指示します。解析中は、MC10は既定のスケールで波形をプロットします。実行中数回、曲線に応じてスケールが更新されます。実行が完了すると、MC10は曲線全体を表示するのに必要なスケールを決定してプロットを行い、新しいスケールをX範囲フィールドとY範囲フィールドに入力します。

関数や変数の名前が思い出せないときは、変数リストを利用してください。

関数や変数の名前が思い出せないときは、記憶の助けとして変数リストを利用してください。実際にやってみましょう。追加ボタンをもう1度クリックします。新しいY式フィールドを左マウスボタンでクリックし、CTRL + Aを押してY式全体を選択します。選択されたY式の任意の部分を右マウスボタンでクリックします。すると、変数リストが呼び出されます。変数リストは、変数、関数、演算子の選択が可能な小さいポップアップメニューです。また、このメニューから、狭いテキスト編集領域をフルサイズのテキスト編集ダイアログボックスに拡大することもできます。これは、多くの括弧を含む複雑な式の場合に便利です。**Variables**をクリックして **Device Currents**をクリックすると、回路で使用可能なデバイス電流の一覧を含むダイアログボックスが表示されます。I(VCC)をクリックしてOKをクリックすると、テキスト「I(VCC)」がY式フィールドに入力され、カーソルがテキストの右に置かれます。Y式は次のようになります。

I(VCC)

「*」を入力し、右マウスボタンをクリックして、**Variables/Device Voltages/V(VCC)**を選択し、OKをクリックすると、Y式は次のようになります。

I(VCC)*V(VCC)

Homeキーを押し、カーソルをフィールド開始位置に移動して、右マウスボタンをクリックして**Functions/Caculus/SUM**を選択します。SUMは積分演算子で、右側の式をX式の変数Tについて積分します。Endキーを押して、カーソルをフィールドの終わりに移動して「/T」と入力し、VCCバッテリーによって供給される平均電力を求める式を作成します。この結果、Y式は次のようになります。

SUM(I(VCC)*V(VCC),T)/T

新しい曲線がY範囲フィールドのAutoで作成されたため、実行後、MC10は、実際の範囲を求め、適切なYスケールを計算します。同一プロットグループに2つの曲線が存在するため、この計算は、2通りの方法があります。1) 両方のグラフを表示するために十分な大きさを持つ共通のスケールを求める。2) 曲線毎のスケールを求めて、2つのYスケールを表示する。どちらを選択するかは、**スコープメニューの各プロットグループに同じYスケールオプション**で決まります。このオプションがチェックされていると、各プロットグループの曲線はみな、全体を表示するのに十分大きな共通のスケールによってプロットされます。これは、オートスケールが使用されようと、ユーザ指定のスケールが使用されようと、変わりません。このオプションを選択すると、MC10は、指定されたスケールまたは計算されたスケールの中で最も大きいスケールを使用して、一つのスケールを描きます。実行ボタンをクリックしてください。このオプションを無効にした場合の新しい実行結果を以下に示します。

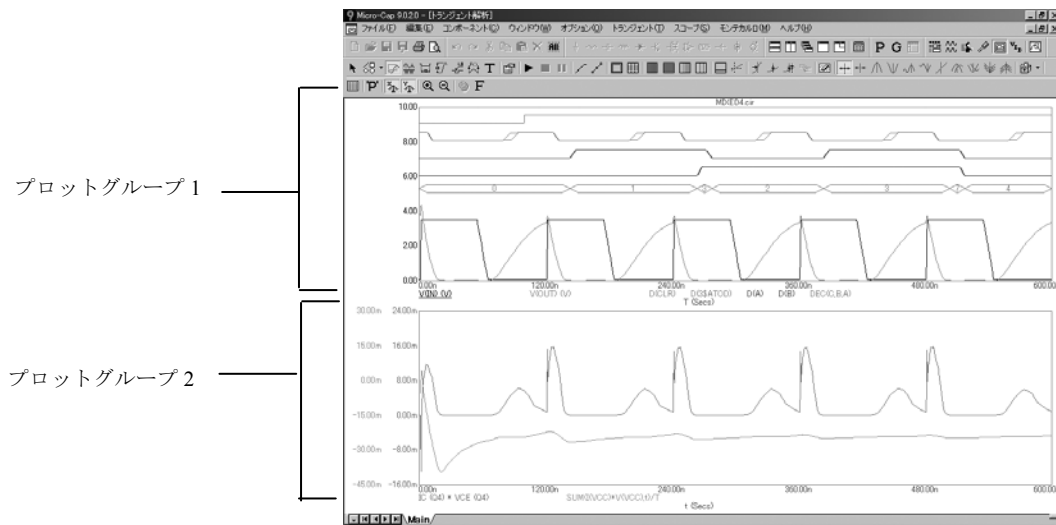


図4-3 2つのプロットグループを持つトランジェント解析

グループ1は、元からある曲線です。グループ2には、出力トランジスタQ4の瞬時コレクタ電力と、バッテリーVCCによって供給される平均電力が含まれます。プロットのグループ化は、P欄の番号によって指定されます。同一の番号を持つすべての曲線は、同一グループ内にプロットされます。

アナログ曲線とデジタル曲線は、同じグループに含めることも、別々にすることもできます。グループ化すると、デジタル曲線は、解析リミットダイアログボックスの順にプロットされ、アナログ曲線は、アナログ曲線にのみ適用されるスケール範囲を使用してプロットされます。この結果、デジタル曲線とアナログ曲線がオーバーラップする可能性があります。このオーバーラップは、大きいY範囲値によりアナログ曲線を圧縮して、その発生を最小化することができます。アナログとデジタルを別々のグループにすることでオーバーラップは防げますが、同じ時間における2つの曲線を比較するときやや不便になります。

同じYスケール

スコープメニューの各プロットグループに同じYスケールオプションを有効にすると、曲線がどのように見えるか見てみましょう。プロットは次のようになります。

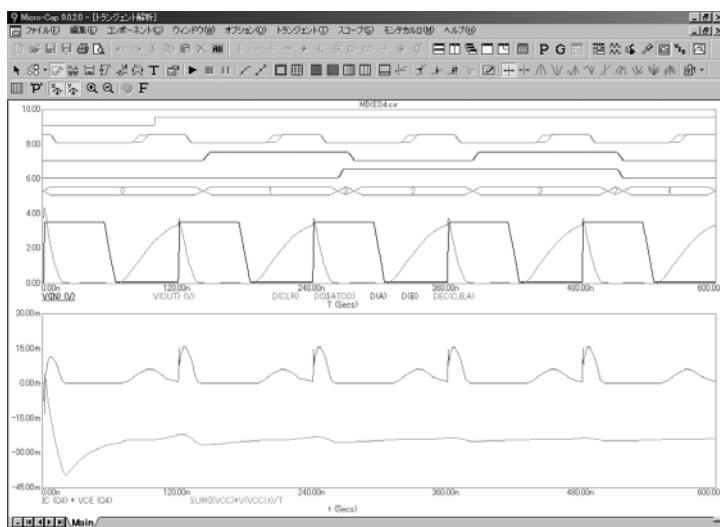



図4-4 同じスケールオプションを有効にした場合のプロット

2つのスケールが、各スケールの最大スケール値と最小スケール値を持つ共通のスケールにマージされました。

トークン オプション

色により、個々の曲線を識別できますが、モノクロのプリンタでは、曲線の識別が困難な場合があります。このような場合、トークンが異なる曲線の識別に有効となる場合があります。実際にトークンボタン  をクリックしてみましょう。

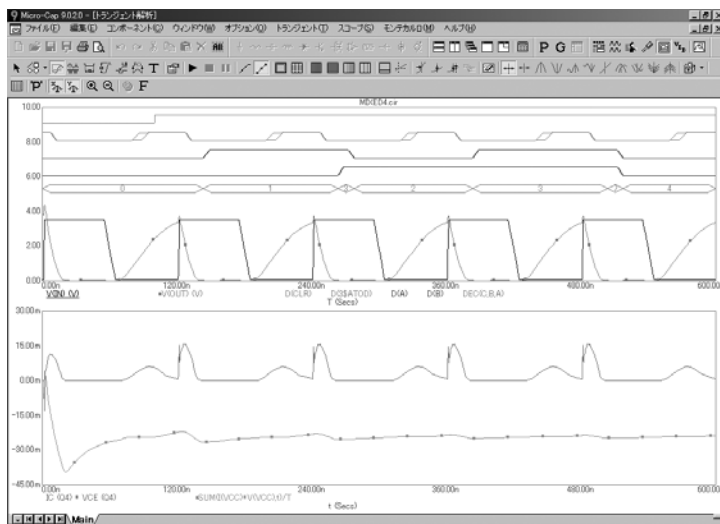


図4-5 トークンを使用したプロット

プロットプロパティダイアログボックス

プロットプロパティダイアログボックスで曲線の表示フォーマットを変更することができます。F10を押して、プロット用のダイアログボックスを呼び出します。下の画面が表示されます。

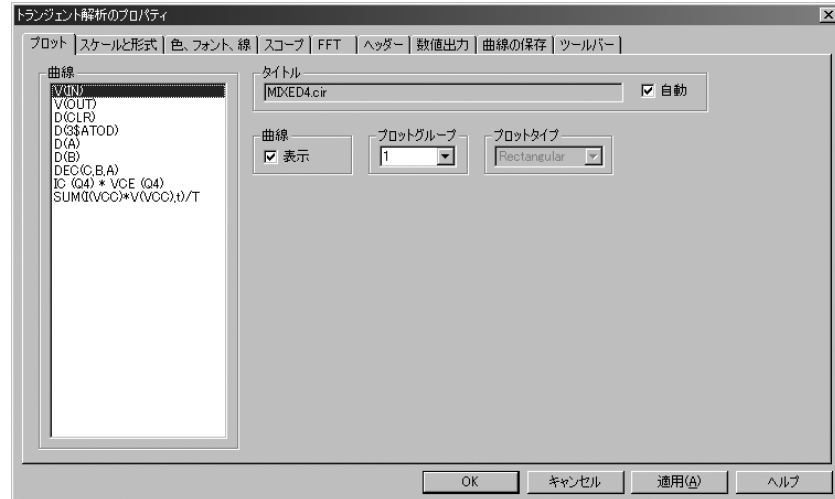



図4-6 プロットプロパティダイアログボックス

色、フォント、線パネルのオブジェクトセクションからV(OUT)を選択し、曲線セクションから幅5を選択します。V(IN)をクリックして、リストの3番目のパターン(破線)を選択し、OKボタンをクリックします。また、ツールバーのトークンボタンをクリックして、トークンを無効にします。すると、表示される画面は次のようになります。

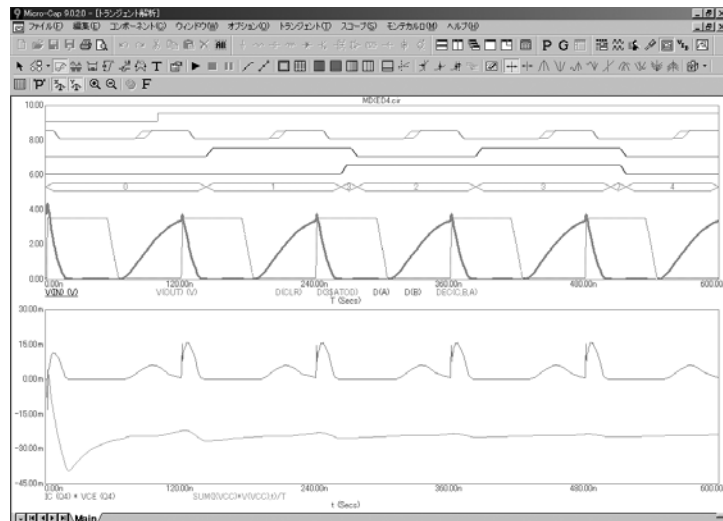



図4-7 線幅とパターンの使用

データポイント オプション

他のオプションをいくつか実際に試してみましょう。データポイントボタンをクリックすると、計算されたデータ点のマーカーアイコンの表示が切り替わります。このオプションは初期時には無効で、クリックすると有効になり、データ点マーカーアイコンが追加され、次のようなプロットが生成されます。

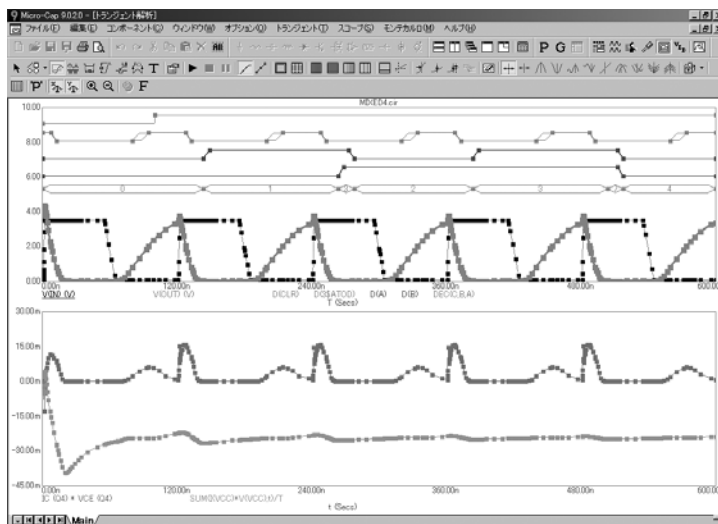




図4-8 データポイントオプションを有効にした場合のプロット

シミュレータは、エラーを最小化し、実行を加速するために、可変時間ステップアルゴリズムを使用するため、実際の時間ポイントの時間間隔は一律ではありません。データ点マーカーは、実際に計算された時間ポイントに配置されます。マーカーの表示が必要な状況として、次のようなものが挙げられます。

不十分な曲線サンプリング：トランジェント解析で、シミュレータがスイッチのしきい値を素通りしてしまふことがあります。また、不規則に見える電源曲線をさらに多くのデータポイントで「補完」したい場合があります。電荷エラーは内部のトランケーションエラールーチンによって厳密に制御されているものの、サンプリングが不十分に見えることがあります。データ点アイコンにより、データ点の位置と、より多くのデータ点が必要かどうかわかります。AC解析で、狭い通過/非通過バンドのスパイクが表示されない場合があります。データ点アイコンにより、そのバンド内で実際に計算が行われたかどうかわかります。

本当にスパイクかどうか見る：曲線上にスパイクが表示されることがあります。曲線がある点で向きを変える場合、そこに表示されるスパイクは、ほとんどの場合、単に積分ルーチンの副産物である場合が大半です。この識別は、データ点をマークすることによってのみ可能です。スパイクが積分ルーチンによるものである場合、REL TOLと最小時間ステップのどちらか、あるいは両方を減らすことによって、軽減することができます。

他のオプション
を実際に試して
みる

他のオプションもいくつか実例で示します。水平軸グリッドボタン
と垂直軸グリッドボタンをクリックすると、プロットは次のよう
になります。

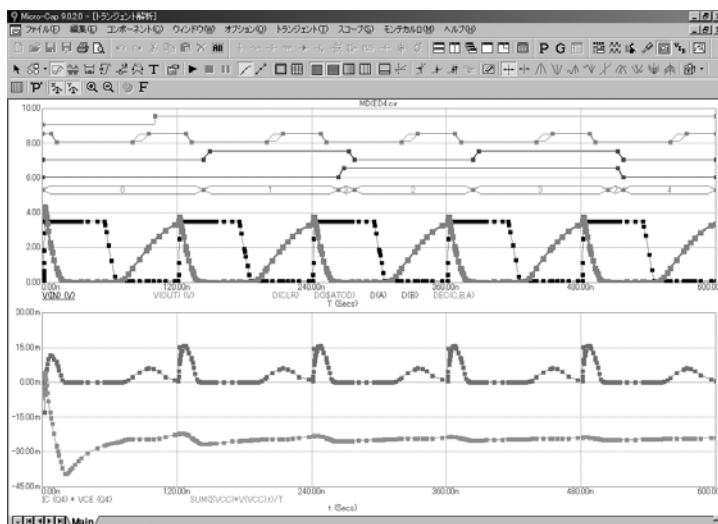



図4-9 プロットへのグリッドの追加

F9を押し、動作点と動作点のみオプションを有効にします。動作点の計算を行った後、停止するようにプログラムに指示します。動作点の計算を行う場合、信号源はすべて定義された初期値に設定され、コンデンサはすべて削除され、インダクタはすべて短絡に置き換えられます。その後、初期時間ポイントにおける状態変数（ノード電圧、インダクタ電流、およびデジタル状態）の定常状態のDC値が計算されます。この値のセットを、DC動作点と呼びます。F2を押し、動作点のみの解析を行います。解析は動作点のみであるため、プロットは表示されません。F3を押し、解析を終了し、ノード電圧ボタンをクリックすると、計算された最後の状態と電圧が表示されます。この場合、動作点のみの計算を行った直後であるため、表示値は動作点の値です。

状態変数とその初期化

状態変数は、回路を表現する数学システムの状態や条件をいつでも定義します。解析実行を開始する前に、これらの変数はなんらかの値に初期化しなければなりません。MC10の初期化方法は以下のとおりです。

セットアップ初期化：

最初にトランジェント解析、AC解析、またはDC解析を選択したときに、すべての状態変数は0に設定され、すべてのデジタルレベルはXに設定されます。これを、*セットアップ初期化*と呼びます。

実行時初期化：

個別の新しい実行では、解析リミットダイアログボックスの状態変数オプションに基づいて*実行時初期化*が呼び出されます。これには、F2を押して起動するか実行ボタンをクリックして起動する、パラメータをステップングする、モンテカルロを使用する、温度をステップングする、など方法の種類にかかわらず、すべての実行が含まれます。次の3つの選択肢があります。

Zero：電荷、磁束、ノード電圧、インダクタ電流などのアナログ状態変数が0に設定されます。デジタルレベルはXに設定されますが、フリップフロップのQ出力/QB出力の場合には、グローバル変数 DIGINITSTATEの値に従って、0、1、Xのいずれかに設定されます。この値は、全般設定ダイアログボックスで定義されます。DC 解析では唯一のオプションです。

Read：MC10は、変数の値を、ファイルCIRCUITNAME.TOPから読み取ります。このファイルは、状態変数エディタの書き込みコマンドで作成されます。

Leave：MC10は、初期状態変数に対して何もしません。そのままにしておきます。以下の3つの場合が考えられます。

一度目の実行：変数が状態変数エディタで編集されていない場合、変数はセットアップ初期化の値のままです。

以降の実行：変数が状態変数エディタで編集されていない場合、変数は直前の実行の最終値のままです。

変数が編集されている場合：変数が状態変数エディタで編集されている場合、変数はエディタで表示された値です。

Retrace：MC10は、初期状態変数に対して何もしません。そのままにしておきます。

デバイス初期化 :

デバイス初期化は、第3のステップです。最初の実行では常に実行され、LeaveもRetraceも無効であれば、その後の実行でも実行されます。

状態変数オプションが処理された後に.IC文が処理されます。インダクタ電流やコンデンサ電圧の文のようなDevice IC文は、.IC文と衝突がなければ.IC文に優先します。

.IC文は、初期バイアス点計算を通じて維持される値を指定することに注意してください。

これらはバイアス点の最初の実行後に変化する可能性があります（通常は変化する）、単純な初期値より弾力性があります。このことが良いことであるか悪いことであるかは、何をしようとしているかに依存します。

これらの初期値を使用して、オプションで動作点計算を行うことができ、状態変数が変化することがあります。動作点計算が実行されない場合、状態変数は初期化処理のままで変化しません。動作点計算が一度実行されると、終了時の状態変数の値は動作点の値と等しくなります。

トランジェント解析は、セットアップ初期化、実行時初期化、デバイス初期化が完了した後に開始されます。

状態変数エディタ

実際に、状態変数エディタを使用してみましょう。回路MIXED1をロードすると、次のような画面が表示されます。

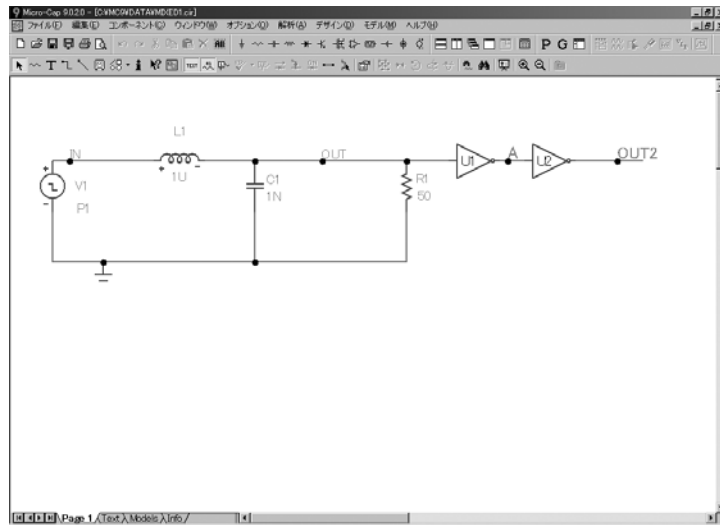


図4-10 MIXED1回路

この回路にはアナログ部があり、それがデジタル部を駆動しています。解析メニューのトランジェント解析を選択すると、次のようなダイアログが表示されます。



図4-11 MIXED1解析リミット

F2を押して実行すると、結果は次のようになります。

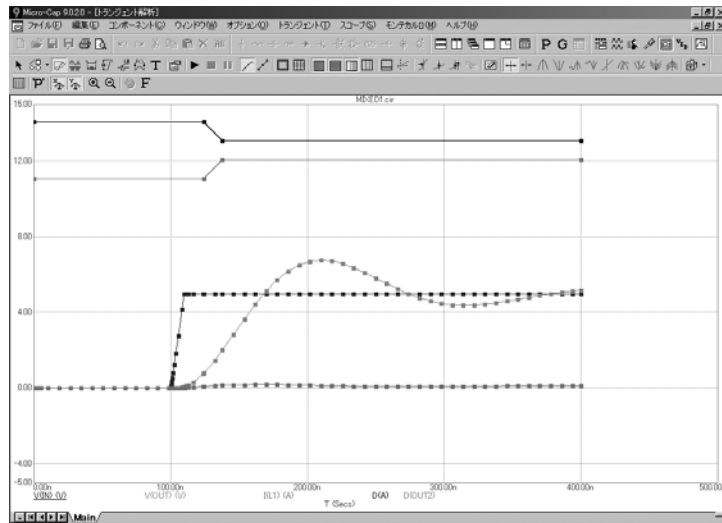


図4-12 トランジェント解析の実行

トランジェントメニューの**状態変数エディタ**を選択すると、次のように表示されます。



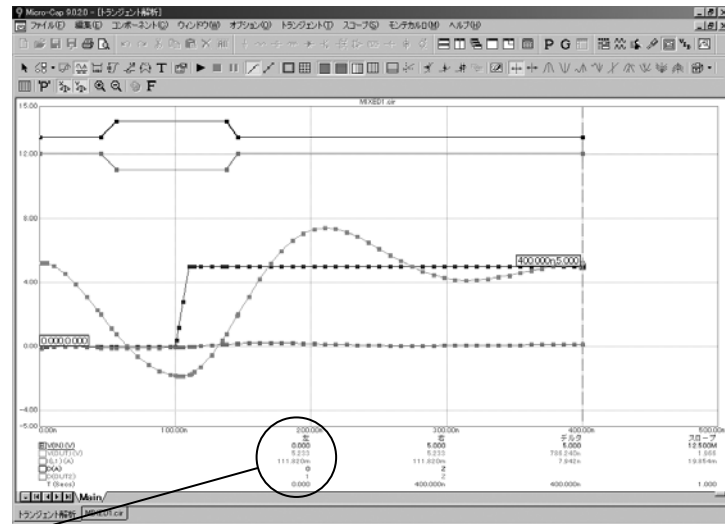
図4-13 状態変数エディタ

このエディタでは、状態変数の表示と編集を行うことができます。状態変数は、ノード電圧（左の列に表示）、インダクタ電流（中央の列に表示）、デジタルノードレベル（右の列に表示）から構成されます。ノード電圧とデジタルノードレベルは、ノード名が（存在する場合）かノード番号で識別されます。インダクタは、部品名で識別されます。

画面には、状態変数の現在値が表示されます。トランジェント解析を実行したばかりなので、解析実行の最後のデータ点の値が表示されています。

実際にためしてみしましょう。インダクタ電流のL1フィールドをマウスでダブルクリックして「2」を入力します。これにより、インダクタ電流は0.2アンペアに設定されます。ノード電圧のOUTフィールドをダブルクリックして「6」を入力し、OUTノードを6.0ボルトに設定します。デジタルのノードレベルのOUT2フィールドをダブルクリックして「X」を入力し、OUT2ノードレベルをXに設定します。閉じるボタンをクリックします。

解析リミットダイアログボックスの実行オプションは、動作点をスキップし、実行時に状態変数をそのまま (Leave) にするよう設定します。このようにしておくことにより、今編集したばかりの状態変数を初期値として使用するよう指示できます。動作点計算が行われなため、プロットの初期値は、状態変数エディタの値を反映するはずですが、F2を押して、実行を開始してください。終了したら、F8を押して、表示画面をカーソルモードにします。結果は、次のようになります。



初期値


図4-14 カーソルモードでの解析結果初期値

V(OUT)の初期値 (Leftカーソル欄に表示) は6.0ボルトで、それは状態変数エディタで指定した値と同じになっていることにご注意ください。同様に、インダクタ電流の初期値は0.2、ノードOUT2のデジタルレベルの初期値はXになっています。

F3で解析を終了し、CTRL + F4で回路ファイルを閉じてください。

スライダの使用

スライダとは、直接的な方法でコンポーネント値やモデルパラメータの変更に使用するグラフィックコントロールです。スライダはステップングと同様にパラメータ値がどのように解析曲線に影響するかを示しますが、スライダは自発的かつ直観的な方法で示します。スライダはすべての解析モードで利用できます。

スライダの使用法を説明します。回路555MONO.CIRをロードしてください。解析メニューからトランジェント解析を選択し、左右に並べて表示ボタンをクリックします。F2を押して、解析を実行します。結果は次のようになります。

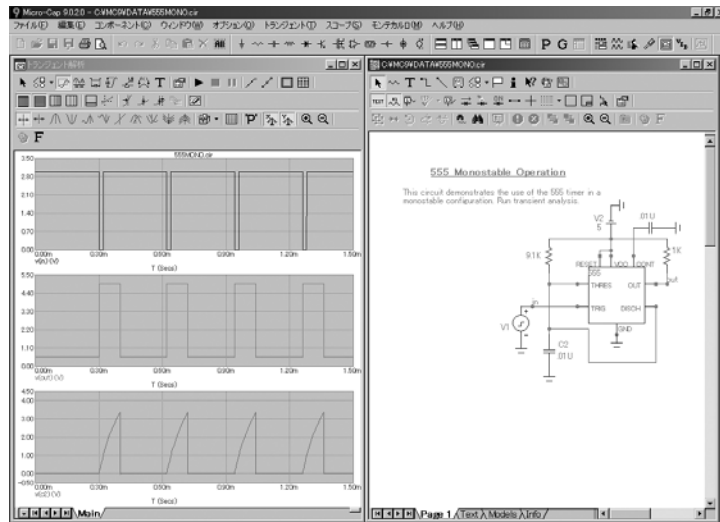


図4-15 555MONOのトランジェント解析

トランジェント/スライダ/スライダの追加を選択します。ダイアログボックスは次のようになります。



図4-16 スライダダイアログボックス

パラメータリストからC2を選択します。Min領域に「1」を入力し、Max領域に「20n」を入力します。OKをクリックし、スライダボックスをクリックします。C2の値が1nに減少するまで下向きの矢印キーを押します。表示は次のようになります。

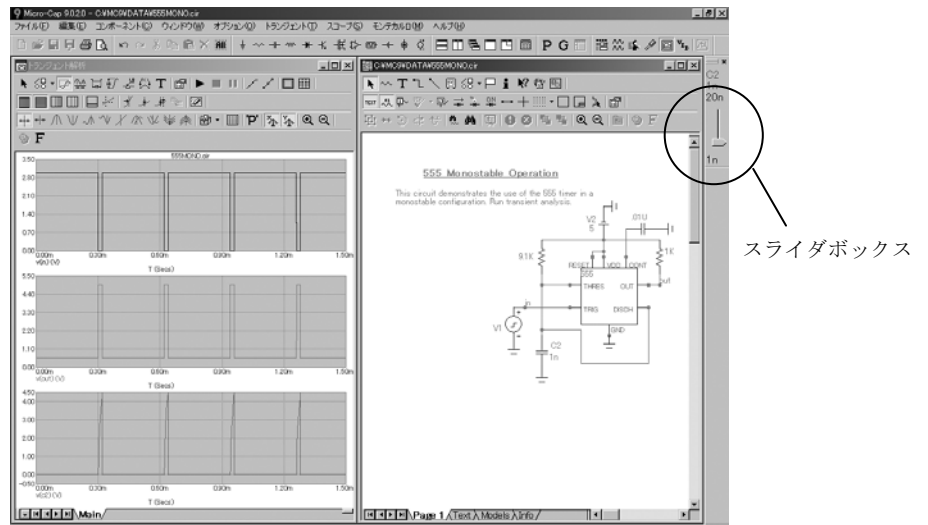


図4-17 C2値を1nにスライドした影響

パルスは初期の10nから1nへのC2減少により狭まりました。F9を押して、プロットの蓄積オプションを有効にします。スライダボックスをクリックし、C2が20nに増加するまで上向き矢印キーを押します。表示は各プロットを蓄積し、次のようになります。

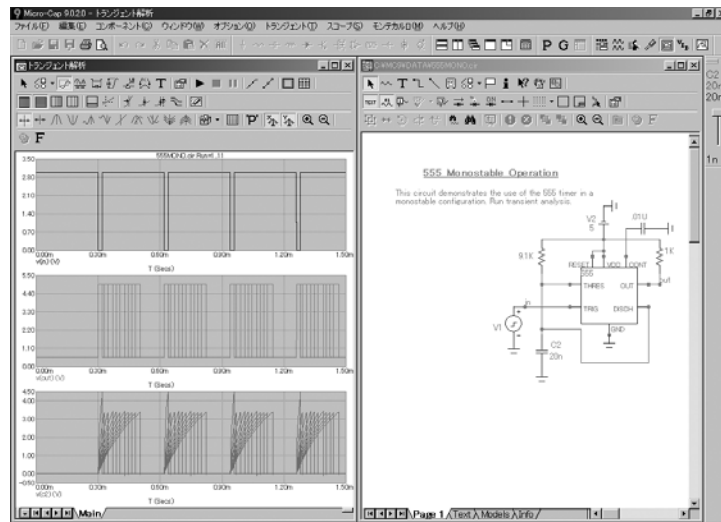


図4-18 1nから20nへのC2スライド

波形バッファの使用

波形バッファは波形保存エリアを提供します。その説明をしますので バッファファイルをロードしてください。トランジェント解析を選択し、F2を押します。底部のV(1)を右クリックします。画面は次のようになります。

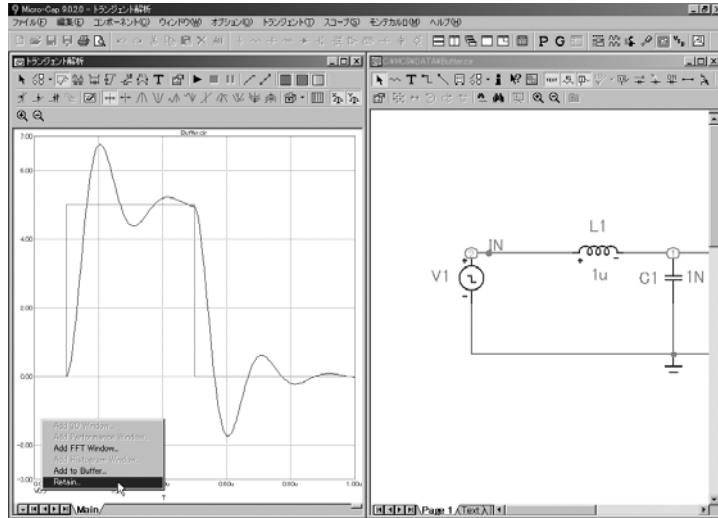


図4-19 バッファトランジェント解析

保持オプションを選択します。ダイアログボックスのOKをクリックします。保持オプションは波形を保存し、「V(1)」の名前を使ってそのプロットを解析リミットに追加します。インダクタをクリックし、上向きの矢印キーを3回押します。画面は次のようになります。

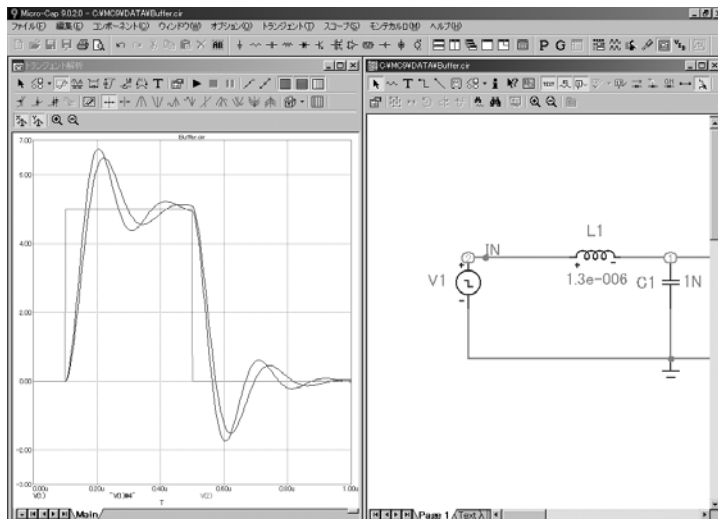


図4-20 バッファ比較プロット

プロットはオリジナルの波形と $1.3E-6$ へのインダクタンス変化を反映した波形を示します。

F3を終了し、AC解析を実行し、F2を押します。プロット底部のV(OUT)を右クリックします。保持を選択し、OKを押します。これでV(OUT)対Fの曲線がバッファに追加され、そのプロットが「V(OUT)」としてAC解析リミットに追加されます。

ここでインダクタをクリックし、下向き矢印キーを3回押します。画面は次のようになります。

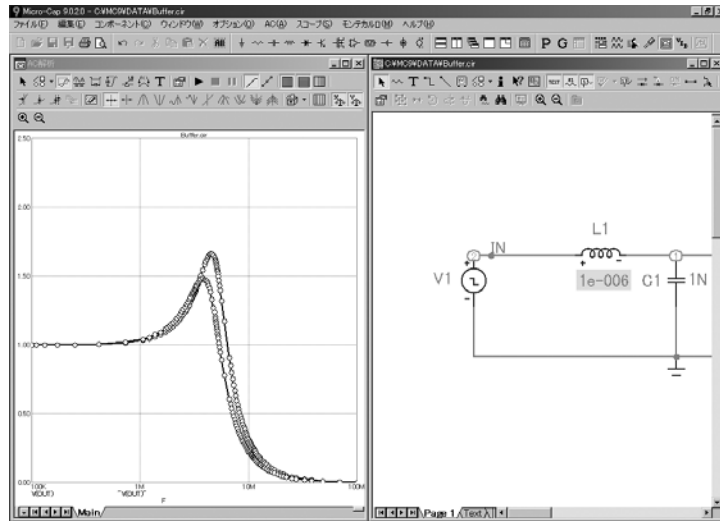


図4-20 バッファAC比較プロット

プロットはオリジナルの保存曲線「V(OUT)」と、インダクタンスが $1E-6$ に戻った変化を反映した新しい曲線「V(OUT)」を示します。

波形バッファには、AC、DC、トランジェント、高調波歪み解析および相互変調歪み解析の曲線や波形を保存できます。波形バッファはまた、プロットされた曲線および波形をすべて記録するように自動的に設定できます。ただしこの場合はユーザ設定のメモリー最大値が限度です。自動モードでは、曲線はリストの上から下へと削除されます。曲線は削除から保護することができます。

波形バッファは**CTRL+SHIFT+B**でアクセスできます。また、XまたはY式領域のどちらか一方を右クリックして呼び出す変数リストのバッファ項目からもアクセス可能です。

本章の内容

本章は、AC解析について説明します。取り扱う項目を以下に示します。

- ・ AC解析
- ・ AC解析リミットダイアログボックス
- ・ オプションと条件の実際の使用
- ・ プロットまたは印刷する曲線を選択
- ・ プロットオプションの選択
- ・ 数値出力
- ・ 入力ノイズ／出力ノイズのプロット
- ・ ナイキストプロット
- ・ スミスチャート
- ・ 極座標プロット

AC解析

AC解析ではまず、オプションなDC動作点とオプションな周期定常状態が計算されます。デジタルノードは、動作点の状態で安定化され、接続されたアナログノードに影響を及ぼします。次に、線形化された小信号ACモデルがそれぞれのコンポーネントに対して作成され、線形な網方程式の集合に統合されます。これらの方程式を、多くの周波数ポイントで繰り返し解くことにより、回路内のAC発生源に対する小信号応答が得られます。デジタルコンポーネントの線形化されたACモデルは開回路となります。つまり、デジタル部品は小信号解析では無視されます。

