

## 心電計

### 概要

心電計(ECGまたはEKG)は、心筋に関連した電気信号を時間に対して測定し、グラフィック表示します。ECGのアプリケーションは、心拍数の監視から特定の心臓状態の診断まで様々です。ECGの測定法はどのアプリケーションでも基本的に同じですが、電気部品の詳細と要件は大きく異なります。心電計(ECG装置)は、200ドル足らずの移動式ハンドヘルド装置から5,000ドルを超えるFAX機サイズの装置まで、様々なものがあります。ECGは、患者モニタや自動体外式除細動器(AED)などの機器の独立したモジュールに組み込まれている場合もあります。

すべてのECGは、人体の特定部位に取り付けた電極から心信号を検出します。心信号は人体によって生み出され、その振幅は数mVです。特定の部位に電極を取り付けると、心臓の電気的活動を様々な角度から確認することが可能で、それらはECGのプリントアウト

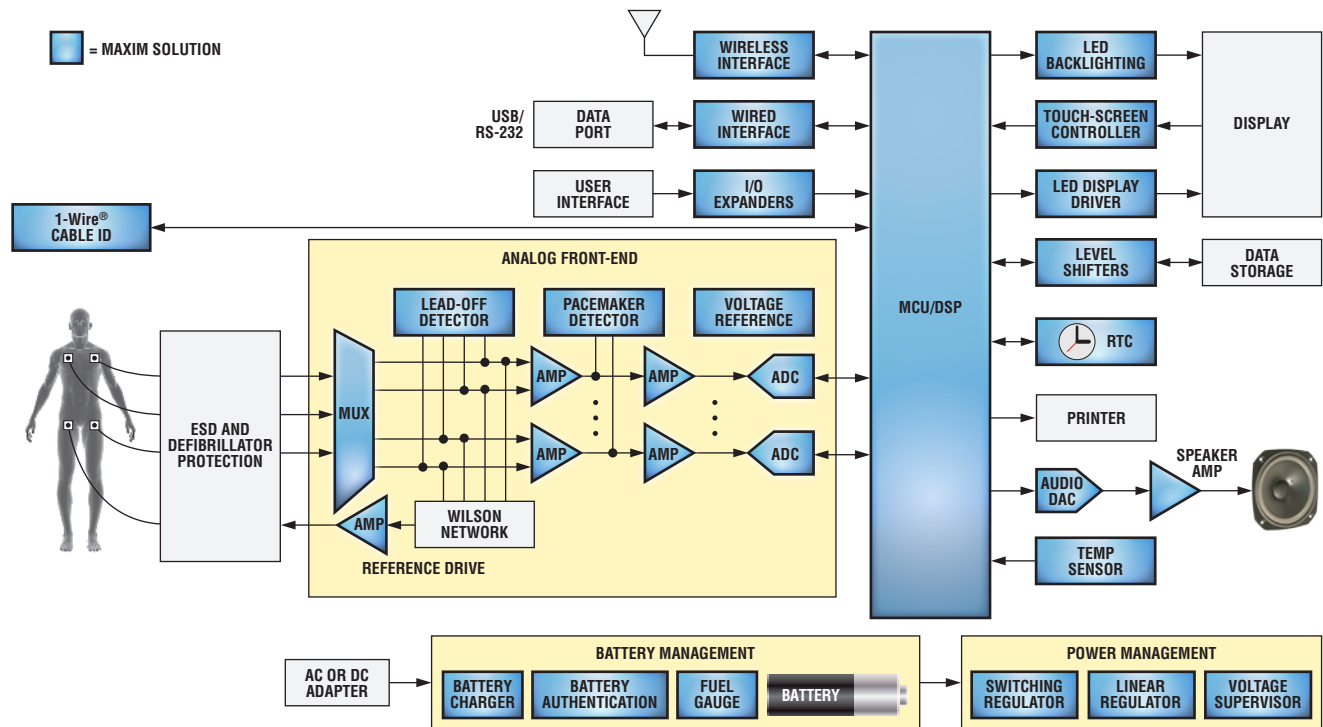
ではそれぞれ1つのチャンネルとして表示されます。各チャンネルは、いずれか2つの電極間の差動電圧、またはいくつかの電極の平均電圧と1つの電極間の差動電圧を表します。電極を様々に組み合わせることによって、電極の数よりも多くのチャンネルを表示することができます。チャンネルは一般に「リード」と呼ばれるため、12リードのECG装置では、独立した12のチャンネルをグラフィック表示します。リードの数は、アプリケーションに応じて1リードから12リードまで様々です。残念ながら、電極につながる導線もリードと呼ばれることがあります。12リード(12チャンネル)のECG装置に必要な電極は10個(導線は10本)に過ぎないため、この呼び方が混乱を引き起こす場合があります。そのため、「リード」という言葉が使われている場合は、その文脈に注意してください。

大部分のECGでは、生体信号のほか、2つの人工的な信号も検出します。この



ECGとパルス酸素測定の測定値を表示した患者モニタ

うち最も重要なものは、埋め込まれたペースメーカから発信された信号で、これは単に「ペース」と呼ばれます。ペース信号は数10 $\mu$ s~2ms程度の比較的短い信号で、その振幅は数mV~1V程度の範囲です。多くの場合、ECGはペース信号の存在を検出すると同時に、ペース信号による心信号の歪みを防ぐ必要があります。



フル機能のECGのファンクションブロックダイアグラム。Maximが推奨するECG設計ソリューションの一覧については、[japan.maxim-ic.com/ECG](http://japan.maxim-ic.com/ECG)をご覧ください。

