

アナログ回路設計

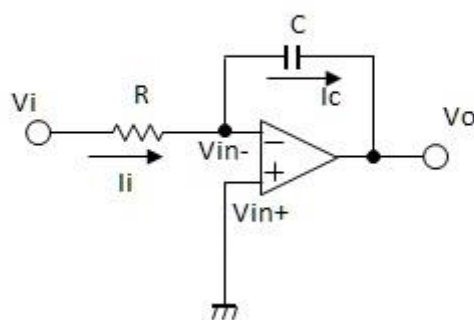
オペアンプの応用-積分回路

積分回路はノイズの除去や遅延、ローパスフィルタなどに利用されます。この章ではオペアンプと抵抗、コンデンサを組み合わせた積分回路を紹介し、シミュレーションによる動作検証を行います。

積分回路

積分回路は、反転増幅回路の帰還抵抗をC(コンデンサ)に変更したものです。積分回路の基本回路を下図に示します。

積分回路(Integrating circuit)



積分回路の動作

V_{in-} がイマジナリーショート(仮想接地)を維持しており、OP アンプの入力抵抗が十分に高い場合には

$$\begin{aligned} V_i - 0 &= RI_i \\ I_i &= I_c \\ 0 - V_o &= \frac{1}{C} \int I_c dt \end{aligned}$$

が成り立ちます。

補足

電流 I は単位時間当たり(1/sec) の電荷の移動量 Q を表します($I = Q / \text{sec}$)。電流が変化する場合、ある期間の間の瞬間の電流値を全て足し合わせる (つまり時間積分)と、その期間の電荷の移動量になります。コンデンサに蓄えられる電荷量 Q_c はその期間の電荷の移動量と等しいのでコンデンサの容量 C とコンデンサの電圧 V_c の関係 ($Q_c = C * V_c$)の電荷量を電流の時間積分の式で置換すると上記の一連の計算式が得られます。

電流値 I_c を抵抗値 R と入力電圧 V_i で置き換えると以下の式が得られ、入力電圧を積分した出力が得られることが判ります。

$$V_o = -\frac{1}{RC} \int V_i dt$$

積分回路のシミュレーション

SPICE(アナログ回路シミュレータ)を利用して動作検証を行います。

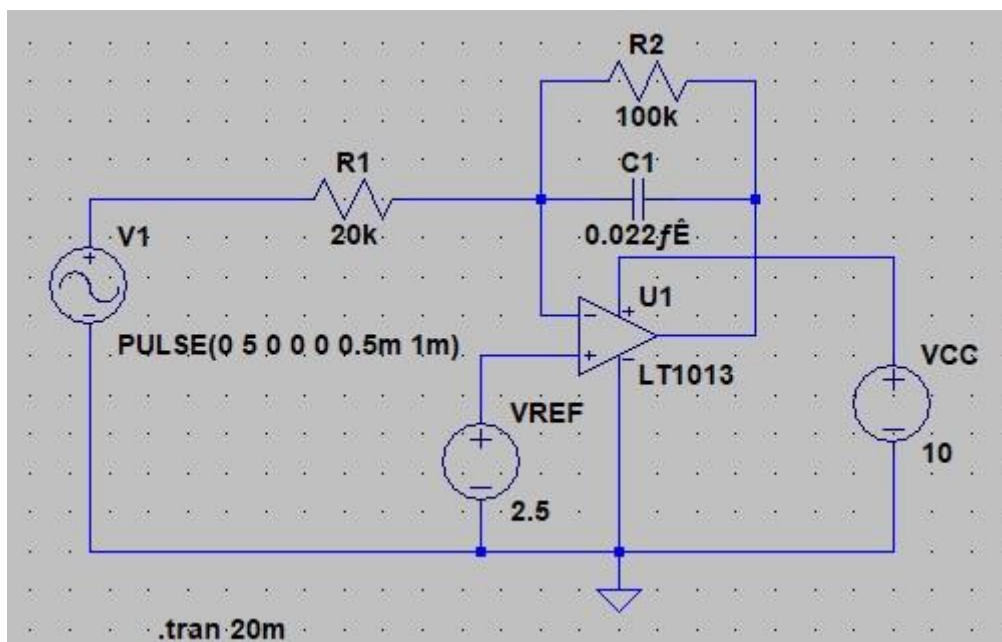
本稿では、アナログデバイセズ社が無償公開している LTspice を使用しています。LTspice は、[アナログデバイセズ社のサイト](#)よりダウンロードしてご利用ください。

