

## 電子回路シミュレータ『CircuitViewer5』の特長

株式会社マイクロネット 百瀬 英治

### 1. はじめに

株式会社マイクロネット（長野県塩尻市）は、1996年に電子回路シミュレータを自社開発して販売を行っている会社である。

マイクロネットの電子回路シミュレータ（CircuitViewer5）は、日本語表記で使い易く、高校生でも使えるため、多くの工業高校・大学・企業で使用していただいている。

今回、CircuitViewer5の特長について説明する。

### 2. 電子回路シミュレータとは

電子回路シミュレータは、抵抗・コンデンサ・トランジスタ・FETなどを使った電子回路図を、パソコン上に作り込み、その回路の動き（電圧や電流）を時間応答グラフや周波数特性グラフなどで測定できるようにしたものである。

電子回路に使う主な素子について説明する。

- ① 抵抗は電流の流れを制御する素子。抵抗により回路の電流や電圧を設定できる。
- ② コンデンサは電荷を蓄えたり放出したり・直流信号を遮断したり・交流信号を通す機能を持った素子。
- ③ コイルは電流を一定に保つ機能がある。電流変化に対し逆起電力を発生する素子。
- ④ トランスは電圧を変える機能を持つ素子。
- ⑤ ダイオードは整流作用（ $P \Rightarrow N$ ）を持つ素子。
- ⑥ トランジスタは電流制御型の増幅素子・ス

イッチング素子で、NPN/PNP型がある。

⑦ FETは電圧制御型の増幅素子・スイッチング素子で、NMOS/PMOS型などがある。

⑧ NOT/AND/OR/EORなどは複数のNMOS/PMOSで構成されたデジタル（0/1）論理素子。

⑨ オペアンプはトランジスタ、FETを使った差動演算増幅素子で、反転増幅、非反転増幅、加算増幅、差動増幅、微分・積分回路などに使用される。

これら電気的特性の異なる素子を複数組合わせたものが電子回路図であり、その動作を測定するのが電子回路シミュレータである。

抵抗、コイル、コンデンサを接続したRLC直列共振回路図・シミュレータ（オシロ）例を示す。

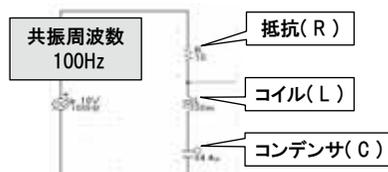


図1 RLC直列共振回路

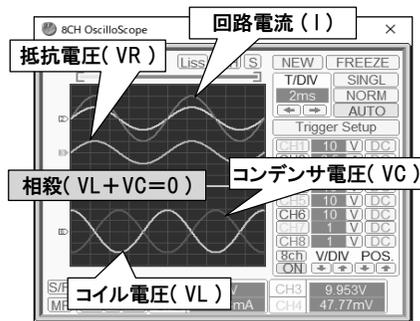


図2 RLC直列共振回路のシミュレーション

抵抗・コイル・コンデンサを直列接続した簡単な回路ではあるが、共振周波数に於いては、コンデンサとコイルの電圧信号は180度反転し相殺しており、その結果、抵抗しか見えない回路動作になっている。中々理解し難いが、回路シミュレータを使えば、一目で理解できる。

次に3bit A/D変換器回路図、シミュレータ(オシロ)例を示す。

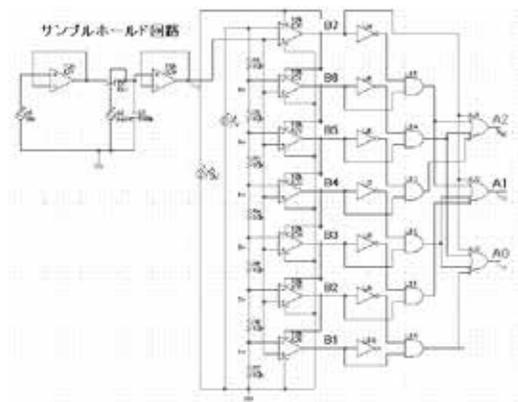


図3 3bit A/D変換器(並列型)

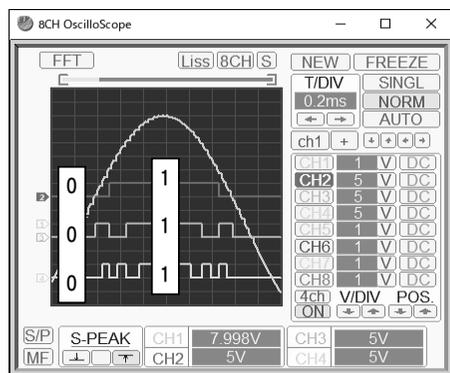


図4 3bit A/D変換器のシミュレーション

本回路は、入力電圧に応じて、デジタル信号を出力する回路である。

(低い電圧は、デジタル信号：000)

