参考資料

Application Note

LOG200 対数アンプを使用して正確な光電流センス測定を実行する

概要

LOG200 は、アダプティブ フォトダイオード バイアスを搭載した、高精度、高速の電流 / 電圧対数アンプです。このデバイスは、10pA ～ 10mA (180dB) の広いダイナミック レンジにわたる電流測定向けに設計されています。このデバイスは、数桁のオーダーに及ぶ入力電流に対応する高速応答を特長としているため、高速過渡応答と高精度および対数適合性の両方を備えた独自の組み合わせが可能です。

本ドキュメントでは、光電流検出アプリケーション用の光センサで LOG200 と通信するためのガイドライン、使用例、ベンチ測定について説明します。

目次

1 概要....2
2 重要なフォトダイオードの仕様....3
3 LOG200 と光センサのインターフェイス....4
3.1 フォトダイオード接続....4
3.2 フォトダイオード アダプティブ バイアス電流出力....4
4 電流検出測定用の光学ベンチ....8
4.1 光センサによる過渡応答....9
5 LOG200 を使用した光電力測定....11
6 誤差発生源とキャリブレーションなしの誤差解析....12
7 補助オペアンプ回路....15
7.1 シングルエンドから差動への変換回路....15
7.2 サレンキー型ローパス フィルタ....16
8 まとめ....18
9 参考資料....18
10 改訂履歴....19

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1 概要

多くの場合、光学システムは広いダイナミック レンジの電流電圧変換を必要とします。フォトダイオード センサは、入射光とともに変化する電流出力を生成します。標準的な光電流は数百 pA から数 mA まで大きく変動するため、数桁ものオーダーに及ぶ広い電流範囲に対応する必要があります。

LOG200 は、電流信号を 2 つの電流の対数圧縮比を表すシングルエンド電圧に変換する、2 つの対数アンプとそれに続く差動アンプを備えています。このデバイスには、フォトダイオード バイアスと暗電流補正用アダプティブ バイアス回路、高精度の 1µA 電流リファレンス、1.65V/2.5V の高精度電圧リファレンス、補助オペアンプが内蔵されており、フォトダイオードとの通信が容易になっています。LOG200 の増幅比は 250mV/decade の電流 / 電圧変換に設定されています。図 1-1 に示す概略回路図は、標準的なフォトダイオード電流センス測定アプリケーションにおける LOG200 を示しています。簡略化のため、このブロック図では一部のデカップリング コンデンサを省略しています。

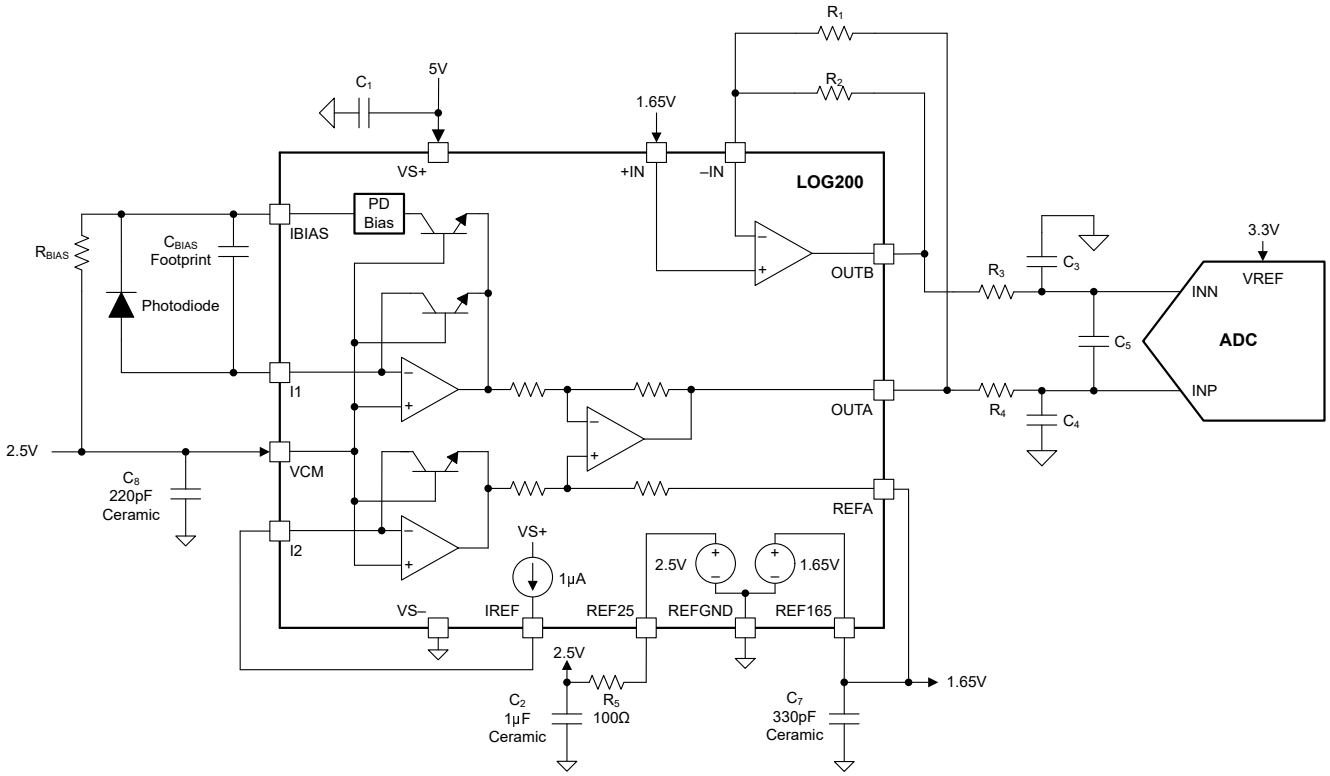


図 1-1. LOG200 標準アプリケーション ブロック図

LOG200 は、前の世代の対数アンプより高速かつ多用途な設計を提供します。1nA の入力電流で 90kHz の帯域幅、10nA から 100µA において最大 ±0.2% の対数適合誤差を実現します。LOG200 は、100nA ～ 1µA のステップ動作時、立ち上がり時間が 60ns、立ち下がり時間が 150ns であるため、何桁ものオーダーに及ぶ電流に対し、光出力の変化を迅速に検出できます。LOG200 デバイスの仕様と機能の詳細については、『LOG200 フォトダイオード バイアス内蔵、高精度、高速、対数アンプ』データシートを参照してください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2 重要なフォトダイオードの仕様

フォトダイオードは、光源の光出力を測定するための最も一般的な検出器の 1 つです。フォトダイオードは、光導電 (逆バイアス) モードまたは光起電力 (ゼロ バイアス) モードのいずれかで動作させることができます。フォトダイオードのバイアス状態は、アプリケーションの速度要件と、センサで許容される暗電流 (I_{dark}) の量によって異なります。暗電流は、入射光なしの場合にフォトダイオードに流れる電流です。これは、フォトダイオードの小電流測定時に、大きな誤差の原因となる可能性があります。

光導電モードでは、外部の逆バイアスが印加され、測定される出力電流は、入力光電力に対し線形で比例します。逆バイアスを印加すると、空乏接合の幅が拡大され、応答性が向上し、接合部の容量が減少するため、線形性が非常に高い応答が実現します。ただし、逆バイアス条件での動作では、暗電流が増加する傾向があります。図 2-1 に、逆バイアス時のフォトダイオードの暗電流を示します。

