

LTspice活用コーナ

1ケタ
性能アップ



プロでもハマる雑音の原因 「ゲイン暴れ」をLTspiceでバーチャル対策 直流誤差0.1mV, 雑音50 μV! 計測用高精度アンプの お手本シミュレーション

中村 黄三 Kozo Nakamura

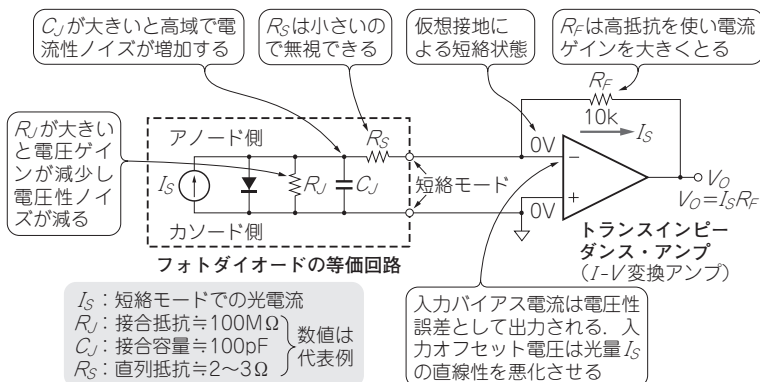


図1 例題回路…計測用I-V変換アンプ(トランスインピーダンス・アンプ)
 フォトダイオードの出力をI-V変換アンプで受けると、OPアンプのイマジナリ・ショートにより出力両端が短絡モードで動作するので、入射光量に比例した直線性の良い光電流 I_s を取り出せる。本稿では高精度なI-V変換アンプを作り方をLTspiceによるシミュレーションを交えて解説する

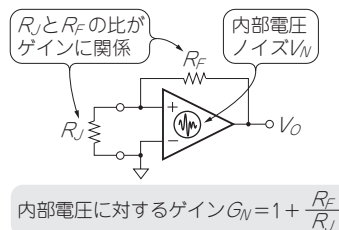


図2 フォトダイオードの接合抵抗 R_j とフィードバック抵抗 R_f の比でI-V変換アンプの電圧ゲインが決まる

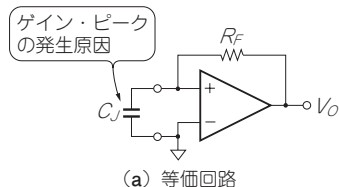
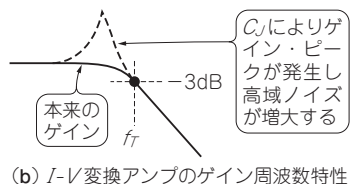


図3 ダイオードの接合容量 C_j はI-Vゲインの f_T においてゲイン・ピークの発生原因となる
 ピーク周波数領域でのノイズが増大する



高精度が要求されるCTスキャン、液体や金属の成分を分析する光計測回路などのフロントエンド部にはトランスインピーダンス・アンプ(TIA: TransImpedance Amplifier)が採用されています。TIAは、光センサの出力電流“ I ”をインピーダンスによって出力電圧“ V ”に変換することからI-V変換アンプとも呼ばれます。

I-V変換アンプは、図1に示すようにフォトダイオード、OPアンプ、フィードバック抵抗などのシンプルな回路で構成されます。しかし、光の強度を明るみから暗闇まで誤差なく正確に測定するには、フォトダイオード/OPアンプの選び方や位相補償コンデンサの設定が大切です。

本稿では、I-V変換アンプの作り方を解説します。本テクニックを応用すると、I-V変換アンプのRMSノイズや直流誤差を1けた低減できます。〈編集部〉

I-V変換アンプを例に

● キー・デバイス①フォトダイオード

図1に示すフォトダイオードの等価回路には、光量測定に必要な電流源 I_s の他に3つの要素があります。

【セミナー案内】 実習・高精度A/D変換の極意…アナログ信号を正確に数値化するための関連知識強化セミナー
 【講師】 中村 黄三 氏, 5/23(水) 22,000円(税込み) <http://seminar.cqpub.co.jp/>

▶①ダイオードの接合抵抗 R_j が100 MΩ以上のものを選ぶ

図2に示すように R_j は、I-V変換アンプの帰還抵抗 R_f との組み合わせで、アンプ自体の電圧ゲインが決まります。I-V変換アンプでは、信号は電流なので電圧に対するゲインは不要です。電圧ゲインは、アンプを含む回路内部の電圧ノイズを増幅してS/Nを悪化させる要因となります。フォトダイオードは、接合抵抗 R_j が100 MΩ以上のものを選びます。

▶②ダイオードの接合容量 C_j が100 pF以下のものを選ぶ

図3に示すように C_j は、I-V変換ゲインが-3 dBになる f_T の周波数領域で、強烈なゲイン・ピークを