2つめの人工信号は、「リードオフ」を検出するためのものです。リードオフは、電極の電氣的接触が悪いときに発生します。多くのECG装置では、接触が悪い場合に警報を発する必要があります。そのため、ECG装置は、電極と人体間のインピーダンスを測定するための信号を生成することによってリードオフの発生を検出します。この測定は、AC、DC、またはその両方で行います。ECG装置の中には、リードオフ測定のインピーダンスの解析によって呼吸数を割り出すものもあります。リードオフの検出は連続的に行い、心信号の正確な測定を妨げないようにする必要があります。

### 機能

ECGについては、信号をデジタル化するアナログフロントエンド(AFE)と、データの解析、表示、保存、および伝送を行う「装置のその他の部分」に分けて考えると、必要な電子部品を理解しやすくなります。AFEはいずれも基本的な要件は同じですが、リードの数、信号の忠実度、除去する必要がある干渉などが異なります。装置のその他の部分は、各機能が存在するかどうかによって大きく異なります。標準的な機能には、内蔵ディスプレイ、ハードコピー印刷機能、無線周波数(RF)リンク、充電式バッテリーなどがあります。

### リードの数

最もわかりやすい特長の1つは、リードの数です。ECGの中にはリードが1つだけのものもありますが、リードの最大数は12が普通です。最も一般的な12リードのECGは10個の電極を必要とします。それらの電極のうち9個で電気信号を検出し、10個目の右脚の電極(RL)をECGの回路で電氣的に駆動してコモンモード電圧を抑制します。入力用の9個の電極は、左腕(LA)、右腕(RA)、左脚(LL)の各1個と、前胸部(胸部)の6個の電極(V1~V6)です。各

リード(心臓のビュー)は、1つの電極と別の電極または電極グループの間の差動電圧です。電極をグループ化した場合は、各電極の電圧の平均をとります。リード(ビュー)のうち6つについては、RA、LA、およびLLを平均して差動ペアの一方を構成し、差動ペアのもう一方にはV1~V6を個別に使用します。他の3つのリードは、RA、LA、およびLLと、それら以外の2個の電極の平均を比較します。残りの3つのリードは、RA、LA、およびLLを個別電極のペアとして測定して得られます。RA、LA、およびLLに基づいた6つのリードは重複した情報を含みますが、表示方法が異なります。情報が冗長であるため、6つのリードすべてを測定する必要はありません。チャンネルの中には、DSPで測定チャンネルのデータを解析することによって計算可能なものもあります。

ここで説明した12リードの装置は最も一般的ですが、これだけでありません。また、12リードのECGは、5リード、3リード、または1リードの

装置として動作させることもできます。ここでの要点は、複数のリードが必要な場合はスイッチマトリックスと平均化回路が必要だということです。

### アナログフロントエンド(AFE)

AFEの主要な機能は、心信号をデジタル化することです。このプロセスは、強力なRFソース、ペース信号、リードオフ信号、コモンモードライン周波数、他の筋肉からの信号、および電気ノイズによる干渉を除去する必要があるため、複雑になります。さらに、mVレベルのECG信号が数百mVものDCオフセットの上に乗ることがあり、チャンネル間のコモンモード電圧の差は1Vを超えます。患者への電氣的接続が危険な衝撃を生み出したり、患者に接続される他の医療機器に干渉することは防ぐ必要があります。ECGで使用する周波数範囲はアプリケーションによっていくらか変わりますが、通常は0.05Hz~100Hzの近辺です。

### 各種ECGアプリケーションのAFE機能

機能	患者モニタ	診断	テレメトリ	ホルター	AED	個人使用
高RF耐性	U	U	S	S	S	N
最低周波数(Hz)	0.05	0.05	0.1	0.1	0.5	0.5
最高周波数(Hz)	500	500	50	150	40	40
ADCサンプルレート(sps)	1k ~ 100k	1k ~ 100k	1024	1024	250+	250+
ADC分解能(ビット)	12 ~ 20	12 ~ 20	12 ~ 20	12 ~ 20	12	10 ~ 12
右脚駆動	A	A	S	S	N	S
ペース	A	A	U	U	U	S
リードオフ検出	A	A	U	U	A	S
呼吸	U	S	S	S	S	N
インピーダンス	S	S	S	S	U	N
除細動	A	U	A	U	A	S

A=常にあり、U=通常はあり、S=場合によってあり、N=なし

AFEの副次的な機能として、ペース信号、リードオフ、呼吸数、および患者のインピーダンスの検出があります。これらはすべて複数のチャンネルで同時またはほぼ同時に行います。さらに、大部分のECG装置では、除細動イベントから迅速に回復する必要があります。除細動を実行すると、フロントエンドやチャージコンデンサが飽和する場合があります。そのため、容量結合した回路で回復に長い時間がかかります。

## AFEのアーキテクチャ

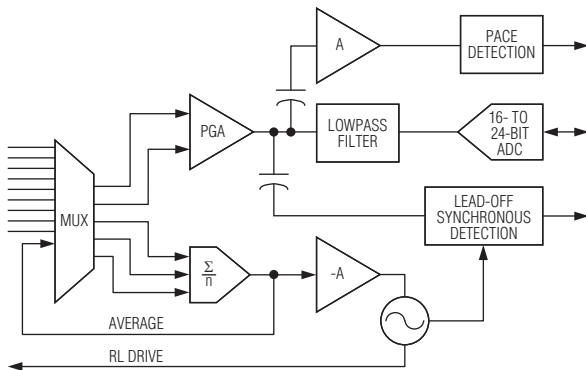
AFEのアーキテクチャは、ECGの機能に大きな影響を与えます。後述する最高機能アーキテクチャでは、高分解能、高変換レートのADCによって、広い周波数範囲にわたって高い忠実度が得られます。容量結合がなく、RLの駆動にDACを使用するため、除細動イベントやRFイベントから急速に回復することができます。ペース信号をデジタル化すると、ペースの解析で誤ったペース表示の数を抑制し、ペースメカやその接続の障害を検出することもできます。不利な面として、最高機能の装置では高価な部品が必要になり、消費電力も大きくなります。対照的に、最低機能のAFEは低コストで長いバッテリー寿命を持ちますが、他に特長はほとんどありません。