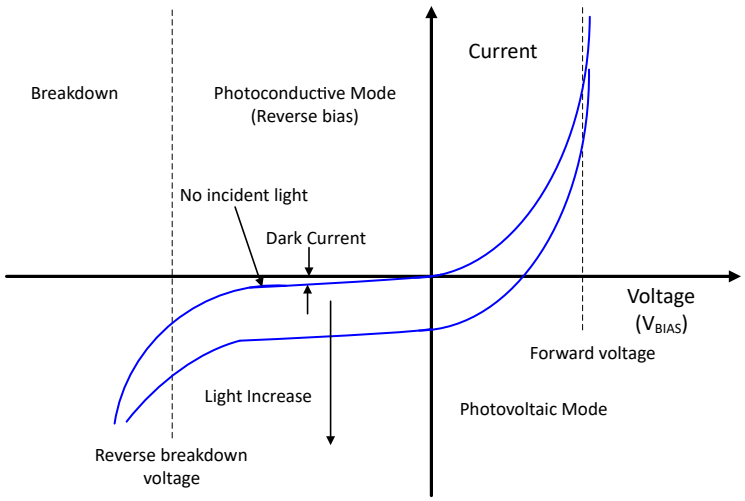


図 2-1. 光導電モードでのフォトダイオード暗電流

この例では、設計用にインジウムガリウムヒ素 (InGaAs) フォトダイオードの近赤外線 (NIR) 波長を示しています。このアプリケーション例では、フォトダイオードは光導電モードで動作し、光が当たると検出器に逆方向の電流が流れます。光センサに逆バイアスが印加され、接合部の容量が減少します。逆バイアス電圧 (V_R) により空乏領域の幅が拡大され、その結果、接合部の容量が減少します。そのため、V_R が上昇すると、フォトダイオードの応答速度と直線性が向上しますが、その反面暗電流が増大します。

表 2-1 に、NIR G8195-12 フォトダイオードのパラメータを示します。

表 2-1. NIR (InGaAs) フォトダイオード センサの仕様

パラメータ	記号	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
最大逆電圧	V_R	T_A = 25℃			20	V
スペクトル応答範囲	λ	T_A = 25℃		0.9～1.7		µm
フォトダイオードの応答性	R(λ)	T_A = 25°C λ = 1.3µm	0.75	0.9		A/W
接合部の容量	C_J	T_A = 25°C V_R = 5V f = 1MHz		1.0	1.5	pF
暗電流	I_{dark}	T_A = 25°C V_R = 5V		0.02	0.4	nA

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3 LOG200 と光センサのインターフェイス

3.1 フォトダイオード接続

LOG200EVM の PCB 基板レイアウトは、対数分子に対応する電流入力 I1 に放射型フォトダイオードを取り付ける光センサのフットプリント (D1) を採用しています。また、オプションで補償回路や光センサのバイアス回路に使用するための受動部品フットプリントも採用しています。LOG200EVM の光センサのバイアス接続については、図 3-1 を参照してください。

LOG200 フォトダイオード IBIAS のアダプティブ バイアス電流出力は、オプションのジャンパ抵抗 R2 を使用してアクセスできます。アダプティブ電流出力バイアス方式により、光電流に比例する電流でフォトダイオードにバイアスをかける電圧が生成されます。補償コンデンサ C1 (C_{COMP}) は、高速過渡時に動的な電流を供給し、安定性の向上に役立ちます。以下のセクションでは、アダプティブ バイアス電流機能について詳しく説明します。

また、テスト ポイント TP1、DBIAS 経由で、光センサのカソードを逆バイアスすることもできます。フォトダイオードのアダプティブ バイアス機能を使用しない場合は、IBIAS ピンをフローティングのままにします。TP1 で光センサにバイアスをかける場合は、抵抗 R2 を取り外します。

3.2 フォトダイオード アダプティブ バイアス電流出力

LOG200 は IBIAS 電流源を備えており、光電流に比例する逆電圧をフォトダイオードへのバイアスとして使用できます。アダプティブ バイアス回路では、フォトダイオードで測定される電流が少ない場合、光センサの両端に生成される逆バイアス電圧が小さくなるため、フォトダイオードの暗電流が減少し、測定精度が向上します。フォトダイオード電流が多くなると、フォトダイオードの両端に生成される逆バイアス電圧が増加するため、フォトダイオードの実効容量が減少し、回路の帯域幅が拡大され、過渡応答が高速化します。

図 3-1 に、LOG200EVM 上のアダプティブ バイアス回路とフォトダイオード接続のブロック図を示します。内部トランジスタ Q3 は入力電流の測定に使用します。IBIAS 回路は I1 ピンの入力電流に約 1.14 倍 (標準値) の電流出力を生成します。IBIAS ピンはフォトダイオードのカソードに接続され、R_{BIAS} 抵抗はフォトダイオードのカソードと VCM に並列接続されます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

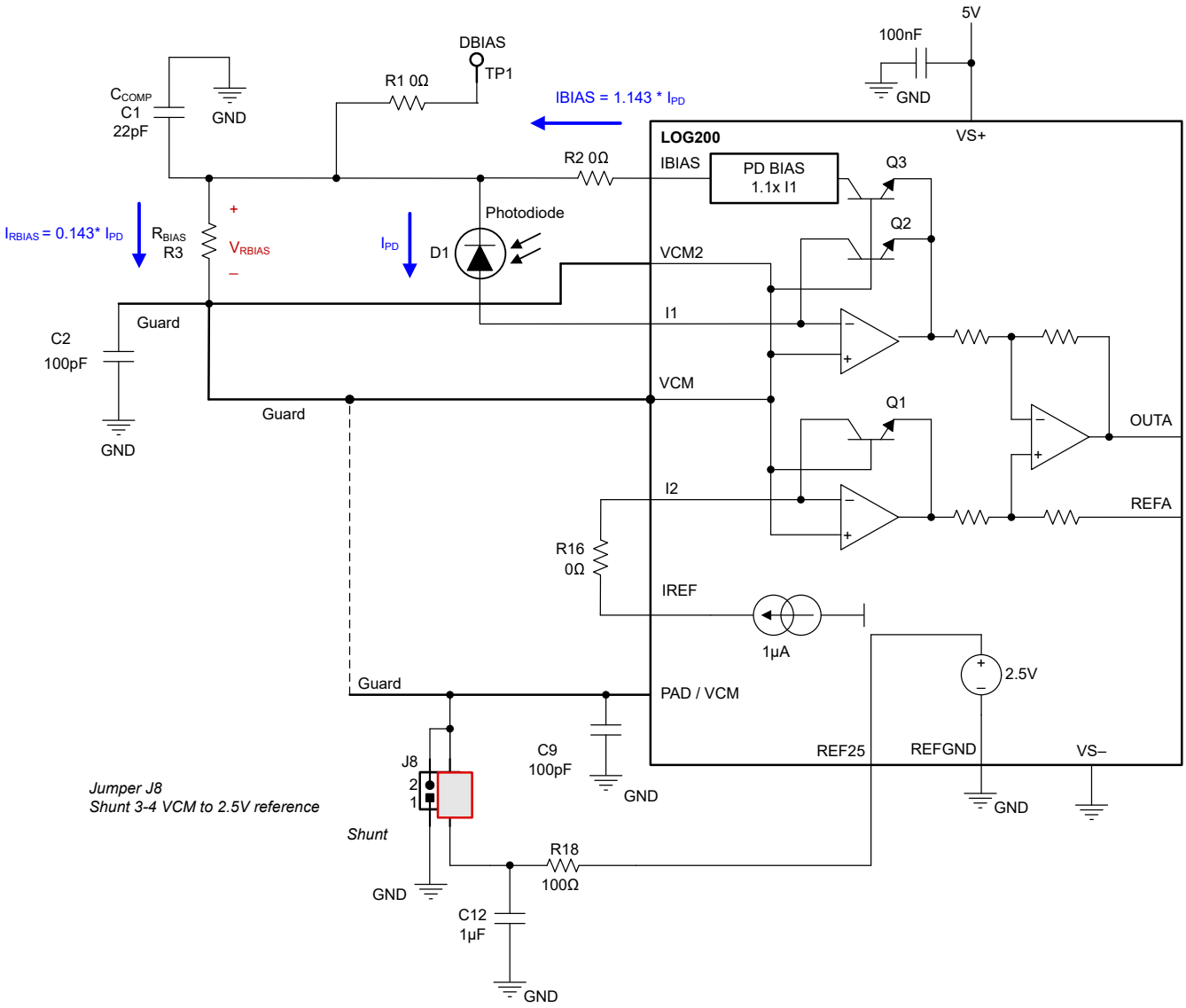


図 3-1. IBIAS フォトダイオード アダプティブ バイアス電流出力

IBIAS 回路の使用時は、入力電流の 1.0 倍がフォトダイオードを通じて流れ、入力電流の残り 0.143 倍が R_{BIAS} を通じて流れます。この構成により、RBIAS 抵抗の両端間にバイアス電圧が確立されます。フォトダイオードのアノードは I1 入力に接続され、一定の VCM 電圧に保持されます。0.143 × R_{BIAS} × I1 によりカソードの電圧は実質的に上昇するため、電流に依存する逆バイアス電圧がフォトダイオードに供給されます。光センサの逆バイアス電圧に対応する設計の適切な R_{BIAS} 抵抗を選択します。