(高い電圧は、デジタル信号：111)

このように複雑な論理を持つ回路でも、回路シミュレータを使えばその動作を理解できる。

### 3. CircuitViewer5の特長

マイクロネットの電子回路シミュレータ(CircuitViewer5)の特長を説明する。

- ① 日本語表記で、読めばすぐに使える。使い易いシミュレータである。
- ② 部品の数値設定が自由にできる。一般の部品ライブラリを選ぶ必要がなく、回路に合わせて数値を自由に設定できる。
- ③ 設定論理数：100種類以上  
7種類の論理部品があり、2入力～8入力の切替、肯定/否定など自由に設定できる。
- ④ 微分器・積分器・加算器・乗算器を使って制御系のシミュレーションができる。
- ⑤ 実際の計測器(オシロスコープ、周波数アナライザ、テスタ)とほぼ同じ計測・測定ができる。
- ⑥ 部品の数値を変えたり・回路図を変更すると即座に信号波形が変わるリアルタイム・インタラクティブな測定ができる。

#### (1) 日本語表記のシミュレータ

メニュー欄や部品の説明、活用ガイド、ヘルプなど全ての表記が日本語表記で、読めばすぐに使えるシミュレータである。



<ul style="list-style-type: none"> <li>■ファイル</li> <li>新規作成</li> <li>開く</li> <li>上書き保存</li> <li>名前を付けて保存</li> <li>テキストを書く</li> <li>部品や道具を探す</li> <li>印刷プレビュー</li> <li>印刷</li> <li>印刷の設定</li> <li>終了</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■計測器</li> <li>シグナルジェネレータ</li> <li>DC電源</li> <li>オシロスコープ</li> <li>周波数アナライザ</li> <li>デジタルテスタ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ロジック部品</li> <li>AND,NAND</li> <li>OR,NOR</li> <li>NOT,BUFFER</li> <li>EXOR,EXNOR</li> <li>D,FF,J,K,FF他</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■電子部品</li> <li>オペアンプ</li> <li>トランジスタ</li> <li>FET</li> <li>トランス</li> <li>スイッチ</li> <li>抵抗器</li> <li>可変抵抗器</li> <li>コンデンサ</li> <li>コイル</li> <li>ダイオード</li> </ul>
---	--	---	--

全ての説明が日本語表記で、機能や使い方がすぐに分かる、使い易いシミュレータである。

## (2) 部品の数値設定が自由に行える

トランジスタを使ったエミッタ接地増幅回路で説明する。

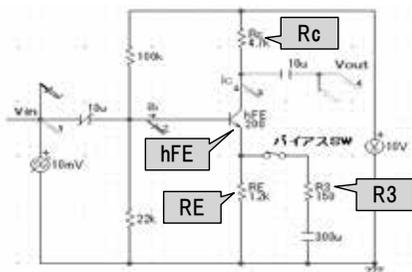


図5 エミッタ接地増幅回路

本回路の増幅度  $A_v$  は次の数式で表せる。

<バイパスSW:ON時>

$$A_v = \Delta V_c / \Delta V_B = R_c / R_3 = 4.7k / 150 = 29\text{倍}$$

$$h_{ie} = V_{IN} / I_B = 10m / 310n = 32k\ \Omega$$

$$A_v = (h_{FE} / h_{ie}) \times R_c = (200 / 32k) \times 4.7k = 29\text{倍}$$

<バイパスSW:OFF時>

$$A_v = \Delta V_c / \Delta V_B = R_c / R_E = 4.7k / 1.2k = 3.9\text{倍}$$

$$h_{ie} = V_{IN} / I_B = 10m / 41n = 274k\ \Omega$$

$$A_v = (h_{FE} / h_{ie}) \times R_c = (200 / 274k) \times 4.7k = 3.9\text{倍}$$

CircuitViewer5では、部品ライブラリではなく、部品数値を直接設定できるので、 $R_c/R_E/R_3/h_{FE}$ などを直接変更しながら  $I_B/h_{ie}/A_v$  がどのように変化するかを確認しながら設計できる。数式と数値を理解できるシミュレータである。

トランジスタの数値設定画面を示す。



図6 NPN トランジスタの数値設定

CircuitViewer5では、各部品の主要なパラメータ設定を自由に行えるので、回路の特性に合わせた回路図を作る事ができる。

一般の部品ライブラリ (2SC1815, 2SK1062, NJM2902, BU4001 など) の場合は、特性にあった部品ライブラリがないと回路図を作れないが、CircuitViewer5では、数値を自由に設定できるので、どのような回路でも実現できる。