**最高機能のDSP AFE。** ECGの測定要件は、高性能ADCの最高機能によって、9個すべての電極の信号を200kspsのレートで約20ビットのノイズフリー分解能に同時にデジタル化することで満たすことができます。さらに、デジタル信号プロセッサ(DSP)によって各リードの信号を計算し、ペース信号を分離し、リードオフ/呼吸信号を分離して、不要な周波数を除去することができます。DSPでは、RL電極を駆動するデジタル-アナログコンバータ(DAC)用の値も計算します。このAFE方式では、アナログ-デジタル(ADC)チャンネルを厳密に整合させる必要があります。ADCのサンプリング容量を相対的にハイインピーダンスの電極から分離するためにバッファリングが必要になる場合もあります。この方式は測定要件を満たすことはできますが、大部分のアプリケーションのコストや消費電力の要件には合致しません。

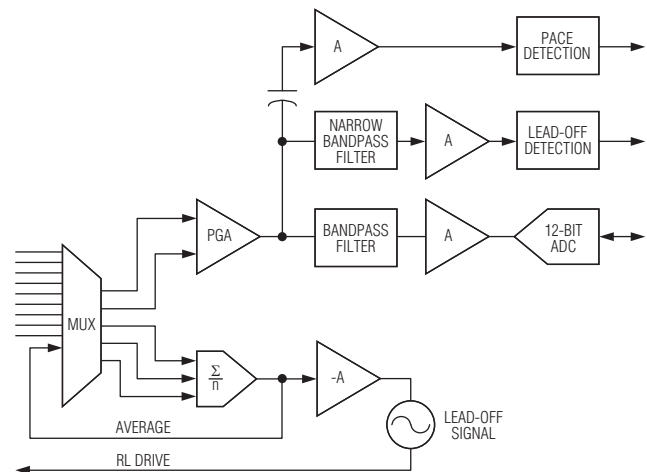
**最低機能のAFE。** AFE機能のレベルで対極にあるのは、個人用の1リードECGです。この装置のAFE回路は、10ビット、120sps ADCの前にあるローパス差動アンプへの入力信号を容量結合します。入力の容量結合によってDCオフセットの問題を解消し、ローパスフィルタリングによってベース信号を除去します。この装置はバッテリー駆動式で

チャンネルが1つしかないため、コモンモード電圧はありません。

**標準的なECG AFE。** 大部分のECG装置の回路は、上記の両極端の中間に位置します。計装アンプ(IA)によってコモンモード電圧を抑制し、ライン周波数などのコモンモードノイズを解消して、ADCのサンプリング容量のバッファを提供します。IAのあとのフィルタでベース信号とリードオフ信号を除去してから、ADCによって心信号をデジタル化します。場合によっては、高分解能のADCで心信号とそのDCオフセットを直接デジタル化します。また、ハイパスフィルタリングまたはDACでDCオフセットを除去することによって、より低分解能(通常は12ビット)のADCで心信号を増幅し、デジタル化することができるようにする場合もあります。リードごとに別々のADCを使用したり、1つのADCを多重化して複数のリードをデジタル化することが可能です。ADCを多重化すると、チャンネル間で若干のタイムスキューが発生する場合があります。このスキューが問題化する度合いは、アプリケーションに依存します。ペースの検出が必要な場合は、ハイパスフィルタでペース信号をピックアップし、増幅してからコンパレータ回路で検出します。



DC結合した高分解能ADC



AC結合したADC

### ECG装置の種類

#### テレメトリ装置

ECGテレメトリ装置は、診療の中で外来患者を継続的に監視するために使用します。これらの装置は、患者が装着するRF搭載のECG測定ユニットと、多数の患者からデータを収集して分析する中央のRF受信局で構成されます。テレメトリ装置の中には、血中酸素濃度などの追加的なデータが得られるものもあります。収集したデータは、治療の有効性を検証または変更したり、問題が差し迫っていることを警告したりするために使用します。

全12リードを備えたECGでは患者の歩行が困難になるため、多くのテレメトリ装置は5リードに限られます。患者は通常、数日間継続して装置を使用します。これらの装置では、使い捨てのバッテリーがよく使用されます。その他のECGもテレメトリ機能を備えていますが、「ECGテレメトリ」という用語は、特に病院内で装着して院内の受信局にデータを送信する携帯型装置を指します。テレメトリ装置の設計における主な考慮事項は、低電力、低ノイズ、および小型です。

#### ホルターモニタ

ホルターという名前は、別のシステムにアップロードして分析することができるようにデータ収集用の携帯モニタを発明したNorman Holter博士に由来します。テレメトリ装置とは異なり、これらのモニタは中央の受信局が不要であり、屋内、屋外を問わず、どこでも使用することができます。全12リードを備えたECGでは歩行が困難になるため、ホルターECGモニタでは、通常、5リードが最大です。データはメモリカードを取り外すことによってモニタから回収するのが一般的ですが、USBなどを使用する場合もあります。ほとんどの場合、患者を監視する期間は1~2日間だけです。治験に参加している患者には特別な長期監視用モニタを使用し、1人の患者が1年またはそれ以上にわたって装置を使用します。ホルターECGモニタの設計における主な関心事は、低電力、低ノイズ、および小型です。

