

Application Brief

ウェアラブルでの血中酸素飽和度 (SpO₂) の測定

Anand Udupa

Wearable Bio-Sensing Series

アプリケーション

血中酸素飽和度 (SpO₂) は、臨床患者ケアの一環としてモニタリングされるべき重要なパラメータと考えられており、1970年代からパルスオキシメータ機器を使用して測定されてきました。臨床用の SpO₂ モニタリングは、指で行うのが最も一般的で、指の片側に発光ダイオード (LED) を配置し、反対側にフォトダイオード (PD) を配置します。このような方法は、LED によって送信される光が指の厚さを通過するため、透過パルスオキシメトリと呼ばれています。光は、皮膚、血液、組織などの成分によって異なる比率で吸収され、最終的に PD に入射します。

SpO₂ モニタリングは、スマートウォッチなどの手首装着型ウェアラブルデバイスでも使用され、運動中のユーザーの身体状態を測定し、監視するパラメータとして機能します。手首での SpO₂ モニタリングでは、反射パルスオキシメトリを使用します。LED とフォトダイオードの両方が手首に接しており、LED からの光が皮膚や皮下のさまざまな層に反射され、フォトダイオードに入射します。手首での SpO₂ モニタリングは、睡眠の質を追跡するためにも使用されており、睡眠時無呼吸症候群などの障害を検出する可能性があります。最近では、SpO₂ は重要なパラメータとして認識されています。その低下は新型コロナウイルス感染による低酸素血症の初期の指標となります。

図 1 に、ウェアラブルデバイスの SpO₂ モニタリングシステムの図を示します。

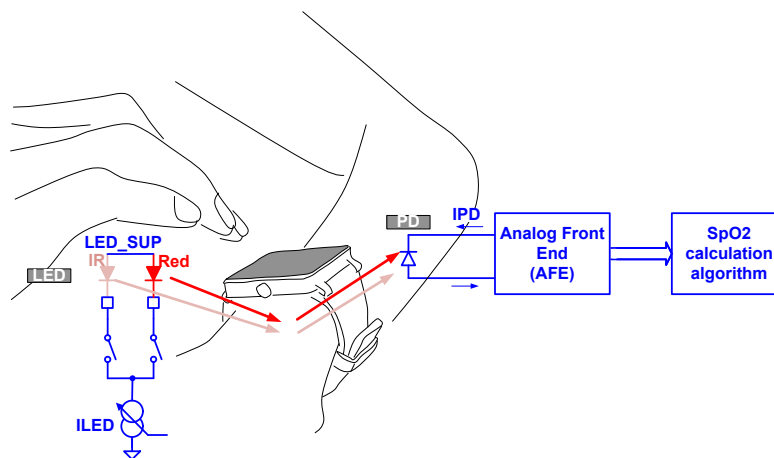


図 1. ウェアラブルデバイスでの SpO₂ 測定

AFE4432 の概要

AFE4432 は、ウェアラブルデバイスにおける正確な SpO₂ モニタリングを可能にする、TI の低消費電力高性能アナログフロントエンド (AFE) です。

- インターフェイス: SPI™、I²C インターフェイス:ピンで選択可能
- パッケージ: 1.9mm × 1.8mm の DSBGA、0.35mm ピッチ
- 供給電圧: RX: 1.7V ~ 1.9V、IO: 3.0 V ~ 5.5V
- 特長:
 - サンプル深度 160 の FIFO (先入れ先出し)
 - 内部発振器、外部クロック オプション

AFE4432 の優位性

- シグナルチェーンは、LED 電流、トランスインピーダンスアンプ (TIA) のゲイン、オフセット D/A コンバータ (DAC) 範囲など、幅広い適応性を備えており、強い周囲光と動作を含むさまざまな使用事例に対応しています。
- 高いピーク信号対雑音比 (SNR) により、厳しい環境の使用事例でも優れた SpO₂ 精度を実現できます。
- 光電式容積脈波 (PPG) 信号の DC 成分と AC 成分を個別に測定することで、非常に低い灌流指標で正確な SpO₂ 測定を実現できます。