特に回路学習では、ライブラリではなく部品の数値を設定するので、数式との関連性を確認する事ができるので有効である。

## (3) 100種類以上の論理部品

CircuitViewer5には、7種類の論理部品 (NOT/AND/OR/EOR/DFF/JKFF/RSFF) がある。

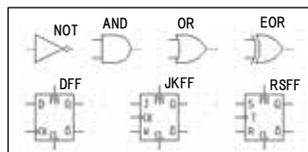


図7 論理部品の種類

AND/OR/EORは、2入力/3入力/4入力/8入力の4通りの切替設定ができる。



図8 論理部品 (2/3/4/8入力)

また、各論理部品は、入力・出力の肯定/否定設定をダブルクリックで切替設定ができる。

2入力では8通りの設定が可能。3入力: 16通り、4入力: 32通り、8入力: 512通り。

論理の重複を考慮すると、2入力~8入力、40通りの肯定/否定設定ができる。

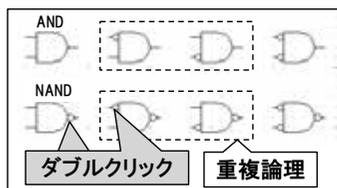


図9 論理部品の肯定/否定 (2入力)

7種類の論理部品、2入力～8入力の切替(4通り)、肯定/否定の設定(40通り)で、組合せは100種類以上の論理部品を設定できる。

#### (4) 制御系シミュレーションを実現

CircuitViewer5には、微分器・積分器・加算器・乗算器があるので、電子回路以外に制御系の設計もできる。1例を示す。

伝達関数(1次遅れ要素)

$$G(s) = 1/(2 + s) = 0.5/(1 + 0.5s)$$

上記伝達関数の場合、 $X(s)$  と  $Y(s)$  の関係は以下ようになる。

$$Y(s) = 1/(2 + s) \cdot X(s)$$

$$Y(s) \cdot (2 + s) = X(s)$$

$$sY(s) + 2Y(s) = X(s)$$

$$sY(s) = X(s) - 2Y(s)$$

$sY(s) = X(s) - 2Y(s)$  なので、 $X(s)$ 、加算器、乗算器(-2倍)を使い、 $sY(s)$ を設定できる。この $sY(s)$ を積分器(1/s)に通すと $Y(s)$ になる。

$$sY(s) \times \text{積分器}(1/s) = Y(s)$$

1次遅れの制御回路図は以下ようになる。

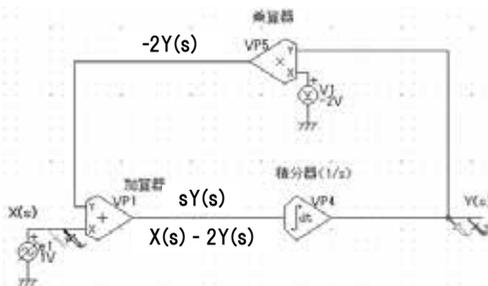


図10 1次遅れ制御回路

本回路の制御波形は、ゲイン=0.5倍、時定数=0.5sの波形になる。周波数特性はゲイン=0.5倍のローパス特性である。

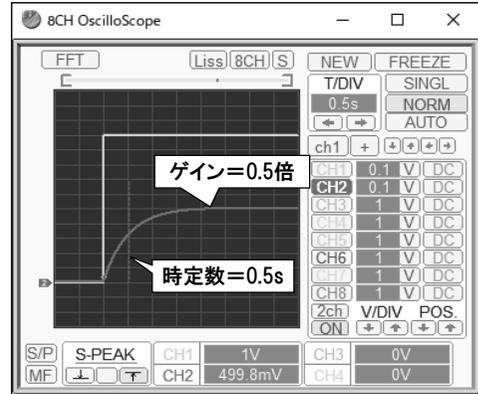


図11 1次遅れ制御の時間応答

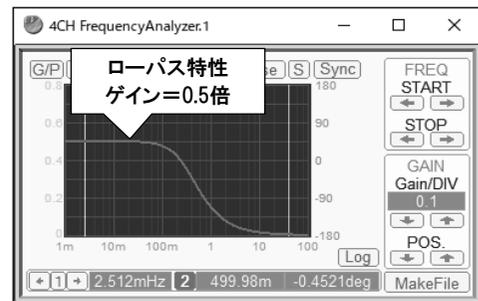


図12 1次遅れ制御のゲイン解析(ローパス特性)