発生源は、回路内の独立波形信号源により提供されます。パルス源とサイン源は、固定された実数の1.0ボルトAC信号を提供します。ユーザ信号源は、ファイルで指定された実数部と虚数部から構成される信号を提供します。SPICEの独立信号源VとIは、ユーザが指定した実数のAC信号振幅を提供します。関数信号源は、FREQ属性式がある場合だけAC信号を生成できます。AC信号を生成する信号源は、ほかにはありません。

AC解析は、発生源とシステム変数（ノード電圧と各種のブランチ電流）を複素数で表現します。これら複素数の表示/プロットを行うために、RE（実数）、IM（虚数）、dB（ $20 \cdot \text{Log}()$ 、デシベル）、MAG（振幅）、PH（位相）、GD（群遅延）といった演算子が提供されています。

実際にAC解析を行ってみましょう。ファイルDIFFAMPをロードすると、次のような画面が表示されます。

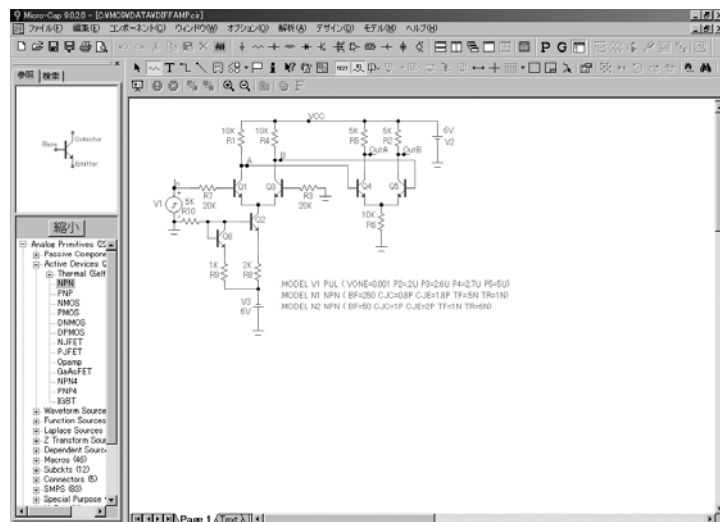


図5-1 DIFFAMP回路

解析メニューのAC解析を選択し、AC解析リミットダイアログボックスを表示します。このダイアログボックスには、次のようなフィールドが存在します。

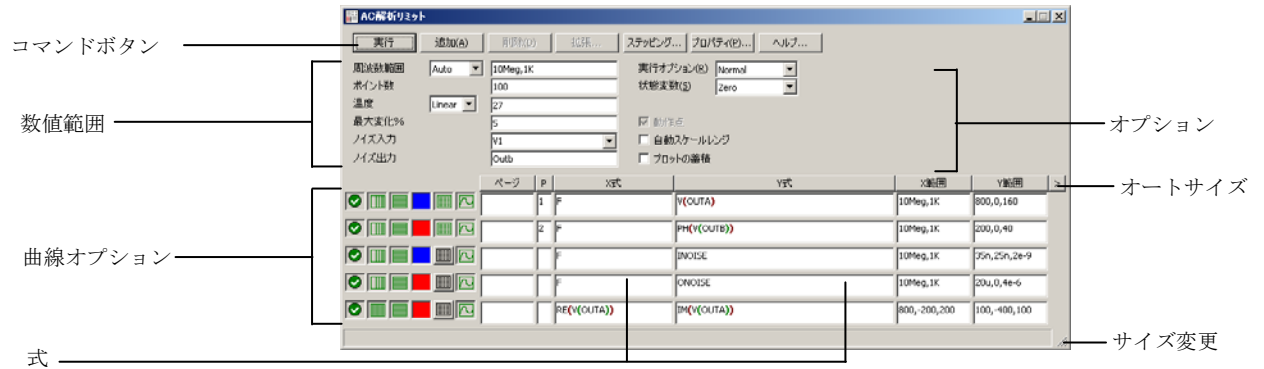


図5-2 AC解析リミットダイアログボックス

この回路には、1.0 VのAC信号を提供する信号源が一つ存在します。このダイアログボックスでは、1Kから10Megまでの周波数を掃引（スイープ）し、ノードOUTAにおける電圧の大きさとノードOUTBにおける電圧の位相角をプロットする設定が行われています。F2を押すと、結果は次のようになります。

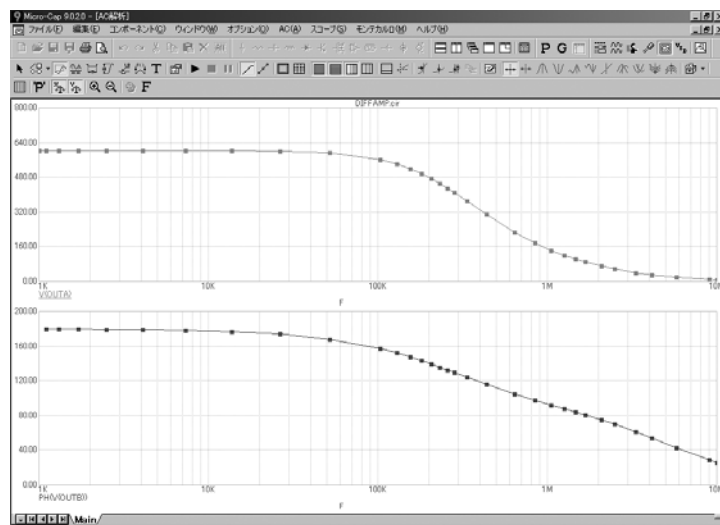



図5-3 AC解析プロット

AC解析リミットダイアログボックス

AC解析リミットダイアログボックスは、コマンドボタン、数値範囲、曲線オプション、式、およびオプションという5つの領域に分けられます。

コマンドボタンは数値範囲フィールドの真上にあります。

実行：解析を開始します。ツールバーの実行ボタン  をクリックするか、F2を押すことによっても、解析が開始されます。

追加：カーソルが存在する行の後に、曲線オプションフィールドおよび式フィールドの行を追加します。式フィールドの右側のスクロールバーは、表示できるものがまだ存在する場合、波形をスクロールします。

削除：テキストカーソルが存在する曲線オプションフィールドおよび式フィールドの行を削除します。

拡張：テキストカーソルが現在存在するテキストフィールドの作業領域を編集/表示用の大きいダイアログボックスに拡大します。この機能を使用するには、式フィールドをクリックした後、拡張ボタンをクリックします。

ステップング：ステップングダイアログボックスを呼び出します。ステップングについては、別の章で説明します。

プロパティ：解析プロットウィンドウと曲線の表示方法を制御できるプロパティダイアログボックスを呼び出します。「第4章トランジェント解析」のプロットプロパティダイアログボックスについての説明を参照してください。

ヘルプ：ヘルプ画面を呼び出します。ヘルプシステムは、索引およびトピック別に情報を提供します。

数値範囲フィールドの各項目の定義を以下に示します。

・周波数ステップリストボックス

- **Auto**：この方法では、最初のグループの最初のプロットをパイロットプロットとして使います。ある周波数から別の周波数までプロットがフルスケールの[最大変化%]より大きな垂直の変化をした場合、周波数ステップ変更量を小さくします。そうでなければ大きくします。[最大変化%]は、AC解析リミットダイアログボックスの4番目の数値フィールドの値です。**Auto**は、スムーズなプロットを生成するのに最小の数のデータ点を使用するので、**Auto**が標準です。

- **Linear** : この方法では、線形な水平スケールにおいてデータ点の水平距離が等しくなるように周波数ステップを生成します。ポイント数フィールドでは、採用するデータ点の総数を設定します。
- **Log** : この方法では、対数の水平スケールにおいてデータ点の水平距離が等しくなるように周波数ステップを生成します。ポイント数フィールドでは、採用するデータ点の総数を制御します。
- **List** : この方法では、1E8、1E7、5E6 のように周波数範囲におけるコンマで区切られた周波数ポイントのリストを使います。
- **周波数範囲** : このフィールドでは、解析用の周波数レンジを指定します。構文は、*<Highest Frequency> [, <Lowest Frequency>]*です。*<Lowest Frequency>*が指定されていない場合、*<Highest Frequency>*での1つのデータ点を計算します。
- **ポイント数** : 数値出力ウィンドウに表示するデータ点の数を決定します。リニア (Linear) もしくは対数 (Log) のステップを使う場合は、実際に計算されるデータ点数も決定されます。Auto Stepの方法を使う場合、実際に計算されるデータ点の数は*<最大変化%>*で制御されます。Autoが選択された場合、補間により指定された数の点が数値出力で生成されます。デフォルト値は51です。通常この設定には奇数を指定し、間隔が偶数個になるようにします。

リニアでは、周波数ステップと表示間隔は次の通りです。

$$(\text{<Highest Frequency>} - \text{<Lowest Frequency>}) / (\text{<Number of points>} - 1)$$

対数では、周波数ステップと表示間隔は次の通りです。

$$(\text{<Highest Frequency>} / \text{<Lowest Frequency>})^{1 / (\text{<Number of points>} - 1)}$$

- **温度** : このフィールドでは、実行のグローバル温度を°Cで指定します。デバイスの個別の温度が指定されない限り、この温度が各デバイスに使われます。リストボックスにLinearまたはLogと表示されている場合は、形式は次の通りです。

<high> [, <low> [, <step>]]

<low> のデフォルト値は<high>、<step>のデフォルト値は
<high> - <low> (リニアモード) またはhigh / low (対数モード) です。温度は<low>から開始し、<high>に到達するまで
<step>毎に増分される (リニアモード) または<step>が乗算
されます (対数モード)。




温度リストボックスがListの場合、次の形式です。



<t1> [, <t2> [, <t3>] [, ...]]



t1、t2、... は、それぞれの温度値です。


- ・**最大変化%**: この値は、周波数ステップでAutoが選択されたときの周波数間隔を制御します。
- ・**ノイズ入力**: ノイズ計算で使用される入力信号源の名前です。式フィールドでINOISE変数とONOISE変数が使用されていない場合、このフィールドは無視されます。
- ・**ノイズ出力**: このフィールドは、ノイズ計算で使用される出力ノード (複数可) のノード名か、ノード番号を保持します。式フィールドでINOISE変数とONOISE変数が使用されていない場合、このフィールドは無視されます。


曲線オプションは、数値範囲の下、式フィールドの左側にあります。それぞれの曲線オプションは、その行の曲線に対してだけ効果を持ちます。オプション機能を以下に示します。

最初のオプションは、保存してプロットする 、保存するがプロットしない 、および保存もプロットもしない  を切り換えます。「保存するがプロットしない」を選択した場合は、後でF10ダイアログボックスからディスプレイにプロットを呼び出して追加できます。





2番目のオプションは、X軸をリニア  プロットにするか、対数  プロットにするかを切り替えます。対数プロットの場合、スケール範囲は正でなければなりません。

3番目のオプションは、Y軸をリニア  プロットにするか、対数  プロットにするかを切り替えます。対数プロットの場合、スケール範囲は正でなければなりません。

 オプションはカラーメニューを起動します。個々の曲線のカラーについて64個の選択肢があります。ボタンのカラーが曲線のカラーになります。

 オプションは、曲線の数値で構成される表を表示します。表示される値は、実際に計算された値です。この表は数値出力ウィンドウに表示され、CIRCUITNAME.ANOファイルに保存

されます。

 オプションでは、基本プロットの種類を選択します。AC解析では、 直交座標、 極座標、 スミス座標の3種類を使用することができます。

ページ入力により、タブで選択できる指名プロットウィンドウに波形が表示されます。これにより、プロットをグループ化し、最適な状態でプロットを表示できます。たとえば、あるページに「電力」というラベルを付け、別のページに「電流」というラベルを付けることも可能です。

プロット (P) 欄の1から9までの数は、曲線を異なるプロットにグループ化するために使用されます。同じ番号の曲線は、すべて同一のプロットに表示されます。P欄が空白の場合、その曲線はプロットされません。

式フィールドには、X軸とY軸のスケール範囲と式を指定します。式は、複素量として取り扱われます。一般的に使用される式には、周波数F、ノード1の電圧のデシベル値 $\text{db}(v(1))$ 、ノード1の電圧の実数部 $\text{re}(v(1))$ があります。式は複素量として評価されますが、プロット上はX式対Y式の振幅だけが表示されることにご注意ください。式「 $V(3)/V(2)$ 」をプロットすると、MC10はその式を複素量として評価した後、最終結果の振幅をプロットします。周波数に対して、複素数を直接にプロットすることはできません。式の実数部に対してその虚数部をプロットすること(ナイキストプロット) や、周波数に対して大きさ、実数部、虚数部をプロットすること(線図) が可能です。

スケール範囲 (X範囲、Y範囲) には、XおよびY式をプロットするときを使用されるスケールを指定します。次はそのフォーマットです。

`<high> [,<low>] [,<grid spacing>] [,<bold grid spacing>]`

`<low>`のデフォルト値は0です。[`<grid spacing>`] は、グリッド間の間隔を設定します。[`<bold grid spacing>`]では、太字グリッド間の間隔を設定します。X範囲、Y範囲に「AUTO」を指定すると、範囲は自動計算されます。自動スケールレンジオプションは、シミュレーション時にすべての範囲に対するスケールを計算し、X範囲フィールドとY範囲フィールドを更新します。自動スケール (F6) コマンドは、すべての曲線のスケール範囲をただちに決定しますが、範囲の数値を変更しません。必要であればCTRL + HOMEで元に戻すことができます。`<grid spacing>`と`<bold grid spacing>`は、リニアスケールの場合にのみ使用できます。対数スケールでは、1/10の主要な自然なグリッド間隔が使用され、太いグリッドは使われません。自動スケールでは、**プロパティダイアログボックス (F10)/スケールとフォント/自動/静的グリッドフィールド**で指定されたグリッド数を使用します。

右マウスボタンでY式フィールドをクリックすると変数リストが呼び出されます。ここで、変数、定数、関数、演算子を選択したり、フィールドを拡大して長い式を編集したりできます。他のフィールドでも、右マウスボタンをクリックすると、適当な選択肢を表示した簡単なメニューが呼び出されます。

・実行オプション

・ **Normal** : シミュレーションを実行しますが、ディスクに保存しません。

・ **Save** : シミュレーションを実行し、ディスクにProbeフォーマットで保存します。

・ **Retrieve** : 以前に保存したシミュレーション結果をロードし、新しい実行と同様にプロットを行います。

・ **状態変数** : 以下のオプションは、動作点オプションを実行する前の、時間領域状態変数 (DC的な電圧/電流/デジタル状態) の値を決めます。

・ **Zero** : 状態変数の初期値 (ノード電圧、インダクタ電流、デジタル状態) として、0またはXを設定します。このオプションは、動作点を強制します。

・ **Read** : 以前保存された状態変数セットを読み取り、それらを解析実行時の初期値として使用します。ここで読み取られる値は、AC解析の直前のDC動作点値やトランジェント解析の値で、通常は線形化を行うためのバイアス条件となります。その場合、Readオプションの設定する他に、動作点オプションを無効にしたいと思われるかもしれません。

・ **Leave** : 状態変数の現在の値がそのまま使用されます。状態変数の最後の値が保持されます。これが最初の実行である場合、状態変数は0です。解析を実行したばかりで回路図エディタに戻っていない場合は、状態変数の値は実行が終わったときの値です。このオプションは、動作点を強制しません。

・ **動作点** : DC動作点の計算を行い、その結果、状態変数を変更します。DC動作点計算を行わない場合、これらの時間領域変数の値は初期化ステップ (Zero、Leave、Read) 実行後の値です。AC解析の線形化は、動作点 (省略可能) を実行後の状態変数を使用して行われます。非線形な回路で動作点の計算を行わない場合、小信号解析の妥当性は、状態変数 (ディスクからの内容、手入力、デバイス初期値、IC文による指定で決定されます) の正確性に依存します。動作点の計算を行うと、たいてい、状態変数の初期値が変更されます。

オプションと条件の実際の使用

図5-3のプロット上の小さい四角は、MC10で実際に計算が行われたポイントをマークします。最大変化%の値を5%から1%に減らしてデータポイントの数を増やし、プロットをスムーズにすることができます。F9を押してAC解析リミットダイアログボックスを表示し、最大変化%フィールドをダブルクリックして、「1」を入力します。その後、F2を押して解析を実行します。次の画面が表示されます。

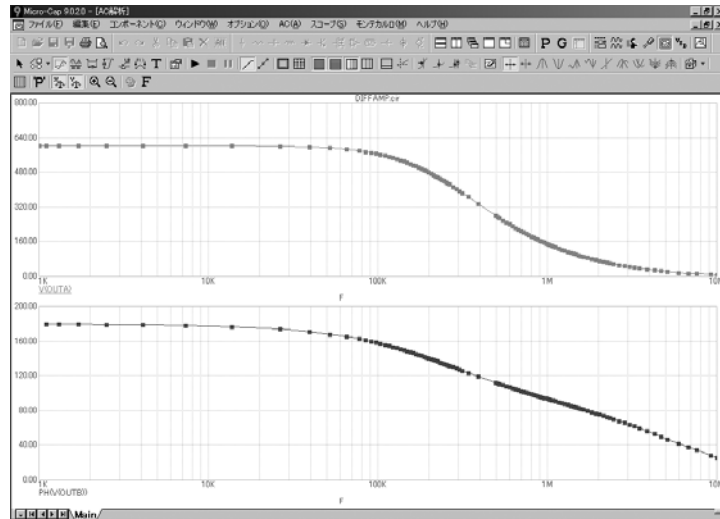


図5-4 最大変化%を1%に設定したプロット

1%に減らすとより多くのデータポイントが計算され、プロットがスムーズになります。現在の周波数範囲はAutoです。このモードでは、周波数間隔が、Y軸の値と角度の解析点間の変化が、指定された最大変化より小さくなるように自動調整されます。Autoは、たいていの曲線について、最小の計算コストで最もスムーズプロットを生成します。

この解析では、1%を使用して5%の解析の場合の約3倍の数のデータポイントを生成しています。解析時間はデータポイントの数に比例して増加するため、最大変化%は可能なかぎり大きい値に保つことが賢明です。通常、1から5までの値が適切です。1番目のカーブが非常にフラットである場合、固定的な周波数間隔を指定したほうがよい場合もあります。

実際にやってみましょう。F9を押して、解析リミットダイアログボックスを表示し、周波数範囲リストボックスをクリックします。リストがドロップダウンしたら、Logオプションをクリックします。その後、F2を押して、解析を実行します。解析結果は、図5-5のようになります。

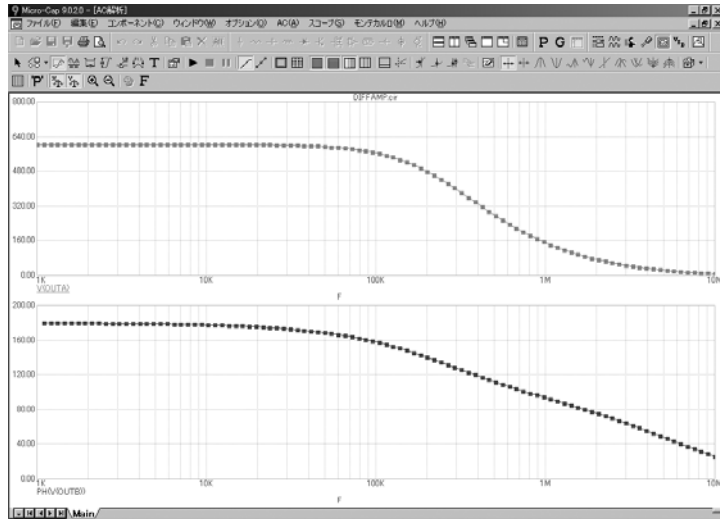


図5-5 Logオプションを使用したプロット

データポイント間の水平距離は一定で、これは、次の周波数を直前の周波数に定数をかけて算出しているからです。最低周波数は等比級数の初期値となるため、0であってははいけません。

Linearオプションは、X軸がリニアの場合にのみ使用します。実際にやってみましょう。F9を押して、周波数範囲フィールドを1E7,0に編集します。周波数範囲はLinearに変更し、最初の2つの曲線のX Log / Linearボタンの状態をLinearに変更します。F2を押して解析を実行すると、図5-6のようになります。

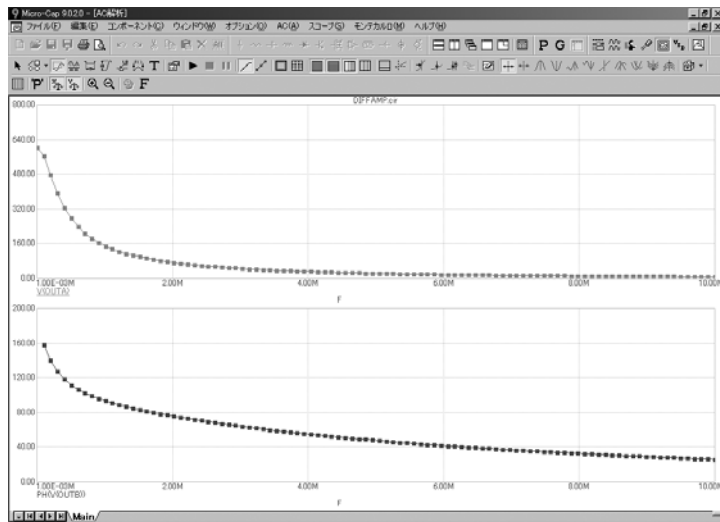

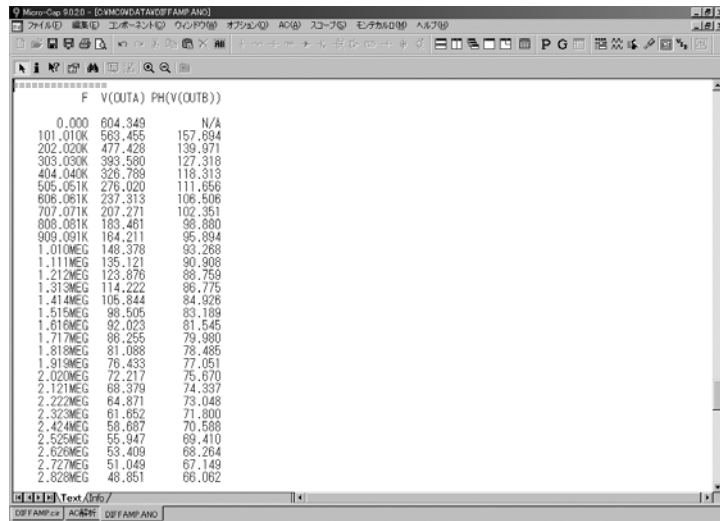


図5-6 Linearオプションを使用したプロット

数値出力


数値の表を得るには、数値出力が必要な各曲線について、数値出力ボタンをクリックします。ここでは、最初の2つの曲線について行いましょう。F9を押した後、ボタンを有効にします。F2を押して解析を実行します。数値出力は、数値出力ウィンドウと、DIFFAMP.ANOという名前のディスクファイルに出力されます。F5を押すとウィンドウが表示されます。最初の部分にはDC動作点の結果が表示されています。スクロールダウンして波形数値セクションを表示すると、画面は次のようになります。




F	V(OUTA)	PH(V(OUTB))
0.000	804.349	N/A
101.010K	563.455	157.894
202.020K	477.428	139.971
303.030K	393.580	127.318
404.040K	326.789	118.313
505.051K	276.020	111.656
606.061K	237.313	106.506
707.071K	207.271	102.351
808.081K	183.461	98.880
909.091K	164.211	95.894
1.010MEG	148.378	93.268
1.111MEG	135.121	90.908
1.212MEG	123.876	88.759
1.313MEG	114.222	86.775
1.414MEG	105.844	84.926
1.515MEG	98.505	83.189
1.616MEG	92.023	81.545
1.717MEG	86.255	79.990
1.818MEG	81.088	78.485
1.919MEG	76.433	77.051
2.020MEG	72.217	75.670
2.121MEG	68.378	74.337
2.222MEG	64.871	73.048
2.323MEG	61.652	71.800
2.424MEG	58.667	70.588
2.525MEG	55.947	69.410
2.626MEG	53.409	68.264
2.727MEG	51.049	67.149
2.828MEG	48.851	66.062

図5-7 数値出力

数値出力ウィンドウの印刷出力は、ファイルメニューの印刷オプションを使用して取得することができます。

解析プロットウィンドウを表示するには、F4を押すか、解析プロットボタンをクリックします。

数値出力ウィンドウを表示するには、F5を押すか、または数値出力ボタンをクリックします。

ノイズのプロット

MC10は、熱雑音、ショットノイズ、フリッカノイズの3種類をモデル化しています。

熱雑音は、電子のランダムな熱運動によって生成され、常に抵抗成分と関連があります。ディスクリートの抵抗やアクティブデバイスの寄生抵抗が、熱雑音に寄与しています。

ショットノイズは、様々な発生源（例えば再結合や注入）から電流が生成される時のランダムな変化を原因として生じます。ショットノイズは、たいてい、従属電流源と関連があります。半導体デバイスは、すべてショットノイズを発生します。

フリッカノイズは、様々な発生源から生じます。BJTの場合、発生源は、汚染トラップや他の結晶欠陥で、それらは捕捉した電荷をランダムに放出します。

ノイズ解析は、これらノイズ発生源の入力/出力における寄与を計算します。出力ノイズは、ノイズ出力フィールドで指定された出力ノードについて計算されます。プロットするには、Y式としてONOISEを指定します。入力ノイズは、計算はノイズ出力フィールドで指定された同じ出力ノードで行われますが、値はノイズ入力フィールドのノードから出力ノードまでのゲインによって除算されます。入力ノイズをプロットするには、Y式としてINOISEを指定します。

F9を押して、図5-8のように解析条件を編集します。必ず、最初の2つの波形の数値出力を無効にし、Logオプションを選択してください。



図5-8 ノイズプロットの解析条件

F2を押して解析を実行すると、解析結果は次のようになります。

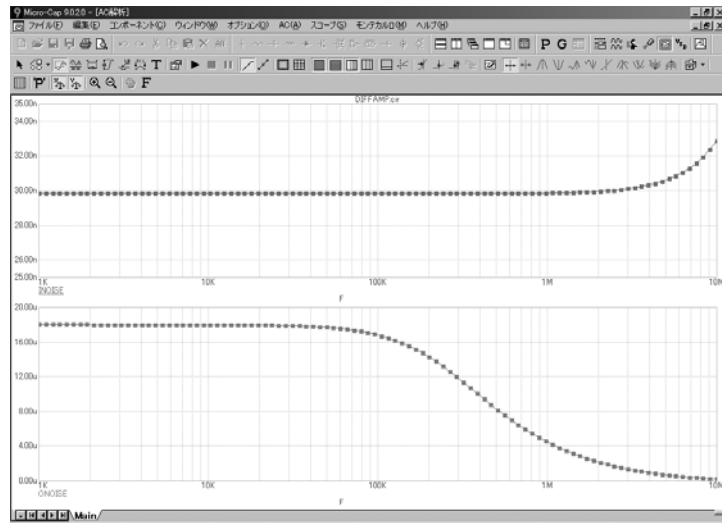


図5-9 入力ノイズと出力ノイズのプロット

この回路では、熱雑音は抵抗から発生しています。ショットノイズ／フリッカノイズは、トランジスタから発生しています。

ノイズについては異なる方程式が構築されるため、ノイズ変数と、他の種類の変数（通常の電圧や電流など）を同時にプロットすることはできません。これが、他の曲線のPフィールドに空白を設定して無効にし、そのノイズ出力フィールドを無効にした理由です。ノイズ変数と他の変数を同時にプロットまたは印刷しようとすると、プログラムはエラーメッセージを發します。

ノイズは本質的にランダムなプロセスであるため位相情報を含みません。この理由で、ノイズはRMS量として定義されます。そのため、ノイズのプロットに位相（PH）演算子と群遅延（GD）演算子を使用しても意味がありません。ノイズでは、大きさだけに意味があります。

ノイズの単位は、V/sqrt（Hz）です。

ナイキストプロット

ナイキストプロットは簡単に作成できます。解析条件を次のように編集します。ここでは、最後の曲線だけ有効に、他の曲線を無効に設定し、Logステップングを選択しています。



図5-10 ナイキストプロットの解析条件

F2を押して解析を実行すると、結果は次のようになります。

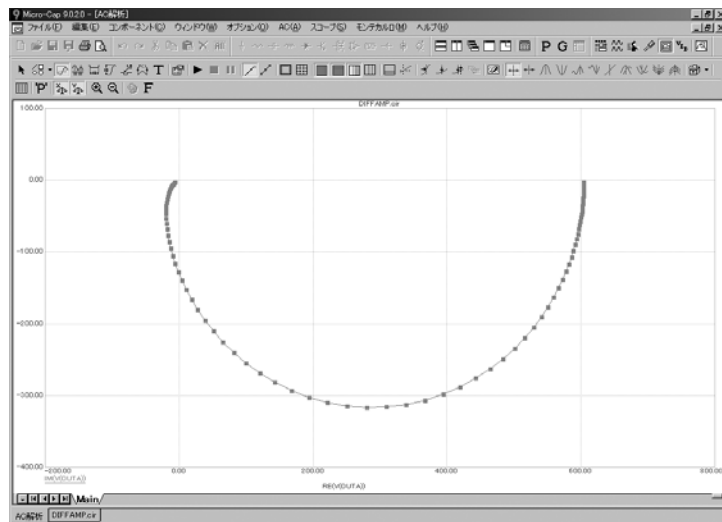


図5-11 ナイキストプロット

この例では、X式が通常FでなくRE(V(OUTA))であることに注意してください。一般に、X式にも任意のAC変数を含む任意の式を指定することができます。

スミスチャート


スミスチャートプロットを作成するには、P欄の隣にあるチャートタイプセレクタからの  オプションを使用します。SMITH.CIRファイルを使ってS22のスミスチャートプロットを作成するように設定すると、解析リミットダイアログボックスは次のようになります。



図5-12 スミスチャートの解析リミット

スミスチャートオプションが選択されると、X式はFとなり、このフィールドは編集に利用できなくなることに注意してください。S22プロットの結果は次のようになります。

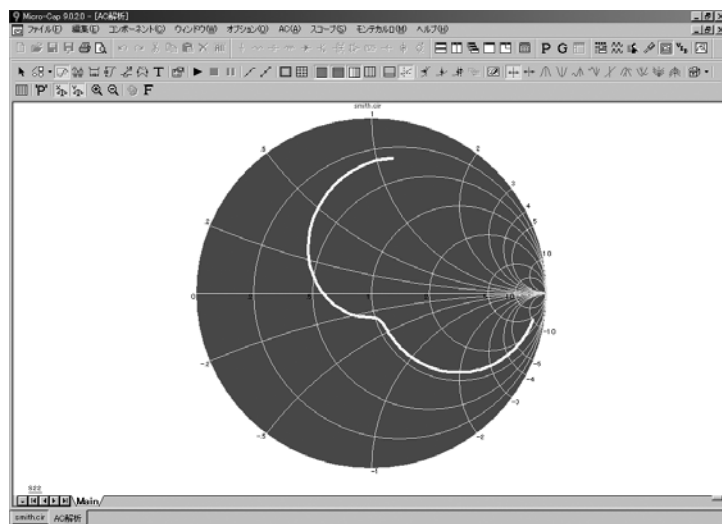


図5-13 S22のスミスチャートプロット

極座標プロット


極座標プロットを作成するには、極座標オプションを使います。SMITH.CIRファイルを使ってS21の極座標を作成するように設定すると、ダイアログボックスは次のようになります。



図5-14 極座標プロットの解析リミット

極座標オプションが選択されると、X式はFとなり、このフィールドは編集に利用できなくなります。極座標の結果は次のようになります。

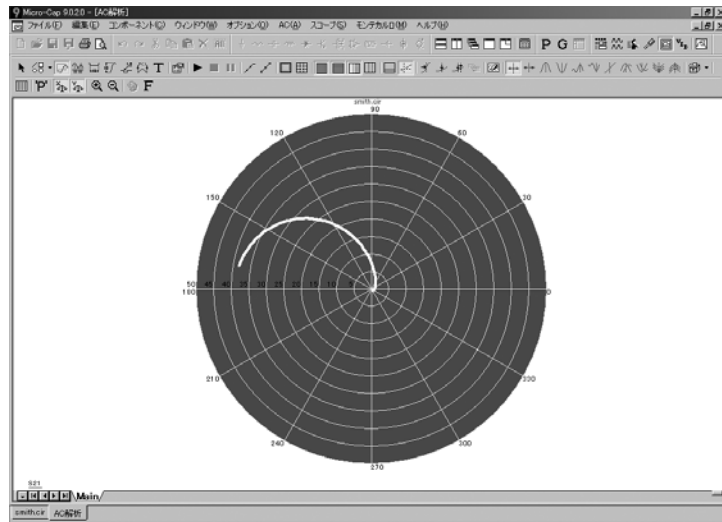


図5-15 S21の極座標

本章の内容

本章は、DC解析について説明します。取り扱う項目を以下に示します。

- ・ DC解析
- ・ DC解析条件
- ・ IV曲線を生成する簡単な回路

DC解析

DC解析では、コンデンサは開回路として、インダクタはショート回路として取り扱われます。指定された変数Iが掃引（スイープ）され、定常状態のDCノード電圧とブランチ電流が計算されます。DC解析では、デバイスのIV曲線などのパラメトリックプロットが簡単に作成できるように、2つのステッピングループが提供されています。どちらのループも、変数は、電圧源や電流源の値、温度、モデルパラメータ、記号変数のいずれかです。他の解析ルーチンと同様に、様々な変数をプロットすることができますが、電荷、磁束、容量、インダクタンス、磁束密度、磁場の強さ等、明らかな例外があります。DC解析では磁束や電荷が無視されるため、これらの変数は提供されません。実際にDC解析を行ってみましょう。ファイルCURVESをロードすると、次のような画面が表示されます。

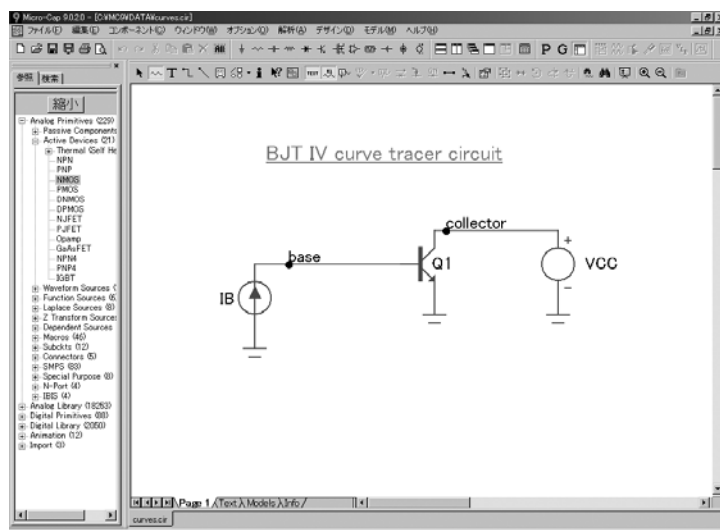


図6-1 CURVES回路

この回路は、バイポーラトランジスタのI-V特性をプロットするために使用されます。それは、GaAsFET、MOSFET、およびJFETなど他の種類のデバイスにも適用することができます。コレクタ電圧掃引用の電圧源と、ベース電流掃引用の電流源が存在します。

回路をロードした後、**解析メニューのDC解析**を選択すると、図6-2に示すDC解析リミットダイアログボックスが表示されます。

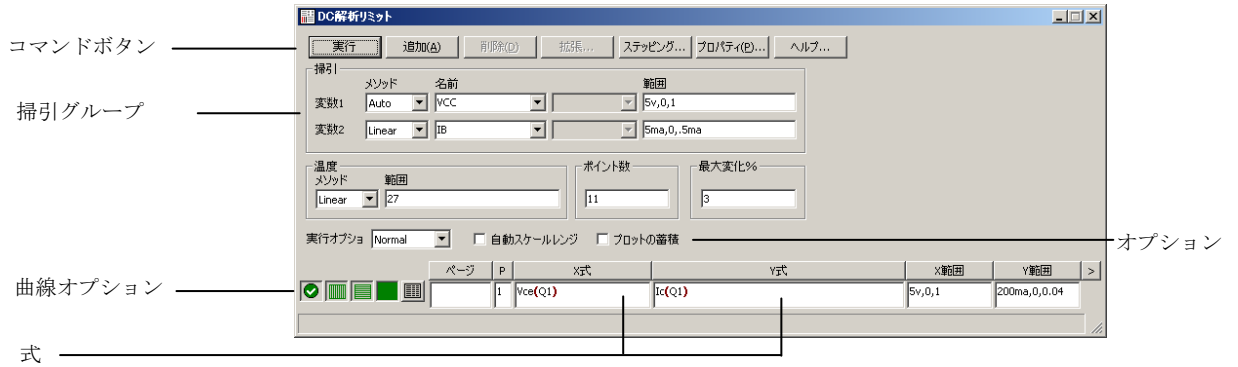


図6-2 DC解析リミットダイアログボックス

このダイアログボックスでは、電流源IBの値を、0から5mAの範囲で、最大ステップサイズ0.5 mAでステップする設定が行われています。電流源IBのそれぞれの値に対して、電圧源VCCが、0から5 Vの範囲で、最大ステップサイズ1で掃引されます。メソッドでAutoが選択されたので、ステップサイズは収束の最適化や<最大変化%>の制約のために、実行時に変更されることがありますが、1を越えてはいけません。実行コマンドボタンをクリックすると、結果は次のようになります。