R_{BIAS} 抵抗の値は、フォトダイオードの最大電流を考慮しつつ、正の電源 (VS+) に 1V のヘッドルームを持たせるようにして調整します。また、安定性のために、IBIAS と GND の間にコンデンサ C_{COMP} を配置する必要があります。この推奨値は 22pF です。

図 3-1 の回路では、LOG200 の使用例として、範囲 20nA ～ 2.5mA の IPD 電流と +2.5V に設定した VCM によるフォトダイオード アプリケーションで、LOG200 にユニポーラ 5V を給電するケースを考えます。

式 1 は、R_{BIAS} の両端で使用可能な最大バイアス電圧を算出します。

$$V_{RBIAS_MAX} = [(VS+) - 1V] - VCM \quad (1)$$

式 2 は、使用可能な I_{BIAS} の最大電流を算出します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

$$I_{RBIAS_MAX} = \left(IBIAS_{RATIO_MAX} - 1\right) \times I_{PD_MAX} \quad (2)$$

式 3 により、R_{BIAS} で使用可能な最大抵抗が求められます。

$$R_{BIAS_MAX} = \frac{V_{RBIAS_MAX}}{I_{RBIAS_MAX}} \quad (3)$$

式 4 により、誤差に 10% のマージンを許容する RBIAS の最大抵抗が計算されます。

$$R_{BIAS} = 90\% \times R_{BIAS_MAX} \quad (4)$$

表 3-1 は、関数 I_{PD_MAX} の計算結果を示しています。

表 3-1. RBIAS 抵抗の計算

I_{PD_Max} (mA)	$I_{BIAS_Ratio_Max}$ @ 1mA (A/A)	I_{BIAS_Max} (mA)	V_{BIAS_Max} (V)	R_{BIAS_Max} (kΩ)	R_{BIAS} (kΩ)
2.5	1.195	0.488	1.5	3.077	2.770

図 3-1 に、IPD = 2.5mA における RBIAS 両端の標準的な VBIAS 電圧を示します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

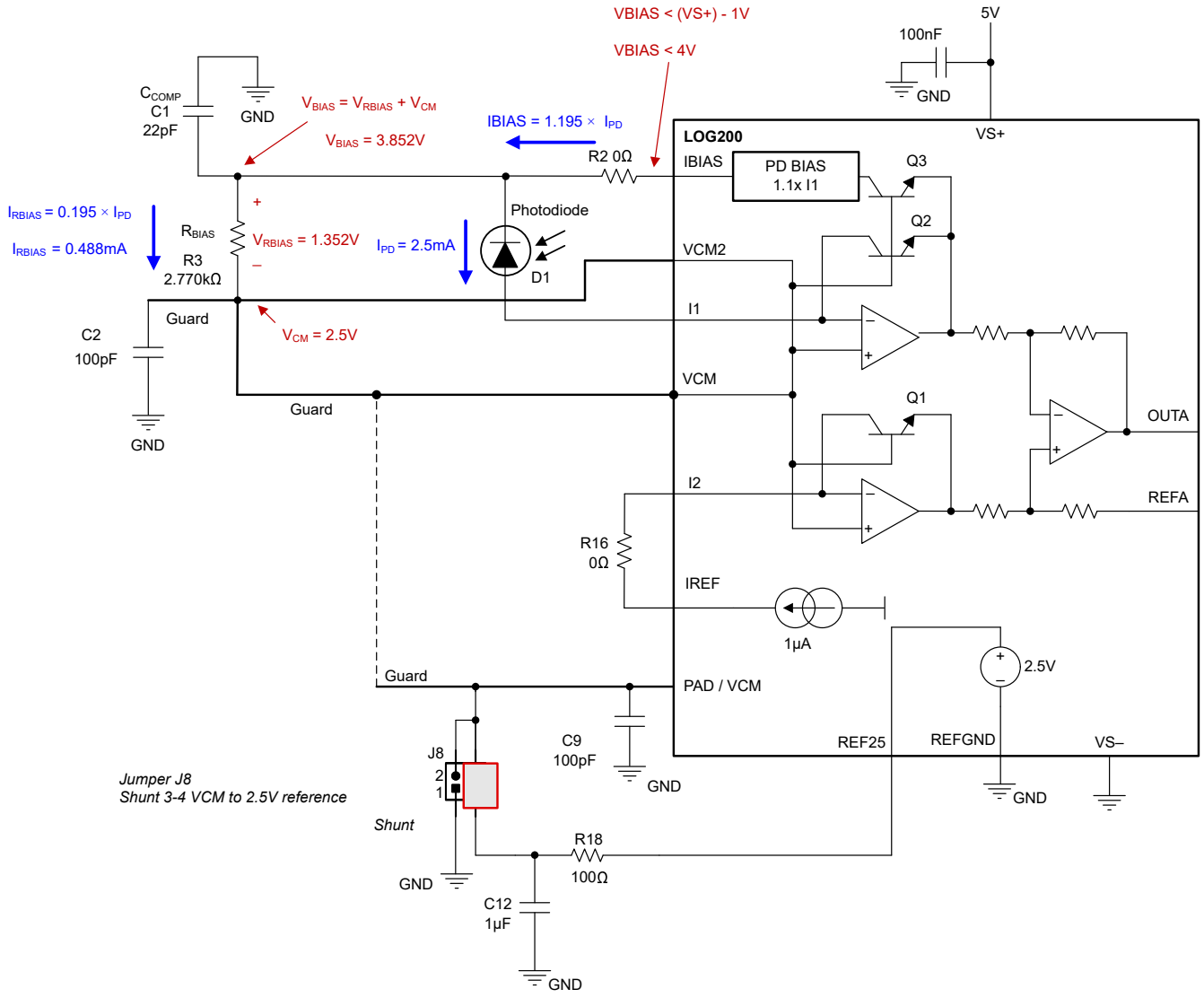


図 3-2. RBIAS の計算例

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 電流検出測定用の光学ベンチ

図 3-1 に示すように、LOG200EVM は、G8195-12 フォトダイオードを取り付けたベンチで構成されます。

REF25 (2.5V リファレンス) は、VCM 電位を設定します。IREF 電流 (1µA) は、抵抗 R16 を介して I2 に供給されます。RBIAS (LOG200EVM の R3) は 1.65kΩ に設定され、C_{COMP} (C1) に補償コンデンサ 22pF を使用します。差動アンプのリファレンス入力 (REF) は、REF165 (1.65V リファレンス) に接続されます。