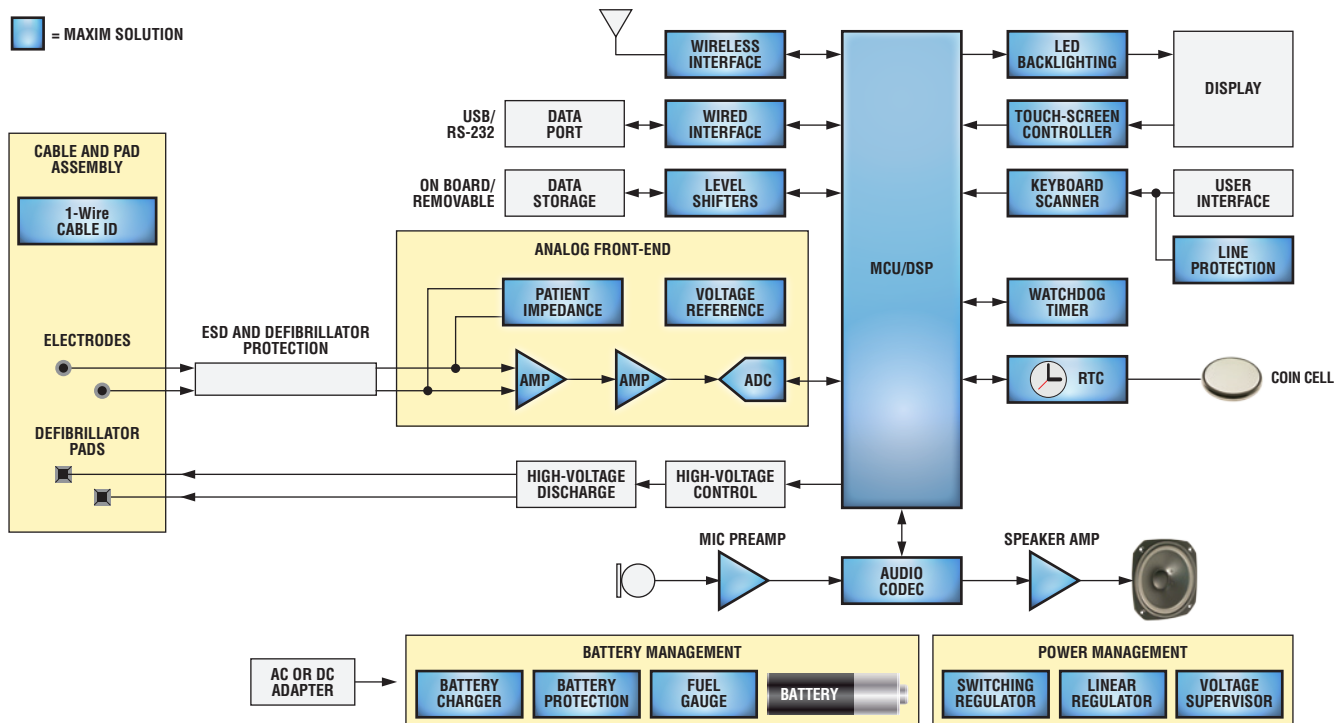
#### 個人用ECG

これらのローエンドのECGは手のひらに十分収まり、自宅で自分のECG検査を

行う人が使用します。この装置はデータを蓄積し、搭載されたディスプレイに表示します。このデータはコンピュータに転送したり、電話回線を介して医療機関に送ることができます。これらの装置には、導線に複数の電極が付いているものや、2個の電極が筐体に組み込まれているものがあります。電極が筐体に組み込まれている場合は、2つの電極を胸に押し付けたり、左右の手を各電極の上に置くなどして測定します。得られるECGは最高の品質ではないかもしれませんが、この装置があれば、異常が発生しているときに自身をモニタして自分の心臓のデータを取得することができます。個人用ECGの設計で焦点となる問題は、低コストと小型です。

#### 自動体外式除細動器(AED)

これらの装置は、訓練を受けていない一般の人が非常時に使用することを想定して、ショッピングモール、ジム、オフィスなど、多くの人が集まる場所によく設置されています。



AED装置のファンクションブロックダイアグラム。Maximが推奨するAED設計ソリューションの一覧については、[japan.maxim-ic.com/ECG](http://japan.maxim-ic.com/ECG)をご覧ください。

これらの装置は、心臓発作の直後または最中に、胸部に高エネルギーの電気パルスを加えることによって心臓を始動させ、その自然なリズムを取り戻すために使用します。このパルスは、不適切な場合に使用すると死につながることもあります。こうしたことが起きないようにするには、ECG機能が必要です。AEDは、通常1リードであり、高エネルギーパルスを胸部に送るのと同じ電極対によって心信号を検出します。

AEDは数カ月、あるいは数年間も使われないまま置かれたあとに、問題が存在したとしても気づきそうにない未熟練者によって使用されることになります。装置が必要になった場合、電源をオンにすると、完全セルフチェックによって全機能に問題がないことが確認され、比較的短時間の間に動作します。ECGのデータと除細動の情報は、すべて分析用に記録する必要があります。不具合のあるAEDを使用すると、むしろ害を与える可能性があります。そのため、AEDの設計では、信頼性と自己診断が極めて重要な考慮事項になります。