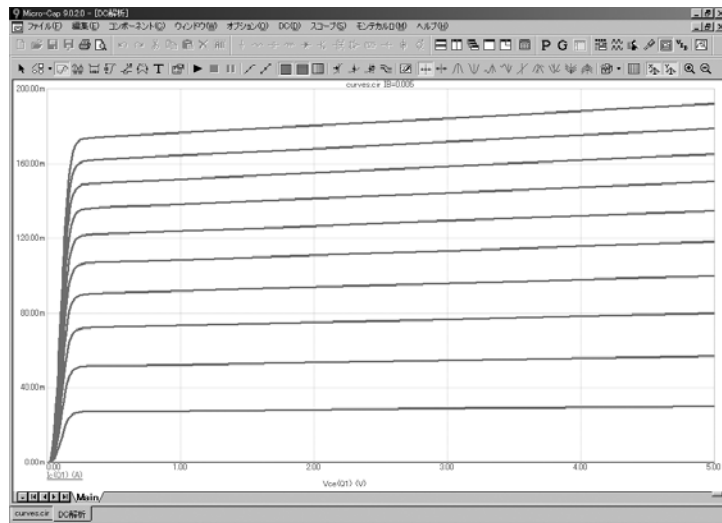



図6-3 I-V特性のDC解析プロット

DC解析リミットダイアログボックス

DC解析リミットダイアログボックスは、コマンドボタン、掃引グループ、波形オプション、式、およびオプションという5つの領域に分けられます。

コマンドボタンには、7つのコマンドがあります。

実行：解析を開始します。ツールバーの実行ボタン  をクリックするか、F2を押すことによって、解析が開始されます。

追加：カーソルが存在する行の後に、曲線オプションフィールドおよび式フィールドの行を追加します。式フィールドの右側のスクロールバーは、表示できるものがまだ存在する場合、曲線をスクロールします。

削除：テキストカーソルが存在する曲線オプションフィールドおよび式フィールドの行を削除します。

拡張：テキストカーソルが現在存在するテキストフィールドの作業領域を編集または表示用の大きいダイアログボックスに拡大します。この機能を使用するには、式フィールドをクリックした後、拡張ボタンをクリックします。

ステップング：ステップングダイアログボックスを呼び出します。ステップングについては、別の章で説明します。

プロパティ：解析プロットウィンドウと曲線の表示方法を制御できるプロパティダイアログボックスを呼び出します。「第4章 トランジェント解析」のプロットプロパティダイアログボックスについての説明を参照してください。

ヘルプ：DC解析についてのヘルプ情報を呼び出します。

このグループの各フィールドの定義を以下に示します。

- **変数1**：この行には、変数1のメソッド、名前、および範囲フィールドを指定します。この値は、通常、X軸に沿って表示されます。
- **メソッド**：このフィールドには、変数の掃引/ステップを行う4つの方法（Auto、Linear、Log、List）から1つを指定します。
 - **Auto**：このモードでは、ステップサイズは、解析点間の変化が最大変化%の値より小さくなるように調整されます。

• **Linear** : このモードでは、同じ行の範囲欄に次の構文で指定を行います。

<end> [,<start> [,<step>]]

*start*の既定値は0.0です。*step*の既定値は $(start - end) / 50$ です。変数1は、初期値を*start*とし、続く値は、*step*を加算して求められ、これは、値が*end*に達するまで行われます。

• **Log** : このモードでは、同じ行の範囲欄に次の構文で指定を行います。

<end> [,<start> [,<step>]]

*start*の既定値は $end/10$ 、*step*の既定値は $exp(\ln(end / start) / 10)$ です。変数1は、初期値を*start*とし、続く値は*step*を乗算して求められ、これは、値が*end*に達するまで行われます。

• **List** : このモードでは、同じ行の範囲欄に次の構文で指定を行います。

<v1> [,<v2> [,<v3>] ... [,<vn>]]

変数には、値*v1*、*v2*...*vn*が設定されます。

- **名前** : このフィールドには、変数1の名前を指定します。変数には、信号源電圧、温度、モデルパラメータ、記号パラメータ (.DEFINE文で作成されるもの) のいずれかを指定できます。モデルパラメータのステップングには、モデル名とモデルパラメータ名が必要です。
- **範囲** : このフィールドには、変数の数値範囲を指定します。この範囲の構文は、上記のメソッドフィールドの指定によって決まります。
- **変数2** : この行には、変数2のメソッド、名前、範囲を指定します。構文は、変数1と基本的に同じですが、ステップ方法のオプションにNoneがあり、Autoがない点で異なります。変数2の範囲フィールドに基づく離散値により、1本の完成したブランチが生成されます。
- **温度** : このフィールドでは、実行のグローバル温度を°Cで指定します。デバイスの個別の温度が指定されない限り、この温度が各デバイスに使われます。

温度メソッドリストボックスにLinearまたはLogと表示されている場合は、形式は次の通りです。

$\langle high \rangle$ [, $\langle low \rangle$ [, $\langle step \rangle$]]

$\langle low \rangle$ のデフォルト値は $\langle high \rangle$ 、 $\langle step \rangle$ のデフォルト値は $\langle high \rangle - \langle low \rangle$ (Linearモード) または $high / low$ (Logモード) です。
温度は $\langle low \rangle$ から開始し、 $\langle high \rangle$ に到達するまで $\langle step \rangle$ 毎に増分される (Linearモード) または $\langle step \rangle$ が乗算されます (Logモード)。

温度メソッドリストボックスがListの場合、次の形式です。

$\langle t1 \rangle$ [, $\langle t2 \rangle$ [, $\langle t3 \rangle$] [, ...]]

$t1$ 、 $t2$ 、... は、それぞれの温度値です。

指定されたそれぞれの温度で1つの解析が実行されます。温度がステップされる変数のいずれか (変数1または変数2) に選択されている場合は、このフィールドはありません。




- ・ **ポイント数** : 数値出力が要求された場合に補間して表示するデータ点の数です。デフォルト値は51です。通常この設定には奇数を指定し、間隔が偶数個になるようにします。値は次の通りです。



$(\langle final1 \rangle - \langle initial1 \rangle) / (\langle \text{ポイント数} \rangle - 1)$



$\langle \text{ポイント数} \rangle$ は、変数2の各値について表示されます。


- ・ **最大変化** : 変数1の掃引方法がAutoである場合、変化率は、最初のY式の点の間の変化が最大変化%の値未満になるように制限されます。


曲線オプションフィールドは、数値範囲フィールドの真下、式フィールドの左側にあります。曲線オプションは、同じ行の曲線に効果を持ちます。各オプションの定義を以下に示します。

最初のオプションは、保存してプロットする 、保存するがプロットしない 、および保存もプロットもしない  を切り換えます。「保存するがプロットしない」を選択した場合は、後でF10ダイアログボックスからディスプレイにプロットを呼び出して追加できます。

2番目のオプションは、X軸をリニア  プロットにするか、対数  プロットにするかを切り換えます。対数プロットの場合、スケール範囲は正でなければなりません。

3番目のオプションは、Y 軸をリニア  プロットにするか、対数  プロットにするかを切り換えます。対数プロットの場合、スケール範囲は正でなければなりません。

 オプションはカラーメニューをアクティブにします。個々の曲線について64個のカラー選択肢があります。ボタンのカラーが曲線のカラーになります。

 オプションは、曲線の数値で構成される表を表示します。表示される値は、ポイント数値によって実際に計算された値です。この表は数値出力ウィンドウに表示され、CIRCUITNAME.DNO ファイルとして保存されます。

ページ入力により、タブで選択できる指名プロットウィンドウに波形が表示されます。

プロット (P) 欄の1から9までの数は、曲線を異なるプロットにグループ化するために使用されます。同じ番号のすべての曲線は、同一のプロットに表示されます。P欄が空白の場合、その曲線はプロットされません。

式フィールドには、X軸とY軸のスケール範囲と式を指定します。式は、複素数として取り扱われます。よく用いられる式はVCE(Q1) (トランジスタQ1のコレクタ- エミッタ間電圧) やIB(Q1) (トランジスタQ1のベース電流) です。

X範囲とY範囲フィールドでは、XおよびY式をプロットするときに使用されるスケールを指定します。次はその領域のフォーマットです。

`<high> [,<low>] [,<grid spacing>] [,<bold grid spacing>]`

`<low>`のデフォルト値は0です。[`<grid spacing>`]では、グリッド間隔を設定します。[`<bold grid spacing>`]では、太字グリッド間隔を設定します。スケール範囲内に「AUTO」を配置すると、個々の範囲が自動的に計算されます。自動スケールレンジオプションは、シミュレーション実行時にすべての範囲に対するスケールを計算し、X範囲フィールドとY範囲フィールドを更新します。自動スケール (F6) コマンドは、範囲の数値を変更することなくすべての曲線のスケール範囲をただちに決定しますが、必要であればCTRL + HOMEでその値を元に戻すこともできます。`<grid spacing>`と`<bold grid spacing>`は、リニアスケールの場合にのみ使用するものです。対数スケールでは、1から10までの主要なグリッド値の自然なグリッド間隔を使用し、太字は使われません。自動スケールでは、プロパティダイアログボックス (F10) /スケールとフォント/自動/静的グリッドフィールドで指定されたグリッド数を使用します。

右マウスボタンでY式フィールドをクリックして変数リストを呼び出し、変数、定数、関数、および演算子を選択するか、フィールドを拡大して長い式を編集します。他のフィールドで右マウスボタンをクリックすると、適切な選択肢を表示した簡単なメニューが呼び出されます。

オプションは数値範囲の下にあります。自動スケールレンジオプションにはチェックボックスがあり、マウスでそのボックスをクリックして、オプションのオン/オフを切り換えることができます。ボックスのチェックマークは、そのオプションが有効であることを示します。ここで使用できるオプションには以下のものがあります。

• **実行オプション**

- **Normal** : シミュレーションを実行しますが、結果を保存しません。
- **Save** : シミュレーションを実行し、結果をディスクに保存します。
- **Retrieve** : 以前に保存されたシミュレーション結果をロードし、新しい実行のように、結果のプロットを行います。
- **自動スケールレンジ** : シミュレーションを開始する度に、XとYの範囲をAutoにします。このオプションが無効の場合、範囲フィールドの値が使用されます。
- **プロットの蓄積** : これは回路エディットによるプロットを蓄積します。

F3を押して、CURVES回路を保存しないでアンロードしてください。

本章の内容

すべての解析ルーチンは、解析リミットダイアログの指示に基づいて、実行結果の一部として、曲線を生成します。解析の実行が完了すると、プロットの調査、操作、拡大、注釈の作成と、それぞれの曲線の特定の位置または値の検索、表示を行うことができます。これらの機能を持つツール群は、スコープと呼ばれます。

本章では、これらの機能を使用して解析実行から最大限の情報を得る方法を示します。以下の項目が含まれます。

- ・ スコープの実際の使用
- ・ 拡大
- ・ パニング
- ・ カーソルモード
- ・ カーソルモードにおけるパニングとスケーリング
- ・ カーソルの位置づけ
- ・ プロットへのテキストの追加
- ・ プロットへのタグの追加
- ・ 性能関数
- ・ 解析のアニメーション

スコープの実際の使用

ファイルCHOKEをロードすると、次のような画面が表示されます。

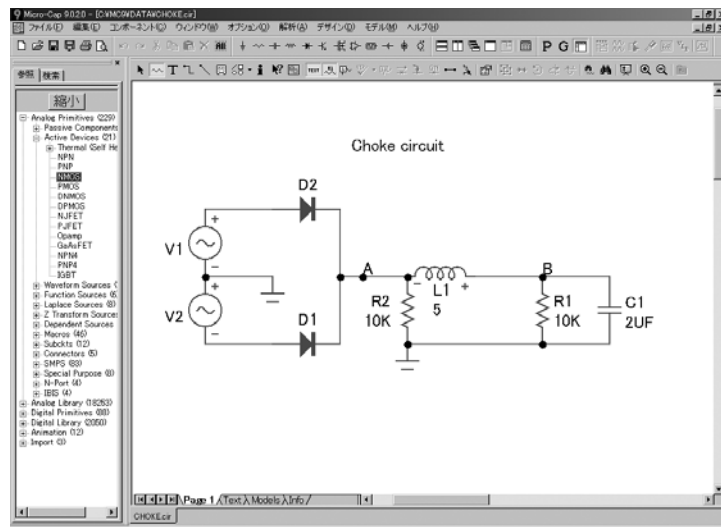


図7-1 CHOKE回路

回路をロードした後、ALT + 1を押してトランジェント解析を選択し、F2を押して実行を開始します。終了すると、図7-2のようなプロットが表示されます。

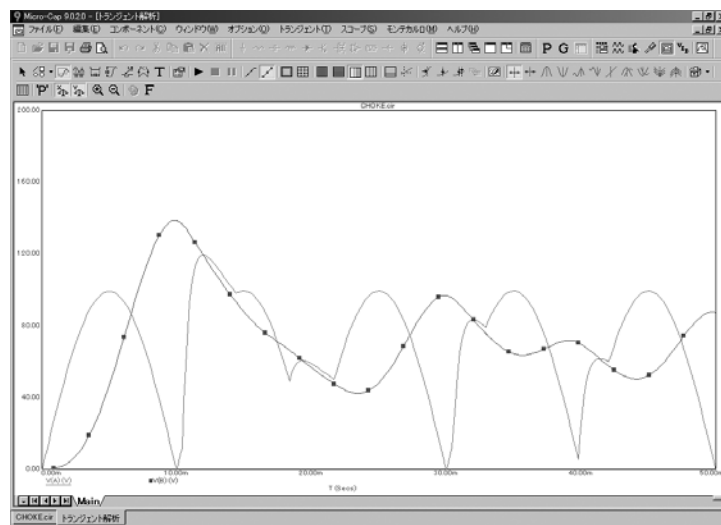


図7-2 CHOKE回路のトランジェント解析

拡大

V(B)曲線の大きいピークの左上を左マウスボタンでクリックし、ボタンを押し下げたままマウスを右下にドラッグして、図7-3に示すような拡大ボックスを作成します。

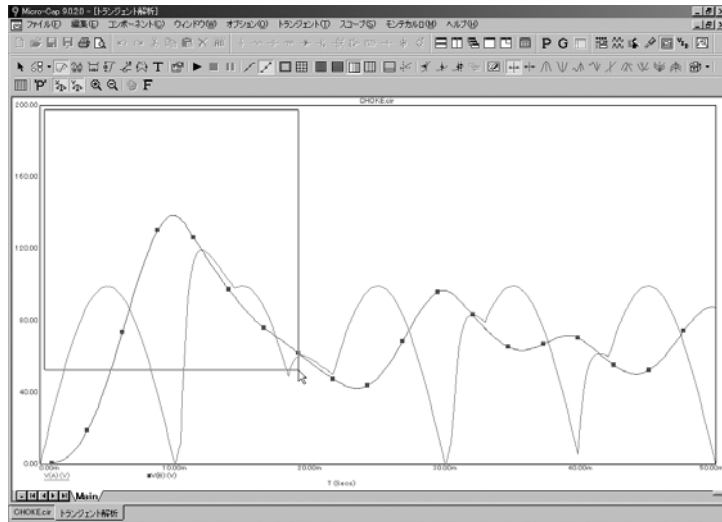


図7-3 プロット領域の拡大

ボタンを離すと、ボックスのアウトラインに合わせて、プロットのスケールが設定されます。

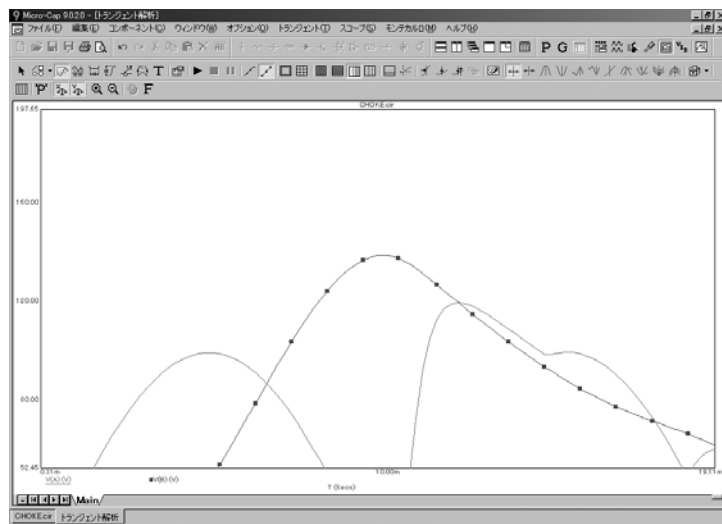


図7-4 領域の拡大

パニング

パニングは、テキストフィールドをスクロールするのに似ていますが、複数の方向に対して行うことができます。実際にやってみましょう。プロットの中央部を右マウスボタンでクリックすると、マウスカーソルが、矢印からハンドカーソルに変わります。右マウスボタンを押したまま、マウスを、プロットウィンドウの左上までゆっくりとドラッグしてください。これは、机上で紙をずらす操作に似ています。マウスのドラッグで、表示は動的に更新されます。マウスボタンを離すと、プロットは次のようになります。

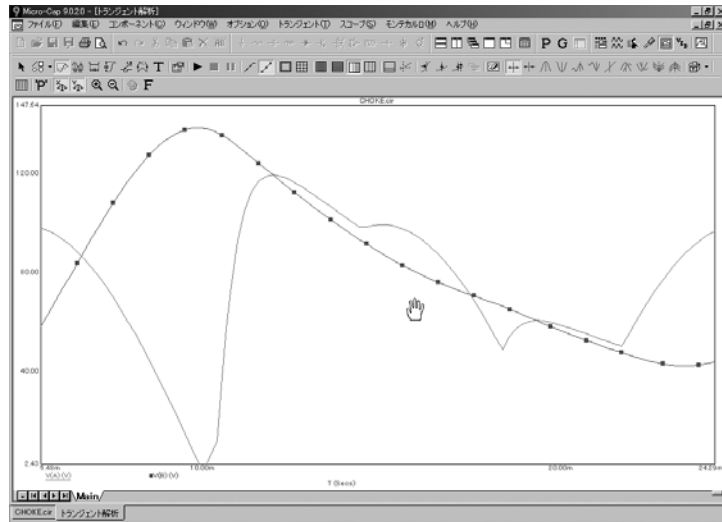


図7-5 プロットのパニング

回路図エディタにおけるパニングの場合と同様に、キーボードも使用することができます。CTRL + 矢印キーを使用して、表示を矢印の方向に移動することができます。


パニングと拡大を組み合わせて使用することにより、曲線のあらゆる部分を細かく調べることができます。

カーソルモードでも、次の方法で拡大とパニングを行うことができます。

- 拡大： CTRL + 左マウスによるドラッグ
- パニング： CTRL + 右マウスによるドラッグ

CTRL + HOMEを押すか、スコープメニューのリミットスケールの復元を選択して、解析プロットを元のオフセット/スケールに戻してください。

カーソルモード

カーソルモードボタンをクリックするか、F8を押して、スコープをカーソルモードにします。このモードでは、画面は次のようになります。

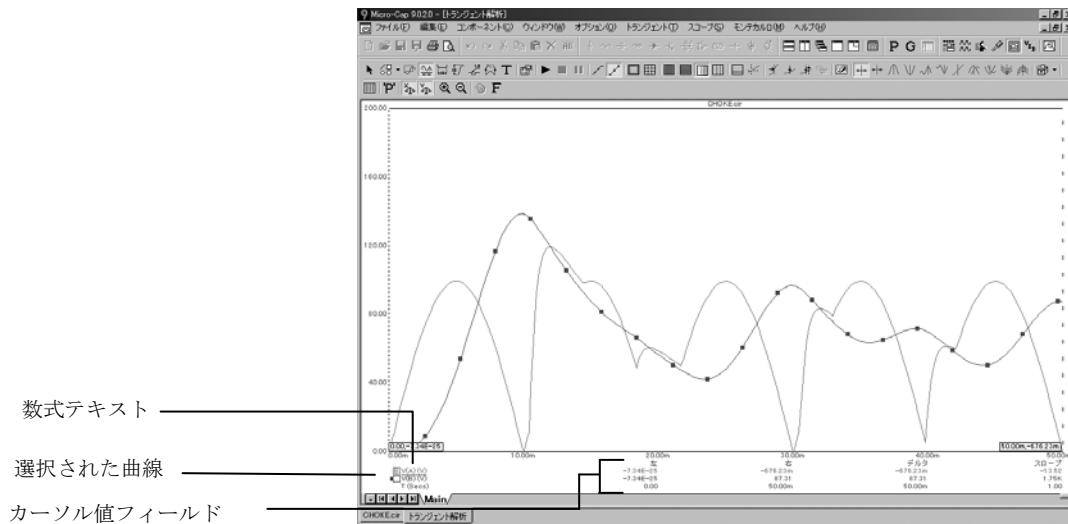


図7-6 カーソルモード

プロットの下にあるカーソル値フィールドには、各曲線（式）の両方のカーソル位置の数値が表示されます。X式の値が、Y式の値の下に表示されます。各フィールドの用途を以下に示します。

- **左**：左カーソルがある場所のY式の値が表示されます。
- **右**：右カーソルがある場所のY式の値が表示されます。
- **デルタ**：右カーソルがある場所のY式の値と左カーソルがある場所のY式の値の差が表示されます。
- **スロープ**：Y式のデルタ値をX式のデルタ値で割った値を表示します。X式がT（時間）の場合、このフィールドの値は、2つのカーソル間の曲線の時間微分係数に当たります。dBがY式で使用され、X式がF（周波数）の場合、プロパティ/スケールとフォントで、傾きの計算をdB / OctaveまたはdB / Decadeに変更することができます。

カーソルモードにおけるパニングとスケーリング

マウス

カーソルモードでは、マウスによるスケーリングとパニングを通常どおり行うことはできません。マウスは、左右カーソルの移動に使用されるからです。ただし、CTRLキーを併用することにより、カーソルモードでもスケーリングとパニングを行うことができます。

スケーリング： CTRL + 左マウスボタンによるドラッグ

パニング： CTRL + 右マウスボタンによるドラッグ

曲線のスケーリング（拡大）するには、CTRLキーを押しながら、左マウスボタンでドラッグします。

曲線のパニングするには、CTRLキーを押しながら、右マウスボタンでドラッグします。

キーボード

キーボードを使用して曲線のパニングを行うには、CTRLキーを押したまま、←、→、↑、↓キーを押します。

キーボードを使用して拡大を行うことはできません。

注意1：カーソルモードを除くすべてのモードで、右マウスボタンのドラッグによりプロットのパニングが行えます。カーソルモードでは、CTRL + 右マウスボタンを使用してパニングを行います。

注意2：スペースバーを押すと電流モードと選択モードが切り替わります。

カーソルの配置

左マウスボタンのドラッグで左カーソルが、右マウスボタンのドラッグで右カーソルが、それぞれ制御されます。左右の矢印キーで左カーソルが移動し、SHIFT+矢印キーで右カーソルが移動します。マウスの場合、カーソルはどこにでも（解析データ点の間でも）配置できます。キーボードの場合、カーソルは、位置づけモードに従って、解析データ点間を移動します。位置づけモードは、ツールバーボタンで選択され、カーソルキーが押されたときに次に移動する位置を決めます。位置は、選択された（下線の付いた）曲線から拾い出されます。波形は、Tabキーや、マウスでY式をクリックすることにより選択されます。



・**次のシミュレーションデータ点**：カーソルキーを押すと、実行ポイントからカーソル矢印の方向に、次の実際のデータ点を見つけます。



・**次の補完データ点**：カーソルキーを押すと、カーソル矢印の方向に、誤差を丸めて補完されたデータ点を見つけます。



・**ピーク**：カーソルキーを押すと、選択した曲線の次のローカルピークを見つけます。



・**谷**：カーソルキーを押すと、選択した曲線の次のローカルバレーを見つけます。



・**高**：このボタンをクリックすると、選択した曲線の現在のブランチで最大の代数値を持つデータ点を見つけます。



・**低**：このボタンをクリックすると、選択した曲線の現在のブランチで最小の代数値を持つデータ点を見つけます。



・**反曲**：カーソルキーを押すと、最大の傾き、すなわち一次導関数を持つ次のデータ点を、選択された曲線から見つけます。



・**上**：このボタンをクリックすると、現在のXカーソルの位置で選択した曲線のすべてのブランチについて、最大のY値を持つデータ点を見つけます。



・**下**：このボタンをクリックすると、現在のXカーソルの位置で選択した曲線のすべてのブランチについて、最小のY値を持つデータ点を見つけます。



- ・**グローバル高**：このボタンをクリックすると、選択した曲線のすべてのブランチで、すべてのデータ点の最大のY代数値を持つデータ点を見つけます。



- ・**グローバル低**：このボタンをクリックすると、選択した曲線のすべてのブランチで、すべてのデータ点の最小のY代数値を持つデータ点を見つけます。

解析の実行が完了し、カーソルモードが選択されると、初期化イベントがいくつか行なわれます。選択される曲線は、1番目もしくはトップの曲線になります。Nextモードが有効になります。モードボタンをクリックすると、モードが変更されるだけでなく、現在のカーソルが現在の方向に移動します。現在のカーソルは左カーソルに、現在の方向は右に、それぞれ設定されます。左カーソルは最初のデータ点（一番左）に配置され、右カーソルは最後のデータ点（一番右）に配置されます。

カーソルを別々の曲線に置く

両方のカーソルは最初は同じ曲線に置かれます。数式名またはテキストの隣のボックスをクリックすることにより、同じプロットグループの別の曲線にカーソルを移動できます。


左カーソルを曲線に置くには、マウスの左カーソルをボックスでクリックします。ボックステキストがLに変更され、左カーソルがこの曲線上に示されます。

右カーソルを曲線に置くには、マウスの右カーソルをボックスでクリックします。ボックステキストがRに変更され、右カーソルがこの曲線上に示されます。

両方のカーソルを曲線に置くには、数式テキストをクリックします。ボックステキストがBに変更され、両カーソルが曲線上に示されます。

左のカーソルが既に曲線にある場合、マウスの右ボタンをボックスでクリックすると右カーソルが曲線上にくることに注意してください。また左カーソルが既に曲線上にあるので、B記号が印刷され、ここで両カーソルはその曲線上にあることが示されます。

カーソルが逆になったときに同様の状態が発生します。

高ボタン  をクリックすると、選択した曲線上で左カーソルがグローバル高に移動します。

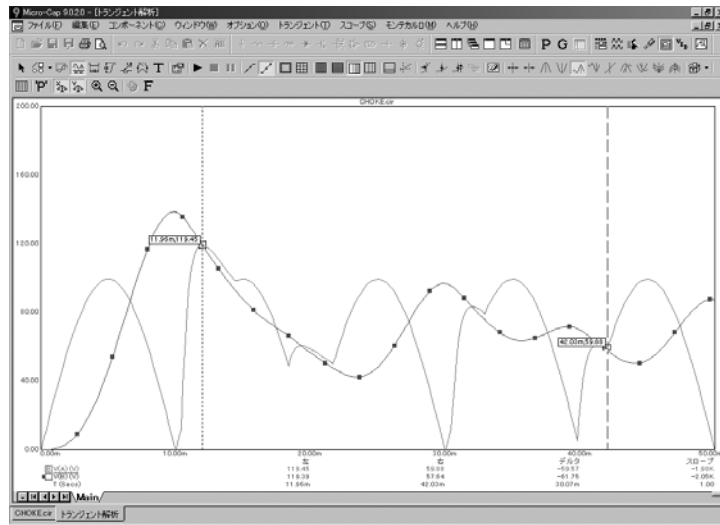



図7-9 高モードの使用

低モードを選択するには、 ボタンをクリックします。左カーソルがプロットの右端（曲線のグローバル低）に配置されます。

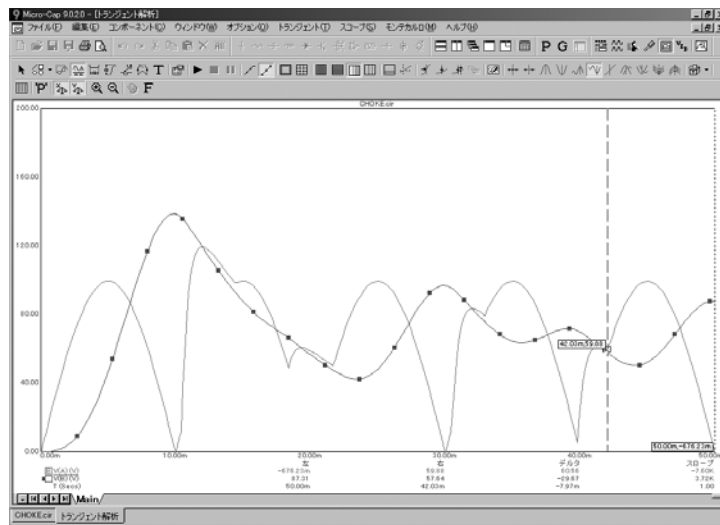



図7-10 低モードの使用

反曲ボタンをクリックすると、選択した曲線上で左カーソルが次の変曲点まで移動します。SHIFT + 右矢印キーを押すと、選択した曲線が右に移動して、右カーソルが次の変曲点まで移動します。

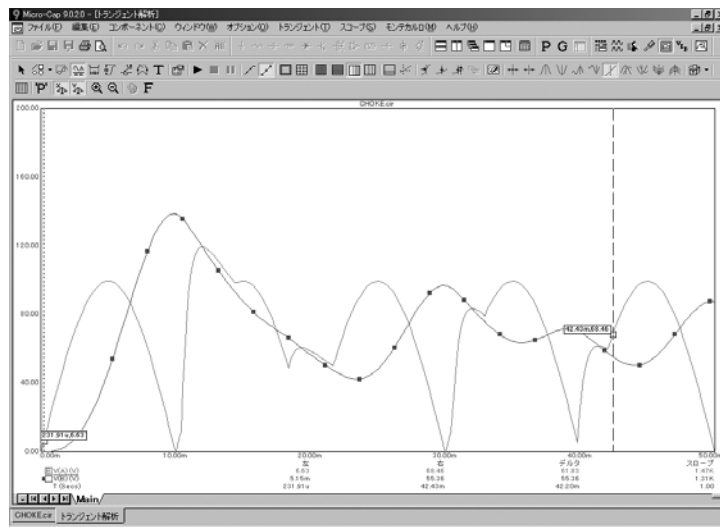



図7-11 反曲モードの使用

Yに移動ボタンをクリックし、表示されたダイアログボックスで「50」を入力し、左ボタンを押すと、左カーソルが選択した波形のY式値が50.0である最初の点に移動します。

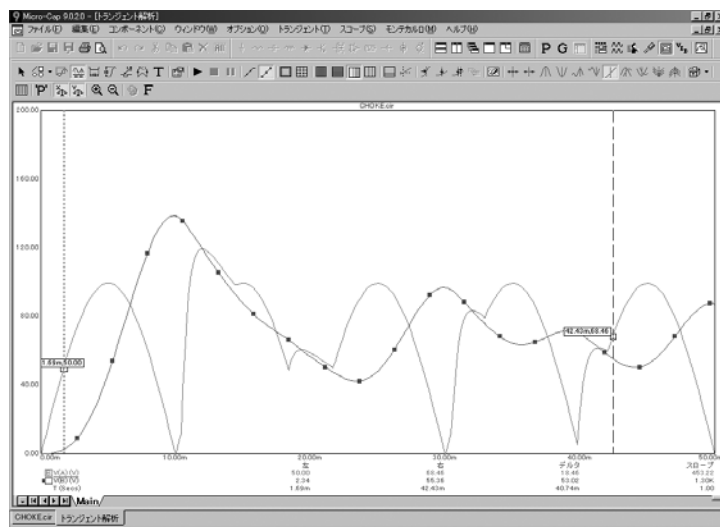


図7-12 Yに移動モードの使用

プロットへのテキストの追加

解析プロットへのテキストの追加は簡単に行うことができます。閉じるボタンをクリックして、Yに移動モードを終了し、**T**ボタンをクリックしてテキストモードを選択します。V(B)曲線の大きいピークの近くでマウスをクリックし、「V(B) peaks at 138 volts」と入力します。スペースキーを押して選択モードに切り換えます。テキストをダブルクリックし、ダイアログボックスのフォントタブでサイズリストから16を選択します。OKをクリックすると、次の画面が表示されます。

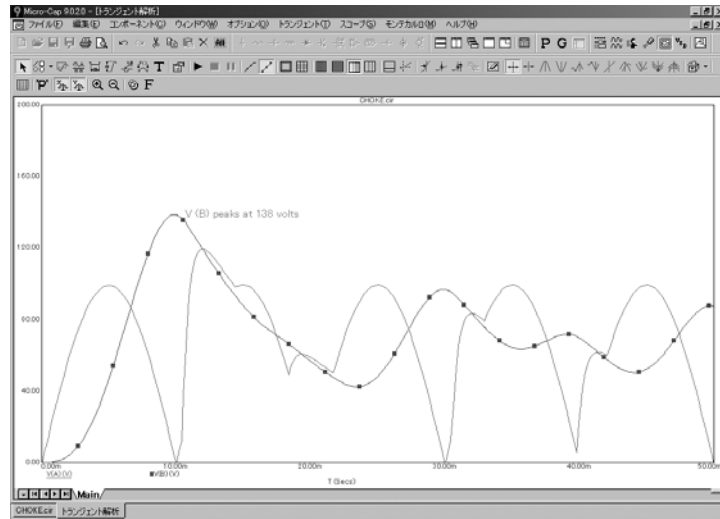


図7-13 プロットへのテキストの追加

テキストをピークの上にセンタリングしてみましょう。次に、左ボタンでテキストをクリックし、テキストのセンタリングが行われるよう左までドラッグし、ボタンを離すと、テキストがマウス位置に再描画されます。

テキストを太字にしてみましょう。テキストをダブルクリックし、テキストダイアログボックスが表示されたら、フォントタブをクリックします。ダイアログボックスのこのタブでは、フォントと複数のフォント属性を変更することができます。この例の場合、スタイル属性を変更する必要があります。フォントスタイルグループで、太字オプションを選択し、OKボタンをクリックします。テキストが、図7-14に示すようなテキストになります。テキストの各インスタンスのすべてのフォント属性は、別々に変更することができます。

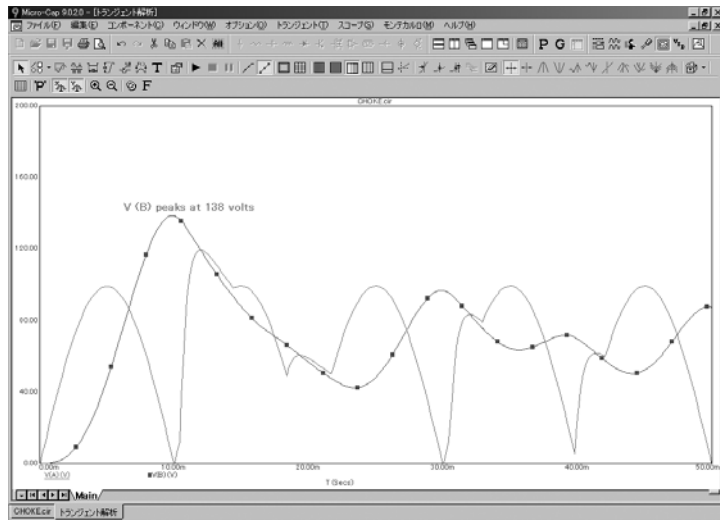



図7-14 テキストのフォントスタイルの変更

プロットへのタグの追加

 ボタンをクリックして、垂直タグモードを起動します。V(B)の最大ピークの近くで左マウスボタンをクリックし、V(A)の最大ピークまでドラッグして、ボタンを離します。2データ点間の垂直デルタ値を示すタグが作成されます。

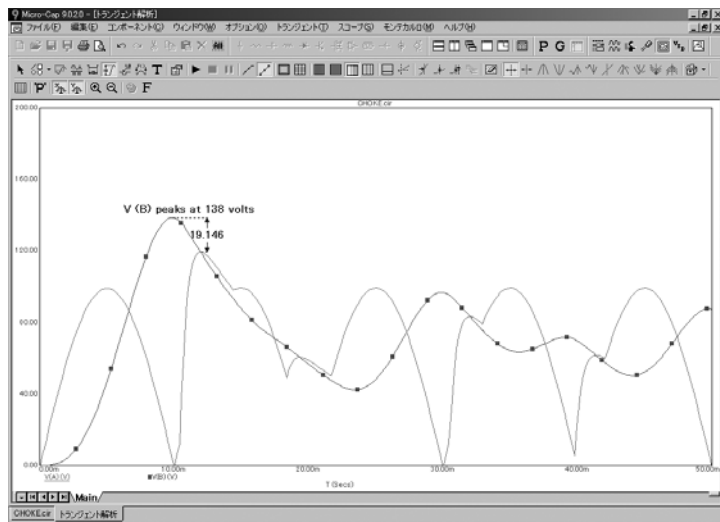




図7-15 垂直タグモードの使用

同様に、 ボタンで有効にされる水平タグは、2つのデータ点間の水平デルタ値を示します。これは、パルス幅や2つのイベント間の時間遅延など、2つのデジタルイベント間の時間幅を測定する場合に非常に有益です。テキストやタグを削除するには、**スコープメニュー**で**全オブジェクトの削除**を選択します。