図 4-1 に、電流センスのベンチ装置を示します。

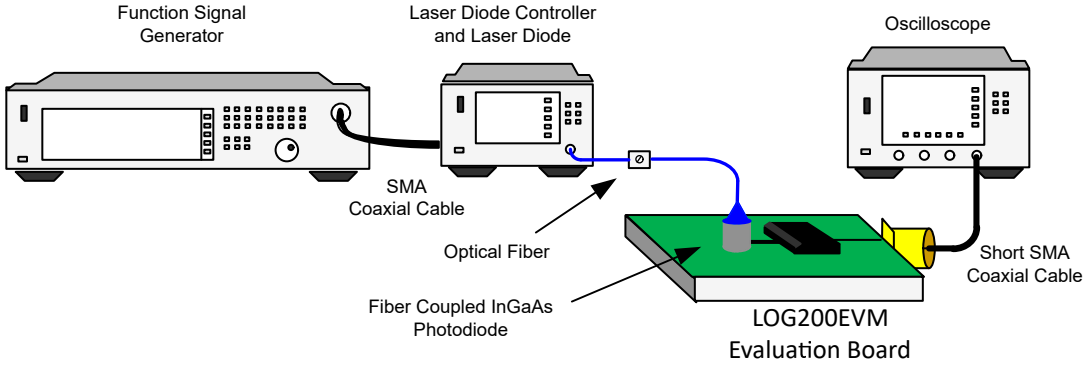


図 4-1. LOG200 光電流センス テスト

表 4-1 に、このような測定時に使用するベンチ用機器を示します。

表 4-1. LOG200 光学ベンチ機器

デバイス	メーカー	部品番号	説明 / コメント
ファンクション ジェネレータ	Agilent	Agilent 33500	レーザー変調向け 30MHz 信号ファンクション波形生成器
レーザー コントローラ	Thorlabs	CLD1010	電流制御モードに設定 ファンクション生成で動作
レーザー ダイオード	Thorlabs	LPS-1310-FC	λ = 1.31µm 5mA ～ 20mA のスレッショルド電流
可変光アッテネータ	Thorlabs	VOA50-FC-SM	1310/1550nm 50dB、FC/PC コネクタ
評価基板	テキサス インスツルメンツ	LOG200EVM	LOG200 評価基板、フォトダイオード付き
フォトダイオード	浜松	G8195-12	λ = 1.31µm 1pF 標準コンデンサ 応答範囲、λ = 0.9µm ～ λ = 1.7µm 応答性:0.9A/W 標準、λ = 1.55µm

LOG200EVM のジャンパ設定を図 4-2 と表 4-2 に示します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

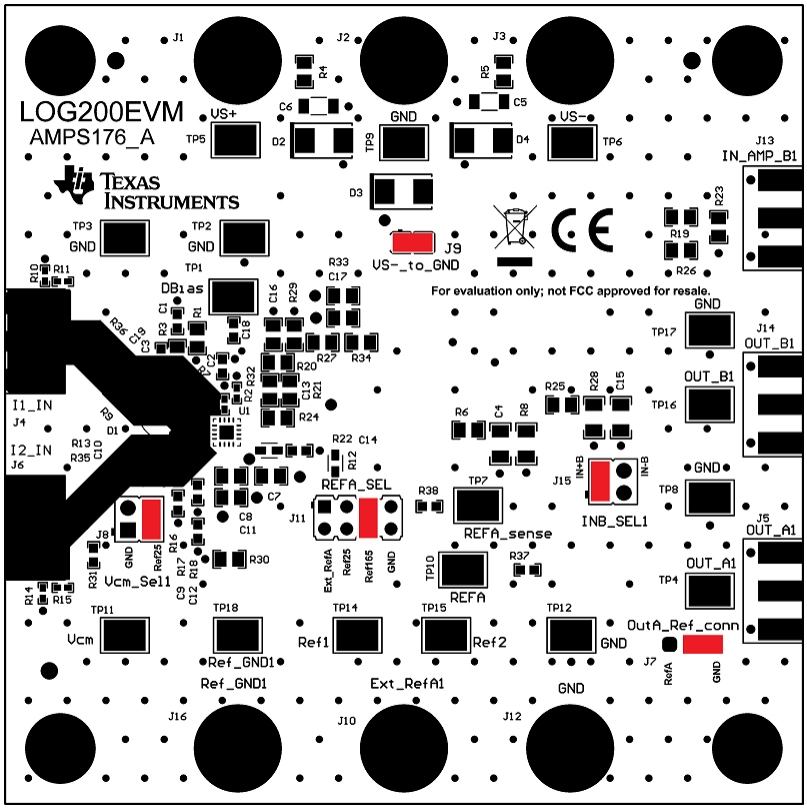


図 4-2. LOG200EVM のジャンパ設定

表 4-2. LOG200 のジャンパの説明

ジャンパ	機能	ベンチ位置	説明
J7	Out_ASMA J5 リファレンス	シャント 2-3	シャント 2-3：SMA コネクタ J3 は GND が基準 シャント 1-2：SMA コネクタ J3 は REFA が基準
J8	VCM 選択	シャント 3-4	シャント 1-2：VCM 入力を GND に接続 シャント 3-4：VCM 入力を 2.5V リファレンスに接続
J9	VS–接続	シャント 1-2	オープン：バイポーラ電源構成 シャント 1-2：ユニポーラ電源構成用に VS– を GND に接続
J11	リファレンス A 選択	シャント 5-6	シャント 1-2：J10 経由でログ電圧 REFA を外部電圧に設定 シャント 3-4：REFA を REF25 に設定 シャント 5-6：REFA を REF165 に設定 シャント 7-8：REFA を GND に設定
J15	二次オペアンプ入力	シャント 1-2	シャント 1-2：Aux AMP+IN を OUTA に接続 シャント 3-4：Aux AMP-IN を OUTA に接続

4.1 光センサによる過渡応答

LOG200 は、新しいアンプ トポロジを使用して、高速過渡応答を実現しています。対数アンプ段は、入力電流の関数として、アンプの開ループ ゲインを動的に変化させます。この回路トポロジにより、帯域幅の非常に広いアンプを必要とせずに、いくつかの電流範囲にわたる安定した過渡応答を実現できます。LOG200 は、低電流から大電流、大電流から低電流への測定において、前世代の対数アンプよりも大幅に高速な過渡応答を実現することができます。

以下の図は、デバイスが入力電流の 1 ディケード シフトに応答する際の LOG200 出力のオシロスコープによるキャプチャ結果を示しています。光学レーザー ドライバは、100µA ～ 1mA の間、10nA ～ 100nA の間の立ち上がり / 立ち下がりステップを測定する鋭い方形波を生成します。30MHz、電圧分解能 16 ビットのファンクション ジェネレータで、レーザー変調用のレーザー ドライバを駆動します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

図 4-3 と図 4-4 に、20nA ～ 200nA の電流ステップのオシロスコープ画像を示します。LOG200 が測定した立ち上がり時間は 154ns、立ち下がり時間は約 472ns になります。

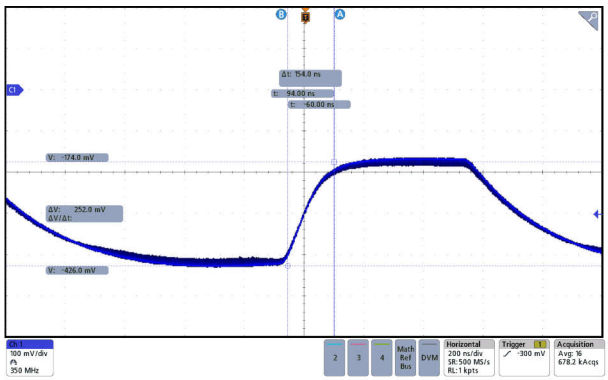


図 4-3. 20nA ～ 200nA の電流ステップのオシロスコープ画像

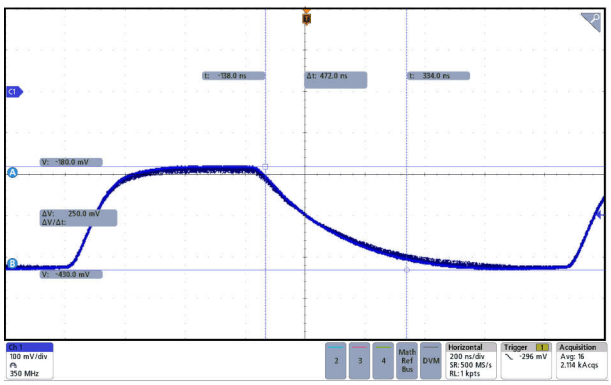


図 4-4. 200nA ～ 20nA の電流ステップのオシロスコープ画像

図 4-5 と図 4-6 に、200µA ～ 2mA の電流ステップのオシロスコープ画像を示します。LOG200 が測定した立ち上がり時間は 26ns、立ち下がり時間は約 31ns になります。

