

PLECS *DEMO MODEL*

Operational Amplifier Circuits

オペアンプ回路

Last updated in PLECS 4.3.1

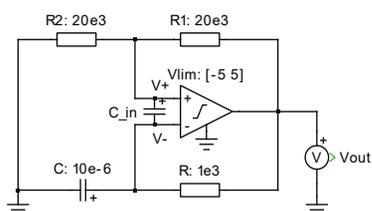
1 概要

このデモでは、マルチバイブレータ、積分器、微分器など、いくつかのオペアンプ回路を紹介します。

2. モデル

2.1 比較器を備えたマルチバイブレータ

図1: マルチバイブレータ



マルチバイブレータアンプは、アンプの反転入力にRCネットワークを使用し、非反転入力に分圧器を使用して方形波出力を生成する無安定発振器です。

この構成は、抵抗を介したキャパシタの充放電時間によって、2つの不安定な状態を切り替え制御します。

最初に、キャパシタは V_{out} まで充電を開始します。反転端子の電圧が非反転端子の電圧 λV_{out} 以上になると、オペアンプの出力が負の電源レールにクランプされ、キャパシタの電荷がゼロになり、 V_{out} の新しい値まで充電を開始します。これは、負の電源レールが $-\lambda V_{out}$ のしきい値に達するまで続き、出力が再び状態を変化させ、サイクルが再開します。これにより、安定した連続的な方形波パルス列が出力に生成されます。

RC時定数はキャパシタの充電/放電速度、または出力波形の周期を決定し、分圧器ネットワークは基準電圧レベル V_{out} を設定します。

負のフィードバックのデカップリングには小容量の C_{in} が必要です。

数式の導出

分圧器から、

$$\lambda = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

元の電荷を持つキャパシタの一般的な充電式:

$$q = CV \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) + q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$V = V_{out}$ および $q_0 = \lambda CV_{out}$ の場合、

$$q = -CV_{out} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) + \lambda CV_{out} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

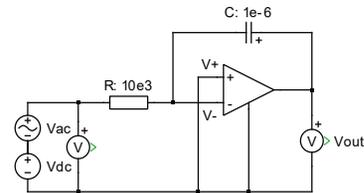
$$T = 2RC \cdot \ln \left(\frac{1 + \lambda}{1 - \lambda} \right)$$

この結果は、レールの大きさが等しい、つまり $t_{\text{charge}} = t_{\text{discharge}}$ であると仮定して、動作の放電期間についても得られます。

マルチバイブレータは、点滅ライトなど、方形波や一定間隔の信号が必要なさまざまなアプリケーションで使用されます。

2.2 反転積分器

図2: 反転積分器



積分器は、入力電圧の積分に比例する出力電圧を生成します。

$$V_{\text{out}} = -\frac{1}{RC} \cdot \int_0^t v_{\text{in}} dt$$

数式の導出

オペアンプの入力端子の仮想接地と無限大インピーダンスのため、すべての入力電流はRとCを通して流れます:

$$i_{\text{in}} = \frac{v_{\text{in}} - V_-}{R} = \frac{v_{\text{in}}}{R} = i_R = i_C$$

$$v_C = V_- - V_{\text{out}} = -V_{\text{out}}$$

$$i_C = C \cdot \frac{dv_C}{dt} = -C \cdot \frac{dV_{\text{out}}}{dt} = \frac{v_{\text{in}}}{R}$$

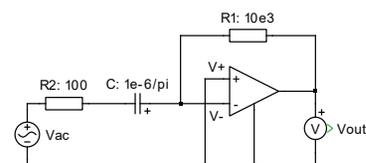
$$\frac{dV_{\text{out}}}{dt} = -\frac{1}{RC} \cdot v_{\text{in}}$$

$$V_{\text{out}} = -\frac{1}{RC} \cdot \int_0^t v_{\text{in}} dt$$

この回路の用途として、水の流れを積分し、流量計を通過した水の総量を測定することが挙げられます。

2.3 反転微分器

図2: 反転微分器



微分オペアンプの構成は、キャパシタを流れる電流を測定することにより、入力電圧の変化率に比例する出力電圧を生成します:

$$V_{\text{out}} = -RC \cdot \frac{dv_{\text{in}}}{dt}$$

キャパシタの右側は、仮想接地効果により0ボルトに保持されます。したがって、キャパシタを流れる電流は、入力電圧の変化のみによるものです。入力電圧が一定であればCに電流は流れませんが、入力電圧が変化すると電流は流れます。電圧変化が速いほど、出力電圧は大きくなります。