シミュレーションファイル

シミュレーションファイル「[int_sim.asc](#)」を参照してください。

ファイルは zip 形式です。ダウンロード後に展開して下さい。LTspice がインストール済の PC であれば、展開後のファイルをダブルクリックすると LTspice が起動して上記ファイルを読み込みます。

シミュレーション回路



使用オペアンプモデル

回路シミュレーションで使用するオペアンプの物理モデルパラメータは、汎用オペアンプ(LT1013:324 タイプ相当)を使用しています。

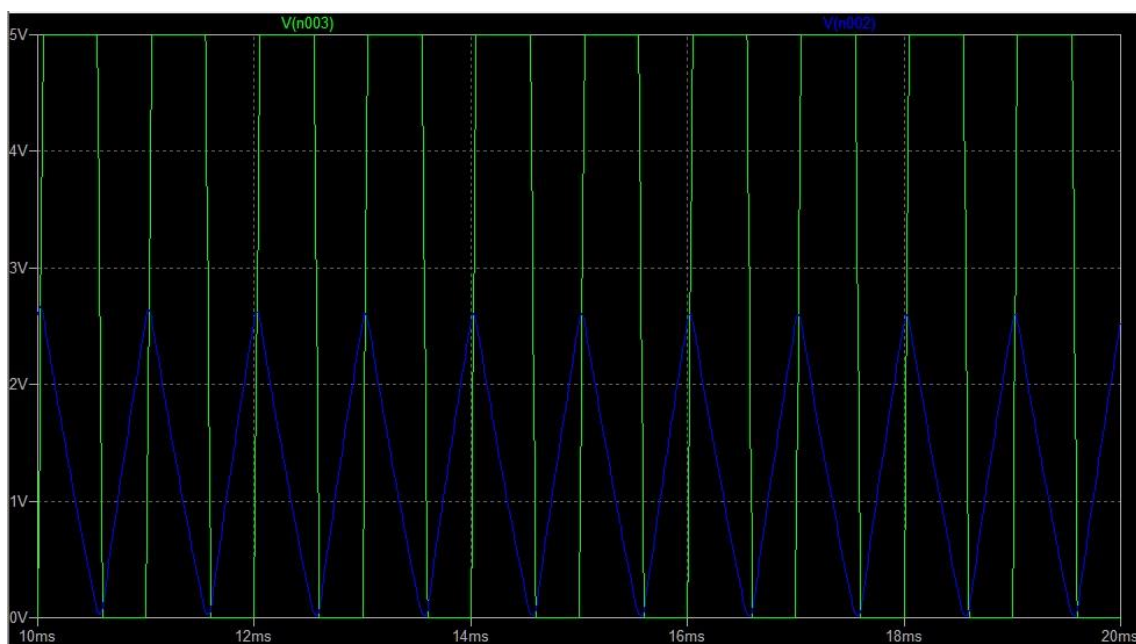
シミュレーション条件

矩形波を三角波に変換する積分回路をシミュレーションします。入力に 1kHz の矩形波 V1 信号を入力し、10ms のトランジェント解析を行います。

- V1 入力: 5Vp-p 矩形波、 $f=1\text{kHz}$
- VREF=2.5V バイアス
- C 電荷放電抵抗 $R2 = 100\text{k}\Omega$

※実用回路では、出力電圧の飽和を防ぐための工夫が必要です。今回は積分コンデンサ C1 に並列に抵抗を入れて飽和を防いでいます。その他の方法にはコンデンサに並列にスイッチ挿入する場合があります。

シミュレーション結果



矩形波入力（緑色）に対して、三角波（青色）に積分された波形が出力されています。