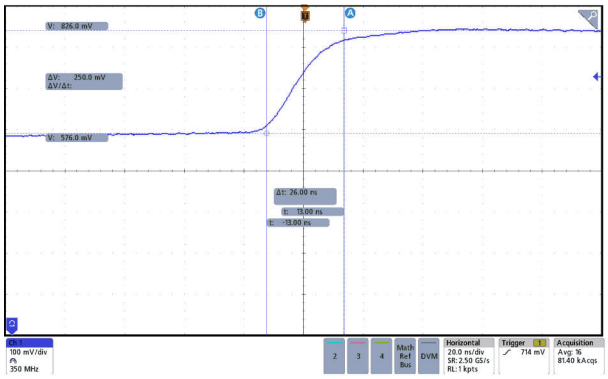


図 4-5. 200µA ～ 2mA の電流ステップのオシロスコープ画像

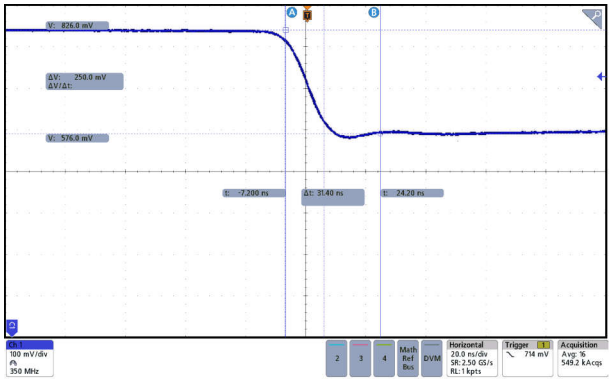


図 4-6. 2mA ～ 200µA の電流ステップのオシロスコープ画像

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 LOG200 を使用した光電力測定

フォトダイオード検出器は、入射光子のエネルギーが材料のバンドギャップを超えた場合に電流を発生させる p-n 接合の半導体です。フォトダイオード (R) の感度または応答性は、与えられた波長 (λ) における、生成される光電流 (I_{PD}) と入射光電力 (P_{PD}) の比として定義できます。式 5 は、フォトダイオードの応答性の関係を示しています。

$$R(\lambda) = \frac{I_{PD}}{P_{PD}} \tag{5}$$

したがって、光電力は、ダイオードが生成する光電流と光センサの応答性の比に等しくなります。これを式 6 に示します。

$$P_{PD} = \frac{I_{PD}}{R(\lambda)} \tag{6}$$

フォトダイオードが入力 I1 に、LOG200 のリファレンス電流出力ピン (I_{REF}) が入力 I2 に接続されるデフォルト構成では、電圧出力は式 7 に示す伝達関数によって定義されます。

$$V_{LOG} = 0.250 \times log_{10}\left(\frac{I_{PD}}{I_{REF}}\right) + V_{REF} \tag{7}$$

この LOG200 回路では、応答性 0.8A/W のフォトダイオードにおいて、1µA の I_{REF} は、1.25µW の等価実効リファレンス電力 P_{REF} に対応します。したがって、LOG200 の出力伝達関数は、式 8 のように表すことができます。

$$V_{LOG} = 0.250 \times log_{10}\left(\frac{P_{PD}}{P_{REF}}\right) + V_{REF} \tag{8}$$

V_{LOG} 電圧出力を使用して光電力を計算できます。ここで、計算用の勾配は、光電力またはフォトダイオード電流に対して 250mV/decade です。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 誤差発生源とキャリブレーションなしの誤差解析

このセクションでは、LOG200 回路で推定される DC 誤差解析の例を示します。これらの計算では、LOG200 データシートの標準仕様を使用して、デバイスのキャリブレーションなしの DC 精度を計算します。この誤差推定値には、LOG200 デバイス単独のエラーのみが含まれます。

この例では、20nA ～ 2.5mA の電流範囲を必要とする光センサ アプリケーションを想定しています。ここでは LOG200 が 3V 電源で動作する 12 ビット疑似差動入力 ADC に接続されています。図 6-1 に、LOG200 回路と ADC の接続を示します。

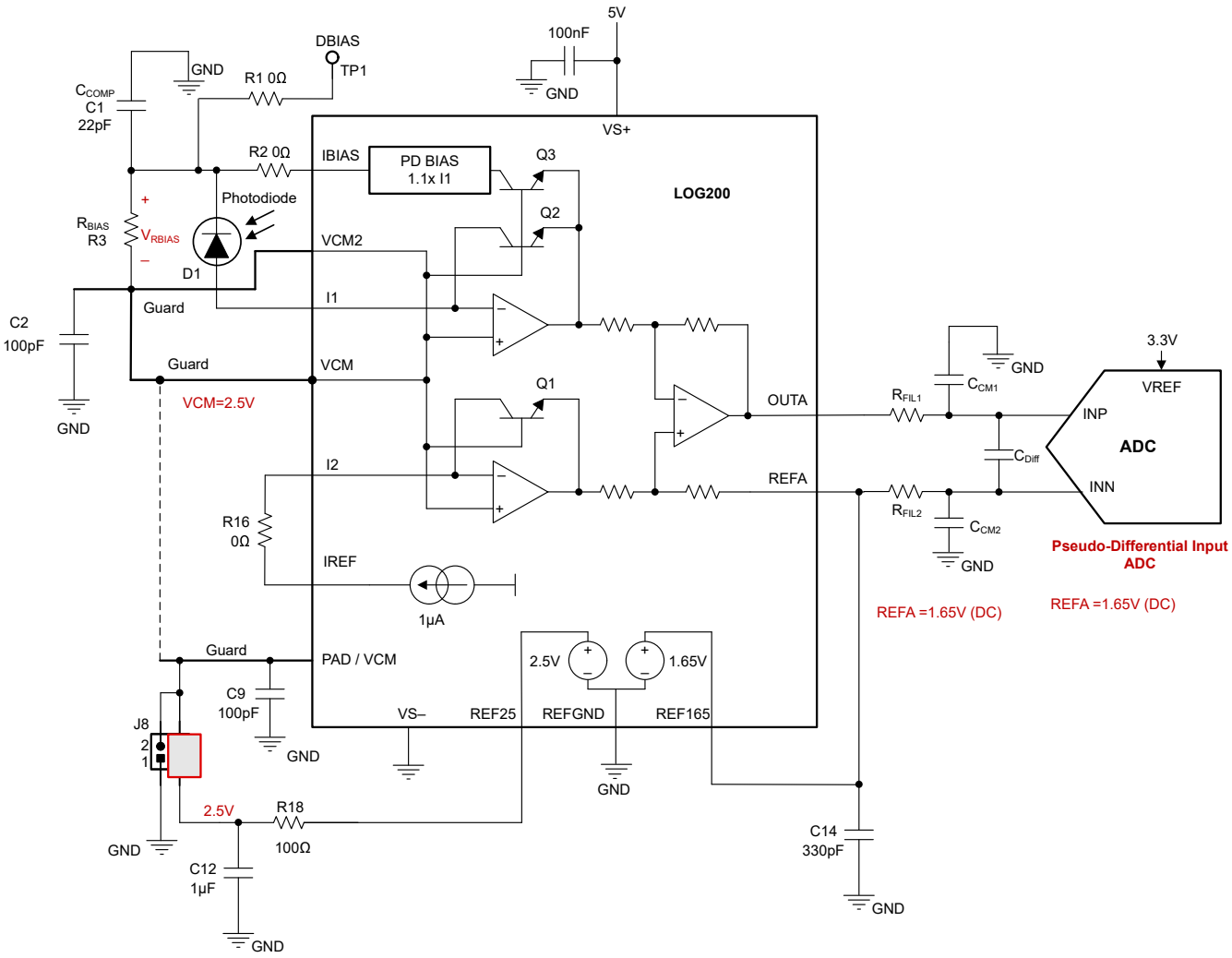


図 6-1. 擬似差動入力 ADC に接続された LOG200 回路

表 6-1 に、標準的な LOG200 の誤差計算仕様を示します。

表 6-1. LOG200 の誤差計算仕様

パラメータ	説明 / コメント	誤差 標準値	単位
K_{Error}	スケーリング係数誤差 100pA ～ 1mA	±0.15	%
LCE_{Error}	対数適合誤差 10nA ～ 1mA	±0.050	%
I_{REF_Error}	リファレンス電流誤差 I_{REF} = 1µA の ±0.3%	±0.003	µA
V_{OSO}	対数アンプの出力オフセット誤差	±1.300	mV