## 診断用ECG

これらの装置は、病院や診療所で高品質のECG検査を行うために使用します。これらの装置は、全12リードのECG検査を実施し、ハードコピーのプリントアウトを作成する機能を備えています。これらの装置では、通常、利得調整や各種フィルタ選択のオプションを備えた高性能のAFEによってECG測定の品質を向上させます。これらの装置は、比較的大型で携帯性が低い分、内蔵プリンタ、複数の通信ポート、大型ディスプレイ画面など、より多くの機能を搭載する余裕があります。これらの装置は電源ラインで給電しますが、充電式のバックアップバッテリーを内蔵しているのが普通です。診断用ECGの設計における主な考慮事項は、低ノイズ、干渉除去、および柔軟性です。

## 患者モニタ

これらの装置は、バイタルサイン(脈拍数、呼吸数、血圧、体温)を監視します。さらに、ECG機能や、血中の酸素濃度

と二酸化炭素濃度を監視する機能を搭載している場合もあります。これらすべての機能を1つの装置に統合すると、手術室の整頓に役立ち、監視機器を接続したまま患者を部屋から部屋へ移動する手順も簡単になります。

患者モニタに使用されるAFEは、診断用ECGで使用されるAFEに似ていますが、RF除去の要件を満たす必要があります。これらの装置は手術中に使用され、電気メスやアルゴンプラズマ凝固(APC)機器から強いRF信号を受ける可能性があるからです。除細動イベントからの迅速な回復も不可欠です。

患者モニタは電源ラインで給電しますが、バックアップバッテリーが内蔵されているため、消費電力が重要な問題になります。筐体は防沫処理を施し、クリーニングが容易であることが必要です。したがって冷却用の通気口を設けることができないため、電力損失が考慮事項の1つになります。消費電力と電力損失のほか、患者モニタの設計ではRF耐性と低ノイズも主な考慮事項です。

## 各種ECGアプリケーションの一般的特長

特長	テレメトリ	ホルター	個人使用	AED	診断	患者モニタ
<b>電源</b>						
ライン	N	N	N	N	A	A
充電式	S	S	S	S	U	A
使い捨て	U	U	U	U	S	S
<b>通信</b>						
RF	A	S	S	S	S	S
RS-232/RS-485	N	S	S	S	S	S
イーサネット	S	S	S	S	S	S
USB	N	S	S	S	S	S
モデム	N	S	S	S	S	S
データカード	N	U	S	S	S	S
グラフィックディスプレイ	S	U	A	S	S	A
プリンタ	N	N	N	N	A	S

A = 常にあり、U = 通常はあり、S = 場合によってあり、N = なし

[japan.maxim-ic.com/ECG](http://japan.maxim-ic.com/ECG)

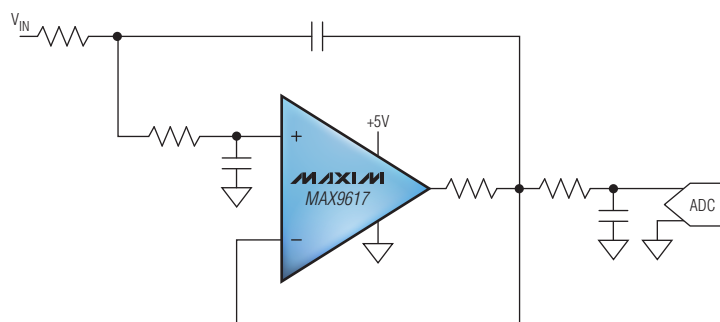
## 小型ECG装置のチャネル数増を実現する省スペースSC70パッケージの 高精度オペアンプ

### MAX9617~MAX9620

MAX9617~MAX9620は、レイルトゥレイル入力/出力の高精度オペアンプです。これらのデバイスは、入力オフセット電圧が $10\mu\text{V}$  (max)と低く、オンチップの自動補正機能、入力オフセット電圧補正オートゼロ回路のために、温度変化と時間経過に対してほとんどドリフトしません。MAX9617~MAX9620は、 $1.5\text{MHz}$ の広い利得帯域幅(GBW)によって優れたストップバンド減衰を実現する一方、消費電力はわずか $59\mu\text{A}$ です。これらのデバイスは $1.6\text{V}$ ~ $5.5\text{V}$ の広い電圧範囲で動作し、小型、 $2\text{mm} \times 2.1\text{mm}$ の6ピンおよび8ピンSC70パッケージで提供されています。これらのデバイスは、いずれも $-40^\circ\text{C}$ ~ $+125^\circ\text{C}$ の動作温度範囲が保証されています。

### 利点

- 高精度の信号処理による高性能
  - 超低入力オフセット電圧： $10\mu\text{V}$  (max)
  - オートゼロ回路による $1/f$ ノイズと温度ドリフトの低減
  - CMOS入力による低入力バイアス電流： $10\text{pA}$
  - $1.5\text{MHz}$ の広帯域幅による優れたストップバンド減衰
- 消費電力の削減によるバッテリー寿命の延長
  - 低消費電流： $59\mu\text{A}$
  - シャットダウンピン装備
  - $1.6\text{V}$ の低電圧レイルで動作可能
- マルチチャネル設計における省スペース
  - $2\text{mm} \times 2.1\text{mm}$ のSC70でシングルおよびデュアルチャネルバージョンを提供



標準アプリケーション回路：サレン-キーアクティブローパスフィルタ

## 省スペースおよび省コスト、ゼロドリフト、低入力オフセット 電圧計装アンプ

### MAX4208/MAX4209

MAX4208/MAX4209は、特許取得済みのスペクトラム拡散チョッピング技術\*と斬新な間接電流フィードバックアーキテクチャ\*\*を兼ね備えた、高精度、CMOS入力計装アンプです。この継続的な自動補正、オートゼロ、チョッピング技術は、入力オフセット電圧をわずか20μV (max)に抑制するとともに、温度変化と時間経過に対するドリフトを最小限に抑えます。

