

第2章 アナログ1：増幅回路

2-1 ケーブルを伸ばすOPアンプの出力には発振防止の抵抗を入れる

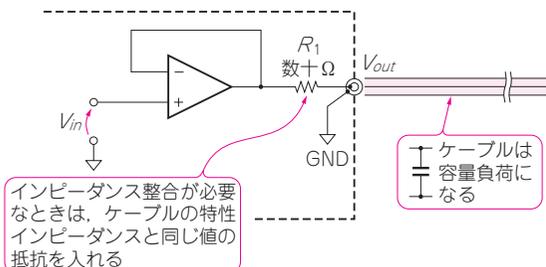
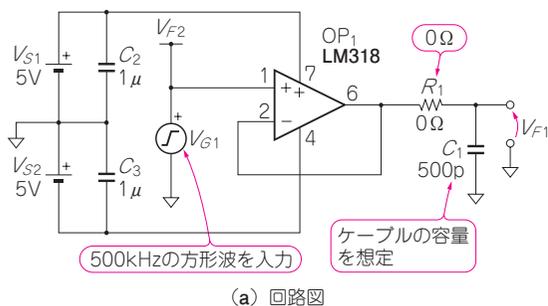


図1 OPアンプの出力をケーブルに接続する場合
 R_1 をケーブルの特性インピーダンスに一致させるとインピーダンス整合できる。インピーダンス整合が必要なくても、発振防止のために R_1 のパターンは残しておく

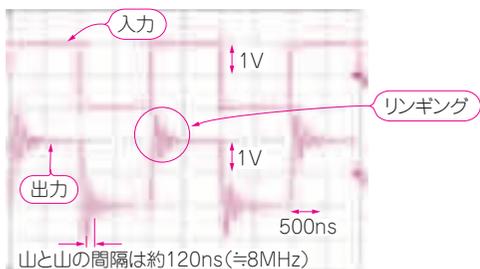
OPアンプの出力信号を基板の外部に取り出すために同軸ケーブルを使う場合は、インピーダンス整合のための抵抗を挿入します(図1)。

受信端でインピーダンス整合すれば、送信端でのインピーダンス整合は本来不要なのですが、入れておけば、受信端が開放になった時でも反射波を送信端で終端できます。

インピーダンス整合が必要ない場合でも、シールド線のように容量成分の大きなケーブルに接続する場合は、発振防止のために図1の R_1 が必要です。



(a) 回路図



(b) 波形

図2 OPアンプ出力に直列抵抗がない時の波形(シミュレーション)
 図1の回路の R_1 がないと出力に減衰振動が現れる

● OPアンプの出力に負荷をつなぐと振動する

OPアンプに容量性の負荷を接続すると発振しやすいことはアナログ回路の常識ですが、ケーブルの静電容量は見落としがちです。そして、高速のOPアンプほど小さな静電容量で発振します。

図2は、出力電圧の発振現象です。負荷容量は500 pFです。特性インピーダンスが50 Ωの同軸ケーブル3D-2Vの静電容量は100 pF/mですが、シールド線になると、100~300 pF/m程度のものが多いようです。500 pFは1.7~5 mの長さに相当します。

● OPアンプが発振する理由

図2のように発振してしまう理由は、容量性負荷による出力信号の位相回転です。回路図上では、負帰還がかかっていますが、特定の周波数に対しては容量性負荷による遅延で入力に対する出力の位相差が大きくなります。180°に近づくと正帰還になり、その周波数で発振します。

シミュレーションで、入力信号を8 MHzの正弦波にすると、出力信号は位相が180°近くまでずれず、ほぼ逆極性になっているので、この信号を反転入力端子に接続すると、正帰還になります。

図2の振動を拡大すると、振動波形の周期は約120 nsで周波数はほぼ8 MHzです。つまり、位相回転が180°に近づく周波数で振動が起こります。

● 抵抗を入れると発振が止まる

図3は、図2の R_1 を50 Ωにした時の波形です。振動がほとんどありません。適切な R_1 の値は、ケーブルやOPアンプによって違うので、現物で実験しながら決めます。おおむね50~100 Ω程度で対策できる場合が多いようです。
 (中 幸政)

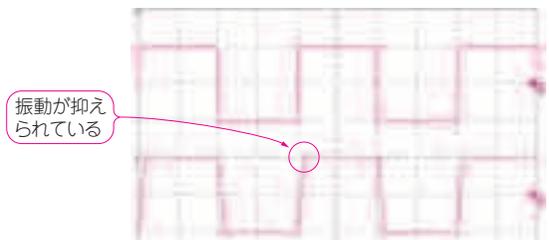


図3 50 Ωの直列抵抗を追加した時の波形(シミュレーション)
 OPアンプの出力と容量性負荷の間に抵抗を入れるとリンギング(波の乱れ)を抑えられる

◆参考文献◆

- (1) ナショナルセミコンダクタージャパン株式会社：LMC118/218/318 データシート、2000年8月。