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

式 9 は、伝達関数用に設計された LOG200 を示します。

$$V_{LOG_Ideal} = K \times \log_{10}\left(\frac{I_{PD}}{I_{REF}}\right) + V_{REF} \quad (9)$$

式 10 では、伝達関数用に設計された LOG200 を使用して対数アンプの出力を計算し、データシートの標準的な誤差パラメータを追加します。

$$V_{LOGOUT_Actual} = (K + \Delta K) \times \log_{10}\left(\frac{I_{PD}}{(I_{REF} - \Delta I_{REF})}\right) + (V_{REF} \pm \Delta V_{REF}) \pm LCE_{Er} \pm V_{OSO} \quad (10)$$

光センサが I1 に接続されている標準的なフォトダイオード測定アプリケーションでは、V_{OS} が対数アンプ伝達関数の重大な誤差の原因となることはありません。フォトダイオードに適切な逆電圧でバイアスがかかると、センサは小さな入力オフセット電圧 V_{OS} とは事実上無関係な入力電流を生成します。したがって、このフォトダイオード測定では、VLOG_Actual は対数アンプの出力オフセット誤差 (V_{OSO}) のみに依存します。

この例では、REF165 1.65V のリファレンスを疑似差動入力 ADC の負入力に接続しています。この場合、ADC は ADC の正入力と負入力の差 (AINP-AINN) のみを変換します。したがって、電圧リファレンスの精度は ADC 変換全体の誤差には影響しません。この例の場合、式 11 により、特定のフォトダイオード電流についてキャリブレーションなしの合計出力誤差が推定されます。

$$V_{LOGOUT_Actual} = (K + \Delta K) \times \log_{10}\left(\frac{I_{PD}}{(I_{REF} - \Delta I_{REF})}\right) + V_{REF} \pm LCE_{Er} \pm V_{OSO} \quad (11)$$

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-2 に、LOG200 アプリケーションの主な誤差発生源を示します。この計算では、光センサ アプリケーションにおいて必要とされる電流範囲を I_{min} = 20nA から I_{max} = 2mA と仮定しています。

表 6-2. 標準仕様で推定される V_{LOG} の誤差計算 (キャリブレーションなし)

パラメータ	式	結果
キャリブレーションなしの DC 精度、I_{min} = 20nA、25°C		
対数アンプの公称出力、I_{min} V_{LOG_Imin}	$V_{LOG_Imin} = K \times \log_{10}\left(\frac{I_{min}}{I_{REF}}\right) + V_{REF}$	1.2253V
対数適合誤差、I_{min} LCE_{Error_Imin}	$\Delta LCE_{Er_Imin} = LCE_{Error} \times \left(V_{LOG_Imin} - V_{REF}\right)$	-0.212mV
対数アンプの実際の出力、I_{min} $V_{LOG_Actual_Imin}$	$V_{LOG_Actual_Imin} = (K + \Delta K) \times \log_{10}\left(\frac{I_{PD}}{(I_{REF} - \Delta I_{REF})}\right) + V_{REF} - \Delta LCE_{Er_Imin} - V_{OSO}$	1.223V
対数アンプ誤差、I_{min} $V_{LOG_Error_Imin}$	$V_{LOG_Er_Imin} = V_{LOG_Imin} - V_{LOG_Actual_Imin}$	-2.598mV
キャリブレーションなしの DC 精度、I_{max} = 2.5mA、25°C		
対数アンプの公称出力、I_{max} V_{LOG_Imax}	$V_{LOG_Imax} = K \times \log_{10}\left(\frac{I_{max}}{I_{REF}}\right) + V_{REF}$	2.4995V
対数適合誤差、I_{max} LCE_{Error_Imax}	$\Delta LCE_{Er_Imax} = LCE_{Error} \times \left(V_{LOG_Imax} - V_{REF}\right)$	0.425mV
対数アンプの実際の出力、I_{max} $V_{LOG_Actual_Imax}$	$V_{LOG_Actual_Imax} = (K + \Delta K) \times \log_{10}\left(\frac{I_{max}}{(I_{REF} - \Delta I_{REF})}\right) + V_{REF} + \Delta LCE_{Er_Imax} + V_{OSO}$	2.504V
対数アンプ誤差、I_{max} $V_{LOG_Error_Imax}$	$V_{LOG_Er_Imax} = V_{LOG_Imax} - V_{LOG_Actual_Imax}$	4.526mV
キャリブレーションなしの合計誤差、フルスケールに対する割合 (%)		
フルスケール誤差に対する割合 (%)、I_{min} $V_{LOG_Error_Imin_FS}$	$V_{LOG_Er_Imin_FS} = \frac{V_{LOG_Er_Imin}}{V_{LOG_Imax} - V_{LOG_Imin}} \times 100\%$	-0.204%
フルスケール誤差に対する割合 (%)、I_{max} $V_{LOG_Error_Imax_FS}$	$V_{LOG_Er_Imax_FS} = \frac{V_{LOG_Er_Imax}}{V_{LOG_Imax} - V_{LOG_Imin}} \times 100\%$	0.355%

LOG200 伝達関数に、合計の複合誤差を計算する標準的な誤差仕様が追加されます。合計誤差の計算に合わせて絶対値が追加されるため、これらの標準値を使用した計算は、誤差分析としては保守的な結果になる可能性があります。これは、無相関誤差の合計では、実際のシステムで観測された実際の合計誤差よりも予測される総合誤差が大きくなる傾向があるためです。多くのアプリケーションにおいて、回路設計者は、2 点線形キャリブレーションを実行して、オフセットとスケール係数による誤差を削減し、DC 誤差を低減できます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 補助オペアンプ回路

LOG200 は、追加の広帯域補助アンプを搭載しています。このアンプは、スケーリング ゲイン機能、フィルタリング機能、シングルエンドから差動への変換回路を動作させるために使用できます。このセクションでは、シングルエンドから差動への変換と、ローパス サレンキー フィルタリング アプリケーションの例を紹介します。

補助オペアンプの入力ピンは、双方向ダイオードを内蔵した内部クランプにより、過剰な差動電圧から保護されているため、補助アンプをコンパレータとして使用しないでください。オペアンプは、連続差動電圧に耐える設計にはなっていません。詳細については、LOG200 データシートの絶対最大定格表で、補助アンプの入力電圧仕様を参照してください。

7.1 シングルエンドから差動への変換回路

図 7-1 は、完全差動入力 ADC を駆動する LOG200 の回路例を示しています。この回路では、ADS7954 完全差動 SAR ADC を駆動するために、反転構成の補助オペアンプを使用して、シングルエンドから差動への変換を実行します。

