

ワークショップ6-4

キャパシタを充電&バケツ・リレー! 超マニアック差動アンプ

LTspiceデータ・フォルダ番号:594~596

● 信号源の差動信号をコンデンサで受け取ってアンプ側のグラウンド基準で増幅

2つの信号の差成分を増幅する差動アンプとしては、図1(b)のようなOPアンプと抵抗を使った回路が一般的です。この回路は抵抗の精度が悪いと同相ノイズの影響が大きくなります。

抵抗 R_2 が設計値の20kΩに対して、20.2kΩと1%大きくなった場合、同相除去比は60dB程度となってしまいます。

一方、図1(a)のスイッチト・キャパシタを使った差動アンプは、差動信号をグラウンド基準の信号に変換してOPアンプで増幅するため、抵抗の精度が悪くても同相ノイズによる影響は増えません。

● 要らない同相雑音を除いて差動信号だけを取り出せる差動アンプの重要な能力「同相除去比」

差動増幅回路の性能を表す指標の一つに同相除去比があります。

$$k_{CMRR} = \frac{G_{dif}}{G_{com}} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 k_{CMRR} ：同相除去比[dB]、 G_{dif} ：差動ゲイン[dB]、 G_{com} ：同相ゲイン[dB]

同相除去比は大きいほど、同相ノイズの影響を受けにくくなります。特に大きな同相除去比が必要となる例として、生体信号の取り出しなどの用途があります。

生体信号(脳波や筋電、心電など)を計測しようとすると、信号自体が非常に微弱なうえ、商用電源からの

ノイズ(ハム・ノイズ)が大きなレベルで重畳してきます。

そこで、2ヶ所から信号を取り出し、差動アンプを使用して、両者に共通に重畳しているハム・ノイズを打ちすようにして計測します。

ところが、同相ノイズとして重畳するハム・ノイズのレベルが、信号の1000倍以上も大きいことがあるため、同相除去比の良くない差動アンプを使用すると、ハム・ノイズが十分に打ち消されず、最終出力に混入します。

そのため、微弱な信号を増幅する用途に使用する差動アンプは、同相除去比が非常に重要です。

● 一般的な差動アンプの同相除去比は抵抗値にばらつきがあると悪化する

図1(b)の差動ゲイン G_{dif} 、同相ゲイン G_{com} 、同相除去比 k_{CMRR} は次式で表せます。

$$G_{dif} = \frac{R_1}{R_2} \dots\dots\dots (2)$$

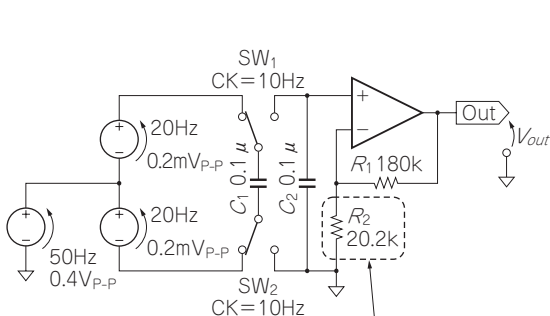
$$G_{com} = \frac{R_3 R_2 - R_1 R_4}{R_2 (R_3 + R_4)} \dots\dots\dots (3)$$

$$k_{CMRR} = \frac{G_{dif}}{G_{com}} = \frac{R_1 (R_3 + R_4)}{R_3 R_2 - R_1 R_4} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 $R_3 R_2 = R_1 R_4$ であれば同相ゲインは0倍となり、同相除去比は無限大になります。

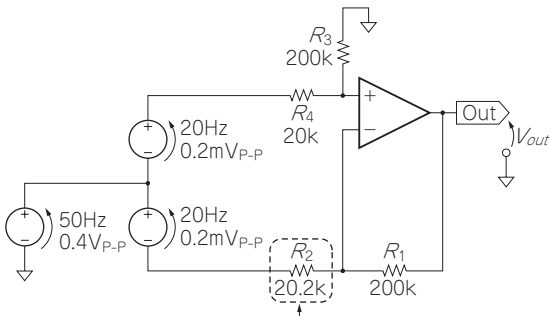
抵抗値にばらつきがあると、同相除去比はすぐに悪化します。図1(b)の定数で計算すると、次式のように61dB程度になります。

$$k_{CMRR} = \frac{R_1 (R_3 + R_4)}{R_3 R_2 - R_1 R_4} = \frac{200 \text{ k}\Omega \times (200 \text{ k}\Omega + 20 \text{ k}\Omega)}{200 \text{ k}\Omega \times 20.2 \text{ k}\Omega - 200 \text{ k}\Omega \times 20 \text{ k}\Omega} = 1100 \approx 61 \text{ dB} \dots\dots\dots (5)$$



設計値20kΩに対して20.2kΩと1%大きかった場合

(a) スwitchト・キャパシタ差動増幅回路



設計値20kΩに対して20.2kΩと1%大きかった場合

(b) 一般的な差動増幅回路

図1 スwitchト・キャパシタ差動アンプとOPアンプ1個の差動アンプ…同相除去比が大きいのはどっち?

抵抗 R_2 のばらつきは、設計値が20kΩに対して20.2kΩと1%大きくしている

【セミナー案内】 デジタル基礎講座 これからはじめるロジック回路
——若いエンジニアに向けたロジック回路の基礎を徹底的に学ぶ講座
【講師】 浜田 智 氏 【会場】 大阪・NLCセントラルビル 3F セミナールーム 7/20(金)
19,000円(税込み) <http://seminar.cqpub.co.jp/>