 ボタンをクリックして、ポイントタグモードを起動します。V(B)の2番目のピークで左マウスボタンをクリックし、マウスをドラッグします。ポイントタグモードでは、最初のマウスクリックに最も近い実際の解析データ点にラベルが付けられます。タグはマウスの動きを追跡します。シャドウが望む位置まで移動したとき、マウスボタンを離します。このとき、画面は図7-16のようになります。

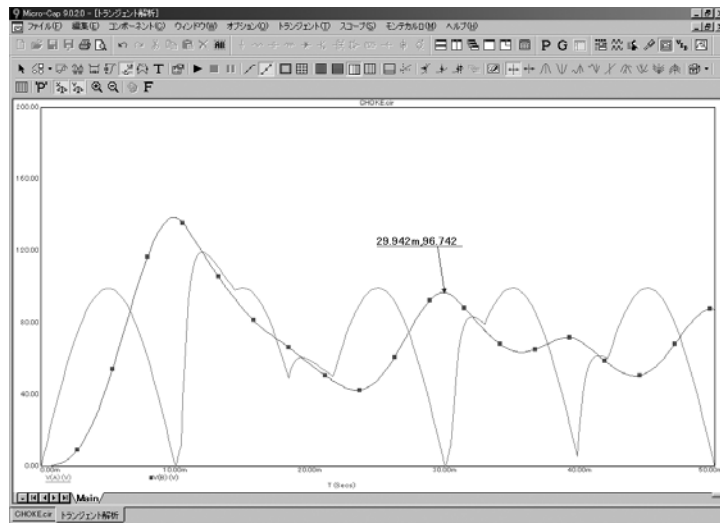



図7-16 ポイントタグモードの使用

選択モードで、タグエレメントをダブルクリックすると、タグダイアログボックスが表示されます。このダイアログボックスでは、矢印のスタイル、ウェイト、カラー、および数字のフォント属性を変更することができます。タグエレメントの各インスタンスについて、すべてのタグオプションを使用できます。

タグのテキスト本体と矢印の先端の両方とも、配置後に、再配置することができます。選択モードを有効にするには、スペースバーを押します。タグをダブルクリックし、ダイアログボックスのロック項目を無効にし、OKをクリックします。その後、本体ハンドルか矢印の先端ハンドルのどちらかをドラッグします。本体ハンドルはテキストの近くにある小さな矩形で、矢印の先端ハンドルはタグの矢印の先端にある小さな矩形です。

F3を押して解析を終了した後、CTRL + F4でファイルを閉じます。

性能関数

MC10では、性能に関連した曲線の特徴を測定する関数のグループが提供されています。性能関数は、性能プロット、モンテカルロ解析、3Dプロット等に使用することができます。また、性能関数を単一の曲線に直接適用することもできます。それを示すために、PERF2回路をロードして、トランジェント解析を実行して下さい。解析が終わったら、性能に移動ボタンをクリックし、ダイアログボックスを画面右上までドラッグします。ダイアログボックスは次のようになっているはずです。

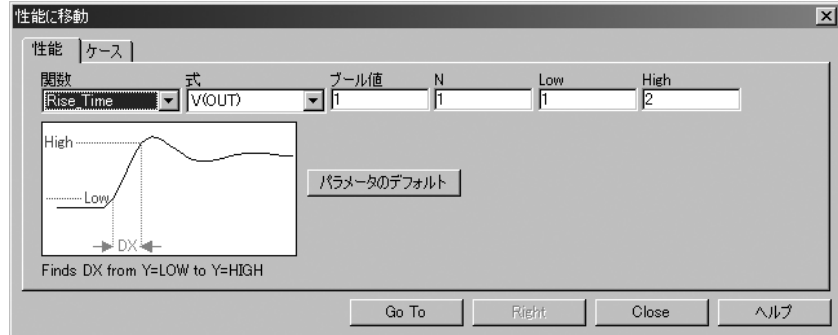


図7-17 性能に移動ダイアログボックス

リストボックスでRise_Timeを選択します。Highフィールドに「3」を、Lowフィールドに「.5」を、Nフィールドに「1」を入力し、Go Toボタンをクリックします。画面は次のようになります。

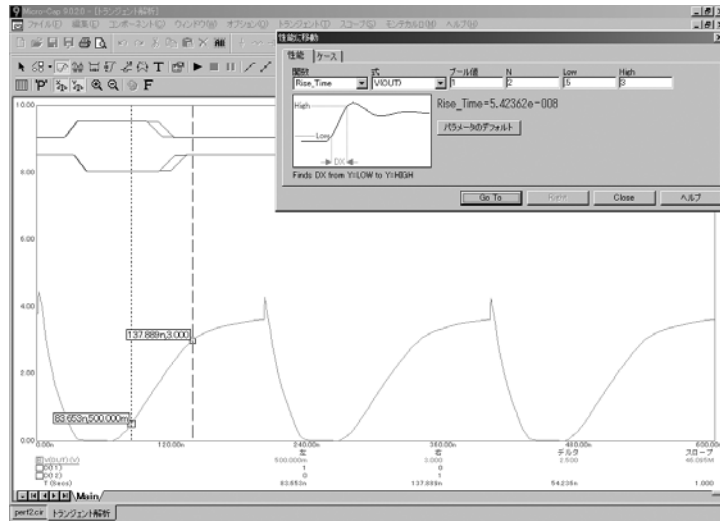


図7-18 立ち上がり時間の測定

Go Toボタンをクリックする度にNに「1」加算されるため、ボタンをクリックする度に連続したパルスの立ち上がり時間が順々に測定されます。今度はFall_Timeを選択します。Nフィールドに「1」を、Highフィールドに「3」を、Lowフィールドに「.5」を入力し、ダイアログボックスのGo Toボタンを2度クリックします。図7-19に示す画面が表示されます。

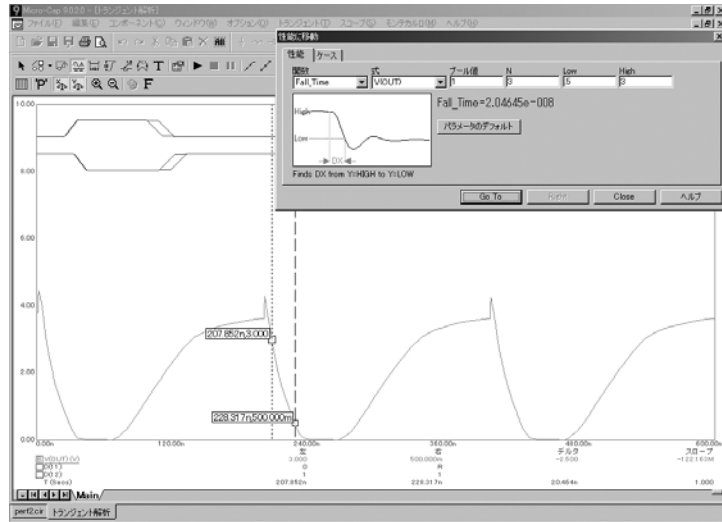


図7-19 立ち下がり時間の測定

次にPeriod関数を選択し、Go Toボタンをクリックします。次の画面が表示されます。

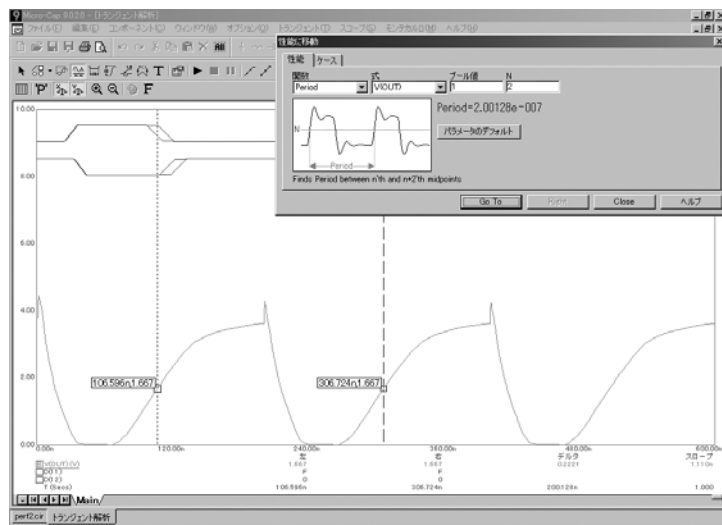


図7-20 パルス周期の測定

Width関数を選択し、Go Toボタンをクリックします。幅は、値がLevelのN番目の立ち上がりインスタンスと、値がLevelのN番目の立ち下がりインスタンスを見つけることによって計算されます。この関数は、X式値の差を返し、カーソルを2つの位置に置きます。次の画面が表示されます。

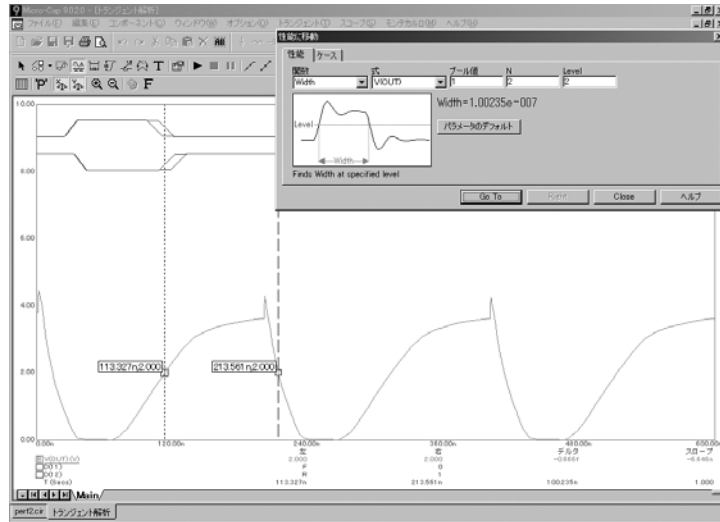


図7-21 パルス幅の測定

X_Delta関数を選択し、Go Toボタンをクリックします。次の画面が表示されます。

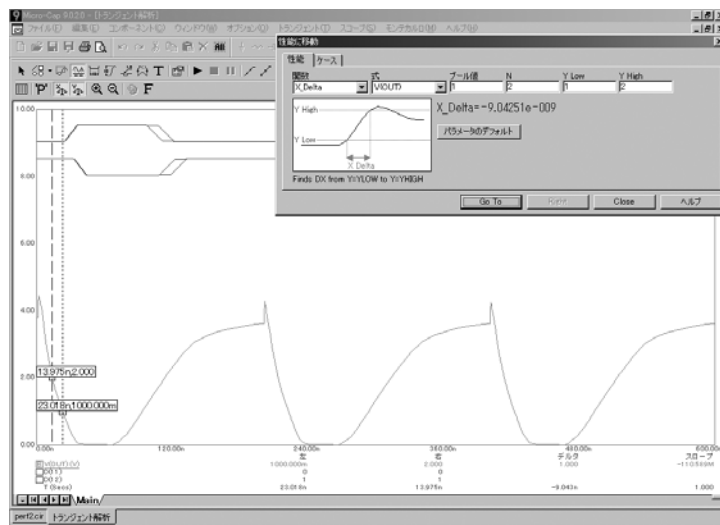


図7-22 X_Delta関数

X_Deltaは、Y Low値とY High値のN番目のインスタンスを見つけ、両方のデータ点にカーソルを置き、X式値の差を返します。

Y_Deltaもこれと類似した機能を持ち、たとえば、X Low = 100nと、X High = 200nを設定し、Go Toボタンをクリックすると、次の画面が表示されます。

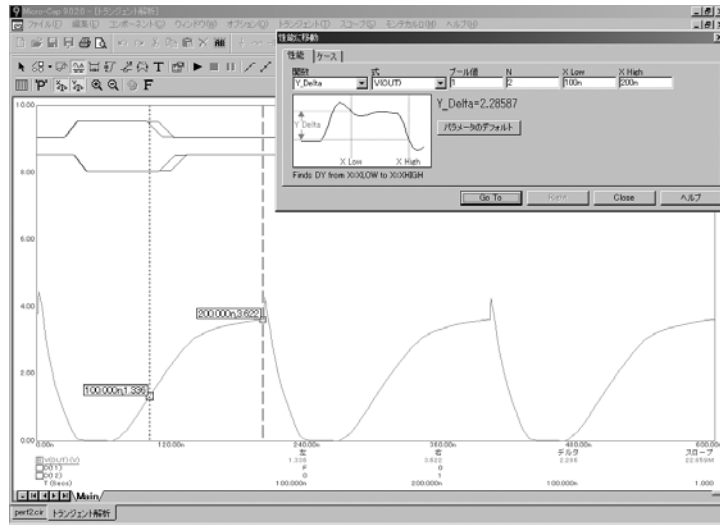


図7-23 Y_Delta関数

性能関数は、デジタル曲線についても有効です。たとえば、式リストからD(11)を選択し、関数リストからRise_Timeを選択します。N=2を設定して、Go Toボタンをクリックすると、図7-24の画面が表示されます。Closeをクリックします。

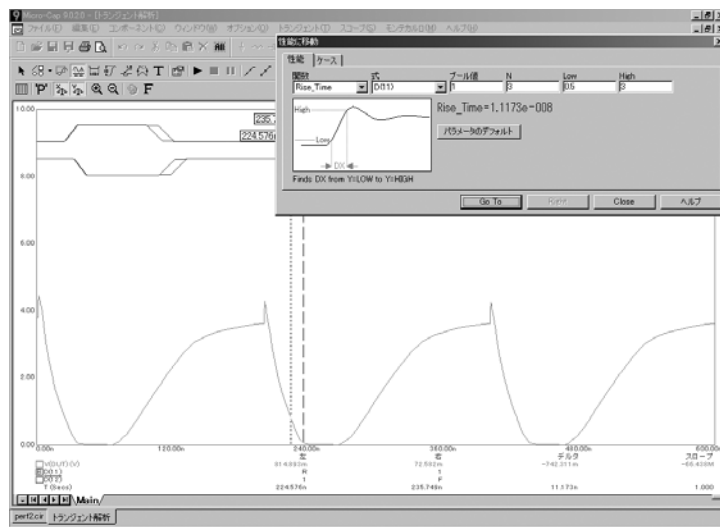



図7-24 デジタル立ち上がり時間の測定

性能タグ

性能タグは永久測定ツールとして使用できます。実際に使用してみましょう。F9を押して温度フィールドに「100,0,10」を入力してください。

次にF2を押して、実行が完了したら性能タグボタンをクリックします。プロットをクリックし、現れるダイアログボックスをクリックし、取得ボタンをクリックします。リストからRise_Timeを選択してください。式リストからV(OUT)を選択します。Highフィールドに「3.0」、Lowフィールドに「.5」、Nフィールドに「1」を入力します。性能関数を取得ダイアログボックスのOKボタンをクリックします。性能タグダイアログボックスのOKをクリックします。F2を押して、解析を実行します。選択したタグは最初の温度ケース0度の上昇時間を測定します。F8を押してカーソルモードに入ります。ここで上向きの矢印キーを押します。押しごとにMC10は次の温度ブランチを選択し、タグは上昇時間を測定します。数回押した後、画面は次のようになります。

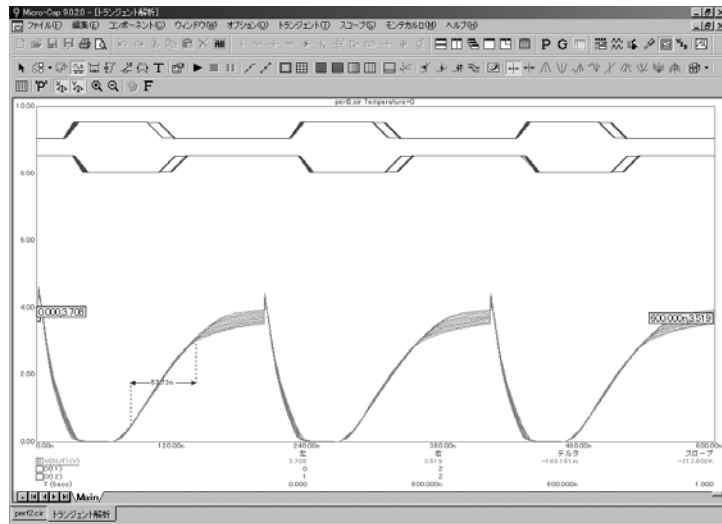





図7-25 性能タグ

温度またはパラメータのステップングでもモンテカルロの実行でも、解析が実行されるたびに、タグは指定された性能機能を測定し続けます。

その他の性能機能で、タグが選択された時を示す小さなボックスからタグをドラッグできます。

解析のアニメーション

解析をステップ実行し、一度に1つの時間ポイントにおける解析結果だけを表示できると便利な場合があります。これは、アニメーションモードモードにより可能で、各時間点におけるノード電圧とデジタル状態を回路上に表示できます。実際に見てみましょう。ファイルMIXED4をロードしてください。解析メニューのトランジエント解析を選択してからALT+F4を押し、解析リミットダイアログを非表示にします。左右に並べて表示ボタンをクリックしておきます。スコープ/アニメーションのオプションを選択するか、またはアニメーションボタンをクリックします。キープレスを待つオプションを選択し、OKを押します。ノード電圧を有効にしてください。F2を押して実行を開始します。CTRLを押したままスペースバーを押し、回路図に表示され計算中の新しい各データ点を観察します。

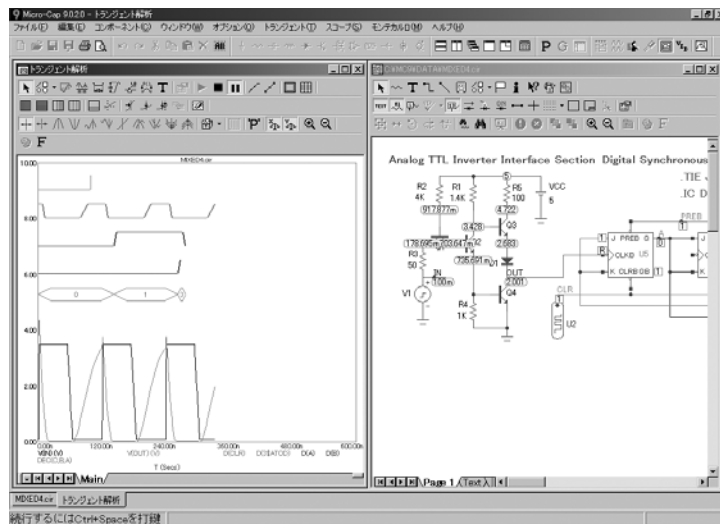


図7-26 解析のアニメーション

上の図は、実行途中で画面がどのようなようになるか示したものです。このモードでは、MC10はある一点の計算を行った後、希望に応じて、電圧・状態/電流/電力/コンディションを回路上に表示します。その後、CTRL + スペースバーを押すか、または時間の経過を待ちます。以降、解析が終わるまで、計算/表示/中断のサイクルを繰り返します。アニメーションダイアログボックスで待たないボタンをクリックしてアニメーションモードをキャンセルすると、解析は通常モードで続行されます。回路プロットと解析プロットを同時に表示するには、上下に並べて表示か左右に並べて表示を選択する必要があります。このオプションはAC解析、DC解析、トランジエント解析で使用できますが、デジタル回路およびミックスモード回路のトランジエント解析で最も有効です。ESCを押して実行を停止し、F3で解析を終了し、CTRL + F4でファイルを閉じておいてください。

本章の内容

プローブは、解析の結果を表示するもう一つのツールです。プローブでは、選択した解析を実行し、解析結果全体をディスクファイルに保存した後、回路図をプローブすることができます。通常の解析では、解析リミットダイアログボックスで指定された曲線だけが保存されますが、プローブではすべてが保存されるため、解析実行後にプロット対象を決めることができます。この機能は、オシロスコープ、スペクトラムアナライザ、カーブトレーサで実際の回路をプローブするのによく似ています。本章では、いくつかの例を挙げて、プローブの機能を説明します。以下の項目が含まれます。

- ・プローブはどのようにはたらくのか
- ・トランジェント解析の変数
- ・プローブの実際の使用
- ・回路図上のナビゲート
- ・AC解析での例
- ・DC解析での例
- ・SPICEファイルをプローブする

プローブはどのようににはたらくのか

プローブは、シミュレーション結果を表示するひとつの方法です。プローブでは、回路内の位置を指示して、曲線を調べることができます。プローブは通常のシミュレーションと全く同一の機能を持ち、各ソリューションポイントにおけるすべての変数をディスクファイルに保存します。マウスをクリックすると、プローブはマウスポインタの位置を識別し、ファイルから、垂直軸および水平軸両方の適切な値を抽出して、その結果の曲線をプロットします。通常の解析と同様に、回路変数による式を入力することもできます。

実際にプローブを使用してみましょう。ECLGATEファイルをロードして下さい。コンポーネントパネルが存在する場合、CTRL + ALT + Xでそれを除きます。解析メニューの**プローブトランジェント**を選択します。解析リミットダイアログボックスの閉じるボタンをクリックします。現在の解析結果ファイルがまだ使用できない場合は、回路に対してトランジェント解析が実行され、その結果がECLGATE.TSAという名前のファイルに保存されます。次に、プローブ画面が表示されます。プローブメニューをクリックすると、以下のオプションが提供されます。

- **実行 (F2)** : このオプションを指定すると、強制的に新規の解析を実行します。プローブは、最後に保存された実行の時間が回路の最後の編集時間より早い場合、自動的に新規の解析を実行します。但し、RELTOL、他の全般設定値、あるいはシミュレーションの実行に影響する可能性があるオプションを変更した場合は、その新しい値による新規の解析を強制的に行う必要があります。
- **リミット... (F9)** : 選択された解析タイプのための 解析リミットダイアログボックスを開きます。ここから通常の解析オプションのサブセットを選択できます。
- **ステップング... (F11)** : ステッピングダイアログボックスにアクセスします。
- **動作点法... (CTRL+SHIFT+O)** : 使用すべき動作点方法と各方法を試す順番を選択できます。
- **データポイントの低減...** : データポイントの低減ダイアログボックスにアクセスします。これによりプローブシミュレーション実行中に発生するデータポイントを減らすことができます。
- **カーブの追加...** : 回路変数で文字式を定義し、プロットを追加することができます。たとえば「VCE(Q1)*IC(Q1)」と入力すると、トランジスタのコレクタ電力をプロットすることができます。
- **カーブの削除...** : このオプションを使用すると、曲線の選択削除を行うことができます。
- **全カーブの削除 (CTRL + F9)** : すべての曲線を削除します。

- **アナログとデジタルの分離**：アナログ曲線とデジタル曲線を別々のプロットグループに配置します。

- **1本のカーブ**：このモードでは、1つの曲線だけがプロットされます。回路をプローブする度に、古い曲線が新しい曲線に置き換えられます。

1本のカーブモードでは、CTRLを押しながらオブジェクトをクリックすることによって、トレースを複数追加することができます。このとき、まだプロットが行われていない曲線は追加され、既にプロットが行われている曲線は削除されます。

- **多数のカーブ**：このモードでは、新しい曲線による古い曲線の置換が行われず、多くの曲線が同時にプロットされます。垂直スケールは、共有にも別々にもできます。そのためには、**スコープメニューの各プロットグループに同じYスケールオプションの有効/無効**を切り替えてください。

- **すべてを保存**：このオプションは、すべての変数を保存するよう強制します。このオプションは、エネルギー、電力、電荷、磁束、抵抗、容量、インダクタンス、磁束密度または磁場の強さのプロットに使用してください。

- **VとIのみを保存**：MC10は、実行時に多くの変数を生成します。これらの変数すべてをディスクに保存すると、膨大なファイルが作成される可能性があります。このオプションは、時間、デジタル状態、電圧および電流の変数だけを保存することによって、ファイル空間を節約し、アクセス時間を短縮します。これにより、エネルギー、電力、電荷、磁束、抵抗、容量、インダクタンス、磁束密度および磁場の強さ値を含み、他の変数は無効になります。

- **3Dウィンドウ**：温度またはパラメータのステップング時にのみ利用できるこのオプションにより、3Dウィンドウを追加、削除、表示できます。

- **性能ウィンドウ**：温度またはパラメータのステップング時にのみ利用できるこのオプションにより、性能ウィンドウを追加、削除、表示できます。

- **FFTウィンドウ**：このオプションにより、FFTウィンドウを追加、削除、表示できます。

- **スライダ**：このオプションでは、スライダを追加し、パラメータに割り当てることができます。スライダによりパラメータ値をスムーズに変更し、選択された波形への影響を見ることができます。

- **プロットグループ**：このオプションを使用すると、次の曲線を配置するプロットグループを選択することができます。その後、式を追加したり、回路をプローブすると、曲線は指定されたプロットグループに配置されます。

- **プローブの終了 (F3)**：プローブを終了します。

トランジェント解析の変数

垂直メニューでY軸の変数を選択し、水平メニューでX軸の変数を選択します。マウスカーソルの矢印の先端が回路に触れると、プローブはそのオブジェクトが、ノードかコンポーネントか、アナログかデジタルかを識別します。

オブジェクトがデジタルノードの場合、プローブはノードのデジタル波形をプロットします。

オブジェクトがアナログの場合には、プローブはメニューで指定されたY軸およびX軸の変数を抽出し、アナログ曲線をプロットします。トランジェント解析で使用できるオプションには、以下のものがあります。

- **すべて** : マウスがデバイスでプローブすると、ダイアログボックスがそのデバイスに利用可能なすべての変数を列挙します。リストから1項を選択すれば、MC10はそれをプロットします。
<All Currents>は、デバイスへのすべてのピン電流をプロットし、<All Voltages>はデバイスのピン電圧へのすべてのピンをプロットします。
- **電圧** : マウスでノードをプローブすると、ノード電圧が選択されます。2端子コンポーネントのシェイプをマウスでプローブすると、そのコンポーネントの端子間電圧が選択されます。3端子や4端子の能動デバイスの2端子間をマウスでプローブすると、その端子間の電位差が選択されます。
- **電流** : 2端子コンポーネントのシェイプをマウスでプローブすると、そのコンポーネントを流れる電流が選択されます。3端子や4端子のアクティブデバイスの1端子をマウスでプローブすると、その端子へ流入する電流が選択されます。プローブは、マクロやサブサーキットのピンに、直接、電流をプロットすることはできません。
- **エネルギー** : マウスでコンポーネントをプローブすると、そのコンポーネントの消費エネルギー (ED)、生成エネルギー (EG)、蓄積エネルギー (ES) がプロットされます。コンポーネントによっては、候補は複数あり、リストから選択します。
- **電力** : マウスでコンポーネントをプローブすると、そのコンポーネントの消費電力 (PD)、生成電力 (PG)、または蓄積電力 (PS) がプロットされます。コンポーネントによっては、候補は複数あり、リストから選択します。
- **抵抗** : マウスで抵抗器をクリックすると、抵抗値が選択されます。
- **電荷** : マウスでコンデンサをクリックすると、コンデンサの電荷量が選択されます。半導体デバイスの端子間をプローブすると、端子間の内部コンデンサの電荷量が選択されます。

たとえば、NPNのベースとエミッタ間をクリックすると、CBE電荷量が選択されます。

- **電気容量**：電荷量に関連づけられた容量です。
- **フラックス**：マウスでインダクタをクリックすると、その磁束が選択されます。
- **インダクタンス**：磁束に関連づけられたインダクタンスです。
- **磁束密度**：マウスでコアをクリックすると、コアの磁束密度が選択されます。
- **磁場の強さ**：マウスでコアをクリックすると、コアの磁場の強さが選択されます。
- **時間**：トランジェント解析のシミュレーション時間変数を選択します。
- **リニア**：線形のプロットを選択します。
- **対数**：対数のプロットを選択します。

ノード電圧のプロープ

垂直メニューをクリックし、**電圧**を選択し、**水平メニュー**で **時間**を選択します。左マウスボタンでQ1コレクタ端子の上のドットをクリックすると、プローブは回路をスキャンし、マウスがノード1を指示していることを識別し、時間対V(1)をプロットします。Q1のベースの端子ドットをプローブした後、そのエミッタ端子ドットをプローブすると、次の画面が表示されます。

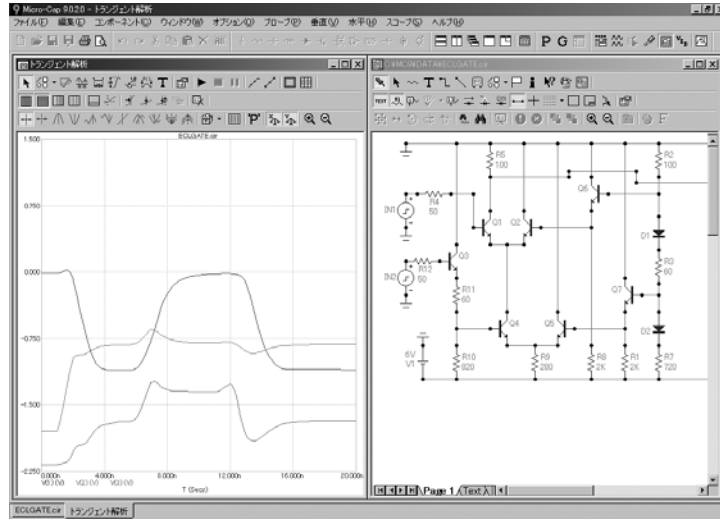


図8-1 ノード電圧のプロープ

プローブでは、クリックした位置がコンポーネントのシェイプアウトラインの内側にあるかどうか、最初にチェックされます。アウトラインの内側で、コンポーネントがデジタル/サブサーキット/マクロのいずれかである場合、ピン名リストが提示され、ユーザはその中から1つを選択します。部品が他のもの（例：普通のアナログ部品）である場合、プローブは、選択されているX軸、Y軸の変数（電圧や電流など）と、クリックされたコンポーネントで利用可能な変数とを比較します。一致する変数がある場合は、その変数が採用され、ファイルから取得されます。一致する変数がない場合は、選択された変数に電圧が含まれていること、クリック位置がグラウンドノードでないことを確認し、ノードのアナログ電圧/デジタル状態を採用して、ファイルから値を取得します。

実際に端子間電圧をプロットしてみましよう。CTRL + F9を押してすべての曲線を削除してください。Q1のベースとエミッタの端子ドット間をマウスでクリックしてください。どちらの端子に近かったかによって、VBE(Q1)あるいはVEB(Q1)のカーブがプロットされます。プローブする場所のコツを覚えるには、ある程度の練習が必要かもしれません。VBC(Q1)の曲線を追加するには、ベースとコレクタの間でマウスをクリックしてください。

端子間電圧のプロープ

端子間電圧は、次のように表示されます。

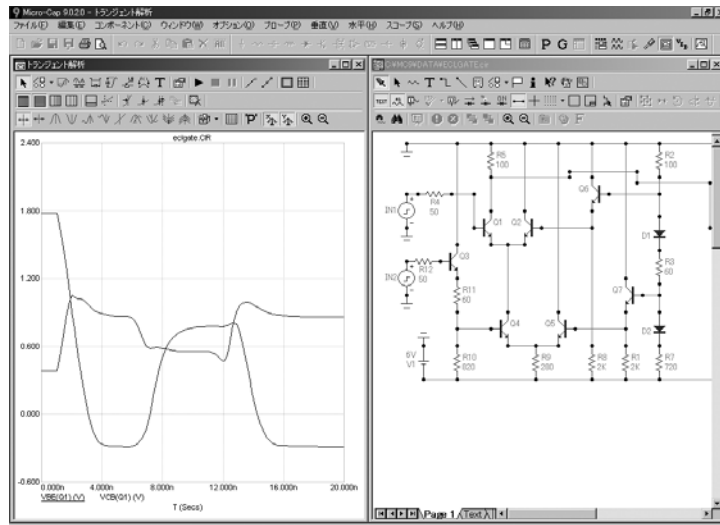


図8-2 端子間電圧のプロープ

端子電流も、同様に、簡単にプロットすることができます。CTRL + スペースバーを押して電圧から電流に切り替えます。CTRL + F9を押します。Q1のベース端子のすぐ右側とエミッタ端子の真上をクリックすると、これらの端子のそれぞれに流入する電流を示す曲線が次のように表示されます。

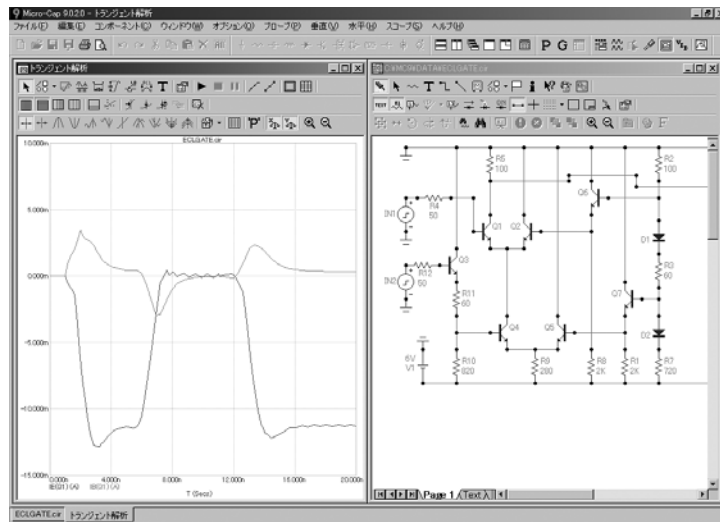


図8-3 端子電流のプロープ

回路図上のナビゲート

現在表示されていない回路領域をプローブしたいときには、いつもの方法が使用できます。これには、スクロールバー、マウス/キーボードによるパニング、スケールの変更、SHIFT + クリックによる再配置、フラグによる再配置などがあります。

回路上をすばやく移動するには、SHIFT + クリックを使用します。SHIFT キーを押し、回路の任意の位置で右マウスボタンをクリックすると、回路が縮小します。マウスを回路の別の部分に移動し、SHIFT + クリックを行ってください。スケールが元に戻り、表示はクリック位置でセンタリングされます。

キーボードによるパニングでは、CTRL + 矢印キーを使用して、表示を矢印方向に移動します。CTRL + PGUPおよびCTRL + PGDNは、1ページずつ、上下に移動します。回路図のパニングを行うには、回路ウィンドウが選択されている必要があります。

マウスによるパニングは、回路図の狭い領域をナビゲートするのによい方法です。実際にやってみましょう。プローブ画面をクリックしてCTRL + F9を押してください。回路図ウィンドウをクリックします。CTRL + スペースバーを押して、電圧モードに戻ります。Q1のコレクタドットを左マウスボタンでクリックし、時間に対するV(1)をプロットします。回路ウィンドウの中央付近で、右マウスボタンでクリックし、ボタンを押したまま、ウィンドウの境界近くまでドラッグします。ボタンを離して、この手順を繰り返し、Q8トランジスタが表示されるようにします。Outというラベルの付いたノードのドットをクリックすると、次のような画面が表示されます。

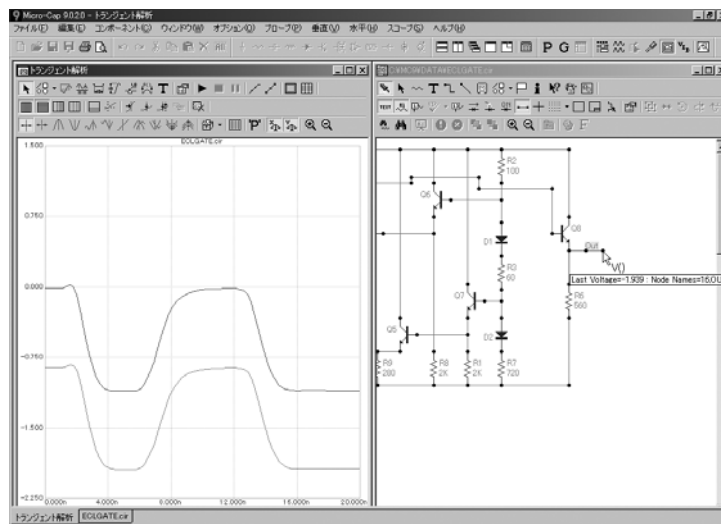


図8-4 大きく離れた領域の曲線

AC解析での例

AC解析ではどうでしょうか。基本操作は同じですが、異なっている点が少しあります。違いを見てみましょう。F3を押してプローブを終了し、ECLGATE回路をアンロードしてください。ファイルDIFFAMPをロードして解析メニューのプローブACを選択し、垂直メニューをクリックすると、画面は次のようになります。