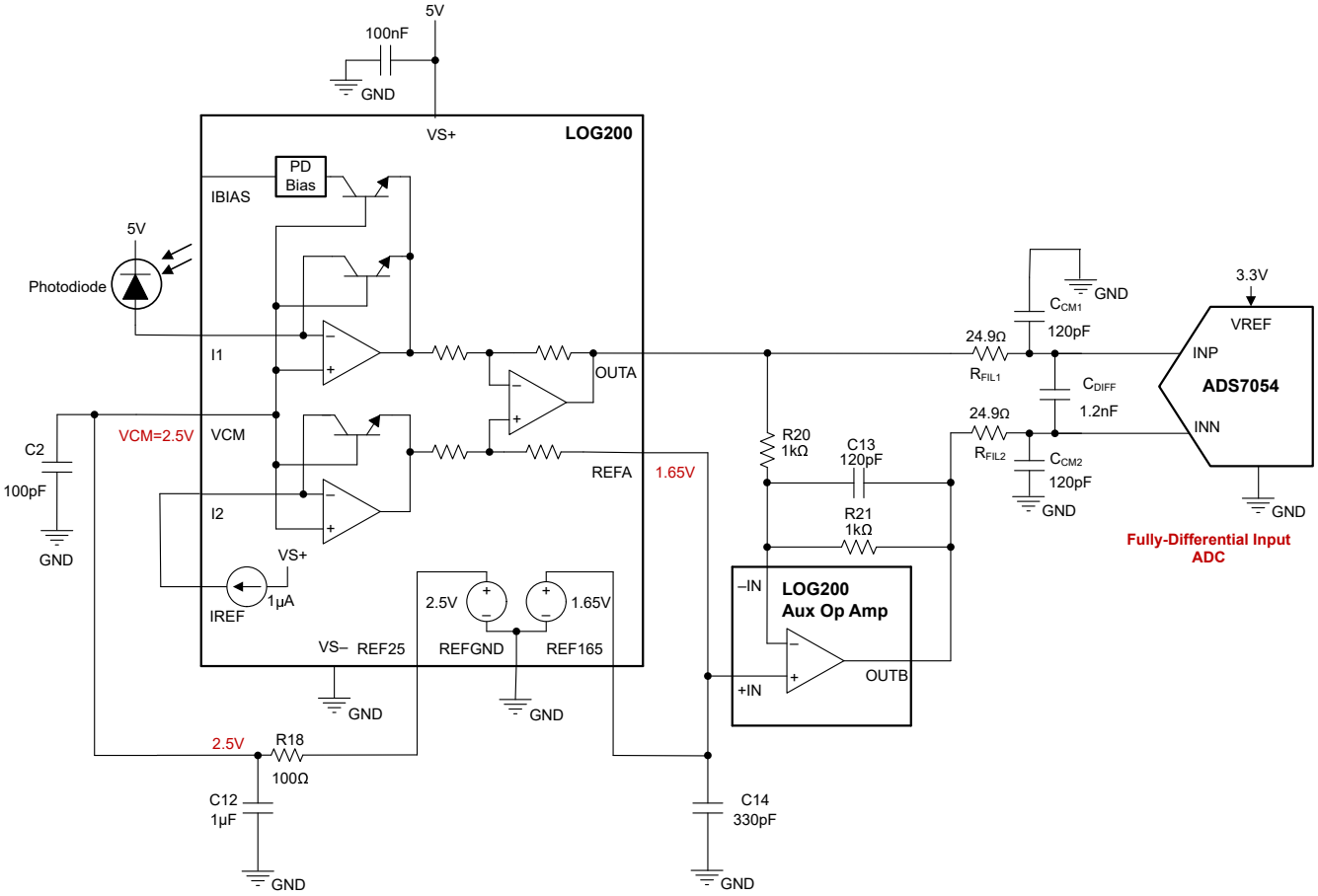


図 7-1. 完全差動入力 ADC を駆動する LOG200

表 6-1 に、標準的な LOG200 の誤差計算仕様を示します。

デザイン ノート:

1. 歪みを最小限に抑えるために、C_{DIFF}、C_{CM1}、C_{CM2}、C_{FB} には高グレードの C0G (NP0) コンデンサを選択します。
2. 反転アンプ回路のゲイン誤差とドリフトを最小限に抑えるために、R_{IN} と R_{FB} には 0.1% の抵抗を使用します。
3. ADS7054 入力に配置された R-C-R フィルタにより、SAR が電荷キックバック フィルタとして駆動されます。フィルタ部品の値は、データ コンバータのサンプリング レート、ADC のサンプル/ホールド構造、データ コンバータの要件によって異なります。フィルタの組み合わせ (R_{FIL} と C_{FIL}) は、ADC のサンプル/ホールドのセトリング性能に合わせて調整され、アンプの安定性を維持します。部品値の選択は、データ コンバータのサンプリング レート、ADC サンプル/ホールド構造によって異なります。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4. この例に示す値は、LOG200 および ADS7054 (14 ビット、1MSPS、差動入力、SAR ADC) で適切なセトリング性能を示します。回路を変更する場合、回路設計者は、ADC の選択とアプリケーションのニーズに応じて、別の R-C-R フィルタを選択する必要があります。最高水準のセトリング性能を実現する RC フィルタの選定方法については、『SAR ADC フロント エンド部品選定の概要』トレーニング ビデオを参照してください。

7.2 サレンキー型ローパス フィルタ

補助アンプの代表的なアプリケーションの使用例として、アクティブ ローパス フィルタを実装し、高周波エイリアシング信号が発生しない低ノイズ信号を ADC に供給するというものがあります。図 7-2 に、二次ローパス サレンキー フィルタに補助アンプを接続した LOG200 の例を示します。LOG200EVM は、このフィルタをハードウェアに実装するためのフットプリント部品を備えています。この例では、バターワース フィルタ応答を提供し、周波数 50kHz、–3dB で、40dB/dec のロールオフを実現する二次サレンキー フィルタ構成を示します。

