

アナログ回路をICで効率的に学習できる 「analogram トレーニングキット」

当社は、プログラマブルアナログデバイスanalogramを用いて、アナログ回路の学習が行える「analogram トレーニングキット」の販売を開始しました。専用テキストを参照しながらアナログ回路が作成でき、基板やボード上でのハンダ付けや配線実装を行わず、PC上の専用ソフトウェアを使用して回路の作成を効率的に行うことが可能です。今後は、学習カリキュラムの拡充など、学習キットとしての価値向上に努めていきます。

analogramによる効率的な 学習環境を実現

「analogram」は、IC内部に搭載されたオペアンプやコンパレータなどのコンポーネントを、お客様が自由に構成・プログラムできる、当社が独自開発したプログラマブル・アナログデバイス(IC)です。当社では、このanalogramと専用テキストを使用して、アナログ回路の効率的な学習が行える「analogram トレーニングキット」を2017年4月から販売しています。

従来のアナログ回路の学習方法は、基板上に回路を作成し、回路動作を確認します。回路を構成するには、ハンダ実装や配線を1本ずつ実装していました。アナログ特性を学習するときは、回路シミュレーションで検証した回路データを基にICの製造を行い、IC特性の確認を行います。このとき、回路シミュレーションで設定した値と、製造したICの測定値が一致しないことがあり、シミュレーション値を再確認していました。このように、学校の講義や授業・企業研修などで実施するアナログ回路の学習は、多くの時間とコストを要し、効率が課題となっていました。

トレーニングキットでは、analogramの特長を活かし、GUI上で設計した回路図を実際のIC上に実現することができるため、ICの製造を必要とせず、机上での理論値やシミュレーション値との特性の差異を考慮した学習を短時間で実現することができます。

IC本体、PCソフト、専用テキストで構成

analogram トレーニングキットは、analogram(IC本体、製品仕様書)、ユーザーズガイド(ソフトウェア編、ハードウ

ア編)、回路書き込み評価ボード、回路図作成および書き込み用ツール(PCソフト)の評価キット一式と、トレーニングキット専用テキストで構成されています。

トレーニングキットでは、GUI上でアナログコアを自由に配置し、オリジナルのアナログICを作成します。アナログコアには、コンパレータ×4、オペアンプ×4、20kΩの抵抗×20などの基本素子が揃っています(表-1)。

回路図作成および書き込み用ツールは、アナログコアを配置し、回路を構成するために自社開発した専用のソフトウェアです。直感的に分かりやすくシンプルなGUIを採用し、誰でも容易に回路設計を行うことができます。

トレーニングキットは、回路設計手順(1)から(4)までの操作をボタン1つで行えます。

【回路設計手順】

- (1) 回路図を設計
 - GUI上でアナログコアをドラッグ&ドロップし回路を設計します。
- (2) DRC (Design Rule Check)
 - (1)で作成した回路図がデザインルールに違反していないかを検証します。エラー検出時には、GUI上に赤色の印とメッセージが表示され、エラー箇所を確認することができます。
- (3) 接続情報ファイルを作成
 - (1)で作成した回路をanalogramで実現するため、各コンポーネントの接続情報ファイル(ネットリスト)を

表-1 analogram (デバイス) の仕様

製品仕様 (主要項目)		
搭載素子 (個数)	コンパレータ	4
	オペアンプ	4
	LDO(2.5V)	1
	基準電圧源	1
	基準電流源	1
	ロジック回路	IV:2、NAND:3、NOR:3
	基本素子	PMOS:6、NMOS:6、コンデンサ [10pF]:2 抵抗 [20kΩ]:20

作成します。

(4) 作成した回路をanalogramへ書き込む

(3) のネットリストをUSB経由でanalogramへ転送します。

analogramは、レジスタとOTP ROM (One Time Programmable Read Only Memory) を搭載し、OTP ROMにデータを書き込むまでは、何度でも回路の書き換えが可能です。そのため、異なるアナログ回路を繰り返し学習することができます。回路を確定するときは、ネットリストをOTP ROMへ転送します。

テキストには、基本的な電子回路27種(アナログ回路22種、デジタル回路5種)を掲載しています(表-2)。また、各回路の「解説」や「回路図」、設計した回路の「入出力波形」の結果、一般的な「計算式(回路式)」も掲載しています(図-1)。