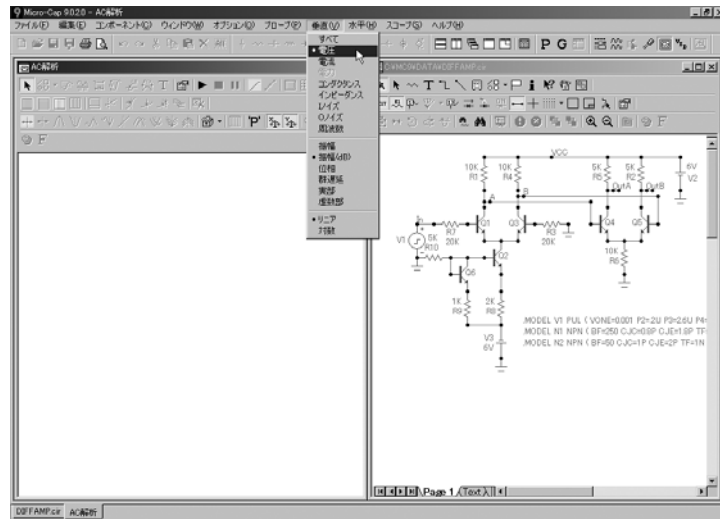



図8-5 プローブAC変数と演算子

変数リストには、通常の電圧、電流といった変数は含まれていますが、電荷、容量、磁束、インピーダンス、磁束密度、磁場の強さ、時間は含まれていません。また、コンダクタンス、インピーダンス、Iノイズ、Oノイズ、周波数など、いくつかの新しい変数があります。加えて、複素数学演算子である振幅、振幅 (dB)、位相 (PH)、群遅延 (GD)、実部 (RE)、虚数部 (IM) が使用できます。これらの演算子の1つが常に選択されています。回路をクリックして回路変数を選択すると、選択された演算子が回路変数に適用され、結果がプロットされます。振幅がデフォルトの演算子です。たとえば、V(10)はV(10)の大きさで、PH(V(10))はV(10)の位相です。通常のAC解析の場合と同様に、ノイズ変数は、電圧や電流など、他の変数と併用することはできません。

「A」というラベルの付いたノードの近くのドットをクリックしてください。右マウスボタンでドラッグし、回路図を左側にパニングします。DIFFAMPの右の部分が見えるようになったら、OutAというラベルの付いたノードの近くのドットをクリックします。カーソルモードボタン  をクリックし、カーソルモードを有効にすると、結果は図8-6のようになります。

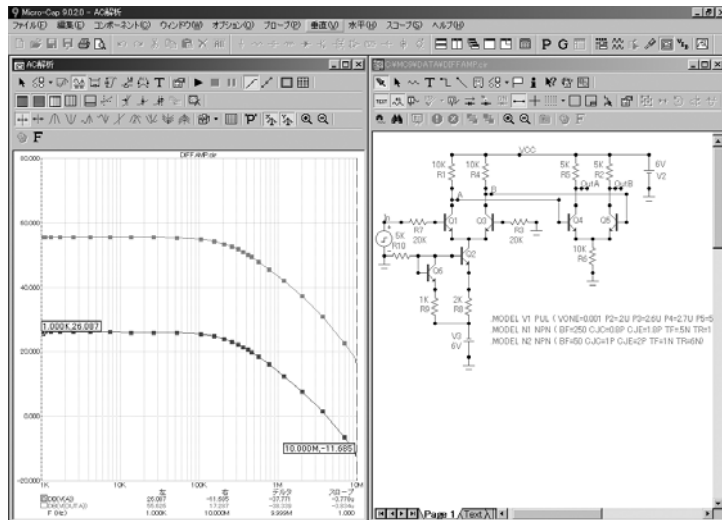


図8-6 カーソルモードでACゲインを読み取る

左プロットカーソルの初期位置は、最初のデータポイント(1KHz)です。2つのノードA、OutAにおける低周波数ゲインは、左の欄で直接読み取ることができます。左マウスボタンで左カーソルを移動して、さらに読み取りを行うことができます。右プロットカーソルは、右マウスボタンによって制御されます。

CTRL+F9を押してください。垂直メニューの振幅、対数、Oノイズを選択し、回路の任意の位置をクリックします。また、垂直メニューのIノイズを選択し、回路の任意の位置をクリックします。これにより、入力ノイズと出力ノイズがプロットされます。

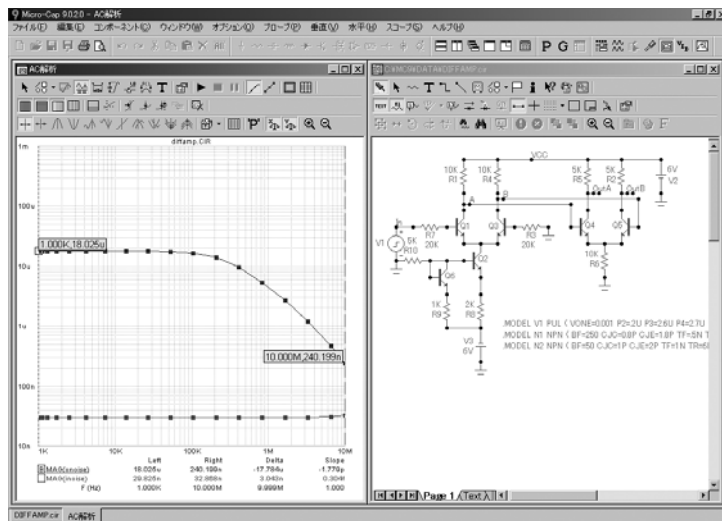


図8-7 ACノイズのプロット

DC解析での例

ファイルDIFFAMPを使用して、DCにおけるプローブの使用法を説明します。F3を押して、ACプローブルーチンを終了してください。解析メニューの**プローブDC**を選択し、**垂直**メニューをクリックすると、画面は次のようになります。

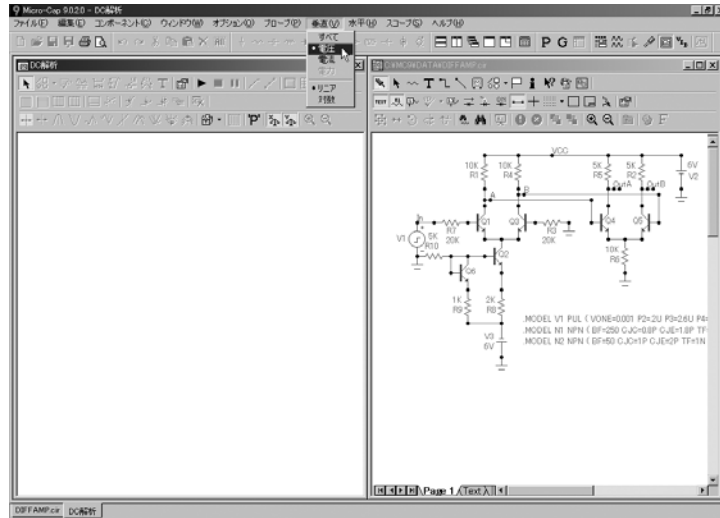



図8-8 DCプローブ変数

利用可能なY軸の変数には、電圧、電流、電力があります。X軸の変数の初期設定（最初、およびCTRL + F9を押して曲線をクリアしたときに使用される）は、変数1信号源の電圧です。X軸の変数は、最初の曲線を配置した後に、プロットウィンドウを選択し、F10を押して特性ダイアログボックスを表示して、変更することができます。X式のフィールドに新しい式を入力するだけです。

ESCを押して、**垂直**メニューを非表示にしてください。

OutAというラベルの付いたノードの近くのドットをクリックします。右マウスボタンでドラッグして、回路図を左側にパニングします。DIFFAMPの右の部分が見えるようになったら、「OutB」というラベルの付いたノードの近くのドットをクリックします。カーソルモードボタンをクリックし、カーソルモードを有効にします。画面は図8-9のようになります。

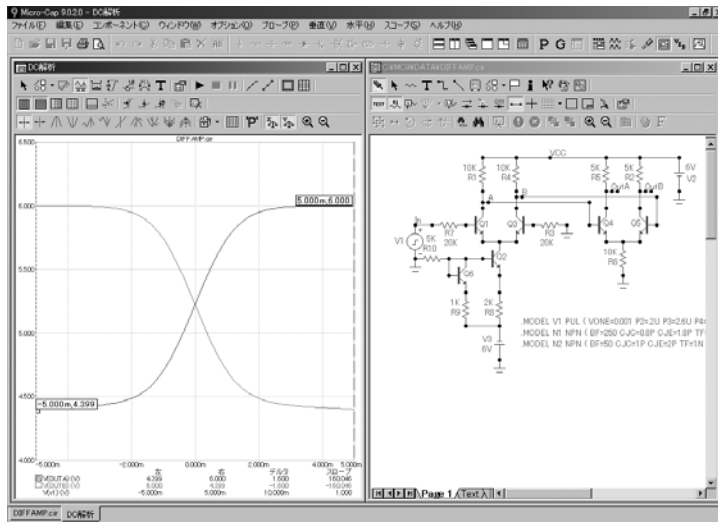



図 8-9 DC伝達関数のプロット

反曲ボタンをクリックして、左プロットカーソルをその現在位置（最初のデータポイント）の右側の次の変曲点に移動します。プロット領域で右マウスボタンをクリックしてから、SHIFT +左矢印キーを押します。これで右プロットカーソルはその現在位置（最後のデータポイント）の左側の次の変曲点に移動します。変曲点の近くで発生するピークゲイン603は、スロープ欄で直接読み取ることができます。反曲モードは、増幅器のピークDCゲインを求めるのに便利です。

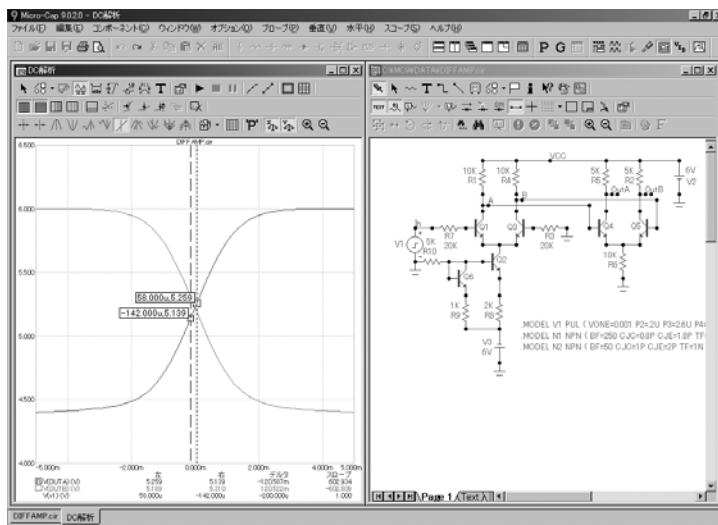


図8-10 カーソルを使用して、ピークゲインを見つける

SPICEのファイルのプロープ

MC10は、SPICEファイルを探るすることもできます。F3でDCプロープを閉じて、CHOKE.CKTファイルを開いてください。解析/プロープトランジェントを選択します。解析リミットダイアログボックスが表示され、必要に応じて実行条件を変更することができます。ESCを押してダイアログを消し、テキストV1とC1をクリックします。すると、V1とC1にかかる電圧がプロットされます。

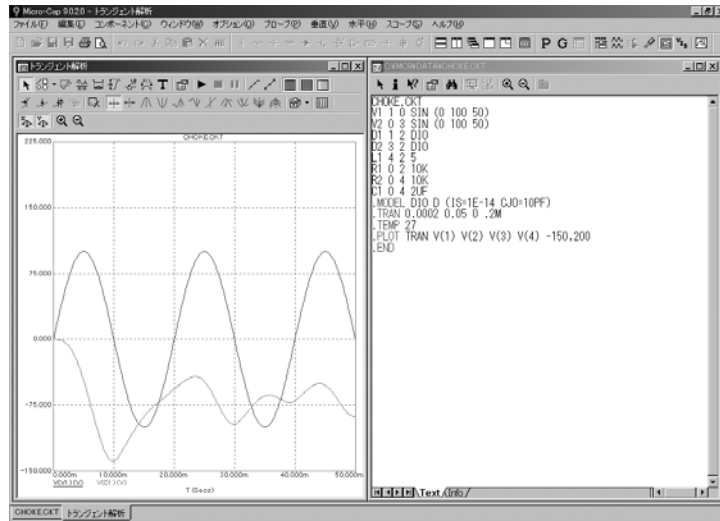



図8-11 SPICE回路のプロープ

2端子の部品、例えば信号源/抵抗器/ダイオードなどをクリックすると、垂直オプションが電圧か電流かによって、部品にかかる電圧や部品を流れる電流がプロットされます。

3端子の部品をクリックすると、ダイアログボックスが表示され、任意の電圧や電流の変数を選択することができます。

ノード番号をクリックすると、ノード電圧がプロットされます。

マクロとサブサーキットのプローブ

従来のバージョンでは、マクロのプローブにはマクロ回路およびサブマクロで利用可能な変数のリストを呼び出しました。リストのサイズおよびネーミング仕様の両方が困難なものでした。しかし本バージョンではそのプロセスがかなり簡単になりました。マクロのプローブには、ただマクロをクリックしてください。するとその回路図が現れます。マクロのノードまたは部品をクリックすると、適切な波形がプロットされます。そのマクロ内にマクロがある場合、それをクリックすると、その回路図が表示され、プローブが可能となります。1レベル上をナビゲートするには、ツールバーの上へボタンをクリックするか、またはALT+上矢印を押します。

サブサーキットをクリックしても同じことです。サブサーキットのネットリストが現れますので、「SPICEファイルのプロービング」セクションに述べられているノードと部品名をクリックすることによりプローブされます。

説明のために、CMOS_COUNTERファイルをロードしてください。次のようになります。

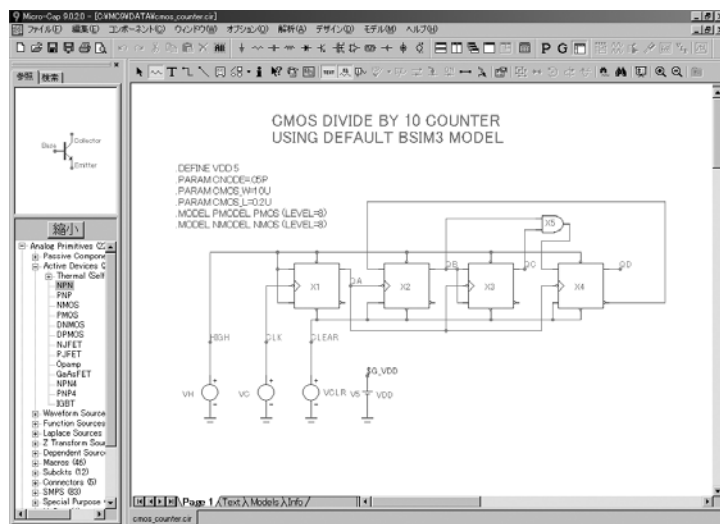


図8-12 CMOSカウンタ

解析メニューからプローブトランジェントを選択します。解析が完了したら、QBノードをクリックします。次に2番目のJKフリップフロップ(X2マクロ)をクリックします。すると、2番目のJKに対するCJKマクロの回路図が表示されます。そのQM2ノードをクリックします。すると画面は図8-13のようになります。

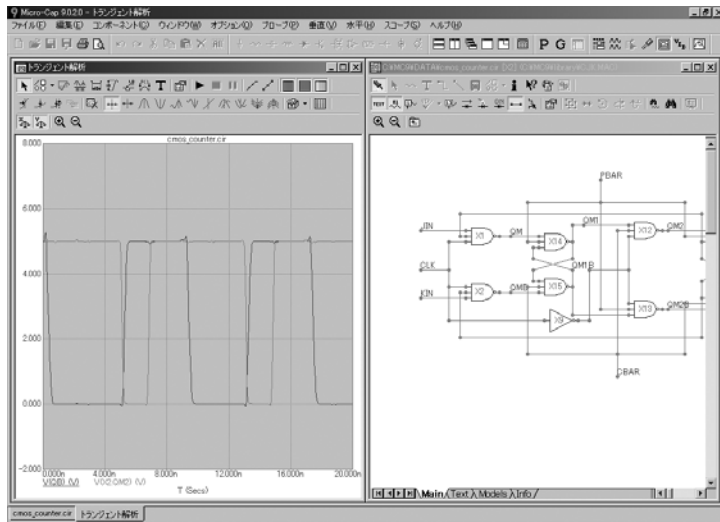


図 8-13 2番目のJKのプロロービング

X12 NAND3をクリックします。システムはその回路図をロードし、表示します。3-nand stackの内部ノードを除き、そのノードのすべてが外部ピンに利用できます。M6のドレインノードのようにこれらの一つをクリックしてください。画面は次のようになります。

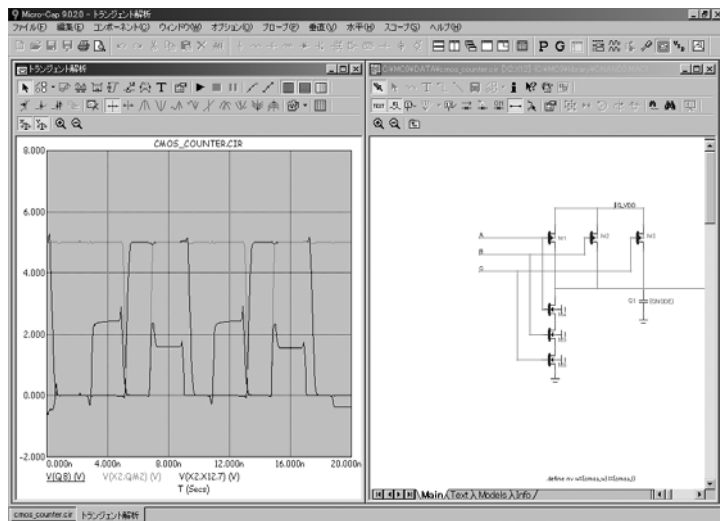



図8-14 NAND3のプロロービング

JKレベルに戻る場合は、ツールバーの上へボタン  をクリックするか、またはALT+上矢印を押します。再度クリックするとトップレベル回路図に戻ります。

簡単にプローブするためのヒント

簡単にプローブするために、次のことを覚えておいてください。

- MC10ではプローブ中、直接編集ができるようになり、スペースバーの機能が拡張されました。
- CTRL + スペースバーを使い、利用できるプローブモードを素早く切り替えます。

ACまたはDCもしくはトランジェントでは、VとIのみを保存が選択されると、以下が繰り返されます。

V()とI()

トランジェントでは、すべてを保存が選択されると、以下が繰り返されます。

V()、I()、E()、P()、R()、Q()、C()、X()、L()、B()、H()

- 既存のプローブモードと選択モードを素早く切り替えるにはスペースバーを使います。これは対話型編集とプロービングを円滑にするために実行されます。ただ、各編集によりプローブは時間のかかる新しいシミュレーション実行を発生させることを覚えておいてください。自動実行は以下で無効にできます。

プリファレンス/オプション/解析/ダイナミック自動実行

無効になると、F2を押すか、実行ボタンをクリックすることにより、新しい実行は手動で要求しなければなりません。

- 電圧プローブモードでは、SHIFTキーを押して2つのノードをクリックし、2つのノードの電位差を求めることができます。
- 単一曲線モードでは、プローブ中にCTRLを押して新しい曲線を追加あるいは既存の曲線を削除することができます。

本章の内容

ステップングとは、1つまたは複数の数値パラメータを規則的に変更して、パラメータが回路の動作にどのような影響をもつのか調べるプロセスです。単純なパラメータをステップングすることができます。例えば、抵抗の値、モデル文パラメータ（トランジスタの順方向ベータ等）、記号パラメータなどをステップできます。

本章では、いくつかのチュートリアルを通してステップングの使用法を説明します。以下の項目が含まれます。

- ・パラメータステップングとは
- ・トランジェント解析におけるステップング
- ・AC解析／DC解析における例
- ・ステップングのまとめ

パラメータステップングとは

ステップングとモンテカルロは互いに排他的です。どちらか一方だけ有効にできます。

ステップングは、1つ以上のコンポーネントの1つ以上のパラメータの値を、規則的に変更して解析を実行し、各曲線の複数のブランチを描画します。ほとんどのパラメータの種類をステップングすることができます。これには、コンポーネントパラメータ（例えば抵抗の値）、モデルパラメータ（例えばトランジスタのベータ）、記号パラメータ（.define文/.param文で作成されます）があります。パラメータの変化により方程式行列が変更されると、方程式は再作成されます。それぞれのパラメータの組について、解析が実行され、指定された曲線がプロットされます。


実際にステップングを行ってみましょう。回路DIFFAMPをロードして、**解析メニューのトランジェント解析**を選択してください。F11を押すか、解析リミットダイアログのステップングボタン  やツールバーのステップングボタンをクリックすると、次のようなステップングダイアログボックスが表示されます。



図9-1 ステッピングダイアログボックス

ダイアログには、最大20のタブが用意されていますが、実用的な最大数は2~3個です。それぞれのタブにより、各パラメータを制御するパネルにアクセスします。各パラメータのステップングは、ステップ有効オプションがYesに設定されているときに有効となります。

左側のステップ対象リストボックスは、パラメータや値のステップングを行うモデル名、コンポーネント、または記号を指定します。異なる部品が同じモデル名を共有していることがあるため、名前と共に電氣的定義が併記されます。図9-1の最初の項目「NPN N1」を見るとわかります。ここでは、モデル名N1を使用する、すべてのバイポーラNPNトランジスタの1つのパラメータをステップングするように指定されています。リストボックスをクリックすると、ステップングで使用できるモデルのリストが表示されます。モデルを選択するには、クリックします。

右側の対象リストボックスは、ステップングを行うモデルパラメータ名を指定します。矢印をクリックすると、ステップングできるパラメータのリストが表示されます。パラメータを選択するには、クリックします。ここでは、パラメータBF（順方向ベータ）のステップングを行おうとしているので、値をそのままにします。

各パネルのFromフィールドには、最初の実行のためのパラメータの開始値を指定します。終了フィールドには、最後の実行のためのパラメータの最終値を指定します。また、値フィールドには、ステップ間でパラメータを変更する値を指定します。

各パネルのメソッドオプションは、ステップ値がパラメータ値に対して持つ効果を制御します。リニアステップングは、ステップ値をパラメータ値に加算します。対数ステップングは、ステップ値とパラメータ値を乗算します。リストステップングの場合は、Fromフィールドにカンマ区切りで複数の値を入力します。

各パネルのパラメータのタイプオプションには、対象フィールドでモデル名/コンポーネント名/記号名のいずれを指定します。モデルパラメータは、個々のインスタンスごとにステップングを行うことも、すべてのインスタンスに対してステップングを行うことも可能です。タイプオプションがモデルに設定されている場合、すべてのインスタンスのステップングが同時に行われます。このオプションがコンポーネントに設定されていて、PRIVATEANALOG/PRIVATEDIGITAL（**オプション/全般設定**）フラグが有効な場合、コンポーネント名が対象フィールドと一致するインスタンスにだけステップングが行われます。

変更オプションは、複数パラメータのステップングを行うときにのみ意味があります。ここでは、パラメータの変更を入れ子で行うか、同時に行うかを制御します。たとえば、R1を値10、20とステップさせ、C2を値1n、5nでステップさせるとします。下に示す通り、入れ子では4回、同時では2回、実行が行われます。

入れ子

R1 = 10 C2 = 1n
R1 = 10 C2 = 5n
R1 = 20 C2 = 1n
R1 = 20 C2 = 5n

同時

R1 = 10 C2 = 1n
R1 = 20 C2 = 5n

同時の場合は、各パラメータが同じ回数のステップであることが必要です。パラメータのすべての組み合わせを望む場合は、入れ子を使用してください。特定の組み合わせだけ行いたい場合に、同時を使用してください。

トランジェント解析におけるステップング

トランジェント解析でステップングがどうかはたらくか、実際に見てみましょう。パラメータパネルの1でステップ有効セクションのYesオプションを有効にします。OKをクリックして、F2を押し、解析を実行します。次のような画面が表示されます。

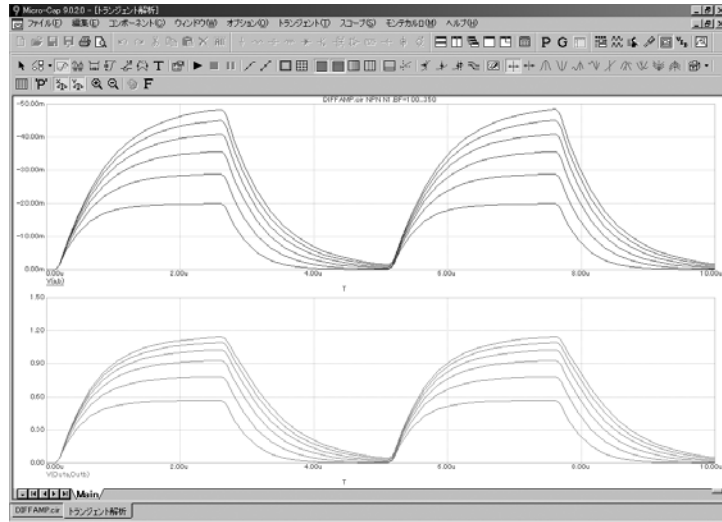


図9-2 4つのトランジスタにおけるBFの同時ステップング

この実行では、N1モデルを使用する各デバイス（トランジスタQ1、Q3、Q4、Q5があります）のBF（順方向ベータ）について値100、150、...350でステップングを行います。どのデバイスがN1を使用しているかの確認は、回路図上で各デバイスをダブルクリックして、属性ダイアログボックスで行います。解析結果を見ると、4つのデバイスがすべて同じの値を持つ場合、BFが大きく変化してもV(OUTA, OUTB)のオフセット電圧には、影響がないようです。

今度は、Q1だけBFのステップングを行って、回路がベータの小さな相対変化にどの程度耐えるかを調べましょう。F11を押して、ステップングダイアログボックスを表示し、パラメータのタイプグループはコンポーネント項目をクリックしてください。対象フィールドでQ1のパラメータBFを選択してください。Fromフィールドに「250」を、終了フィールドに「255」を、値フィールドに「1」を入力してください。OKボタンをクリックし、F2を押して解析を実行してください。図9-3に示すプロットは、この回路のBFに対する感度を示します。他のトランジスタのBFを一定にし、Q1のBFだけを250～255の間で変更したとき、曲線V(A, B)、V(OUTA, OUTB)の両方に、出力オフセットに大幅な変化が認められます。

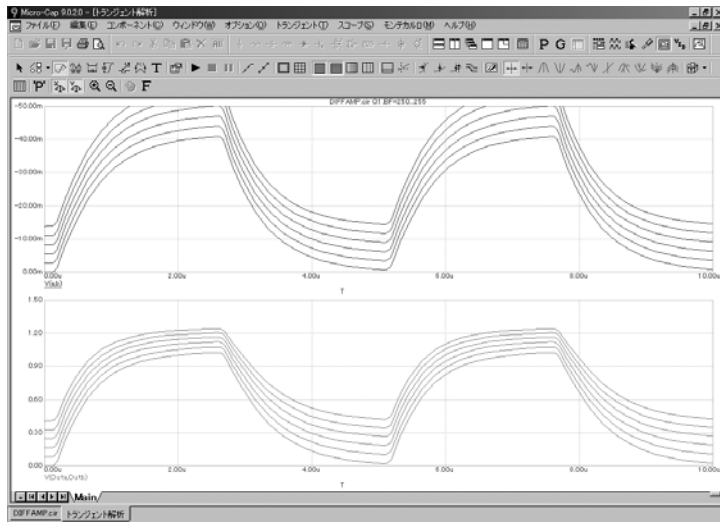


図9-3 単一のトランジスタにおけるBFのステップング

次に、CJEを使用して、対数ステップングを行っていきましょう。F11を押して、ステップングダイアログボックスを表示し、モデルと対数オプションを有効にしてください。左側のリストボックスで「NPN N1」を選択し、右側のリストボックスでCJEを選択してください。Fromフィールドに「2P」を、終了フィールドに「16P」を、値フィールドに「2」を入力し、OKボタンをクリックしてください。F2を押して解析を実行すると、次のような画面が表示されます。

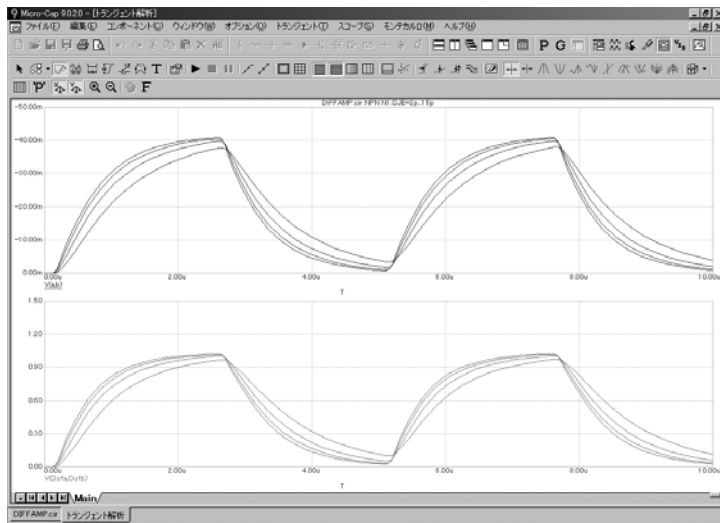


図9-4 CJEの対数ステップング

AC解析／DC解析における例

F3を押してください。ファイルメニューの戻すを選択します。ALT+2を押してAC解析を選択します。F11を押し、ステップ有効グループのYesオプションを有効にします。ENTERを押してさらに、F2を押します。

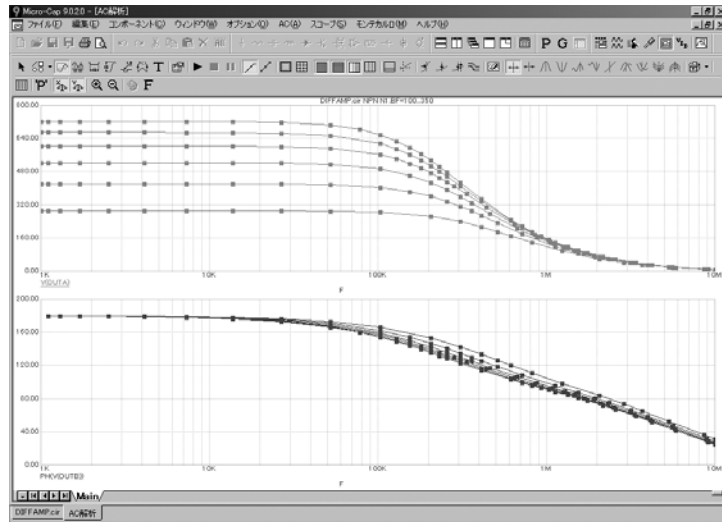


図9-5 AC解析のリニアステップング

リストステップングを行ってみましょう。F11を押し、メソッドグループから、リストオプションをクリックします。リストフィールドで、「100, 110, 150, 160, 200, 210」と入力してENTERを押してください。F2を押すと、結果は次のようになります。

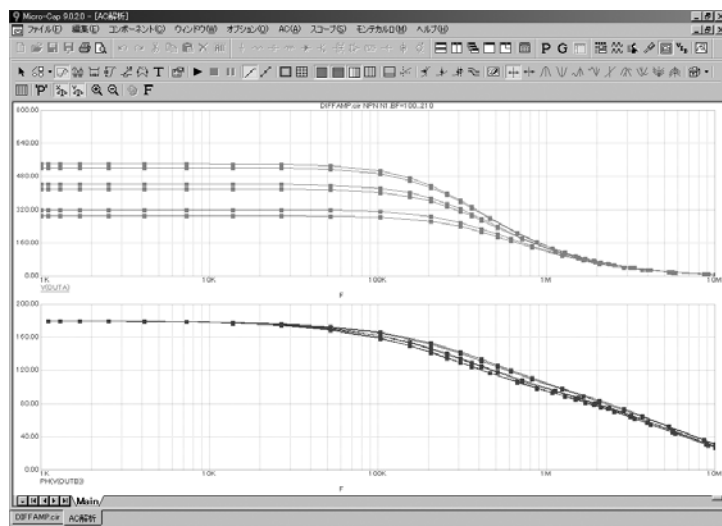


図9-6 AC解析のリストステップング

DC解析でステップングを行ってみましょう。F3を押して解析を終了し、Alt+3を押してDC解析を選択してください。F11を押し、直線オプション、Yesオプション、OKボタンをクリックしてください。F2を押してDC解析を実行すると、次のような画面が表示されます。

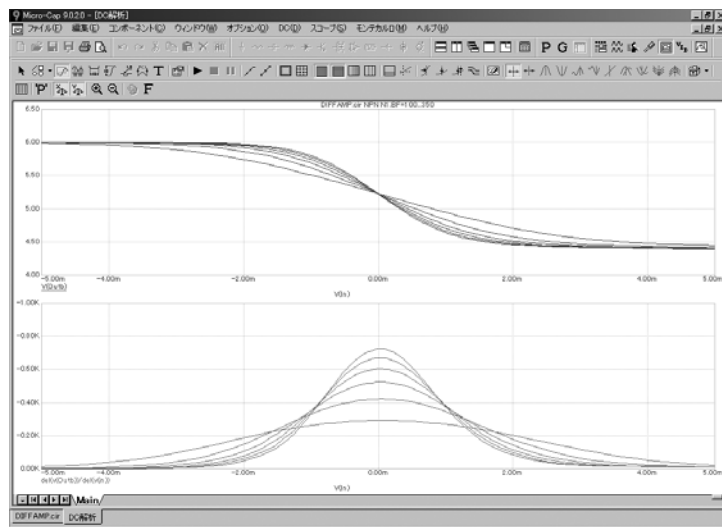


図9-7 DC解析のリニアステップング

複数のパラメータをステップングしてみましょう。F11を押し、パラメータ2のステップ有効フィールドでYesオプションをクリックし、ENTERを押してください。F2を押すと、次のような画面が表示されます。

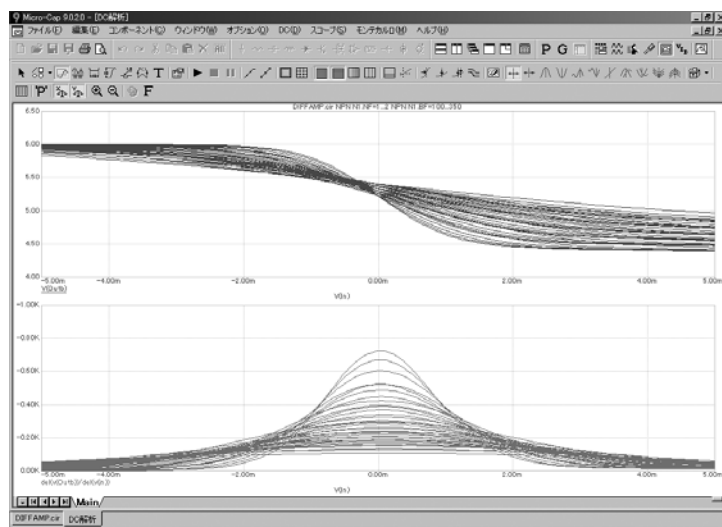


図9-8 複数パラメータのステップング

ここでは、N1 NPNモデルを使用するすべてのトランジスタについて、BFとNFの両方のステップングを行いました。ステップングが入れ子され、各パラメータが6つの値をとることから、 $6 \times 6 = 36$ 回の実行が行われました。

テキストのステップング

テキストも、ステップングすることができます。次の回路で考えてみましょう。

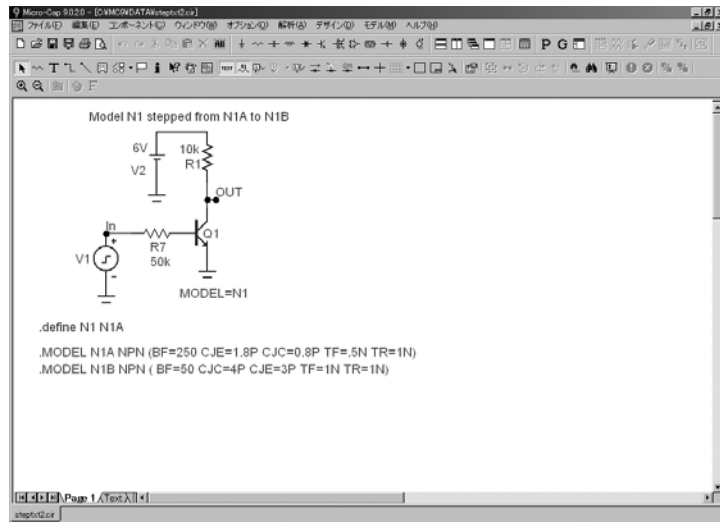


図9-9 変数N1のステップング

ここではQ1のモデルがN1に設定されていますが、N1は次の文によりN1Aとして定義されています。

.DEFINE N1 N1A

N1を、リストN1A、N1Bでステップングさせると、解析が2回行われます。一度目は、N1がN1Aとなる場合で、N1Aのモデルパラメータが使用されます。二度目は、N1がN1Bとなる場合で、N1Bのモデルパラメータが使用されます。この場合のステップングダイアログボックスは、次のようになります。