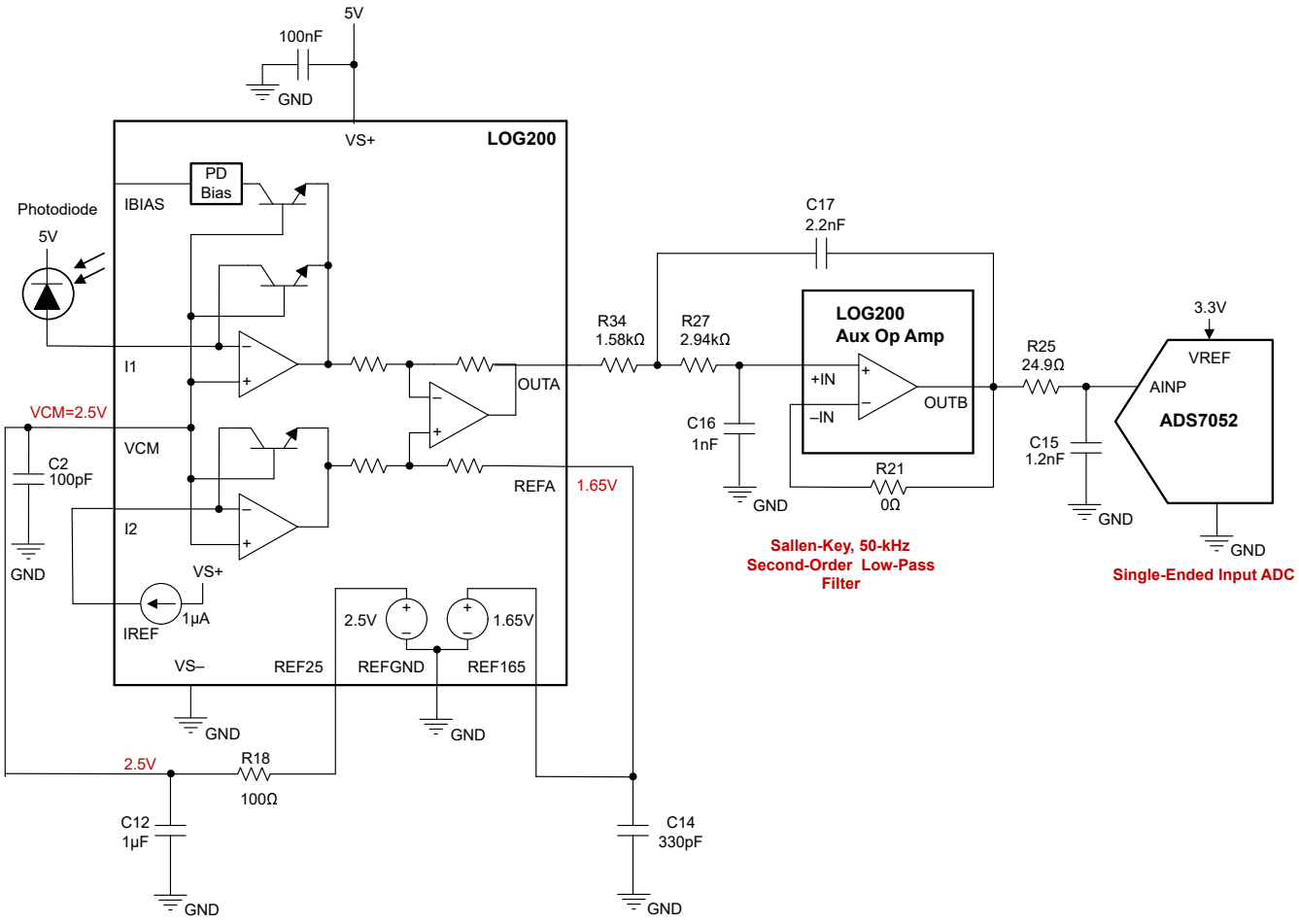


図 7-2. サレンキー型ローパス フィルタを使用した LOG200

デザイン ノート:

この設計は、TI のフィルタ設計ツールを使用して実装します。フィルタを設計する手順は次のとおりです。

1. TI のフィルタ設計ツールを使用して、ゲイン 0dB、通過帯域周波数 50kHz、バターワース フィルタ応答のローパス二次フィルタを選択します。
2. TI のアナログ フィルタ ツールを使用して、フィルタにサレンキー トポロジを選択し、設計を作成します。
3. 抵抗値は、LOG200 によって生成される出力ノイズに不要な影響を与えないよう、注意して調整します。フィルタ周波数応答を正確にするために、E94 (5%) 以上の精度のコンデンサと、E198 (0.1%) の抵抗を選択します。歪みを最小限に抑えるために、フィルタと信号路に高グレードの C0G (NP0) コンデンサを選択します。
4. 1.2nF のコンデンサを使用して、出力抵抗を 24.9Ω に設定します。この例に示す値は、LOG200 および ADS7052 (14 ビット、1MSPS、シングルエンド入力、SAR データ コンバータ) で適切なセトリング性能を示します。回路を変更

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

する場合、設計者は、ADC の選択とアプリケーションのニーズに応じて、別の R-C 電荷蓄積フィルタを選択する必要があります。この件の詳細については、『SAR ADC フロント エンド部品選定の概要』のトレーニング ビデオを参照してください。

図 7-2 に、フィルタのゲインと位相周波数応答のプロットを示します。このサレンキー フィルタは、きわめて平坦なパスバンド ゲインを持つバターワース応答と、50kHz での二次ロールオフを備えています。このフィルタは、不要な高周波信号を大幅に減衰させるため、ノイズが光センサの信号周波数範囲にエイリアシングされることを防止します。

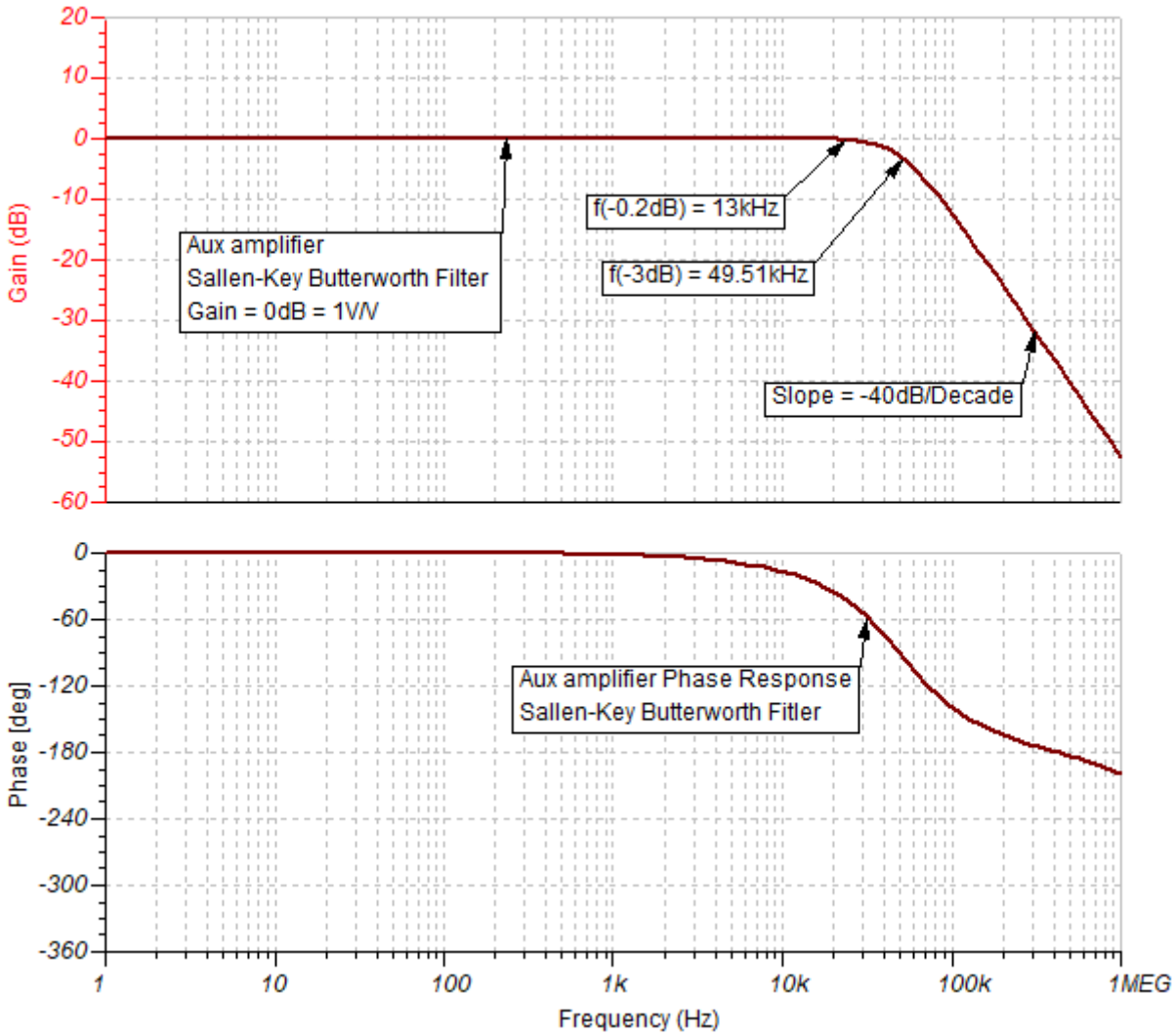


図 7-3. Aux アンプのサレンキー フィルタ周波数応答シミュレーション

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 まとめ

前の説明では、LOG200 とのインターフェイスを確立して、光電流センス測定アプリケーションにおいて対数アンプの設計を容易にする方法についての情報と例を紹介しています。

9 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、『LOG200 フォトダイオード バイアス内蔵、高精度、高速、対数アンプ』、データシート。
2. テキサス インスツルメンツ、『LOG200 評価基板ユーザー ガイド』sbou301
3. テキサス インスツルメンツ、『SAR ADC フロント エンド部品選定の概要』、トレーニング ビデオ。
4. テキサス インスツルメンツ、フィルタ設計ツール。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

10 改訂履歴

Changes from Revision * (January 2025) to Revision A (October 2026)	Page
• ドキュメント全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新	2
• 図 1-1 を更新	2
• 図 6-1 を更新	12
• 図 7-1 を更新	15
• 図 7-2 を更新	16

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、テキサス・インスツルメンツの販売条件、または ti.com やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所:Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、 TI の販売条件 、 TI の総合的な品質ガイドライン 、 ti.com または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。 TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月