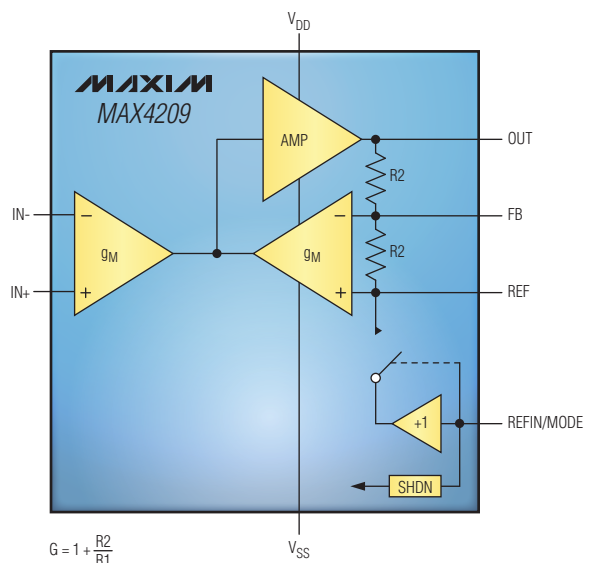
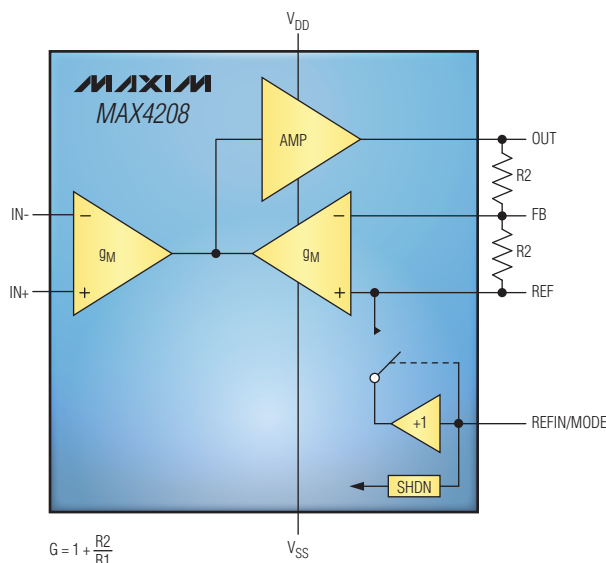
間接電流フィードバックアーキテクチャでは、3オペアンプ式のアーキテクチャを採用したアンプとは異なり、これらのアンプの入力共通モード電圧範囲がグラウンド以下にまで達します。こうした機能によって、これらの計装アンプは単一電源電圧レイルで動作することができ、負電圧レイルが不要になるため、スペース、電力、およびコストの削減が実現します。また、3オペアンプ構成の計装アンプとは異なり、内蔵REFバッファによって、単純な抵抗分圧器を使用したリファレンスビンの駆動が可能です。MAX4208/MAX4209は、小型、3mm x 5mmの8ピンμMAX®パッケージで提供され、-40℃~+125℃の温度範囲で動作が保証されています。

### 利点

- 高精度の信号処理による優れた性能
  - 超低入力オフセット電圧：20μV (max)
  - オートゼロ回路による1/fノイズと温度ドリフトの解消
  - CMOS入力による低入力バイアス電流
- 3オペアンプ構成の実装と比べた場合の  
コスト削減と省スペース
  - 単一電源電圧レイルによる動作で負電圧レイルが不要
  - 内蔵REFバッファによって、単純な外付け抵抗分圧器のみでリファレンスビンの駆動が可能(MAX4208)
  - 整合済み内部抵抗によって高精度の抵抗バックが不要(MAX4209)
  - 4つの高精度オペアンプと同等の機能を3mm x 5mmのμMAXパッケージ1つに集積化