図9-10 変数N1についてテキストのステップングを行うステップングダイアログボックス

テキストをステップングさせる場合の注意点が、2つあります。

1) テキストのステップングは、記号変数について行われます。記号変数は、.Define文で作成／定義されます。

2) テキストのステップングは、リストで実行されます。

ここで設定したステップングは、次のように実行されます。

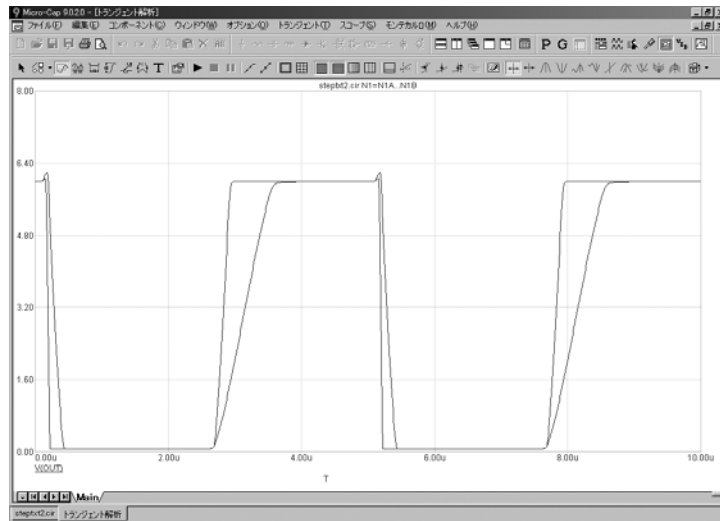


図9-11 シミュレーションの実行

2回の実行が、2種類のモデルパラメータセットで行われ、2種類の異なる出力曲線が生成されています。

ステップングのまとめ

ステップングを使用するときに覚えておくべき、重要事項を示します。

1. 次のコンポーネントのパラメータをステップングすることはできません。
 - Transformer (変圧器)
 - User Source (ユーザ信号源)
 - Laplace Source (ラプラス信号源)
 - Function Source (関数信号源)
 - SPICE dependent source (SPICEの従属信号源E、F、G、H)
 - MC4のSwitch (同じスイッチでも、S、Wはステップング可能です)

User、Laplace、Function、SPICEの信号源では、動作が代数式や数値テーブルで指定されるため、ステップングすることができません。但し、記号パラメータをステップングすることにより、間接的にLaplace、Function、SPICEの各信号源を変更することはできます。例えば、次のような文を使用します。

```
.DEFINE TAU 5
```

ラプラス関数信号源が、次のように定義されている場合、

```
1/(1+TAU*S)
```

TAUをステップングすることにより、変更することができます。

同様に、TABと呼ばれる変数を使ったラプラステーブル信号源では、

```
.DEFINE TAB (1k,0,RVAL)
```

RVALのこの定義を使うと、

```
.DEFINE RVAL 2.0
```

RVALをステップングすることにより、ラプラス信号源の動作を変更することができます。

ユーザ信号源は、データを外部のデータファイルから取得し、ステップング可能なパラメータはありません。

2. コンポーネントモードでは、ステップングは、全般設定のPRIVATEANALOGまたはPRIVATEDIGITALのオプションが有効になっている場合だけ、1つのデバイスの1つのパラメータに対してはたります。

モデルモードでは、ステップングは、そのモデル名を使用するすべてのデバイスの1つのパラメータに対して影響を与えます。そのため、多くのデバイスに影響を与える可能性があります。**PRIVATEANALOG**または**PRIVATEDIGITAL**フラグの状態は無関係です。

3. MOSFETレベルのモデルパラメータはステップングが可能ですが、モデル文がレベル1、2、3で作成され、レベルが短チャンネルBSIM、EKVまたはPhilipsモデルに変更されるとエラーが発生します。これらのモデルはレベル1、2、3モデルではないパラメータを使用します。

4. リニアステップングはFrom値から始まり、終了値に達するまで、ステップ値が加算されます。対数ステップングはFrom値から始まり、終了値に達するまで、ステップ値が乗算されます。ステップ値を2にすると便利な場合がありますが、これをオクターブステップングと呼びます。ステップ値を10にしたものを、デケードステップングと呼ぶことがあります。リストステップングでは、単純にリストフィールドに指定された値を使用します。

5. 複数のパラメータを同時にステップングする場合、ステップする個数が同じでなければなりません。不一致が存在すると、エラーメッセージが生成されます。

6. 3Dの性能プロットを作成するには、パラメータを少なくとも2つ、ステップングする必要があります。

7. 抵抗/コンデンサ/インダクタで、VALUEに数式が使用されている場合、ステップングを行うと、計算値は無視され、ステップングの値で置き換えられます。つまり、ステップングの値が、計算された値よりも優先します。

8. テキストのステップングには、.DEFINE文で作成した変数が必要であり、メソッドにはリストを使用しなければなりません。

本章の内容

モンテカルロ解析は、回路性能を統計的にテストします。この解析では、コンポーネントに誤差を持たせて、複数の回路のバッチを作成します。それぞれの回路の解析が終わった後、プロットされた曲線から、ユーザ指定の関数を使用して性能データを抽出します。結果は統計的に解析され、ヒストグラム形式でプロットされます。このデータを注意深くレビューすることによって、回路の信頼性、費用、製造可能性に関する価値ある洞察を得ることができます。

モンテカルロの統計的解析は、トランジエント解析／AC解析／DC解析で使用することができます。

ステップングとモンテカルロは相互に排他的です。両方を同時に実行することはできません。

本章は、以下のように構成されています。

- ・モンテカルロはどのように行われるのか
- ・分布
- ・性能関数
- ・オプション
- ・例
- ・統計情報

モンテカルロはどのように行われるのか

モンテカルロは、数多くの回路を解析することによって行われます。それぞれの回路は、コンポーネントが、指定された許容誤差・分布を持つ母集団からランダムに選択されることにより、構築されます。

許容誤差は、コンポーネントのモデルパラメータの数値に適用されます。モデルパラメータと記号パラメータだけが、許容誤差を持つことができます。許容誤差は、実際の値、または公称値に対するパーセンテージとして指定されます。

絶対許容誤差 (LOT) と、相対許容誤差 (DEV) の両方が指定できます。LOT許容誤差は、それぞれのデバイスに対し、絶対的に適用されます。その後で、DEV許容誤差が、最初のデバイスに対して最初に選択されたLOT許容誤差に相対的に、最初のデバイスから最後のデバイスまで適用されます。つまり、回路図リストの最初のデバイスが LOT許容誤差を適用されます。次に、最初のデバイスを含むすべてのデバイスが、最初のデバイスの値 \pm DEV許容誤差となります。DEV許容誤差は、デバイスのパラメータをクリティカルな範囲にそろえる手段を提供します。

許容誤差は、モデルパラメータの後に、キーワードLOT、DEVを挿入することによって指定されます。

[LOT [t & d]=<value> [%]] [DEV [t & d]=<value> [%]]

たとえば、次のモデル文は、トランジスタN1の順方向ベータに対して10%の絶対許容誤差を指定します。

.MODEL N1 NPN (BF = 300 LOT = 10 %)

この例で最悪の場合分布を使用すると、モデルN1を使用するトランジスタは、それぞれ270か330の順方向ベータを持ちます。ガウス分布を使用すると、ランダム値は、標準偏差30のガウス分布から選択されます。均一分布を使用すると、ランダム値は、半値幅30の均一分布から選択されます。

次の例では、モデルN1のBFに対して1%の相対許容誤差を指定します。

.MODEL N1 NPN (BF = 300 DEV = 1 %)

このDEV値では、パラメータの相対的なパーセンテージ変動を指定しています。相対許容誤差0%は、完全な一致を意味します。1.0%のDEV許容誤差は、各N1デバイスのBFが、誤差1.0%以内で揃っていることを意味します。DEV許容誤差を使用するモデル文では、プライベートライブラリの使用が強制されます。これは、全般設定のPRIVATEANALOG、PRIVATEDIGITALのフラグ状態とは無関係です。

次のモデル文は、BFに10%の絶対許容誤差と1%の相対許容誤差を指定します。

.MODEL N1 NPN (BF = 300 LOT = 10 % DEV = 1 %)

この例で最悪の場合分布を使用すると、最初のN1モデルには、270か330のどちらかの値がランダムに割り当てられます。これら2つの値は、次に示すように、平均値300とLOT許容誤差10%から計算されます。

$$\begin{aligned}BF &= 270 = 300 - .1 \times (300) \\BF &= 330 = 300 + .1 \times (300)\end{aligned}$$

BF値にLOT許容誤差が適用されて330がランダムに選択された場合、すべてのN1トランジスタ（最初のN1を含む）は、DEV許容誤差1%に基づいて、次の値のいずれかをランダムに与えられます。

$$\begin{aligned}327 &= 330 - .01 \times 300 \\333 &= 330 + .01 \times 300\end{aligned}$$

BF値にLOT許容誤差が適用されて270がランダムに選択された場合、すべてのN1トランジスタ（最初のN1を含む）は、DEV許容誤差1%に基づいて、次の値のいずれかをランダムに与えられます。

$$\begin{aligned}267 &= 270 - .01 \times 300 \\273 &= 270 + .01 \times 300\end{aligned}$$

最悪の場合分布の場合、各実行におけるBF値は、すべて集合{267, 273} または{327, 333}から選択されます。

抵抗、コンデンサ、インダクタは、乗数のモデルパラメータを介して、許容誤差を持つことができます。次の例では、LOT許容誤差5%、DEV許容誤差2%のコンデンサを指定しています。

.MODEL CMOD CAP (C = 1 LOT = 5 % DEV = .2 %)

乗数Cが容量値に乗算されるため、CMODモデルを使用するすべてのコンデンサが許容誤差を持ちます。

許容誤差の使用に関する詳細は、リファレンスマニュアルの「モンテカルロ解析」の章を参照してください。

分布

許容誤差を持つパラメータに割り当てられる実際の値は、許容誤差だけでなく、分布にも依存します。

最悪の場合分布では、値はすべて許容誤差範囲の端の値をとります。値は、2つしか存在しません。

$$\begin{aligned}\text{最小値} &= \text{平均値} - \text{許容誤差} \\ \text{最大値} &= \text{平均値} + \text{許容誤差}\end{aligned}$$

平均値とは、モデルパラメータ値です。

均一分布では、値は許容誤差範囲に一様に分布します。値は、次の範囲から、等確率で生成されます。

$$\text{平均値} - \text{許容誤差} \text{ から } \text{平均値} + \text{許容誤差} \text{ まで}$$

ガウス分布では、平均値を基準にして滑らかに変動します。平均値に近い値は、平均値から遠い値より多く発生します。標準偏差は、許容誤差を用いて以下の数式から得られます。

$$\text{標準偏差} = \text{シグマ} = (\text{許容誤差} / 100) \times \text{平均値} / \text{SD}$$

SD (全般設定ダイアログボックスで設定される) は、許容誤差範囲における標準偏差の数値です。このように、標準偏差は、許容誤差の値から直接計算されます。選択する値は、正規分布のうちどれだけが、許容誤差範囲に含まれるかによって決まります。典型的な値をいくつか以下に示します。

標準偏差	母集団の%
1.00	68.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.58	99.0
3.00	99.7
3.29	99.9

10%の抵抗器の99.9%が10%の許容誤差以内にあることが確実である場合は、値3.29を使用します。ガウス分布を使用すると、1K 10%の抵抗器が、900オーム未満または1100オームを超える値を持つことがあります。SDを3.29にすると、範囲を超える確率は0.1%より小さくなりますが、皆無ではありません。

性能関数

MC10は、各実行の各データ点においてプロットまたはプリントされたX/Y式をすべて保存するため、実行後に、性能関数と式を選択してヒストグラムを作成することができます。性能関数は、各解析で選択された式から、単一の数値を計算します。このように計算されたすべての数値から母集団を生成し、統計的な解析を行って、ヒストグラムを表示します。MC10で提供されている性能関数には、以下のものがあります。

Rise_Time
Fall_Time
Peak_X
Peak_Y
Valley_X
Valley_Y
Peak_Valley
Period
Frequency
Width
High_X
High_Y
Low_X
Low_Y
X_Level
Y_Level
X_Delta
Y_Delta
X_Range
Y_Range
Slope
Phase_Margin
RMS
Average

性能関数の操作方法のさらに詳細な説明については、リファレンスマニュアルの「性能関数」の章を参照してください。

オプション

モンテカルロオプションダイアログボックスには、以下のオプションがあります。

- **使用する分布**：このオプションは、コンポーネントパラメータの個々の母集団の生成に使用される分布の種類を制御します。

- **ガウス分布**：次の標準式に従います。

$$f(x) = e^{-0.5 \cdot s^2 / \sigma} / (2 \cdot \pi)^{0.5}$$

ここで、 $s = x - \mu / \sigma$ で、 μ はパラメータ公称値、 σ は標準偏差、 x は独立変数です。

- **均一分布**：許容誤差範囲内で等確率で分布します。最小値から最大値までのそれぞれの値が、等しい確率を持ちます。
 - **最悪の場合**：それぞれ50%の確率で、最小値または最大値を生成します。
- **状態**：Onボタンを選択して、モンテカルロ解析を有効にします。無効にするには、Offボタンをクリックします。
 - **実行数**：実行数は、生成される統計情報の信頼性を決定します。実行数を多くすると、高い信頼性で、平均値と標準偏差が正確に真の分布を反映します。高い信頼性を得るには、通常、30～300回の実行が必要です。最大値は、30000回です。
 - **ゼロ許容曲線の表示**：このオプションを有効にすると、最初の実行の許容値がゼロに設定され、一種のベースラインあるいは基準曲線が得られます。
 - **報告時期**：このフィールドでは、障害が発生した場合に報告するタイミングを指定します。ルーチンは、このフィールドのブール式が真になると数値出力ファイルに障害レポートを生成します。
 - **シード**：乱数のシードにより、プログラムによって生成される乱数列を直接制御します。1以上のシードを指定することにより、許容値および対応するヒストグラムを生成するために使用された同じ乱数列を後でシミュレーションする時に識別、再呼び出しできます。

例

モンテカルロの機能を使用してみましょう。ファイルCARLO4.CIRをロードしてください。このファイルには、単純なパルス源があり、RLCネットワークを駆動しています。回路は次のように表示されます。

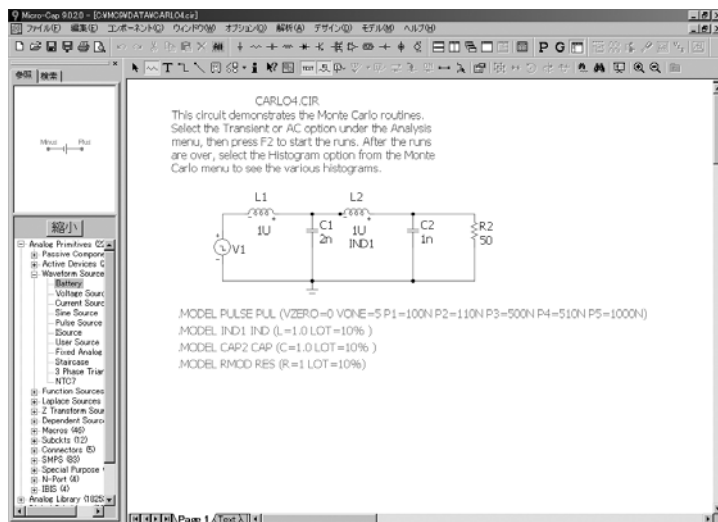


図10-1 CARLO4回路

トランジェント解析を選択した後、モンテカルロメニューのオプション項目をクリックします。次のような画面が表示されます。



図10-2 モンテカルロオプション

モンテカルロオプションは、ガウス分布で100回の実行を行うよう設定されています。2のシードを使用します。OKボタンをクリックし、F2を押して実行を開始します。曲線が画面上に蓄積され、結果は次のようになります。

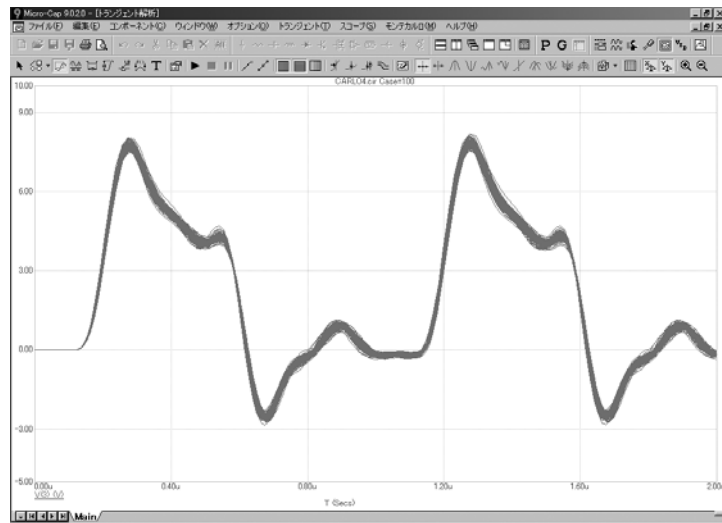


図10-3 解析の実行

モンテカルロ- ヒストグラム-Rise_Time (V (3), 1,1,1,2)で既存の Rise_Timeヒストグラムを選択すると、次のような画面が表示されます。

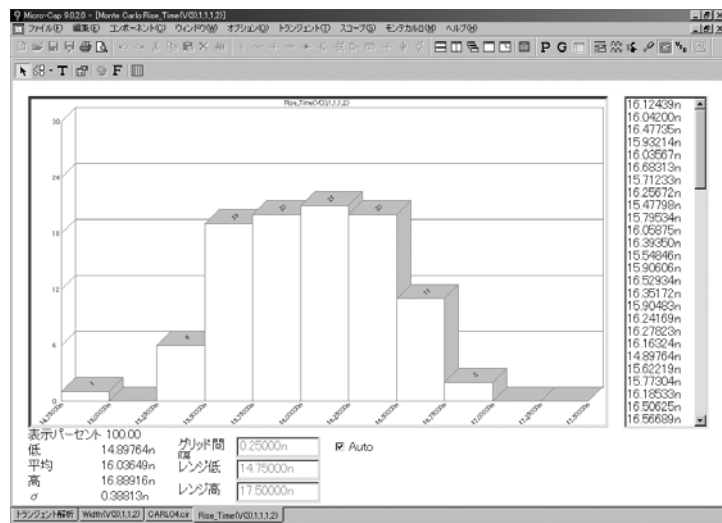


図10-4 Rise_Timeヒストグラム

この図は、Rise_Time性能関数の頻度分布を示します。この関数は曲線V(3)に適用され、Boolean = 1 (すべてのデータ点が選択されます)、N = 1 ((V(3)の1番目の立ち上がり時間を求めます)、Low = 1.0 (立ち上がり時間を測定する最初のレベルを定義)、High = 2.0 (立ち上がり時間を測定する2番目のレベルを指定) です。Rise_Time関数が100の曲線のそれぞれから値を一つずつ測定した、その最終結果がここにヒストグラムの形式で表示されています。左下の統計情報には、100個の曲線の最小、最大、標準偏差、平均が表示されています。右側のリストでは、個々の立ち上がり時間をスクロールして調べることができます。グリッド間隔の値は、ヒストグラムのバーの幅を設定し、間接的にバーの数を決定します。ヒストグラムの下限値と上限値を変更して、この分布のうち、範囲内にあるパーセンテージを表示して、これら限界値が生産歩留まりに与える影響を予測することができます。

今度は、パルス幅を測定する新しいヒストグラムを追加してみましょう。モンテカルローヒストグラム—ヒストグラムの追加により、性能関数の選択に使用するプロパティダイアログボックスを表示します。取得ボタンをクリックし、Width性能関数を選択したら、OKボタンをクリックします。そこで再びプロパティダイアログボックスにあるOKボタンをクリックすると、新しいヒストグラムが表示されます。

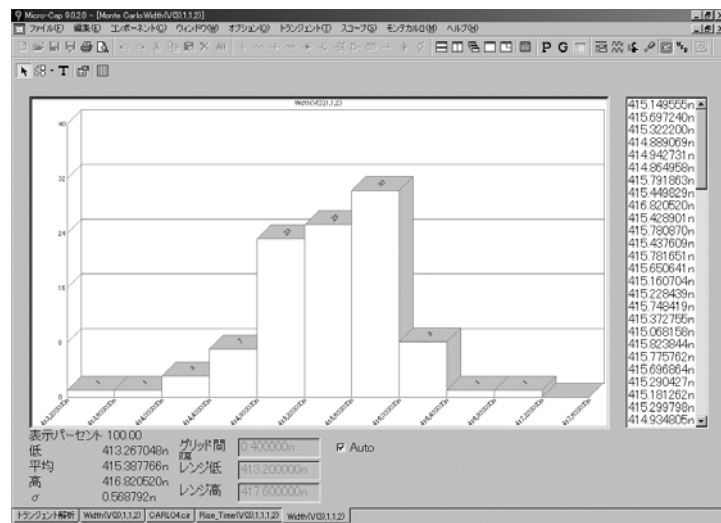


図10-5 Widthヒストグラム

このWidth関数は、曲線V(3)に対して適用され、Boolean = 1 (すべてのデータ点を選択)、N = 1 (1番目のパルスを対象)、Level = 2.0 (パルス幅の測定レベル) です。

F3を押して終了します。解析メニューの**AC解析**を選択し、F2を押すと、次の画面が表示されます

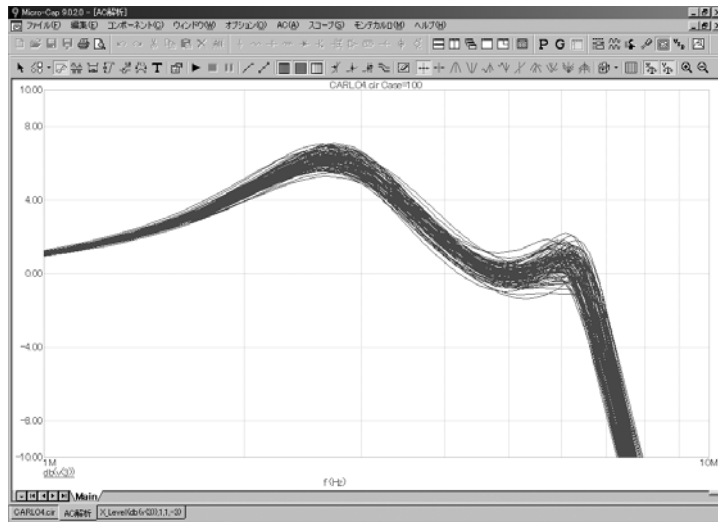


図10-6 DB(V(3))の100プロット

モンテカルロメニューのヒストグラム項目ヒストグラムの追加を選択します。取得ボタンを利用して、プロット対象にX_Level関数を選択します。Y-Levelフィールドには「-3」を入力してOKボタンを押します。プロパティダイアログボックスのOKボタンを押すことにより、新しいヒストグラムが表示されます。

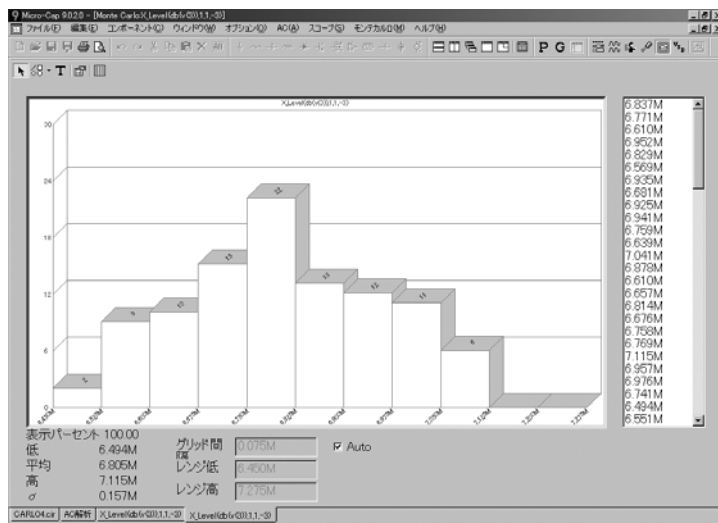




図10-7 X_Level関数によるAC帯域幅ヒストグラム

この関数は曲線DB(V(3))が対象で、Boolean = 1 (すべてのデータ点を選択)、N = 1 (1番目のインスタンス)、Y Level = -3.0 (測定に使用するYのレベル)です。この曲線は、単純なローパスフィルタ回路のゲインです。レベルとして-3を選択したため、この性能関数は、フィルタの3dB帯域幅を測定します。

F10を押すとプロパティダイアログが表示されます。これは、解析プロットのプロットプロパティダイアログボックスと似た項目が含まれています。

キャンセルボタンを押して、ダイアログボックスを閉じてください。

左右に並べて表示ボタンをクリックし、次に回路図ウィンドウ最小化アイコンをクリックします。左右に並べて表示ボタンを再度クリックします。プロットタイトルバーをクリックします。F2を押して、新しい100の実行で同時に再生されたヒストグラムを見ます。終了したら、解析プロットタイトルバーをクリックします。F8を押して、カーソルモードに入り、次にモンテカルロリストのケースのどれかをクリックします。プロットは選択したケースのX_Level性能関数を示します。上矢印および下矢印ボタンを押して別のケースを選択します。

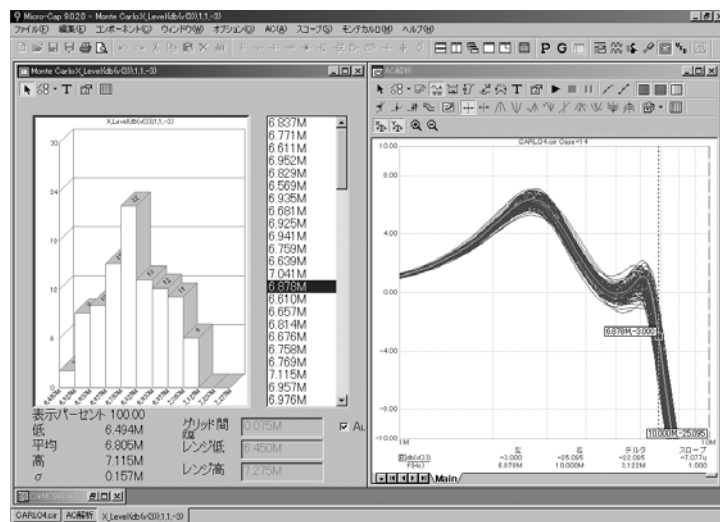


図10-8 性能関数表示

F3を押してください。解析—DC解析を選択すると、次のような解析リミットダイアログボックスが表示されます。



図10-9 DC解析リミット

このダイアログボックスでは、V1の掃引をしながら、R(R2)をプロットするよう指定されています。その結果プロットは一連の直線になります。F2を押すと実行が始まります。

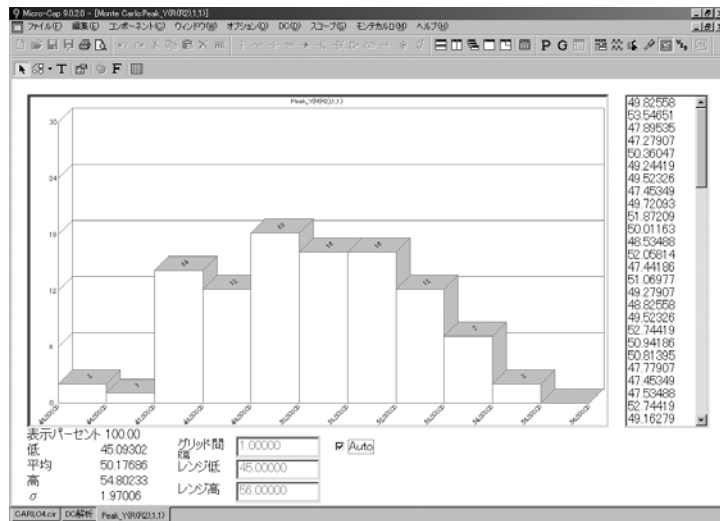


図10-10 ガウス分布

モンテカルローヒストグラムからPeak_Y項目を選択してください。Peak_Y関数は、R(R2)の最大値を測定します。これは、単に、許容誤差を適用した抵抗値となります。分布は、ガウス分布に近似したものとなります。

均一分布オプションは、次のようなヒストグラムを生成します。

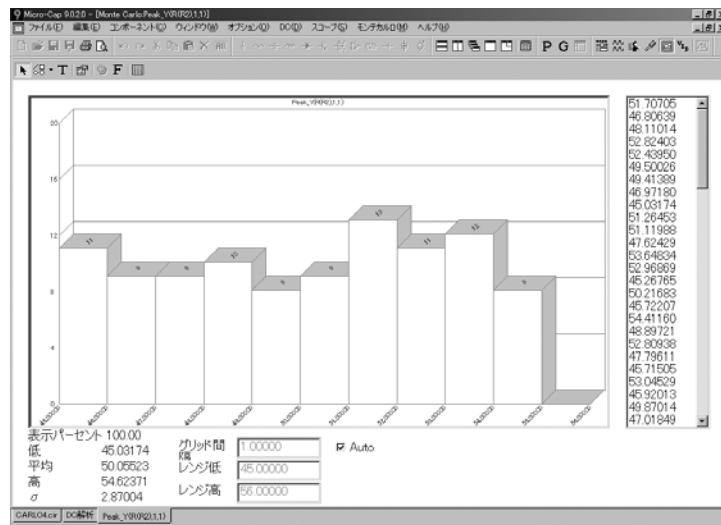


図10-11 均一分布

最悪の場合分布オプションは、次のようなヒストグラムを生成します。

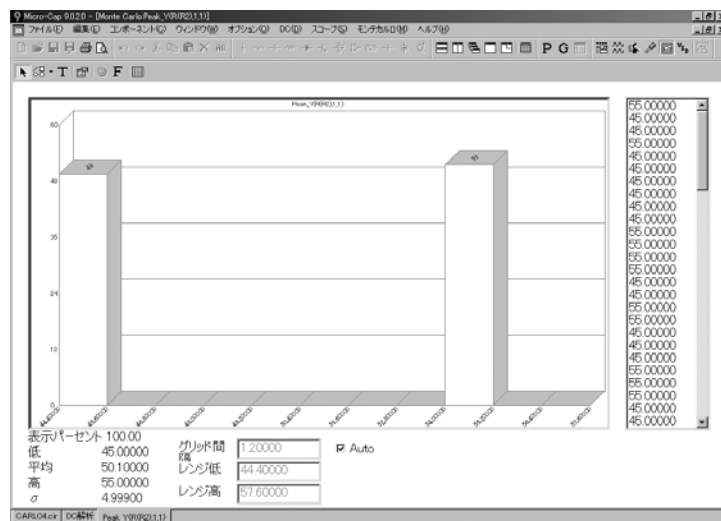


図10-12 最悪の場合分布

上記の3つのそれぞれの場合において、抵抗値を直接にプロットしたため、それぞれのヒストグラムは、値を決定するのに使用された分布関数を直接に反映しています。

抵抗値のガウス分布では、標準のガウス分布に類似した出力分布が得られました。実行回数を増やすと、ヒストグラムは、標準のガウス方程式の釣鐘形に近づきます。

抵抗値の均一分布では、多少の上り下りはありましたが、標準の均一分布に類似した出力分布が得られました。実行回数を非常に多くすると、範囲内のすべての出力の等しい確率を反映して、完全にフラットなヒストグラムが生成されることが期待されます。

抵抗値の最悪の場合分布では、両極だけを含む出力分布が生成されました。最小をとるか最大をとるかは、偶然性によります。実行回数を増やせば増やすほど、その割合が等しくなる偶然性が大きくなります。

多くのコンポーネントに許容誤差が存在する複雑な設計では、均一分布または最悪の場合分布を選択した場合でも、統計学の中心極限定理によって、出力分布は標準のガウス型に近づきます。実行回数を単に増やすことによって、標準の出力分布が得られます。

F3を押して解析を終了し、CTRL + F4でファイルを閉じます。

統計情報

統計結果は、ディスクファイルに書き込まれます。このとき、以下のファイル名が使用されます。

トランジェント解析	CIRCUITNAME.TMC
AC解析	CIRCUITNAME.AMC
DC解析	CIRCUITNAME.DMC

これらのファイルの内容は、ヒストグラムウィンドウがアクティブなときに、**モンテカルロ**メニューの**統計**を選択して表示することができます。

本章の内容

本章では、マクロの使用について説明します。マクロという用語の定義を行い、マクロ作成の4つのステップとその使用法を説明します。以下の項目が含まれます。

- ・マクロ回路ファイルの作成
- ・マクロの適切なシェイプの選択と作成
- ・コンポーネントライブラリへのマクロ登録
- ・回路からマクロを利用する

マクロとは？

マクロは、完成した回路として作成／保存され、他の回路のビルディングブロックとして使用されます。マクロの主な利点は、複雑な回路ブロックの動作を、一つのコンポーネントに組み込み、一つのコンポーネントとして表示することができる点にあります。マクロの複雑さと細部については、呼び出す側の回路の表示からは隠蔽されます。

解析が実行されると、マクロ回路のファイルがディスクからロードされ、マクロの部分を書換えます。マクロ回路は、通常通り作成されますが、例外が2つあります。

- 1) マクロは、次のような形式のコマンドテキストを使用します。

`.PARAMETERS(par1, par2,...),`

これにより、呼び出す側の回路からマクロに渡されるパラメータを定義します。

- 2) マクロでは、回路ノード上のグリッドテキストを使用して、使用回路に接続するノード（ピン名）を定義します。

マクロ回路ファイルの作成

マクロの使用する第一のステップとして、マクロ回路自体を作成することが必要です。ここでは、MC10同梱のマクロ回路を使用します。マクロ回路INTをロードしてください。次のような積分回路が表示されます。

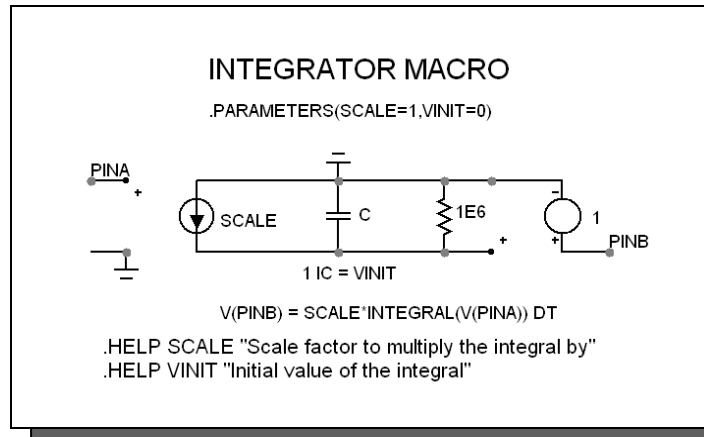



図11-1 INTマクロ

このマクロ回路の最初のステージは、電圧制御電流源（IOFV）です。この部品のトランスコンダクタンス値SCALEは、呼び出す側の回路によって、数値パラメータとして渡されます。マクロを使用する側の回路を、呼び出す側の回路といいます。最初のステージでは、入力信号に値SCALEを乗じ、それを電流に変換します。電流はコンデンサに直接流入し、入力信号をスケールして積分した電圧値を生成します。最後のユニティゲインのステージは、呼び出す側の回路の負荷から、コンデンサの電圧をバッファします。大きな値を持つ抵抗は、DC電圧が入力されたときに、コンデンサに無限大の電圧がかかることを防ぎます。これは、マクロの有効な範囲を1E-6を超える周波数に制限しますが、ほとんどのアプリケーションでは問題ないと考えられます。

この回路を例に、マクロと通常の回路を区別する2つの特徴を説明します。まず、外部ピン接続を定義するために、ピン名をグリッドテキストとしてノード上に配置しています。INT回路では、テキストPINAにより、電圧制御電流源の+入力をマクロシェイプのPINAに接続しています。テキストPINBにより、バッファ段の出力をマクロシェイプのPINBに接続しています。

2つ目の重要な特徴は、このマクロが、呼び出す側の回路からパラメータを受け取ることです。マクロについてパラメータ渡しは必須ではありませんが、たいていのマクロで利用されています。これにより、マクロの有用性は格段に高まります。パラメータをマクロに渡すためには、.PARAMETERSという制御文をマクロ回路に設定します。具体的には、マクロ回路の中に、次の形式のテキストを配置します。

コンポーネントライブラリへのマクロの登録

第三のステップは、マクロをコンポーネントライブラリに入力することです。これを行うには、**ウィンドウメニューのコンポーネントエディタ**を選択します。コンポーネントセクタで、**Analog Primitives**グループの**Macros**をダブルクリックします。この階層的なセクタでは、ダブルクリックにより、グループの開閉を行います。INTという名前をクリックしてINTコンポーネントを表示します。仮にINTを新しいマクロとして追加するような場合には、まずマクログループをクリックして選択してから部品を追加ボタン  をクリックすると、マクログループに追加されます。INTコンポーネントは次のように表示されます。