図 2 に、AFE4432 を使用した SpO₂ システムのリファレンス回路図を示します。

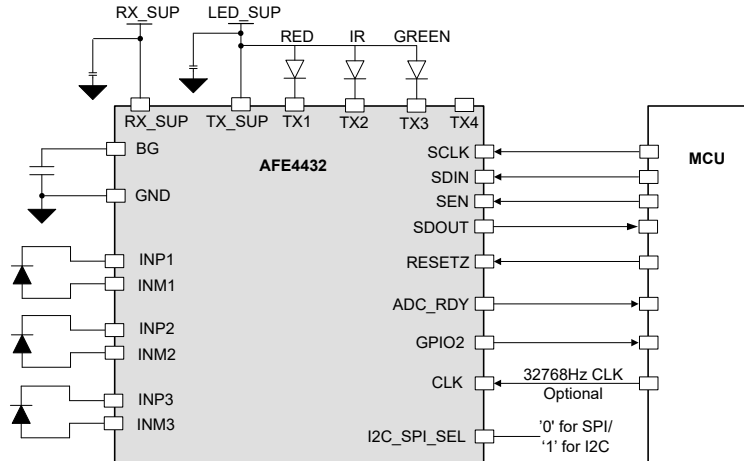


図 2. AFE4432 を使用した SpO₂ システムのリファレンス回路図

表 1 に、SpO₂ 測定システムの主な仕様を示します。

表 1. ウェアラブルでの SpO₂ 測定の仕様

システム仕様	AFE4432	コメント
SpO ₂ 、心拍モニタ向けのマルチセンサ サポート	4 個の LED、3 個のフォトダイオード (PD)	一般的な SpO ₂ システムでは、赤色および赤外線 (IR) LED に加えて緑色 LED を使用できます。赤色と IR の波長は同じ PD を共有し、緑色の波長は異なる PD を使用できます。
サンプリング レート	1Hz ~ 1kHz	一般的な SpO ₂ アプリケーションでは、数百 Hz のサンプリング レートを使用できます
ピーク SNR	10Hz 帯域幅で 115dB	低灌流症例で良好な精度を達成するための重要な検討事項
外乱光の除去	70 dB 超、最大 160 Hz まで	優れた外乱光除去機能により、屋内照明などの光源から環境光によって発生するスプリアストーンを除去することができます。

図 3 に、AFE4432 の PPG シグナル チェーン、および外部 LED および PD とのインターフェイスを示します。

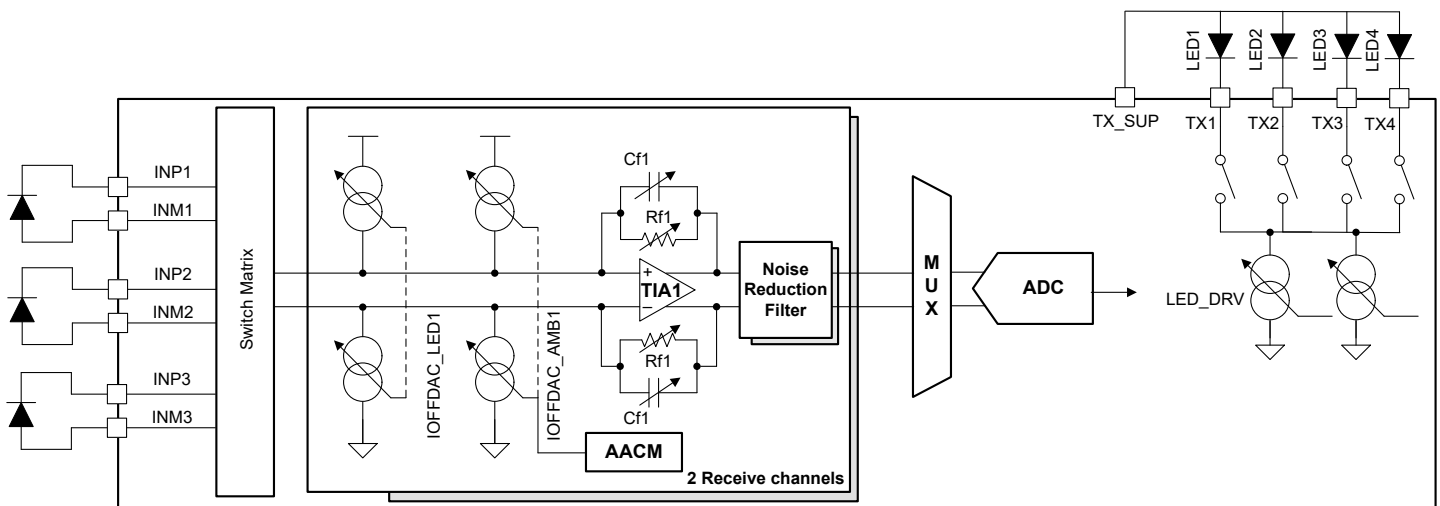


図 3. AFE4432 の PPG シグナル チェーン

LED ドライバは、プログラマブル電流で最大 4 個の LED を駆動します。各レーザは最大 3 個の PD に接続でき、TIA、入力 DC オフセットキャンセル DAC (外乱光、LED 光用)、および帯域幅をプログラム可能なノイズ低減フィルタで構成されています。両方のレーザは、共通の A/D コンバータ (ADC) を共有します。ウェアラブルの SpO₂ モニタリングは、テキサス・インスツルメンツの他のいくつかの AFE でもサポートされています。最近の製品では、AFE4950、AFE4960P、AFE4500 があります。

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、

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