#### (5) 実際と同じ計測器

CircuitViewer5には、8chオシロスコープ-1台と4ch周波数アナライザ-2台、8台のテストがあり、回路に合わせた様々な測定が可能である。

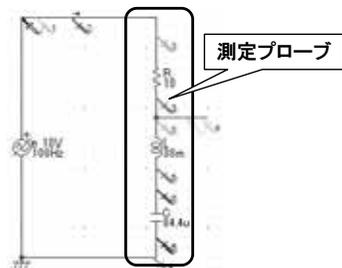


図13 RLC直列共振回路

実機と同じように、測定したい信号線上に測定プローブを置くだけで、オシロスコープでは電圧/電流の交流特性や時間応答を測定できる。

周波数アナライザでは、ゲイン/位相/インピーダンスなどの周波数特性を測定できる。

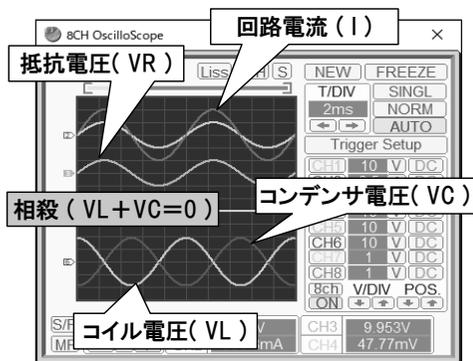


図 14 8ch オシロスコープによる交流動作解析

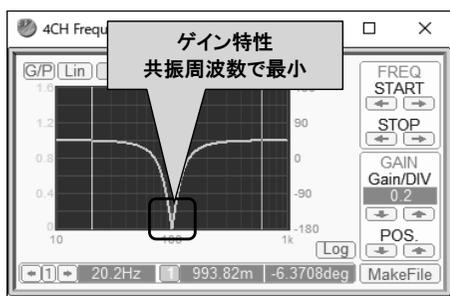


図 15 4ch 周波数アナライザによるゲイン解析

デジタルテスタも、測定プローブを置くだけで電圧／電流／電力／電荷や合成抵抗／合成容量などの直流特性を測定できる。

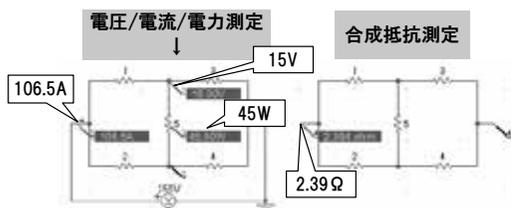


図 16 テスタによる電圧／電流／電力・抵抗測定

CircuitViewer5 の計測器は、実際の計測器とほぼ同じ使い方であり、電圧／電流の切替の他に測定レンジの切替や基準信号をトリガにした波形表示などもできる。またカーソルを操作しての時間差や電圧差などの差分測定もできる。

#### (6) リアルタイム・インタラクティブ計測

CircuitViewer5 は、回路を作りながら動作を確認できる。1 例を次の正相増幅回路で示す。

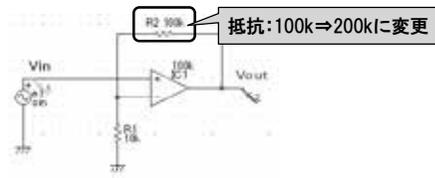


図 17 正相増幅回路

抵抗：100k Ω⇒200k Ωに変更すると、即座にシミュレーション波形は 11 倍⇒21 倍に変わる。

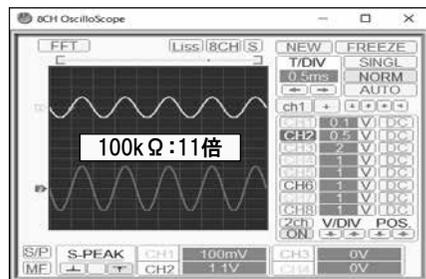


図 18 抵抗 100 kΩ の増幅波形

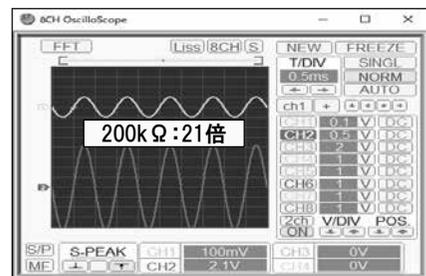


図 19 抵抗 200 kΩ の増幅波形

CircuitViewer5 は、特性を見ながら最適な数値設計や設定ができる。

## 4. おわりに

CircuitViewer5 は、部品の数値設定が自由にできるので、特性に合わせた回路図を作れるのが大きな特長であり、数値と数式や回路動作を学習するのに最適なシミュレータである。

更に、日本語表記・リアルタイムなシミュレータなので使い易さは群を抜いている。

尚、実教出版株式会社の教科書シミュレーションブックとのセット販売を行う予定である。

<https://www.jikkyo.co.jp/book/detail/25217182>

<https://www.jikkyo.co.jp/book/detail/25217184>