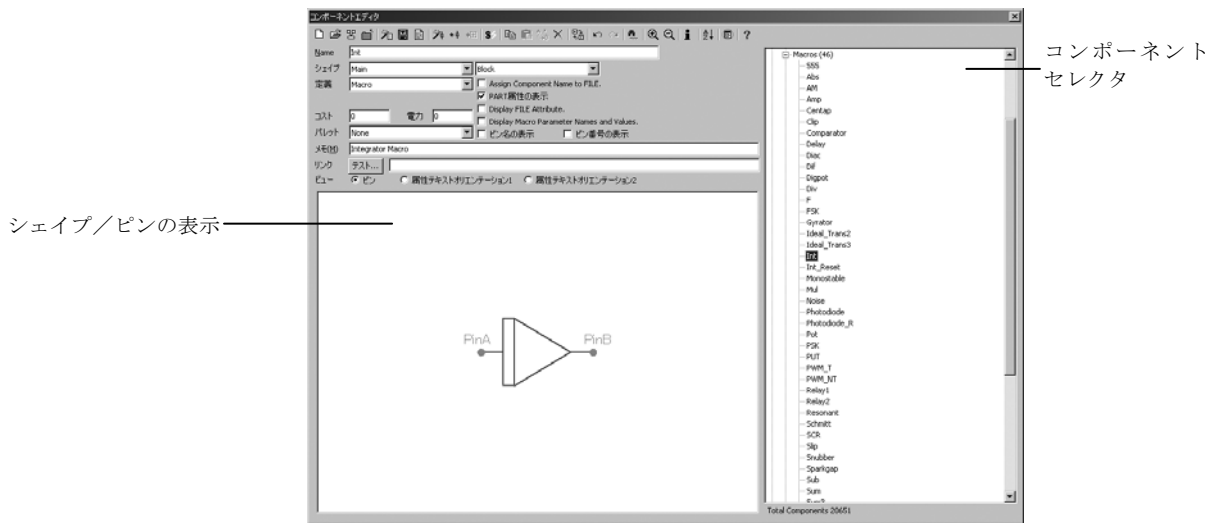


図11-3 INTマクロのコンポーネントライブラリへの登録

Nameデータフィールドには、コンポーネントの名前を指定します。これは、マクロファイルの名前と同一ですが、ファイルの拡張子はありません。この例ではINTという名前を使用しました。

シェイプデータフィールドには、マクロを表すために使用するシェイプの名前を指定します。シェイプ名は、シェイプライブラリから指定され、シェイプライブラリは、シェイプエディタで作成/保守されます。シェイプを選択するには、シェイプフィールドをクリックし、シェイプ名の最初の文字を押したり、リストの隣の矢印を使用したりして、望むシェイプが表示されるまでブラウズします。この例ではBlockというシェイプを選択しました。

定義フィールドには、電氣的定義を指定します。定義を選択するには、最初の文字を押したり、リストの隣の矢印を使用したりして、望むものが表示されるまでブラウズします。この例では、Macroを指定して、電氣的定義を回路ファイルから読み込むことを指示する必要があります。

メモフィールドには、説明またはコメントを入力します。部品の電気的な動作には、何ら影響しません。

属性テキストの向きのオプションは、シェイプに対する属性テキストの相対位置を示します。各シェイプには、向きと呼ぶ回転と反射の8つの組み合わせを持つことができます。Orientation 1は、4つの水平方向の向きです。Orientation 2は、4つの垂直方向の向きです。マクロコンポーネントの属性テキストは、部品名、マクロ名、および省略可能なパラメータから構成されます。これらは、コンポーネントを回路図に追加するとき、属性ダイアログボックスで入力します。左マウスボタンでテキストをドラッグすることにより、1番目の属性テキスト (XX) と2番目の属性テキスト (YY) の初期配置を指示することができます。属性テキストは、コンポーネントの回路への初期配置を行った後、ドラッグして再配置することができます。

マクロをライブラリに登録する場合に、ピンをどこに配置するか定義することが重要です。ダイオードのようなコンポーネントの場合、ピン名はAnode、Cathodeのように事前定義されています。

マクロの場合、ピン名はユーザが定義します。ピン名は、マクロ回路のグリッドテキストで定義されている、実際のノード名と一致していなければなりません。

ビューがピンに設定されているときにシェイプ/ピン表示をクリックすると、名前が定義されます。するとピンダイアログボックスが表示され、新しいピン名の入力とデジタルまたはアナログの指定を行うことができます。既存のピンをダブルクリックすると、変更することができます。ピンマーカードットとピン名の両方がマウスで新しい位置に別個に移動できます。

回路におけるマクロの利用

最後のステップは、マクロを使用することです。これは、最も簡単な部分です。マクロを一度コンポーネントライブラリに登録してしまえば、回路から利用可能となります。コンポーネントメニューのいずれかのグループからアクセスします。

実際にマクロを利用してみましょう。簡単な回路を作成し、ノコギリ波の電圧源でINTマクロを駆動してみます。INTマクロの出力は、入力波形の積分値のほずです。

コンポーネントエディタは閉じてください（変更は保存しません）。INT回路も閉じてください。ファイルメニューから**新規**オプションを選択し、新規ダイアログボックスで回路図を選択します。コンポーネントメニュー/**Analog Primitives/Waveform Sources**から、**Voltage Source**を選択し、プラス記号が上になるように回路図に配置してください。属性ダイアログボックスでパルス信号源パネルを選択して、**TRIANGLE**ボタンを選択します。OKボタンをクリックします。ワイヤモードボタンをクリックします。パルス信号源の上部から右へワイヤを描画します。

コンポーネントメニュー/**Analog Primitives/Macros**でINTを選択してください。これを回路図に配置し、入力が先程描いたワイヤの端点に来るようにします。SCALE属性をクリックして、パラメータには「1E7」を入力します。VINIT属性をクリックし、パラメータには「1」を入力します。これにより、スケール値1E7と初期値1がマクロに渡されます。OKをクリックしてください。最後に、上部のツールバーのグラウンドボタンをクリックし、適宜、右マウスボタンで回転させ、パルス信号源のマイナス側に配置します。

回路にマクロを配置するときのキーポイントを挙げます：

1. マクロをコンポーネント階層のどこに置いたか覚えておいてください。マクロは、通常**コンポーネント/Analog Primitives/Macro**セクションに置かれますが、置く場所はユーザが決定します。
2. FILE属性は、マクロ回路ファイルの名前を拡張子無しで保持します。この場合は、INTです。この名前は、マクロ回路を保存したときのファイル名と一致していなければなりません。CIRやMACの拡張子は付けません。
3. マクロのパラメータは、別々に属性として入力します。

回路とトランジェント解析の結果を次の図に示します。この解析結果を得るには、1) 動作点を無効にし、2) 自動スケールオプションを有効にし、3) 「1」と「2」をそれぞれV(1)とV(2)の列に入力します。

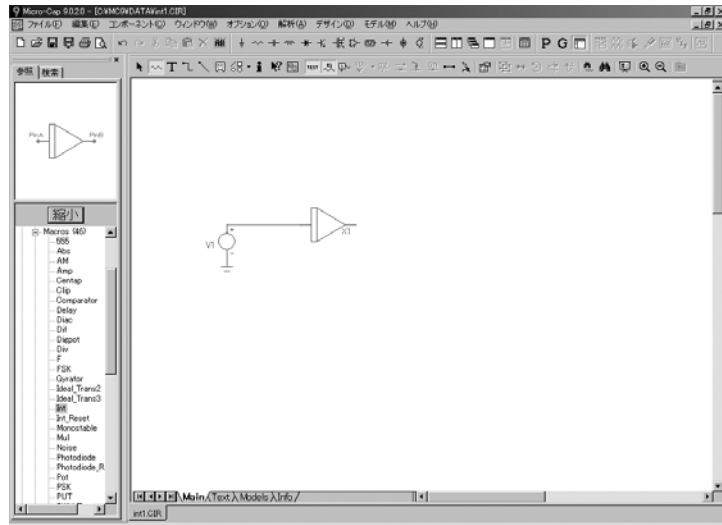


図11-4 回路におけるINTマクロの使用

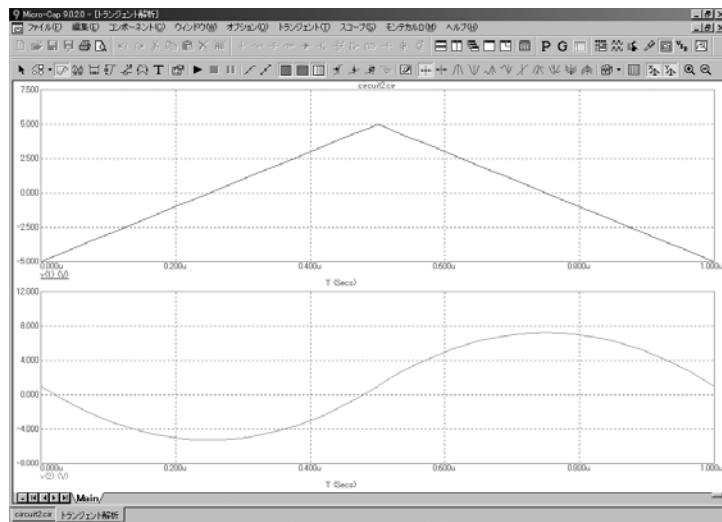


図11-5 回路のトランジェント解析

F3を押して回路を閉じてください。

マクロ作成の簡単な方法

マクロ作成のコマンドを使用して、既存の回路からマクロを作成することもできます。実際に作成してみましょう。ファイルECLGATEをロードしてください。選択モードに変更して、ドラッグを行い、次の図のように回路にボックス領域を作成します。

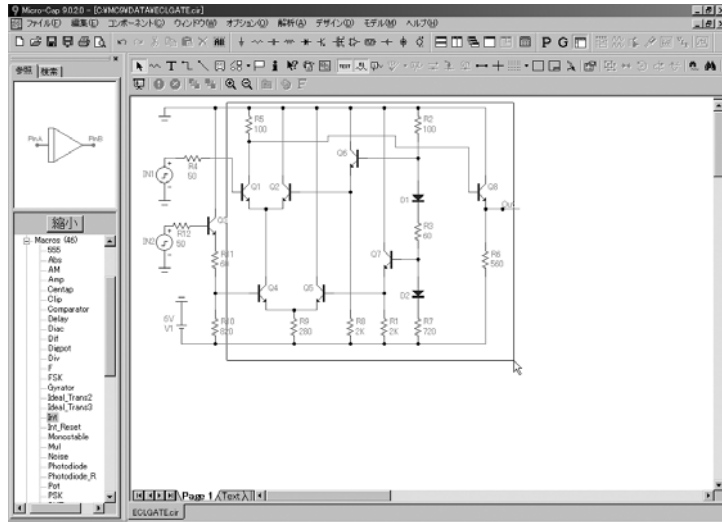


図11-6 ECLGATEマクロボックス領域

ボックス領域が、上の図の通りであるかどうか、よく確認してください。ここでCTRL+Mを押し、ダイアログボックスでOKをクリックします。画面は次のようになります。

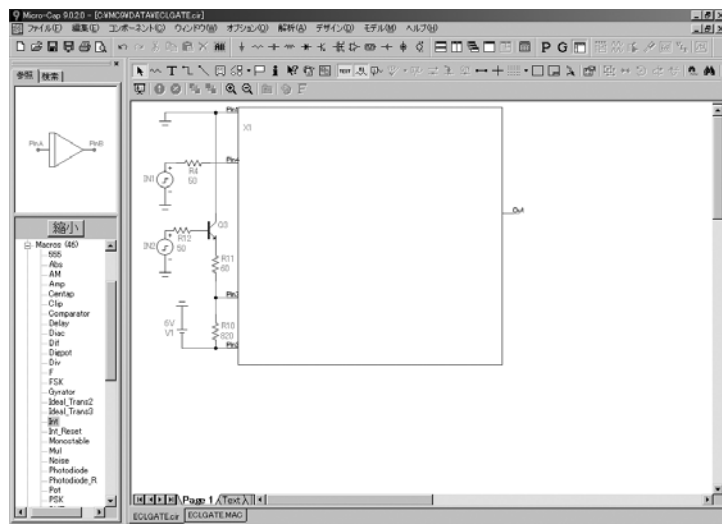



図11-7 マクロを使用したECLGATE回路

ボックス領域内の回路はマクロ回路に変換されました。その際、以下のことが行われました:

1. ボックス内の回路が、ECLGATE.MACという名前のファイルに保管されました。
2. ECLGATEマクロが現在のコンポーネントライブラリに登録されました。
3. ECLGATE回路が変更され、ボックス領域の内容は、ECLGATEマクロへの呼び出しに置換されました。

この処理の結果、ECLGATE回路はより単純なものになりました。複雑な部分は、ECLGATEという名前のマクロブロックに隠蔽/カプセル化されています。さらに、マクロはコンポーネントライブラリに登録されていて、他の回路からも使用することができます。

マクロ回路を表示するには、情報ボタン  をクリックした後ECLGATEマクロブロックをクリックします。次のように表示されます。

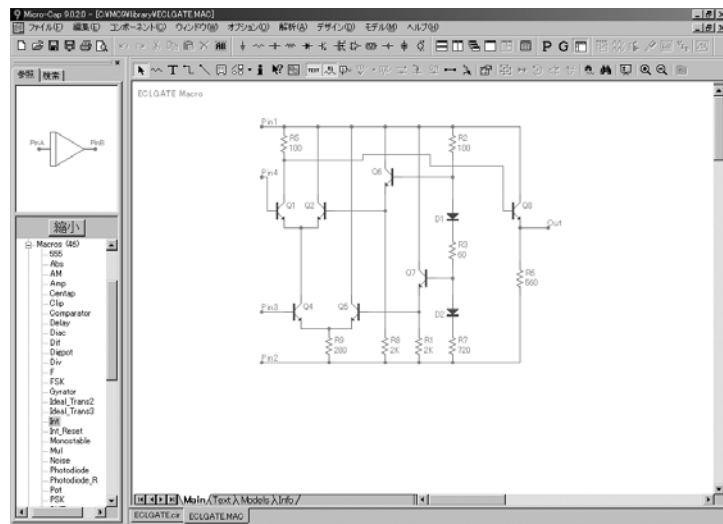


図11-8 ECLGATEマクロ回路

プログラムは5つのピンが必要だと判断し、必要に応じてピンテキストを配置しました。この形式のマクロ作成では、必ず、調整可能なマクロボックスが使用されます。マクロボックスの辺とピンは、適宜移動することができますが、四角形の形状は変更できません。

ピンの位置を変更するには、マクロをクリックして選択し、ピンの端のドットをドラッグして新しい位置まで移動します。

マクロボックスのシェイプを変更するには、マクロをクリックして選択し、角のドットをドラッグすると、ボックスの長さや幅の変更ができます。辺上のドットをドラッグすると、長さや幅の一方を変更できます。次の図は、ボックスのシェイプを変更した例です。これを図11-7と比較してみてください。

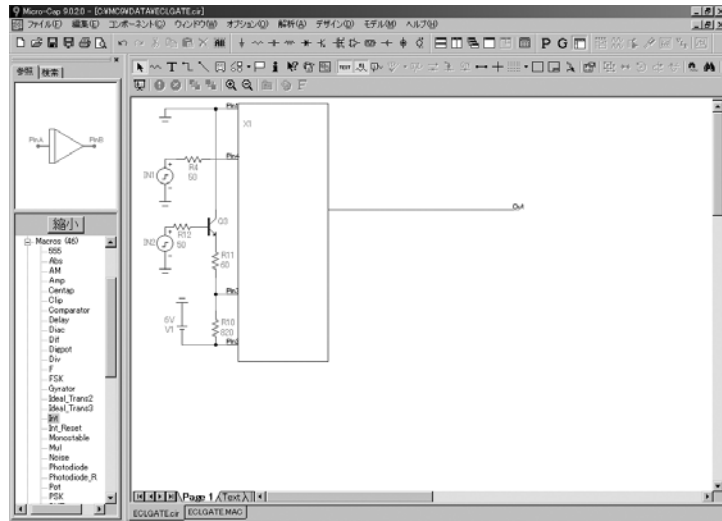


図11-9 変更されたマクロボックスシェイプ

ネストされたマクロの使用法例については、サンプル回路ファイルCMOS_COUNTER.CIRを参照してください。

本章の内容

本章では、SPICEサブサーキットの使用について説明します。サブサーキット作成の4つのステップとその使用法を説明します。以下の項目が含まれます。

- ・サブサーキット回路ファイルの作成
- ・サブサーキットの適切なシェイプの選択または作成
- ・コンポーネントライブラリへのサブサーキットの登録
- ・回路におけるサブサーキットの使用
- ・部品追加ウィザードを利用して、サブサーキット部品を追加する

サブサーキットとは？

サブサーキットは完結したSPICEテキストファイル回路で、ディスクに保存され、他の回路から使用されます。サブサーキットの大きな利点はマクロの場合と同様に、複雑な回路ブロックの動作をひとつのコンポーネントとして表現できることです。サブサーキット内部の複雑さは、サブサーキットを利用する側の回路からは隠蔽されます。

もう一つのサブサーキットの主要な利点は、多くの製造業者が自社部品のモデリングにSPICEサブサーキットを採用していることです。これらのモデルへアクセスすることが、サブサーキットを使用する重要な理由です。

サブサーキットテキストファイルの作成

第一のステップとして、サブサーキット自体が必要です。ここでは、MC10に同梱されている既存のサブサーキットを使用します。SPICEファイルを読み込むにはファイルメニューの開く項目を選択してください。「.LIBRARY\UA741.MOD」と入力すると、次の回路ファイルが表示されます。

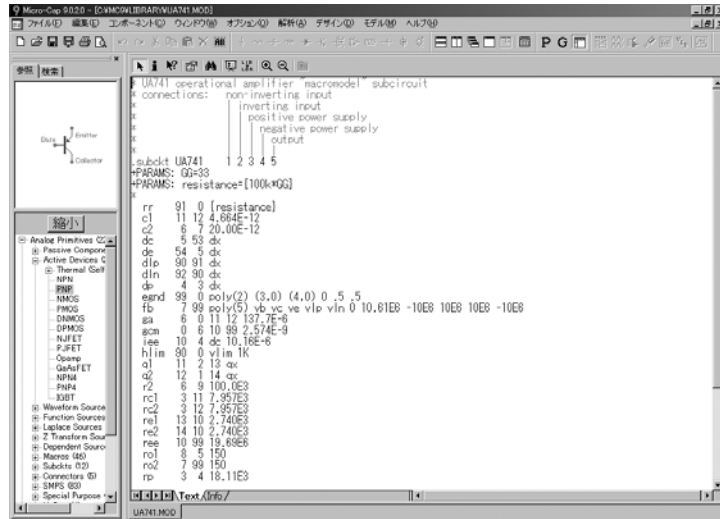


図12-1 UA741.MODサブサーキット


このサブサーキットは、古典的なUA741の標準Boyleタイプモデルです。回路ファイルは、MC10のSPICEテキストエディタや他のワードプロセッサを使用して作成することができます。サブサーキットは、部品の製造業者からテキストファイルの形で入手できることがよくあります。ファイルをLIBRARYディレクトリにコピーし、NOM.LIBファイルにファイル名を追加すると、サブサーキットがMC10からアクセス可能になります。ファイル名を追加するには、次のような行をNOM.LIBに追加します。

```
.LIB "UA741.MOD"
```

NOM.LIBファイルは、LIBRARYフォルダに存在します。

コンポーネントライブラリへの登録

第三ステップは、サブサーキットをコンポーネントライブラリに登録することです。これを行うには、ウィンドウメニューのコンポーネントエディタを選択します。Analog PrimitivesグループのSubcktsグループをクリックすると、既存のサブサーキットのリストが表示されます。

Opamp_subckt_5をクリックすると、Opamp_subckt_5コンポーネントが表示されます。コンポーネントを新しいサブサーキットとして追加する場合は、最初にSubcktグループをクリックして選択した後、部品の追加  ボタンをクリックしてコンポーネントをグループに追加し、データフィールドを編集します。

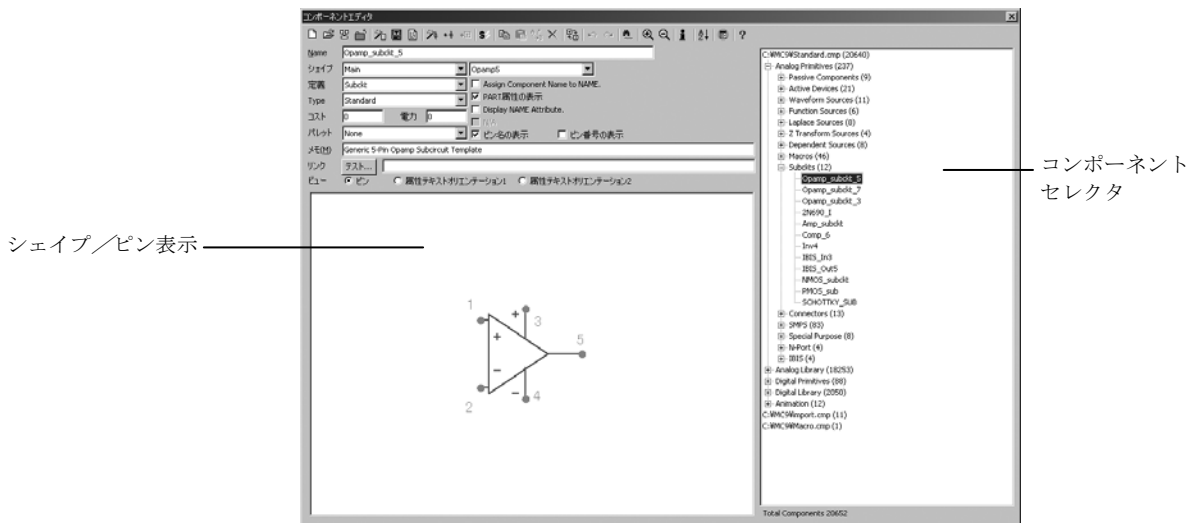


図12-3 コンポーネントライブラリへのサブサーキットの登録

最初のデータフィールドは、コンポーネント名です。これは任意の英数字による名前です。通常はサブサーキット名ですが、そうである必要はありません。この場合、一般的な名前、Opamp_subckt_5を使用しましたが、UA741を選択することもできます。

シェイプには、サブサーキットを表すために使用するシェイプの名前を指定します。この例では、Opamp5シェイプを選択しました。下矢印をクリックすると、シェイプライブラリの使用可能なシェイプのリストを表示できます。

定義フィールドには、電氣的定義を指定します。この例では、Subckt (サブサーキット) を指定しています。下矢印をクリックすると、利用可能なリストを表示できます。

属性テキストの向きオプションは、シェイプに対する属性テキストの相対位置を示します。各シェイプには、向きと呼ぶ回転と反射の8つの組み合わせを持つことができます。Orientation 1は、4つの水平方向の向きです。Orientation 2は、4つの垂直方向の向きです。サブサーキットの属性テキストは、部品名を指定するPART属性、サブサーキット名を指定するNAME属性、.SUBCKT文を収納するファイル名を指定する省略可能なFILE属性、引き渡されるすべての数値パラメータを指定するPARAMS属性、引き渡されるすべてのテキストパラメータを指定するTEXT属性から構成されます。これらの属性は、コンポーネントを回路図に配置するときに指定します。属性配置フィールドでは、最初の属性テキスト (XX) と2番目の属性テキスト (YY) の初期配置を行う場所を定義するために、左マウスボタンでテキストをドラッグすることができます。属性テキストは、コンポーネントの配置を行った後、ドラッグにより再配置できます。

サブサーキットをライブラリに登録する場合に重要なこととして、ピン配置場所の定義があります。BJTのようなコンポーネントの場合、ピン名はEmitter、Base、Collectorとして事前定義されています。サブサーキットの場合、ピン名とその位置はユーザが定義します。これを行うには、シェイプ/ピン表示フィールドをクリックしてピンダイアログボックスを表示します。このダイアログボックスでは、新しいピン名の入力とデジタル/アナログの指定を行うことができます。既存のピンをダブルクリックすると、編集することができます。ピンマーカドットとピン名は、別々にマウスで望む位置にドラッグすることができます。

コンポーネントライブラリで使用されるピン名は、サブサーキット自体を収納するファイルの.SUBCKT文のピン名と一致しなければなりません。たとえば、UA741は+入力ピンの名前として「1」を使用するため、+入力ピンを配置したいシェイプ上の位置に「1」という名前のピンを置く必要があります。同様に、出力ピンの名前としては「5」が使用されるため、OPアンプの出力を配置したいシェイプ上の位置に「5」という名前のピンを置く必要があります。

UA741サブサーキットのピン名 説明

1	+入力ピン
2	-入力ピン
3	+電源ピン
4	-電源ピン
5	出力

ピンは任意の位置に配置できることに注意してください。たとえば、+入力ピンは自動的に+記号の近くに配置されるわけではありません。ピンを回路に配置するときその位置を銘記しておくことが重要です。

コンポーネントエディタを閉じてください。

サブサーキットの利用

最後のステップは、サブサーキットを使用することです。一度サブサーキットをコンポーネントライブラリに登録すると、他の回路から利用できるようになります。ファイルUA741.MOD SPICEをアンロードし、回路SUBCKT1をロードしてください。次のような画面が表示されます。

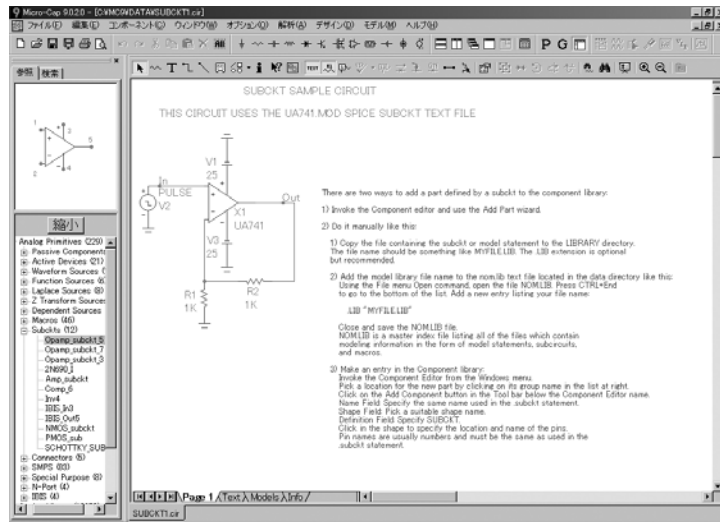


図12-4 サブサーキットコンポーネントの使用

サブサーキットを使用する際の、キーポイントを以下に挙げます:


1. 部品が回路に配置されたとき、NAME属性が.SUBCKTの名前と同一でなければなりません。
2. MC10は、サブサーキットを見つけるために以下の場所を検索します。
 - ・回路図のテキスト領域。サブサーキットをテキスト領域にペーストすれば、サブサーキットファイルのコピーを行う必要はありません。
 - ・FILE属性にリストされたファイル名
 - ・.LIB文で指定されたファイル。デフォルトの.LIB NOM.LIBも含まれます。このアクセス方法を推奨します。
3. 様々なサブサーキットを、一つのコンポーネント登録でカバーすることが可能です。これは、各サブサーキットのピン数とノードの順が同一の場合に限ります。

部品追加ウィザードの利用

ここまでは、ゼロからサブサーキットを追加する手順について説明してきました。一方で、半導体部品の業者が提供する部品モデルを追加したいことも多いことでしょう。部品追加ウィザードを使うと、それを容易に行うことができます。これは、3つの基本ステップを1つにまとめたものです。

- subckt文やmodel文をライブラリフォルダにコピーします。
- ライブラリフォルダのテキストファイルnom.libにモデルのファイル名を追加します。
- コンポーネントライブラリに登録します。

ベンダーからAD.LIBという名前のファイルをダウンロードして、C:¥に置いたとします。このファイルには、OPアンプOP09_ADのsubckt文が含まれています。これをライブラリに追加するには、次のように操作します。

- 1) ウィンドウメニューから**コンポーネントエディタ**を選択します。
- 2) コンポーネントメニューに表示する部品名が存在するグループを選択します。この例では、**Analog Library**を選択します。
- 3) 部品追加ウィザードボタン  をクリックします。
- 4) 最初のプロンプトは電気的定義です。Subcktを選択してください。次をクリックします。
- 5) 次のプロンプトでは、subcktを格納したファイル名をきかれます。ファイルの場所「C:¥AD.LIB」を入力して次をクリックします。
- 6) 次のプロンプトは部品名です。OP09_ADを選択して、次をクリックしてください。
- 7) 次のプロンプトはトリッキーです。ウィザードは、コンポーネントライブラリをスキャンして、OP09_AD とピン名が合致するすべてのサブサーキット部品のリストをコンパイルします。候補は数千もあるため、実際には代表的なものだけが提示されます。リストから、一つ選択してください。ここでは唯一の選択肢として、部品が7-pin OPアンプであることがわかっているOP08_ADを選択します。次へをクリックしてください。次をクリックしてください。
- 8) 次のプロンプトでは省略可能なメモフィールドをきかれます。次をクリックします。
- 9) 次のプロンプトでは省略可能なパレット割り当てをきかれます。次をクリックします。

10) 次のパネルでは、様々な属性の表示設定を設定することができます。次をクリックします。

11) 次のパネルでは、NAME属性にコンポーネント名を割り当てます。この割当てにより、これらの部品のどれかを回路図に追加する場合に属性ダイアログボックスを呼び出す必要がありません。クリックしてそのオプションを有効にします。次をクリックしてください。

12) 最後のパネルでは、入力した内容の確認を奨められます。すべての要素が正しく選択されているか、特にシェイプの選択や、ピン名がシェイプのどこに配置されているか等を確認してください。終了をクリックします。

説明した例では、新しい部品は次のように表示されます。

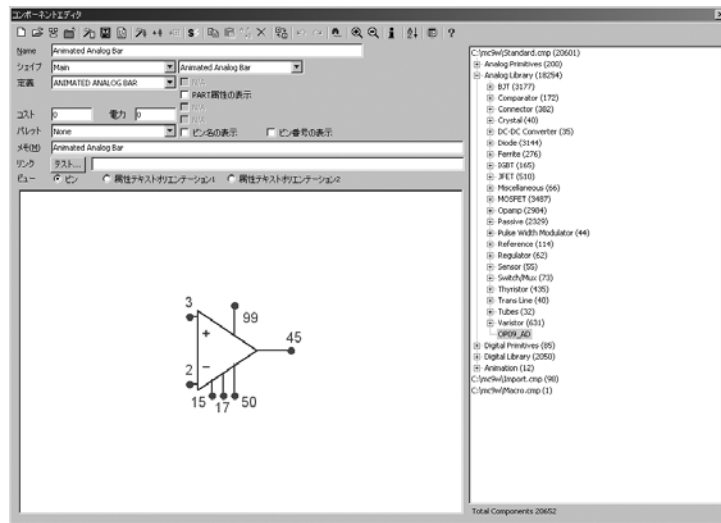


図 12-5 OP09_AD ライブラリの入力

また、1つのファイルから同時にたくさんの部品をインポートすることもできます。それにはインポートウィザードを使用します。この操作については「リファレンスマニュアル」を参照してください。

本章の内容

本章では、作業のコピーをプリンタに印刷する方法について説明します。MC10には、2つの基本的な出力が提供されています。

- ・グラフィックス
 - ・回路図
 - ・解析プロット
 - ・性能プロット
 - ・3Dプロット
 - ・モンテカルロヒストグラム

- ・テキスト
 - ・回路図のテキスト領域
 - ・SPICEの回路記述
 - ・ドキュメントファイル
 - ・AC解析／DC解析／トランジェント解析の数値出力
 - ・トランジェント解析の状態変数
 - ・モンテカルロの統計情報

すべてのテキストは、ディスクファイルとハードコピーの形式で出力可能です。グラフィックスは、システムがサポートする任意のプリンタに出力することが可能です。

回路図の印刷

回路図は1枚または複数枚のページにより構成され、印刷することができます。選択したスケールによって、各ページは、1シートまたは複数シートに分割されて印刷されます。自動オプションのときは、一番大きなページがちょうど1シートにスケールされます。手動オプションのときは、ユーザがスケールを選択し、回路図の物理的サイズを調整します。印刷するサイズを大きくすると、ページ当たりのシート枚数も増えます。

印刷される出力の設定とプレビューを行うには、**ファイルメニュー**のオプションを使用します。

- **設定** : このダイアログボックスの内容は、選択したプリンタの種類によって異なりますが、通常、プリンタ、用紙の向き、用紙のサイズなどを選択することができます。用紙の向きは印刷プレビューの配置に影響します。
- **印刷プレビュー** : このオプションを使用すると、印刷の際、回路図がどのように1枚または複数のシートに分割されるかプレビューすることができます。
 - **OK** : 行ったすべての変更を承認し、ダイアログボックスを終了します。
 - **キャンセル** : 行ったすべての変更を取り消し、ダイアログボックスを終了します。
 - **ページ**
 - 次 : 回路図の次のページを表示します。自動が選択されていても手動が選択されていても、スケールがすべてのページに適用されることに注意してください。
 - 前 : 回路図の前のページを表示します。
 - ページリスト : このリストボックスには、表示中のページ名が表示されます。このリストから名前を選択して任意のページを表示できます。ページ名の隣にチェックマークを追加することにより、印刷するページを選択できます。
- **シート** :
 - 次 : ページリストからテキストページが選択されている場合は、テキストページの次のシートが印刷されるように表示されます。
 - 前 : ページリストからテキストページが選択されている場合は、テキストページの前のシートが印刷されるように表示されます。
- **印刷** : 印刷ダイアログボックスを呼び出します。
- **設定** : 印刷設定ダイアログボックスを呼び出します。

- **プロパティ**：標準的な、回路図のプロパティダイアログボックスを呼び出します。ここでは、色、フォント、タイトルブロックの最終的な変更を行うことができます。

- **ヘルプ**：ヘルプシステムを呼び出します。

- **回路図スケール**：

自動（自動スケール）：このオプションでは、回路図の最大ページが用紙サイズに合うようにスケールを調整します。他のページにも、このスケールが使用されます。自動をクリックすると、自動スケールに使用されるスケール値が表示されます。手動ボタンをクリックして、同じスケール値をユーザ設定フィールドに入力することによっても、同じ結果が得られます。

手動（ユーザ設定スケール）：このボタンは、ユーザ設定スケールの値を有効にします。スケール100が通常のサイズです。ユーザ設定スケールフィールドには、スケール値を指定します。スケールの変更は、適用ボタンを押して初めて有効になります。

適用：表示を更新し、ユーザ設定スケールフィールドの変更を反映させます。

- **背景**：これは背景の色の印刷を有効にします。これにより、選択した回路図背景色を印刷できます。背景の印刷には大量のインクを要し、印刷紙が濡れて反りの原因となるため、通常インクジェットプリンタの使用はお勧めしません。

- **白黒**：部品、ワイヤ、グリッドテキストなど、すべての回路要素について白または黒のみを使用するよう設定します。ただし、画像要素やピクチャなどはグレースケールが適用されます。

- **グレースケール**：カラープリンタの場合、回路図をグレースケールに変換して印刷します。

プロパティ (F10) ダイアログボックスのタイトルブロック項目を使用して、タイトルブロックの5つのフィールドの内容を定義することができます。フィールド1は大きいサイズのテキストで印刷され、残りのフィールドはそれより小さいテキストで印刷されます。ファイル名、日付、ページ番号を印刷できるオプションもあります。これらのオプションを有効にするには、対象のテキストフィールドにキーワードを入力します。以下は、使用できるキーワードの例です。

- **\$NAME** 回路名を印刷します。
- **\$NAMEEXT** 拡張子付きで回路名を印刷します。
- **\$DATE** 現在の日付を印刷します。

- **\$TIME** 現在の時刻を印刷します。
- **\$USER** ユーザ名を印刷します。
- **\$COMPANY** 会社名を印刷します。
- **\$PAGE** ページ番号を印刷します。
- **\$PAGENAME** 回路図ページ名を印刷します。
- **\$MAXPAGE** 最大ページ番号を印刷します。
- **\$MC** Micro-Capのバージョン番号を印刷します。
- **\$SHEET** シート番号を印刷します。
- **\$MAXSHEET** 最大シート番号を印刷します。

単一タイトルオプションがチェックされていると、回路図ごとにタイトルブロックが1個生成されます。チェックを解除すると、シートごとにタイトルブロックが1個生成されます。

ボーダーオプションボックスでは、回路図の周囲に境界線を追加します。

回路図印刷の例

ファイルPRINTをロードし、ファイルメニューの印刷プレビューを選択します。

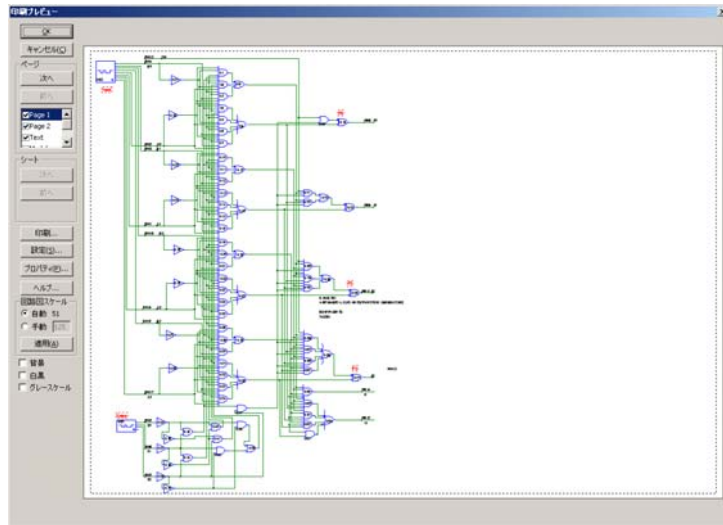


図13-1 PRINT回路のページ1の印刷プレビュー

スケールモードが自動的に設定されているため、回路図（全2ページ）のページごとに1シート印刷が行われます。図13-1を見ると、横置きモードで、ページ1がどのようにフィットするかわかります。ページの次ボタンをクリックすると、次のようにページ2が表示されます。