「プロダクトオブザイヤー」受賞：  
2008年、EN-Genius Network  
が最も革新的な計装アンプに認定



\*米国特許番号6847257  
\*\*米国特許番号6559720

## 推奨ソリューション

品名	説明	特長	利点
<b>1-WireメモリIC</b>			
DS2502	1-Wire、1024ビット、ワンタイムプログラマブル(OTP) EPROM	単一の専用接点で動作、プログラマブルデータ保護、 $\pm 8kV$ ヒューマンボディモデル(HBM) ESD保護	最小限の接点によるID、較正、または認証用の不揮発性メモリの追加によって設計が簡素化
DS28E01-100/E02	SHA-1認証、1-Wire、1024ビットEEPROM	単一の専用接点で動作、SHA-1セキュア認証とデータ保護、1.8V動作(DS28E02)、IEC 1000-4-2レベル4 $\pm 8kV$ (接触放電)/ $\pm 15kV$ (気中放電)のESD保護	強暗号のSHA-1認証により消耗品がOEM正規品であることを識別し、信頼性が向上
DS2431	1-Wire、1024ビットEEPROM	単一の専用接点で動作、プログラマブルデータ保護、IEC 1000-4-2レベル4 $\pm 8kV$ (接触放電)/ $\pm 15kV$ (気中放電)のESD保護	高いESD保護によって通常はセンサーへの保護機能追加が不要であるため、省コストと省スペースが実現
<b>アンプ</b>			
MAX9617-20	レイルトゥレイル入力/出力、高効率、1.5MHzオペアンプ	ほぼゼロドリフト( $5nV/^{\circ}C$ , typ)の $V_{OS}$ 10 $\mu V$ (max)、ノイズ0.42 $\mu V_{p-p}$ 、自己消費電流59 $\mu A$ 、小型2mm x 2mmのSC70	低ドリフトによる測定精度の向上と較正要件の緩和
MAX4238	シングル、2 $\mu V$ (max)、低ドリフト、SOT23、1MHzオペアンプ	低 $V_{OS}$ ドリフト10nV/ $^{\circ}C$ (typ)、低チャージインジェクション、自動補正 $V_{OS}$ 回路	超低 $V_{OS}$ と超低 $V_{OS}$ ドリフトによる小信号の高精度な増幅と信号捕捉の品質向上
MAX4208/09	REFバッファ内蔵、超低オフセット/ドリフト、高精度計装アンプ	入力 $V_{OS} \pm 20\mu V$ (max)、超低ドリフト0.2 $\mu V/^{\circ}C$ 、入力バイアス電流1 $\mu A$ 、シャットダウン電流1.4 $\mu A$ 、固定およびプログラマブル利得バージョン提供、グラント検出入力	グラント付近の検出による設計の簡素化、超低オフセット/ドリフトによる精度の保証
MAX4194-97	超低電力、3オペアンプ計装アンプ	$V_{OS}$ 450 $\mu V$ (max)、自己消費電流93 $\mu A$ 、可変および固定(1、10、100V/V)利得バージョン、シャットダウンモード	シャットダウン機能と低電流動作による省電力でバッテリー寿命を延長
<b>オーディオIC</b>			
<b>オーディオコーデック</b>			
MAX9851/53	柔軟な入力選択と複数の音声出力、ステレオオーディオコーデック	デジタル電源電圧1.7V ~ 3.3V、アナログ電源電圧2.6V ~ 3.3V、再生時電力26mW、様々なサンプルレートで最大2つの入力を受け付け、マイクロフォン、DirectDrive <sup>®</sup> ヘッドフォン、スピーカアンプ、またはステレオライン出力	柔軟なソリューションによるオーディオ設計の簡素化
MAX9867	超低電力、ステレオオーディオコーデック	電源電圧1.65V ~ 1.95V、デジタル/0電源電圧1.65V ~ 3.6V、再生時消費電力6.7mW、バッテリー測定用補助ADC、6mm <sup>2</sup> 以下の実装面積	6.7mWの再生によるバッテリー寿命の延長、超小実装面積による設計の最小化
<b>オーディオDAC</b>			
MAX9850	DirectDriveヘッドフォンアンプ内蔵、ステレオオーディオDAC	音量調節内蔵、電源電圧1.8V ~ 3.6V、クリックレス/ポップレス動作	DirectDriveアーキテクチャによってDCブロッキングコンデンサが不要、基板スペースの節約
<b>マイクロフォンプリアンプ</b>			
MAX4060-62	バイアス、完全シャットダウン、差動マイクロフォンプリアンプ	電源電圧2.4V ~ 5.5V、可変または固定利得オプション、低入力ノイズ、シャットダウン電流300nA、THD+N 0.04%、3mm x 3mmのTQFN	シャットダウンと低電源電圧動作によるバッテリー寿命の延長
<b>スピーカアンプ</b>			
MAX9700	モノラル、1.2W、D級オーディオアンプ	最大効率94%、フィルタレス動作、1.5mm x 2mmのUCSP <sup>™</sup>	高効率によるバッテリー寿命の延長、小型パッケージによるソリューションの最小化と省スペース

(次ページに続く)