数式の導出

仮想接地とオペアンプの無限大インピーダンスのため、キャパシタを流れるすべての電流はR1にも流れます:

$$i_C = i_{R_1} = \frac{V_- - V_{out}}{R_1} = -\frac{V_{out}}{R_1}$$

$$v_C = v_{AC} - i_C R_2 \approx v_{AC}$$

(収束のために非常に小容量の抵抗R2が必要です)

$$i_C = C \cdot \frac{dv_C}{dt} = C \cdot \frac{dv_{AC}}{dt} = -\frac{V_{out}}{R_1}$$

$$V_{out} = -R_1 C \cdot \frac{dv_{AC}}{dt}$$

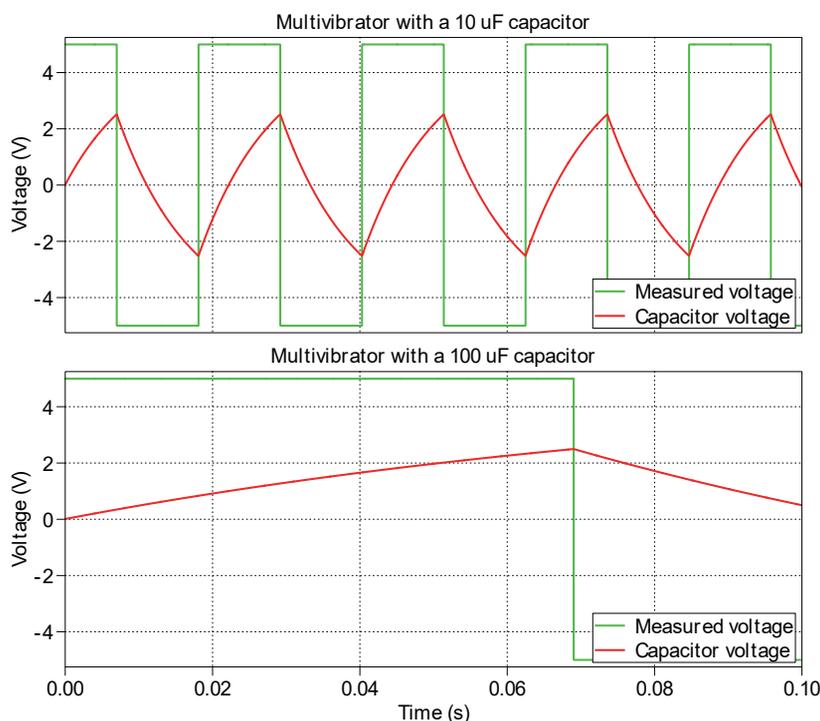
この回路の用途として、温度上昇が高すぎたり低すぎたりすると有害になる環境での温度変化率を監視が挙げられ、出力の追加回路を使用してアラームや通知をトリガします。

3. シミュレーション

3.1 比較器を備えたマルチバイブレータ

図4のように、容量値を100 μFに増やし、キャパシタの充電にかかる時間の増加を観察します。左端の抵抗を25kΩに増やし、出力電圧のスイッチング周波数の変化を観察します。