テキストの回路を学習するときは、最初にGUI上に回路を設計し、IC上に回路を実現します。そしてIC上で構成した回路の入出力波形とテキストに記載の入出力波形を見比べながら学習することができます。また、その回路の解説と回路式を参照することで、動作原理などの理解を深めることが可能です(図-2)。

表-2 専用テキスト掲載内容

用語	内容	構成
	オペアンプのバーチャルショート	導出
アナログ回路 (計9種)	反転増幅回路	回路解説、回路図、入出力波形図、コンパイル時間、回路計算式
	非反転増幅回路	
	加算回路	
	減算回路	
	ボルテージフォロ	
	コンパレータ	
	AD変換回路	
	DA変換回路	
バラ		
デジタル回路 (計5種)	NOT回路	回路解説、回路図、出力波形図、コンパイル時間、ロジック図、真理値表
	NAND回路	
	AND回路	
	OR回路	
	NOR回路	
付録 (計13種) ※回路図のみ	方形波発生器、シリーズレギュレータ、スミストリガー回路、パルス幅変調回路、クロック検出回路、サンプルホールド回路、ポンプ回路、インスツルメンテーションアンプ、ノッチフィルタ回路、電圧制御発信回路、弛張発信回路、定電圧ロックアウト回路、シャントレギュレータ回路	

より効率的な学習を支援する取り組みを

2016年に文部科学省が「2020年に日本の小学校でのプログラミング教育を必修化する」と発表しました。アナログ回路の技術は、今後の成長分野であるIoT分野には欠かせない重要な技術です。

analogramトレーニングキットは、さまざまなアナログ回

1. 反転増幅回路 (コンパイル所要時間: 約1秒)

<回路解説>

反転増幅回路は、オペアンプの-側に入力A、+側へLDOの電圧を抵抗分割した値を入力し増幅を行い、出力を得ます。図-1は反転増幅回路の回路図を示しています。出力側は抵抗(RES1)を介して-入力側(Node1)へ負帰還をかけていることが分かります。さらに、+入力にはLDO(2.5V)の抵抗分割で得た値1.25Vが接続されているため、バーチャルショートにより-入力側(Node1)も同電位であることが分かります。この時Node1ではオペアンプの入力インピーダンスが高いのでオペアンプ内部に電流が流れこみません。するとキルヒホッフの法則に従い、-の入力電圧とRES2で計算できる電流値と出力電圧と負帰還のRES1で計算できる電流値は等しくなるはずですが、そのため出力には、入力電圧にRES1/RES2を掛けた値が出力されることが分かります。ただし、出力側の電流は、電圧に対して逆方向に流れているため、出力は負の値となります。このように、与えた入力電圧に対して出力の電圧値が反転していることから、反転増幅回路と呼ばれています。

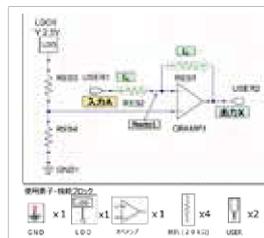


図-1 回路図



図-2 入出力波形

<計算式>

図-1の反転増幅回路の計算を以下に示します。この回路図ではLDO(2.5V)の抵抗分割で得た値1.25Vがバーチャルショートにより、Node1も同電位となります。また、入力AからNode1に流れる電流がすべてRES1に流れると考え、電流I_xの式は以下のように表すことができます。

$$I_x = I_A$$

ここで、I_A、I_xそれぞれの電流式は、以下のように表すことができます。

図-1 専用テキストのページイメージ



図-2 「analogramトレーニングキット」の学習イメージ

路を構成し学習することができ、専用のテキストやGUIを用いた学習の効率性、オリジナルのICが作製できる柔軟性を兼ね備えている商品です。これらの特長により、アナログ回路の学習をサポートします。

また、現在ではアナログ特性の確認には高価な測定器(オシロスコープ)が必要ですが、今後は安価なUSBタイプのオシロスコープと本キットのセット販売を予定しています。大学講義や企業研修などへ広く活用できるよう、学習カリキュラムの開発やテキストボリュームの拡充も図っていきます。

本キットは、11月の「Embedded Technology 2017」に出展します。今後、LSI分野の展示会、教育分野の専門展への出展や顧客訪問を通じ、お客様へ積極的に紹介していきます。

(LSIソリューション事業部 吉澤 剣人)