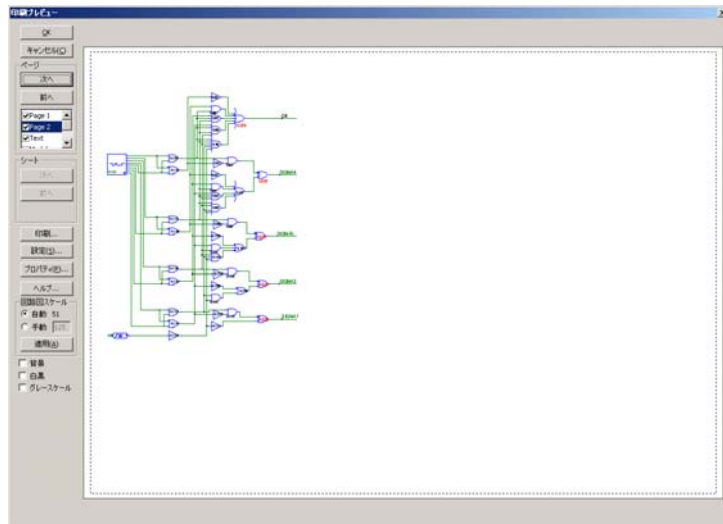


図13-2 PRINT回路のページ2の印刷プレビュー

次に、手動オプションボタンをクリックしてください。これにより、現在のユーザスケール125%が適用され、回路図が印刷時に分割されます。結果を見ると、ページ2は図13-3のように分割されます。このスケールでは、回路図のページ2を印刷するために、2枚のシートが必要です。

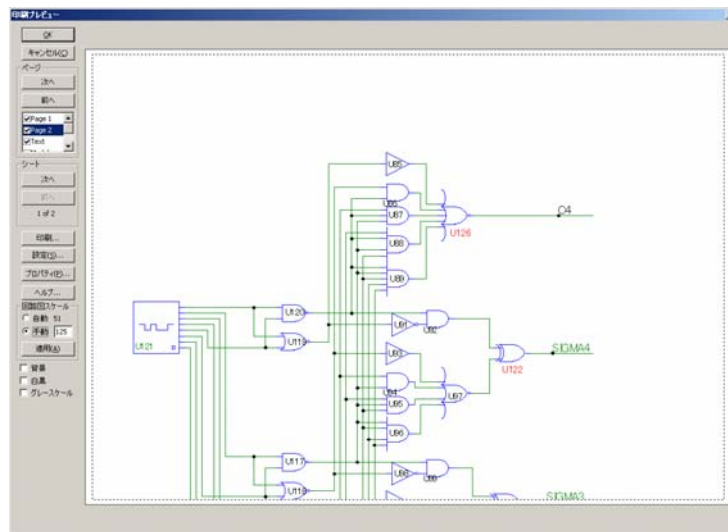


図13-3 スケール125を使用した場合のページ2の印刷プレビュー

自動ボタンまたは手動ボタンをクリックしたときは、自動的に画面が更新されることに注意してください。単にユーザ設定スケールフィールドを変更しただけでは、画面は更新されません。自動ボタン、手動ボタン、適用ボタンのどれかをマウスでクリックしたとき、画面は更新されます。

適当なスケールを決め、印刷するページ範囲を選択したら、印刷ボタンをクリックして印刷ダイアログボックスを呼び出し、印刷を開始します。印刷する度に、印刷プレビューを使用する必要はありません。前回印刷プレビューをチェックしていて、問題がなければ、CTRL + Pを押して直接印刷ダイアログボックスを呼び出してもよいでしょう。

OKボタンをクリックして、ファイルを閉じてください。

解析プロットの印刷

プロットを作成するために、まず解析を実行してください。解析が終わったら、**ファイルメニューの印刷設定**オプションを選択します。このとき表示されるダイアログボックスで、用紙の向きや他のオプションを選択します。

実際にやってみましょう。ファイルECLGATEをロードし、トランジェント解析を実行します。**ファイルメニューの印刷プレビュー**を選択すると、次のような画面が表示されます。

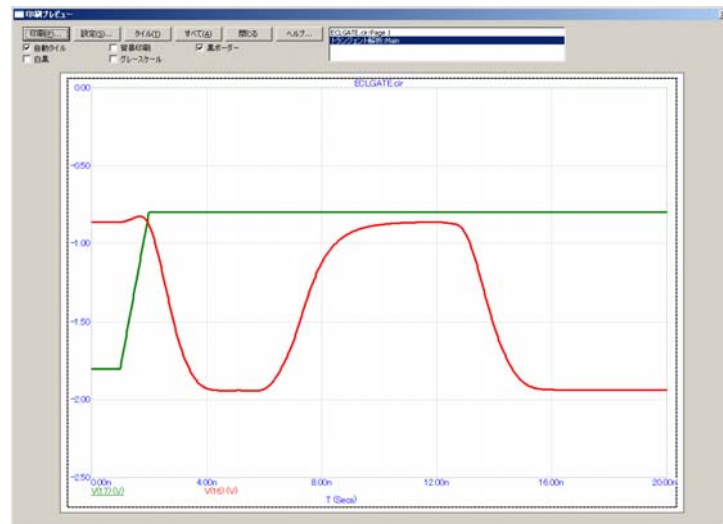


図13-4 解析プロットの印刷プレビュー

印刷プレビューダイアログボックスでは、インクルードやサイズや向きの設定を、解析プロット/3Dプロット/モンテカルロプロットについて行うことができます。また、回路図の挿入を行うこともできます。このダイアログボックスには、以下のボタンがあります。

印刷 : 画像をプリンタに送信します。

設定 : 印刷設定ダイアログボックスを呼び出します。

タイル : 選択されたプロットを、用紙上で重なり合わないよう並べます。

すべて : すべての印刷可能なプロットを選択します。

閉じる : 印刷プレビューダイアログボックスを閉じます。

ヘルプ：ヘルプシステムを呼び出します。

プロットリスト：使用可能なプロットのリストです。プロットをクリック刷ると選択状態が切り替わります。

自動タイトル：選択したプロットをレイアウト内に自動配置します。自動タイトルがオフの場合、各プロットにハンドルの組が表示され、移動やサイズ変更が可能になります。

背景印刷：選択された背景色を印刷します。インクジェットプリンタでは、背景色を印刷すると、大量のインクが用紙の表面に溜まり、紙が変形してしまいます。

黒ボーダー：各プロットの周囲に、黒い境界線を追加します。

白黒：プロット、範囲テキスト、グリッドラインなど、すべてのウィンドウ要素について白または黒のみを使用するように設定します。ただし、画像要素やピクチャなどはグレースケールが適用されます。

グレースケール：カラープリンタの場合、プロットをグレースケールに変換して印刷します。

実際にやってみましょう。すべてボタンをクリックして、図のように回路図を解析プロットに追加します。

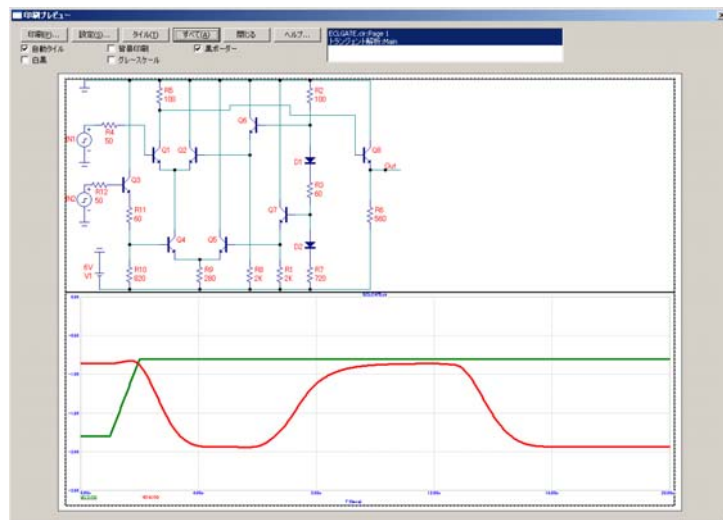


図13-5 解析プロットへの回路図の追加

自動タイルが有効であるため、プロットは用紙を満たすようにタイル表示になります。自動タイルオプションボタンをクリックして無効にすると、ハンドルとして機能する小さな黒い四角の表示されたプロットが描画されます。これで、各プロットは、プロット内部をドラッグして移動できます。ハンドルをドラッグすると各プロットをサイズ変更できます。

実際にレイアウトを変更してみましょう。回路図の右下のハンドルをつかんで左上にドラッグし、ハンドルを離します。解析プロットの右上のハンドルを左下にドラッグし、ハンドルを離します。解析プロット内部を上方にドラッグして、回路図と重なるように移動します。画面は次のようになります。

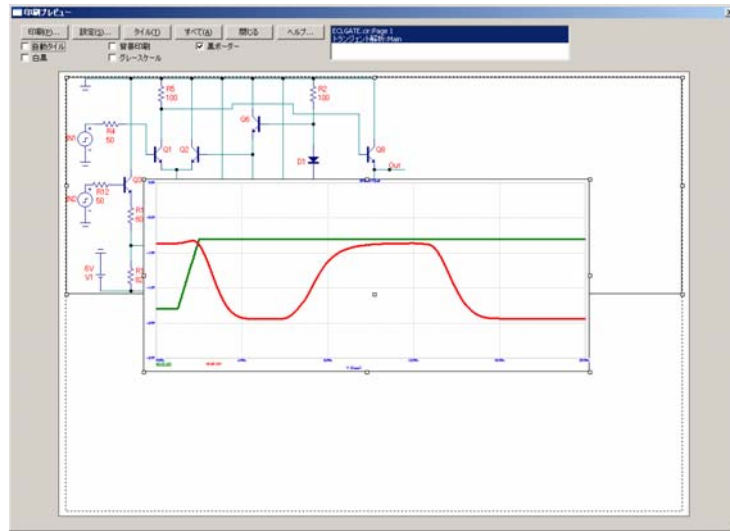



図13-6 プレビューレイアウトの変更

通常の印刷のほか、MC10で作成された様々な回路図やプロットの画像ファイルを作成できます。これらのファイルは、Word、PageMaker、Excelなど、他のプログラムへインポートできます。これらはMC10の回路図上に配置することもできます。

実際にやってみましょう。閉じるボタンをクリックして印刷ルーチンを終了してください。編集メニューでウィンドウ全体を画像ファイルにコピーを選択します。ダイアログボックスが表示されたら、名前をつけて保存のタイプリストボックスでWMFを選択し、保存ボタンをクリックします。これにより、解析プロットがECLGATE.WMFという名前のWMF形式のファイルとして保存されました。

F3でトランジェント解析を終了し、**オプション/モード/画像**を選択する、あるいは画像ボタンを選択してからメニューで画像を選択します。ピクチャファイル配置モードになります。回路図の右下をクリックします。ダイアログボックスでブラウザボタンをクリックし、ECLGATE.WMFファイルを選択します。

画面は、図13-7のようになります。

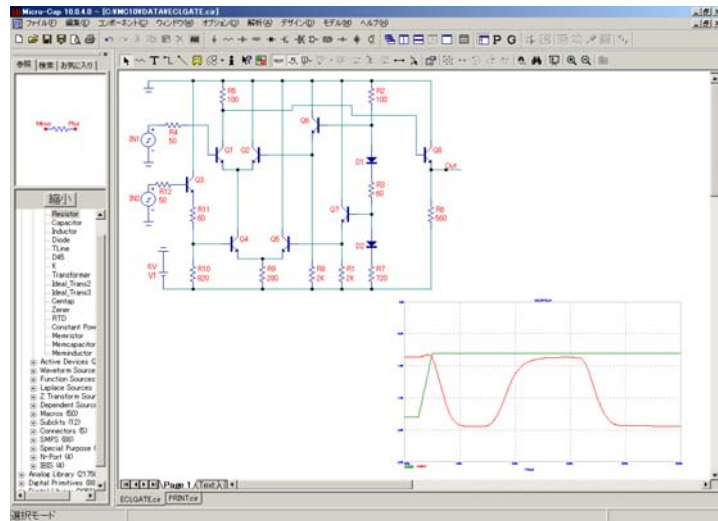


図13-7 解析プロットのWMFの追加

同じWMFの図をExcelにインポートすることもできます。Excelで、**挿入/画像/ファイルから**を選択した後、パス名、ファイル名を入力するか、ファイルが見つかるまでブラウザします。このパス名は次のような名前です。

C:\MC10\DATA\ECLGATE.WMF

図には、サイズとシェイプを変更するハンドルがついてExcelに表示されるはずですが。

本章の内容

アニメーションモードは、解析結果を視覚化するもう1つの方法です。このモードでは、選択された解析が実行され、任意の指定された波形がプロットされますが、プロットを実行すると同時に、回路図上のアニメーションデバイスと表示値の更新を行います。本章では、例を挙げて、アニメーションモードの機能を説明します。

以下の項目が含まれます。

- アニメーションモードの機能
- アニメーションコンポーネント
- アニメーションのオプションダイアログボックス
- トランジェント解析の例

アニメーションモードの機能

アニメーションモードは、シミュレーション結果を表示するもう1つの方法です。このモードでは、解析データ点ごとに、回路図上の表示値とアニメーションコンポーネントが更新されます。**Micro-Cap**は、その後、キー押下か指定された時間遅延を待って、次のデータポイントの計算を行います。これは、シミュレーションをスローダウンして、回路図上の更新結果を観察できるようにするためです。回路図上の表示値により、ノード電圧、ブランチ電流、電力損失、デバイス状態等の、最新のデータ点における値を見ることができます。アニメーションコンポーネントには、アナログバー、アナログLED、DCモータ、DPSTスイッチ、SPDTスイッチ、SPSTスイッチ、アナログ/デジタルの電圧計/電流計、リレー、3色信号灯、(デジタル) LED、7セグメントのディスプレイが含まれています。

トランジェント解析では、各解析時間ステップにおいて、すべての回路図上の表示値またはアニメーションコンポーネントが更新されます。キーが押されたか、指定された時間遅延の経過を待って、次の時点での解が計算され、その計算結果に従って回路図が更新されます。回路図には、常に、計算された最新の時間ステップの値が表示されます。

AC解析では、回路図には、動作点における計算に基づいて、回路図上の表示値とアニメーションコンポーネントの状態が表示されます。これらの値は、シミュレーションの間は変わりません。回路図の表示は動作点の値に固定されていますが、アニメーションモードでは、キー押下か指定された時間遅延の経過を待つごとに、各周波数点における計算が行われます。

DC解析では、単一のDC掃引データ点が計算され、任意の回路図上の表示値またはアニメーションコンポーネントが回路図上で更新されます。キーが押されたか、指定された時間遅延の経過を待って、次のDC掃引データポイントが計算され、その計算結果に従って回路図が更新されます。回路図には、常に、計算された最新のDC掃引データ点の値が表示されます。

アニメーションコンポーネント

アニメーションコンポーネントは、ユーザのクリックあるいはそれらを駆動する電気信号に応答して、移動、回転、カラーやサイズや形状を変更するように設計されています。ほとんどの場合、物理的なデバイスが動作するように、それらをシミュレートします。

アニメーションアナログバー：このデバイスは、高さがその入力電圧に比例する色付きのバーです。

アニメーションアナログLED：2つの端子間の電圧がオン電圧以上になるとカラーで点灯する発光ダイオードです。

アニメーションDCモータ：瞬時入力電圧によって制御される角速度で回転するDCモータです。回転速度は、電圧あたりの毎秒の回転数でユーザが指定します。

アニメーションDPSTスイッチ、SPDTスイッチ、SPSTスイッチ：これらのアニメーションスイッチは、ダブルクリックで開閉します。

アニメーションメータ：表示がアナログまたはデジタルの電圧計または電流計です。

アニメーションリレー：入力電流の変化に動的に응答するリレーです。

アニメーション信号灯：典型的な信号機をシミュレートするように設計されています。赤、黄、緑の3つのカラーがあります。3つのライトのそれぞれは、入力制御ピン電圧が指定されたオン電圧を超えると点灯します。

アニメーションデジタルスイッチ：このスイッチは、1または0を出力します。選択されたデジタル状態が表示される場所に1つの出力ピンがあります。シミュレーション中にクリックして0出力と1出力を切り替えることができます。スイッチのアーム表示の変化により、スイッチが接続されている状態を示します。

アニメーションデジタルLED：このLEDコンポーネントは、発光ダイオードの表示を表現するように設計されています。1つの入力ピンがあります。入力ピンのデジタル状態やアナログ電圧によって回路上では異なるカラーで点灯します。このLEDが使用するカラーは、回路のプロパティダイアログボックスの色/フォントページで定義されます。このページには、対応するカラーのデジタル状態のリストがあります。

アニメーション7セグメントディスプレイ：この7セグメントのコンポーネントは、7セグメントディスプレイを表現するように設計されています。ディスプレイの各セグメントに入力ピンがあります。ピンのアクティブ状態は、ON STATE属性でローまたはハイに設定できます。入力ピンは対応するセグメントの表示を制御しますが、基本7セグメントデコーダ/ドライバといっしょに動作するものです。

アニメーションデジタル部品

スイッチ、LED、7セグメントディスプレイは、本質的にデジタルです。LEDおよび7セグメントディスプレイのコンポーネントは、それらが表現する部品の電気的な特性をモデル化しているものではありません。表示することが唯一の目的です。アニメーションデジタル部品のうち、デジタルスイッチだけがシミュレーションに影響します。これらのコンポーネントは、アナログコンポーネントといっしょに動作させるために指定されるI/Oモデルを有していなければなりません。

アニメーションのオプションダイアログボックス

このダイアログボックスでは、アニメーション解析でデータ点計算を行う時間間隔を設定します。図14-1のダイアログは、**スコープメニューのアニメーションのオプション**により呼び出されます。以下のオプションがあります。

待つ

待たない：アニメーションモードをオフにし、解析を最適な速度で実行します。

キープレスを待つ：CTRL + スペースバーを押す度に、データ点を一つ計算します。

時間遅延を待つ：指定された時間遅延の経過毎に、データ点を一つ計算します。

時間遅延：このテキストフィールドには、各データ点を計算するときの時間遅延を秒単位で指定します。このテキストフィールドは、時間遅延を待つオプションが選択された場合だけ有効です。

OK：ダイアログボックスを閉じ、行われたすべての変更を保存します。

キャンセル：ダイアログボックスを閉じ、行われたすべての変更を取り消します。

ヘルプ：ダイアログボックスのヘルプを表示します。

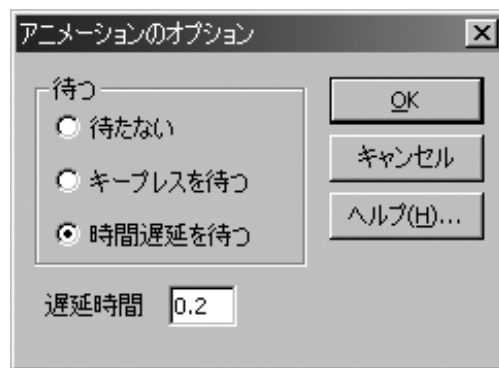


図14-1 アニメーションのオプションダイアログボックス

トランジェント解析の例

トランジェント解析でアニメーションモードがどのように動くのか、見てみましょう。ファイルメニューの**開く**をクリックして、回路ANIM3をロードしてください。この回路では、7セグメントコンポーネントを使用して3つの7448（7セグメントデコーダ）の出力を表示します。次のように表示されるはずです。

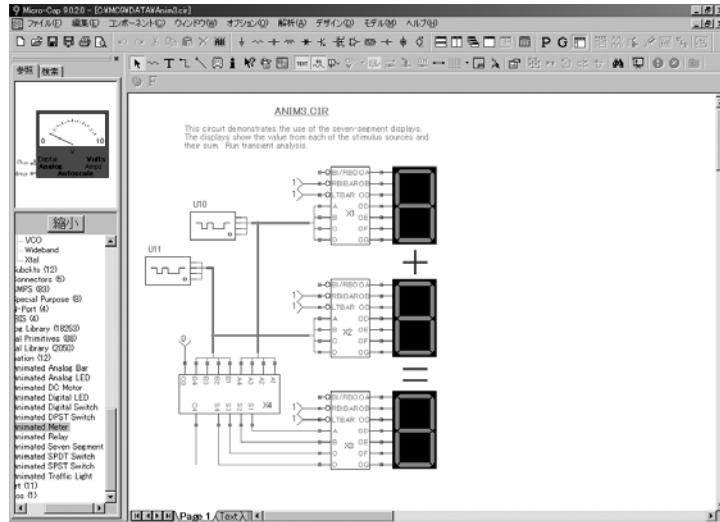


図14-2 ANIM3回路

解析メニューの**トランジェント解析**を選択してください。解析リミットダイアログボックスを閉じ、**スコープメニュー**をクリックして、**アニメーションのオプション**を選択します。ANIM3回路の待つ設定は現在時間遅延を待つに設定されており、時間遅延は0.5秒間です。これは、各データ点における計算が0.5秒毎に行われることを示します。OKをクリックし、F2キーを押してシミュレーションを実行すると、計算結果がプロットと回路図上に表示されます。各データ点において、回路図上のデジタル状態と7セグメント表示の両方が更新されることに注意してください。図14-3と図14-4に、2つの時間におけるシミュレーション結果を示します。

アニメーションモードでは、画面を分割して、波形プロットと回路図を同時に表示できるようにする必要があります。これは、**ウィンドウメニュー**の**上下に並べて表示**か**左右に並べて表示**を選択して行います。回路図は、ウィンドウ内を右マウスボタンでドラッグすることにより移動することができます。

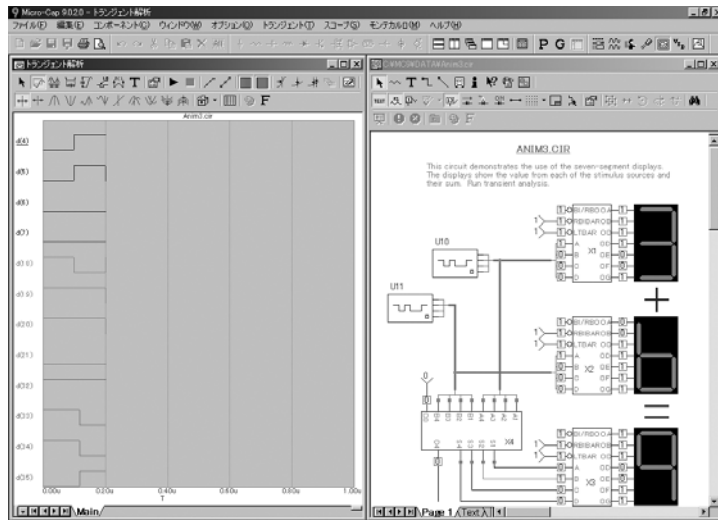


図14-3 200nsでのアニメーションモード結果

プロットの波形から、Ina信号（ノード21-18）とInb信号（ノード28-25）の出力値、およびアダーの最終出力値（ノード35-32）を観察することができます。図でわかるように、実際の波形よりもアニメーションコンポーネントの方が基本出力をはるかに簡単に確認できます。

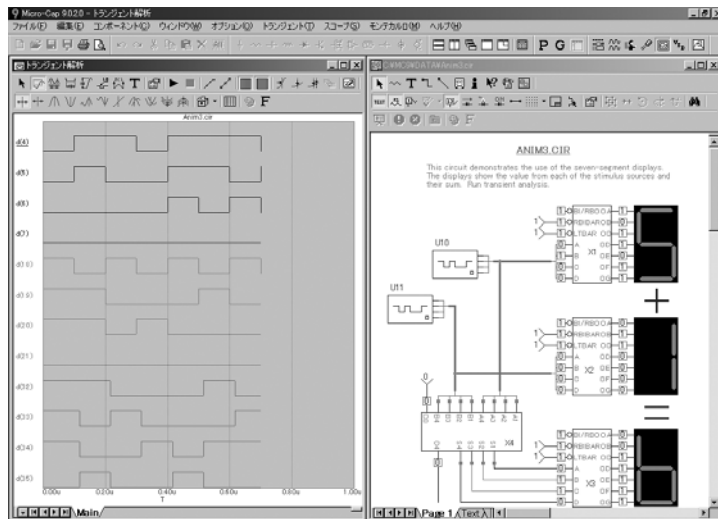


図14-4 700nsのアニメーションモード結果

ダイナミックDC解析の例

ダイナミックDC解析でのアニメーションモードの動作を示すために、ファイルメニューの開くをクリックし、回路ANIM5をロードします。回路ANIM5で、電圧計、電流計、アナログバー、DPSTスイッチ、モータの使用方法を示します。ダイナミックDC解析を実行します。回路は次のように表示されます。

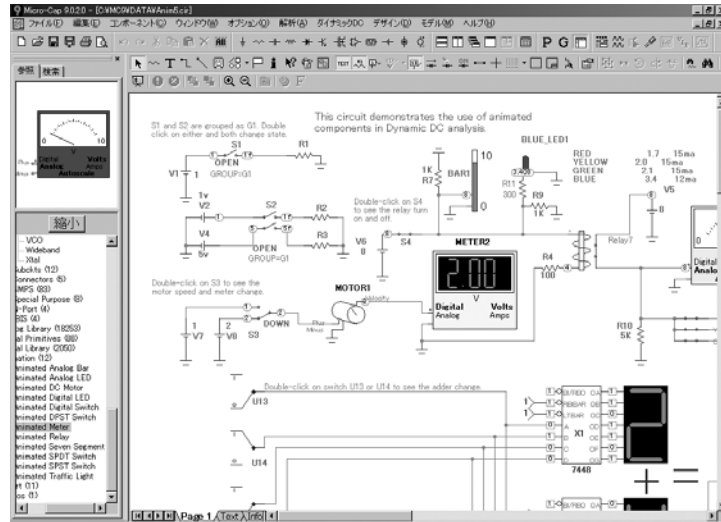


図14-5 ANIM5の回路

ダイナミックDC解析では、回路が変更されるたびにDC動作点計算が実行されます。表示が連続的に更新されます。この回路では、1.0Vと2.0VのバッテリーがSPDTスイッチ経由で、入力電圧当たり1RPMで回転するモータに接続されています。回転速度（ボルト）はデジタル電圧計で測定されます。また、アナログバー、アナログ電圧計、ストップライト、LED、7セグメント表示もあり、デジタル4-ビット全加算器への加数とその合計を示します。

モータは2ボルト x 1RPSV=2RPS（毎秒の回転数）で回転します。
アナログバーは、全高の8/10です。

S1スイッチをダブルクリックします。これは状態を変えます。S2がグループにまとめられたので、S2も状態が変わります。

索引

記号

\$

\$COMPANY, 200
\$DATE, 199
\$MAXPAGE, 200
\$MAXSHEET, 200
\$MC, 200
\$NAME, 199
\$NAMEEXT, 199
\$PAGE, 200
\$PAGENAME, 200
\$\$SHEET, 200
\$TIME, 200
\$USER, 200

A

AC 解析, 93
 システム変数, 94
 発生源, 94
Analog Primitives, 51

B

BSIM4, 11

C

Cleanup コマンド, 11

D

DATA フォルダ, 26
DC
 数値解析, 114
DEFINE コマンド, 28

E

EKV, 11
ESC キー, 42

F

FFT ウィンドウ, 11
Find in Files コマンド, 11

H

Hefner モデル, 23
HSPICE スタイルのピンニング, 11

I

IBIS, 11, 23
Info ページ, 11

INOISE, 104

L

Linear DC ステッピング, 113
List DC ステッピング, 113
Log DC ステッピング, 113

M

Mextram モデル, 23

N

NOM.LIB, 190, 194
N-Port デバイス, 11

O

ONOISE, 104

P

PCB インターフェース, 23
PRIVATEANALOG, 155, 162, 166
PRIVATEDIGITA, 162
PRIVATEDIGITAL, 155, 166
PSP モデル, 23
PSS, 13, 15, 23, 75
P 列, 30

R

RF (高周波) モデル, 10

S

Sanity checker, 10
SPICE, 28, 66
SPICE ファイルプロービング, 10
Symbolic derivative, 10

T

Tstart, 71

U

USB, 24

W

Windows オペレーティングシステム, 25

X

X 式, 99

Y

Y 式, 99

あ

アナログ波形, 30, 38
アニメーション, 11, 23, 136, 207
 オプション, 211
 コンポーネント, 209
 モード, 208
 例, 212, 214
アニメーション 7 セグメントディスプレイ, 210
アニメーション DC モータ, 209
アニメーション DPST スイッチ, 209
アニメーション SPDT スイッチ, 209
アニメーション SPST スイッチ, 209
アニメーションアナログ LED, 209
アニメーションアナログバー, 209
アニメーション信号灯, 209
アニメーションデジタル LED, 209
アニメーションデジタルスイッチ, 209
アニメーションデジタル部品, 210
アニメーションメータ, 209
アニメーションリレー, 209

い

印刷, 197
 印刷プレビュー, 198
 自動, 199
 手動, 199
 ヘルプ, 199
 回路図, 198
 設定, 198
 タイトルブロック, 199
 例, 201
インストール, 26
インダクタンスのプロット, 139

う

ウィザード
 インポート, 196

お

オブジェクト, 43
オブジェクトの削除, 59
オブティマイザ, 36
温度, 71, 97, 113

か

カーソル, 41
カーソル値フィールド, 121
カーソルモード, 35, 121, 122
解析リミットダイアログボックス, 30, 70, 96, 110, 112
 オプション
 Normal, 73, 100
 Retrieve, 74, 100
 Save, 74, 100
 自動スケールレンジ, 74
 動作点, 74, 100
 動作点のみ, 74
 プロットの蓄積, 75
状態変数オプション
 Read, 100
状態変数オプション
 Leave, 100
コマンドボタン
 拡張, 71, 96, 112
 削除, 70, 96, 112
 実行, 70, 96, 112
 ステップング, 71, 96, 112
 追加, 70, 96, 112
 プロパティ, 71, 96, 112
 ヘルプ, 71, 96, 112
状態変数オプション
 Leave, 74
 Read, 74
 Retrace, 74
 Zero, 74
数値範囲フィールド
 温度, 71, 97
 最大時間ステップ, 71
 最大変化%, 98
 時間範囲, 71
 周波数範囲, 97
 ノイズ出力, 98
 ノイズ入力, 98
 ポイント数, 71, 97
解析リミットダイアログボックス
 状態変数
 オプション
 Zero, 100
回路図ファイル形式の可搬性, 10

ガウス分布, 168
拡大コマンド, 63
カットコマンド, 59, 68
カラーメニュー, 72, 98, 115

き

極座標プロット, 99, 108
曲線
 アナログ, 78
 デジタル, 78
曲線ブランチ, 72
曲線をプロットする, 76
許容誤差, 166
均一, 168

く

クイックツアー, 28
クリアコマンド, 59
繰り返し, 45
繰り返しコマンド, 59
グリッドテキスト, 42
クリップボード, 41
グローバルモデルデータ, 58

こ

高調波歪み, 13, 15, 39, 91
コピー, 41
コピーコマンド, 59, 68
コマンドライン, 39
コンポーネント, 41
コンポーネントエディタ
 ピンの作成, 43
 ユーザパレット, 50
コンポーネントの回転, 48
コンポーネントの追加, 47, 68
コンポーネントライブラリ, 23

さ

最悪の場合, 168
サブサーキット
 作成, 190
 定義, 189
サブサーキットメーカー, 11

し

シード, 170
シェイプ, 43
式, 29
磁束密度のプロット, 139

自動スケールレンジオプション, 73, 115

磁場の強さのプロット, 139

縮小, 63

縮小コマンド, 63

状態変数, 83

状態変数エディタ, 85

初期化, 83

 実行, 83

 セットアップ, 83

 デバイス, 84

新規コマンド, 68

す

数式, 35, 76

数値出力

 AC, 103

 スケール, 78

 スコープ, 117

 カーソル位置付けモード, 123

 高, 123

 谷, 123

 次のシミュレーションデータ

 点, 123

 低, 123

 ピーク, 123

 カーソルモード, 121, 122

 曲線の拡大, 119

 曲線のパンニング, 120

 ステッピング

 AC 解析における例, 158

 DC 解析における例, 158

 オクターブ, 163

 しくみ, 153, 154, 156

 第ログボックス, 154

 デケード, 163

 スミスチャート, 10, 99, 107

 スライダ, 88

 スレディング, 13

せ

性能関数, 131, 169

性能タグ, 135

セキュリティデバイス, 24, 27

絶対許容誤差, 166

セットアッププログラム, 26

選択, 61

 定義, 43

 選択解除, 61

 選択モード, 51, 56

 全般設定, 155

そ

相互変調歪み, 13, 15, 39, 91
相対許容誤差, 166
属性, 41, 48
 ダイアログボックス, 48, 56
 テキスト, 42

た

対数プロットオプション, 72
タイトルブロック, 199
ダイナミック AC 解析, 11
ダイナミック DC 解析, 32
ダイナミック解析モード, 12
ダイナミック性能タグ, 12
タイマ, 11
多段階アンドウ/リドゥ, 10
短距離 VT マッチング, 11

て

テキスト
 ステップング, 160
 追加, 68
 モード, 54
テキストステップング, 10, 160
デジタル
 hex 波形, 29
 状態波形, 29
デジタル波形, 30, 38
デフォルトのコンポーネント, 68
電荷プロット, 139
電力, 29

と

登録, 25
特性曲線, 10
ドラッグ, 41
ドラッグコピー, 62, 68
トランジェント
 数値出力, 71
トランジェント解析, 69
トランジェント解析リミット, 29

な

ナイキストプロット, 106
ナビゲーション, 63, 68, 144
 再配置, 63
 スクロールバー, 63
 パニング, 63

の

ノイズ
 解析, 104
 ショットノイズ, 104
 熱雑音, 104
 フリッカノイズ, 104
ノード
 定義, 42
 名前, 42, 54, 68
 ノード電圧のプローブ, 142
 番号, 43, 54
ノードスナップ, 55
ノード番号の割り当て, 54, 55

は

ハードウェア要件, 25
波形のプロット, 29
波形バッファ, 12, 90
パスワード, 11
バッチモード, 39
パニング, 65, 120, 144
パラメータとテキストの編集, 56
貼り付け, 43
貼り付けコマンド, 59, 68
パン (パニング), 43

ひ

ピクチャファイル, 56
ビヘイビアモデリング, 23
標準偏差, 168
ピン
 定義, 43
ピンコネクション, 53

ふ

ファンクションキー, 44
 CTRL+F11 オプティマイザ, 44
 CTRL+F4 ウィンドウを閉じる, 44
 CTRL+F6 ウィンドウの変更, 44
 CTRL+F9 すべてのプロットを削除, 44
 F10 プロパティダイアログボックス, 44
 F11 ステッピングダイアログボックス, 44
 F12 状態変数エディタ, 44
 F1 ヘルプ, 44
 F2 解析実行, 44

F3 解析終了, 44
F4 解析プロット表示, 44
F5 数値出力表示, 44
F6 自動スケール, 44
F7 スケールモード, 44
F8 カーソルモード, 44
F9 解析リミットダイアログボックス, 44
フィルタ設計, 23
プロービング, 23
プローブ, 137
 1本のカーブ, 139
 AC 解析, 145
 DC 解析, 147
 V と I のみを保存, 139
 アナログとデジタルの分離, 139
 回路図上のナビゲート, 144
 新規実行コマンド, 138
 すべてを削除コマンド, 138
 すべてを保存, 139
 対数プロット, 141
 多数のカーブ, 139
 端子間電圧のプローブ, 143
 トランジェント解析
 抵抗, 139, 140
 トランジェント解析変数
 インダクタンス, 141
 磁束密度, 141
 磁場の強さ, 141
 電荷, 140, 141
 電気容量, 141
 フラックス, 141
 ノード電圧のプローブ, 149
 リニアプロット, 141
プロットグループ番号, 73
プロットへのタグの追加, 129
プロットへのテキストの追加, 128
プロパティダイアログボックス, 30

へ

変数リスト, 73, 77

ほ

ポイント数, 71, 97, 114

ま

マクロ
 定義, 42, 179
 パラメータコマンド, 179

マクロの使用, 179

も

元に戻す, 45
元に戻すコマンド, 59
モンテカルロ
 オプション
 シード, 170
 実行数, 170
 使用する分布, 170
 状態, 170
 ゼロ許容曲線の表示, 170
 報告時期, 170
 どのように, 166
標準偏差, 168
分布
 ガウス, 168
 均一, 168
 最悪の場合, 168
例, 171

ゆ

ユーザーズガイド, 24
ユーザ指定パス, 10

よ

用語と概念, 41
容量のプロット, 139

ら

ライブフォーミュラ, 10
ランベルト W 関数, 12

り

リニアプロットオプション, 72
リファレンスマニュアル, 24

ろ

ローカライズコマンド, 58
ローカル.PATH コマンド, 11
ローカルモデルデータ, 58

わ

ワイヤ
 定義, 42
 モード, 53, 68