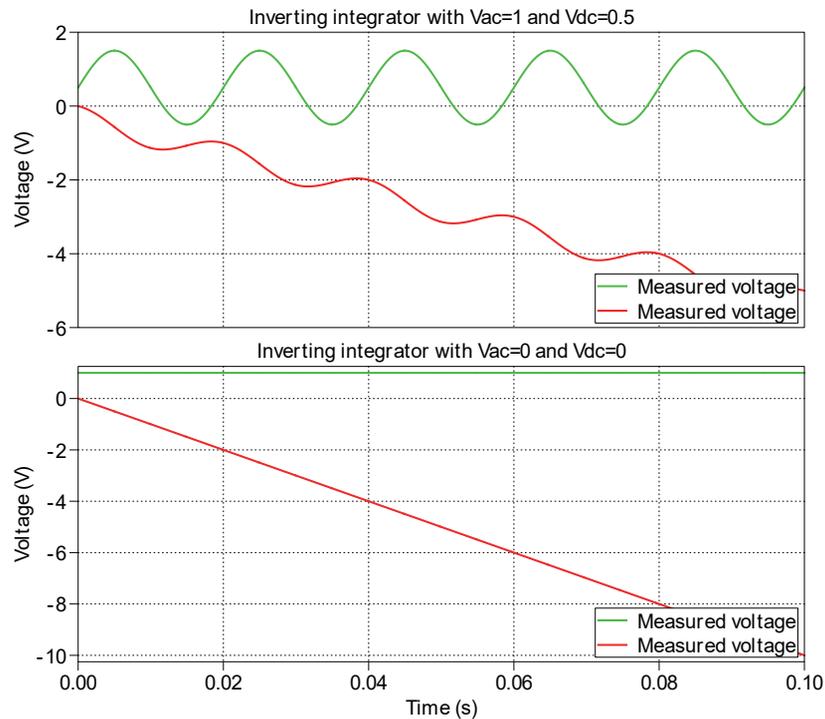
図4: マルチバイブレータ回路シミュレーションの比較



3.2 反転積分器

AC電圧源の振幅と周波数を0に、DC電圧源を1Vに設定します。出力は図5のようになります。固定電圧が積分器の入力に印加すると、出力電圧は、負の入力電圧に係数 $1/RC$ を乗じた一定勾配のランプ波になります。

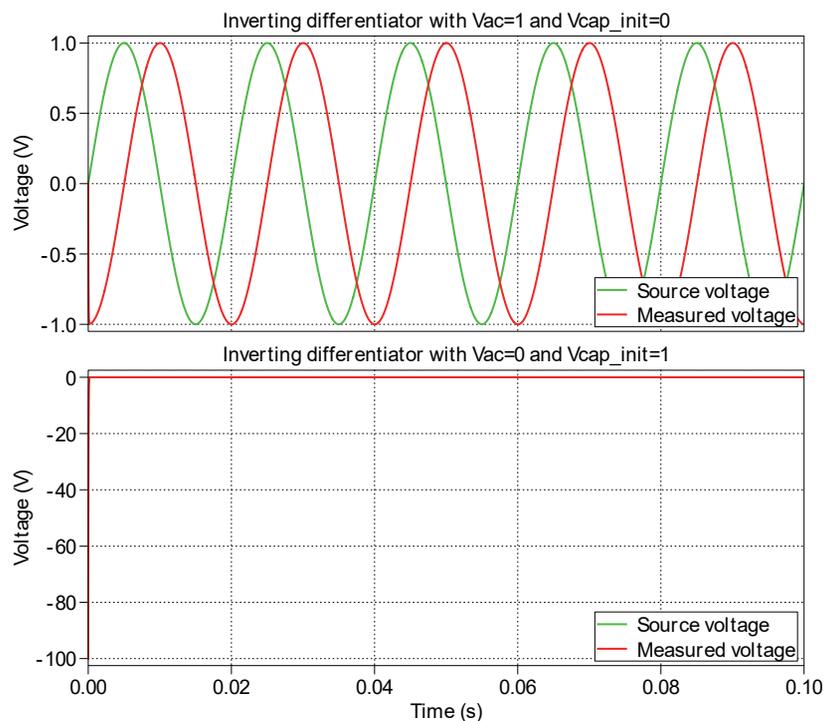
図5: 反転積分回路シミュレーションの比較



3.3 反転微分器

AC電圧源の振幅と周波数を0に設定し、キャパシタの初期電圧を1Vに設定します。図6のように、入力電圧に変化がなくなった後の出力を観察します。キャパシタCの放電後、予想通りの結果が得られましたか？ 入力電圧が一定の場合、 dv/dt はゼロで、出力電圧はゼロになります。

図6: 反転微分回路シミュレーションの比較



4. まとめ

オペアンプはアナログ電子機器の中核部分であり、周囲の受動部品の構成に応じてさまざまな動作を実行できます。その他のオペアンプの例については、Plexim社のWebサイトのAnalog Electronics Academyのページにアクセスしてください。

改訂履歴:

PLECS 4.3.1 初版



Pleximへの連絡方法:

☎ +41 44 533 51 00	Phone
+41 44 533 51 01	Fax
✉ Plexim GmbH	Mail
Technoparkstrasse 1	
8005 Zurich	
Switzerland	
@ info@plexim.com	Email
http://www.plexim.com	Web



計測エンジニアリングシステム株式会社

<https://kesco.co.jp>

PLECS Demo Model

© 2002-2023 by Plexim GmbH

このマニュアルに記載されているソフトウェアPLECSは、ライセンス契約に基づいて提供されています。ソフトウェアは、ライセンス契約の条件の下でのみ使用またはコピーできます。Plexim GmbHの事前の書面による同意なしに、このマニュアルのいかなる部分も、いかなる形式でもコピーまたは複製することはできません。

PLECSはPlexim GmbHの登録商標です。MATLAB、Simulink、およびSimulink Coderは、The MathWorks、Inc.の登録商標です。その他の製品名またはブランド名は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。