LSI周りのアナログ回路を シミュレータで理解する

RC フィルタ、降圧型 DC-DC コンバータ、アクティブ・フィルタなど

LSIを搭載するボード上でよく見かけるアナログ回路について、 その動作をシミュレーションで理解する.利用するのは米国 Penzar Development社のSPICE系回路シミュレータ「Top SPICE/Win32」の評価版である.本誌2009年2月号付属 DVD-ROMに収録している. (編集部)

電子回路の世界は、マイクロコンピュータとともにディ ジタル回路が急速に進歩し、今やアナログ回路に取って代 わり全盛期を迎えました.昔ながらのアナログ回路は、も う必要ないのでしょうか.写真1は、シリアルATA転送方 式のハード・ディスクの基板です.手前に巻き線チップ・ コイルが3個実装されています.ドライブに供給される5V や12Vから内部の専用LSIなどに必要な1.2V~3.3V、マイ ナス電圧を生成するためのDC-DCコンバータ部を形成して います.ディジタル・データを記録、制御するための回路 も、電源というアナログ回路がなければ動きません.

● ディジタル基板の中のアナログ回路

一般的に、アナログとディジタルは相反するもの、相対 するものとして認識されがちです.しかし自然界は、少な くとも人間を基準にしてみるとアナログの世界です.電子 回路も自然の法則に従っています.また、ディジタル回路 は、アナログである自然現象を2値論理に近似したもので あるともいわれます.さらにディジタル回路は、飽和する まで駆動したアナログ回路であるともいわれています.

主要機能がディジタル技術であっても,自然現象の入力 となるセンサ回路,電源を供給する電源回路,人間の五感 に訴えるヒューマン・インターフェース回路, モータなど のアクチュエータ駆動回路などは, どうしてもなくせない アナログ回路です. これらを考えると, ディジタル回路と アナログ回路の関係は,「ディジタル回路がアナログ回路 の中に包含されている」と, とらえる必要があるようです.

● さらにアナログ技術が必要な部分

ディジタルの情報には、アナログの情報に対して次のような利点があります.

- 数値化されているので、プログラムによって正確に計算 や処理ができる。
- ●送信の際,減衰による誤認識が少ない.
- ●ノイズによる影響が小さい.
- 記録保存する場合に劣化がほとんどない。
 アナログ情報という連続量を、ディジタル情報という離



写真1 ハード・ディスク制御基板に使われているアナログ回路

Keyword TopSPICE/Win32, RCフィルタ, 降圧型DC-DCコンバータ, アクティブ・フィルタ, モンテカルロ解析, ワースト・ケース解析, A-Dコンバータ



図1 RCフィルタ回路図

シミュレータの扱いに慣れるために、信号源と受動素子だけの簡単な回路で説明した.シミュレーション・ファイル名はRC_Filter.sch.本記事で紹介するシミュレーション・ファイルは本誌Webページまたは筆者のWebページ(http://www.simcir.co.jp)から入手できる.

散量に変換するには、標本化(サンプリング)と量子化が行 われます.連続量がとびとびの値になるので、ディジタル 化によって精度が悪くなるように感じます.しかしアナロ グ情報に戻したときに十分な精度を持てるようにディジタ ルのビット数を増やせば、問題はありません.以上のよう な多くの利点が現在のディジタル技術の躍進の源です.ディ ジタルは複雑な機能を容易に実現できる技術です.

しかし,困ったことに、ディジタル技術の進歩とともに、 ディジタル回路にもアナログ的な現象が発生するようになっ てきました.それは、クロック周波数が高くなったこと、 回路の集積度が上がったこと、低電圧化したことに起因し ています.ディジタル信号でも、ノイズやクロストークが 大きな問題となり、ディジタル的な誤り訂正やディジタル・ フィルタに加えて、アナログ・フィルタやPLLのようなア ナログ技術も必要となっています.特に最先端のディジタ ル通信、ディジタル記録の分野では、高度化したディジタ ル回路を正しく動かすためのアナログ技術の必要性が増大 しています.これからのエレクトロニクス・エンジニアは、 ディジタル回路のためのアナログ技術が求められます.

ここで紹介するアナログ回路シミュレータ「SPICE」は、 アナログ回路を学習、理解していく上での基本的な部分を 補ってくれる有用なツールであると考えています.

米国Penzar Development社の「TopSPICE/Win32」と いうSPICE系回路シミュレータの評価版を使って、簡単な アナログ回路やアナデジ混在回路のシミュレーションを体 験してみましょう.TopSPICEの特徴は、回路図入力と SPICEのステートメント(構文)による入力を組み合わせて シミュレーションできることです.複雑な設定はステート メントの方がシンプルで便利です.なおTopSPICE/Win32 の評価版は、シムサーキットのWebページ(http://www.



図2 パーツ・シンボルの選択

simcir.co.jp/)からダウンロードできます.また、本誌2009 年2月号付属DVD-ROMにも収録しています.

1 RCフィルタ回路

● 部品の配置と配線

Windowsのスタート・メニューから「Launch Top SPICE Demo」を選択して、回路図エディタを起動します.

図1のような信号源と受動素子だけの回路を作成します. メニュー・バーから「Insert」→「Part」→「Symbol...」を選 択すると,図2のパーツ・シンボル選択のダイアログが現 れます. 左側のリストから希望する部品を選び,回路図に 配置します. 部品の向きを変えたい場合,部品を選択して, 赤く表示された状態でキーボードの「R」で90°回転(Rotate), 「M」で左右反転(Mirror),「F」で上下反転(Flip)します. 回転できない部品は,初めから横向き,縦向きの部品が用 意されています.

配線は「Insert」→「Wire」で行います. カーソルがペン 型に変わります. 1回目のクリックで配線開始, 2回目のク リックで終了です. 右クリックで配線モードが終了します.

回路図に配置された各部品をダブル・クリックすると, 属性設定ダイアログが現れます.抵抗の場合は図3のよう に抵抗値だけを入力します.

シミュレータは各配線に対して、それをノード(節点)と とらえて、自動的にノード番号を割り振っています. 波形 をチェックしたい入力や出力には、分かりやすいノード名 を付けた方が便利です.「Insert」→「Label Node...」と選択 して、図1のように「in」や「a」、「b」を入力し、配線に近づ けてクリックし、配置します. inのように同一回路内で同 じ名前を付けた配線は、つながっているとみなされます.