## 推奨ソリューション(続き)

品名	説明	特長	利点
<b>バッテリー管理用IC</b>			
<b>残量ゲージ</b>			
MAX17043	低コスト、 $\mu\text{C}$ 残量ゲージIC	クイックスタートモードでのModelGauge™アルゴリズムによるバッテリー残容量比率(RSOC)の計算、2mm x 3mmの小実装面積、ローバッテリー警報	システム $\mu\text{C}$ のスリープモードの延長による省電力、クイックスタートモードによるコスト削減(電流検出抵抗が不要)とバッテリーに関するサプライチェーンの制約の軽減
DS2782	スタンドアロン残量ゲージIC	1セルLi+ (リチウムイオン)バッテリー残量ゲージ、FuelPack™アルゴリズムと高精度の電圧/電流/温度モニタ、 $\mu\text{C}$ インタフェース、EEPROMストレージ	ホスト側の残量測定アルゴリズムが不要なスタンドアロンソリューションによるソフトウェア開発の簡素化
MAX1789	2/3/4セルバッテリー残量ゲージおよびプロテクタ	高精度の残量ゲージIC、8ビットRISCマイクロコントローラ( $\mu\text{C}$ )コア、1次保護機能内蔵	高集積による開発時間の短縮と設計の簡素化、極めて正確で高度な設計の実現
<b>コンパレータ</b>			
MAX9060-64	省スペースのUCSPパッケージ、超低電力(1 $\mu\text{A}$ 以下)のシングルコンパレータ	消費電流50nA/400nA、内部リファレンス0.2V (MAX9062-MAX9064)	リードオフ検出、ベースメータ検出、および電圧レイル監視アプリケーションにおける省スペースと省電力
<b>アナログ-デジタルコンバータ</b>			
MAX1162	シリアルインタフェース内蔵、シャットダウン電流10 $\mu\text{A}$ 、16ビット、200ksps SAR ADC	分解能16ビット、1チャンネル、シャットダウン電流10 $\mu\text{A}$ 、3mm x 5mmの10ピン $\mu\text{MAX}$	12.5mWの低消費電力によるバッテリー長寿命化、小型の $\mu\text{MAX}$ パッケージによる省スペース
MAX1167/68	シリアルインタフェース内蔵、マルチチャンネル、16ビット、200ksps SAR ADC	分解能16ビット、ミッシングコードなし、4/8チャンネル入力マルチプレクサ、リファレンス4.096V	マルチプレクサ内蔵による基板スペースの節約とコスト削減、内部リファレンスによる基板スペースの節約
MAX1300*01	シリアルインタフェース内蔵、16ビット、115ksps SAR ADC	分解能16ビット、ソフトウェア設定可能な8つ/4つのシングルエンドアナログ入力または4つ/2つの差動アナログ入力	ソフトウェア設定可能な入力範囲による設計時間の短縮、 $\pm 16.5\text{V}$ のアナログ入力過電圧保護(OVP)によって外付け回路不要で省スペース
MAX1132	シリアルインタフェースおよびリファレンス内蔵、16ビット、200ksps SAR ADC	1チャンネル、入力電圧0 ~ 12Vまたは $\pm 12\text{V}$ 、リファレンス4.096V	ミッシングコードなしの16ビット分解能による広い入力電圧範囲にわたる高精度、内部リファレンスによる省スペースとコスト削減
<b>ディスプレイIC</b>			
<b>LEDバックライトドライバ</b>			
MAX1574	180mA、1倍/2倍、3mm x 3mmのTDFN、白色LED (WLED)チャージポンプ	LED最大3個、LED当り最大60mA、単線による調光5% ~ 100%、シャットダウン電流100nA、ソフトスタートによる突入電流制限	調光機能内蔵と外付けおよび追加部品が不要のため省スペース
MAX1984-86	超高効率WLEDドライバ	LED 1 ~ 8個、LEDイネーブル選択可能、スイッチングトポロジ、オープンLED検出、最大効率95%	オープンLED検出による信頼性向上
MAX8630	5個のWLED用、3mm x 3mmのTDFN、125mA、1倍/1.5倍チャージポンプ	最大効率93%、PWM調光、フルスケールLED電流オプションの出荷時設定	内蔵ディレーティング機能によるLEDの過熱保護と信頼性向上
<b>LEDディスプレイドライバ</b>			
MAX6950/51	シリアルインタフェース、+2.7V ~ +5.5V、5/8桁LEDディスプレイドライバ	スルーレート制限ドライバによる低EMI、点滅制御、PWM調光、小型の16ピンQSOP	ホストのディスプレイ制御負荷軽減によるMCUの簡素化によってシステムコストが低減
MAX6978/79	障害検出およびウォッチドッグ内蔵、8/16ポートLEDドライバ	8/16の低電流LED出力、出力当り最大55mA、出力間の電流マッチング $\pm 3\%$ 、シリアルインタフェースによるオープン回路LED障害通知	医療機器ディスプレイのセルフテスト要件への適合による設計承認の迅速化

(次ページに続く)

\*開発中。入手性についてはお問い合わせください。

## 推奨ソリューション(続き)

品名	説明	特長	利点
<b>タッチスクリーンコントローラ</b>			
MAX11800-03	I <sup>2</sup> C/SPI™ インタフェース内蔵、低電力、超小型、抵抗膜式タッチスクリーンコントローラ	4線式タッチスクリーンインタフェース、12ビット SAR ADC、5:1マルチプレクサ、電源電圧1.7V~3.6V、ダイレクトおよび自律モード、1.6mm x 2.1mmのWLP、デジタル前処理、データのタグ付けとフィルタリング	小型の高集積ソリューションによる設計の小型化とコスト削減、デジタル処理によるアプリケーションプロセッサのバス負荷の軽減
MAX11811	ハプティックモータドライバ内蔵、4線式タッチスクリーンコントローラ	12ビットADC、I <sup>2</sup> Cインタフェース、近接ドライバ、自動パワーダウン、ダイレクトまたは自律モード	自律モードによるプロセッサ負荷の軽減、自動パワーダウンによるバッテリー寿命の延長
MAX1233/34	DACおよびキーボードコントローラ内蔵、±15kV ESD保護タッチスクリーンコントローラ	4線式タッチスクリーンインタフェース、12ビット SAR ADC、10MHz SPIインタフェース、キーボードコントローラ、低電力(1kpsで6μA、シャットダウン電流0.3μA)	タッチスクリーンとキーボードコントローラの統合による設計の簡素化と基板スペースの節約、低消費電力によるバッテリー寿命の延長
<b>インタフェースIC</b>			
<b>I/Oエキスパンダ</b>			
MAX7318	割込みおよびホットインサージョン保護内蔵、2線式、16ビット、I/Oポートエキスパンダ	バスタイムアウト、2.0V~5.5V	ロックアップのない動作による信頼性向上、低電源電圧による設計の簡素化
MAX7328/29	8つのI/Oポート、I <sup>2</sup> Cポートエキスパンダ	動作電圧2.5V~5.5V、100kHz I <sup>2</sup> Cインタフェースで最大16デバイスに対応、自己消費電流10μA	利用可能なポートピンの数を増やすためのμCのアップグレードが不要
<b>ロジックレベルトランスレータ</b>			
MAX13030E	6チャンネル、高速ロジックレベルトランスレータ	データレート100Mbps (max)、双方向、I/O V <sub>CC</sub> ラインの±15kV HBM ESD保護、2mm x 2mmのUCSP	ESD保護レベルシフトによる高速データレート
MAX13101E	16チャンネルロジックレベルトランスレータ	データレート20Mbps (max)、双方向、I/O V <sub>CC</sub> ラインの±15kV HBM ESD保護、3mm x 3mmのWLP	レベル変換とESD保護を1つの省スペースパッケージに集積化
<b>USBトランシーバ</b>			
MAX3349E	UARTマルチプレクサ内蔵、USBトランシーバ	USB準拠、動作レート12Mbps、D+/D-ラインのESD保護内蔵	ESD保護による信頼性向上、USBとUARTの1コネクタ共有による省スペース
MAX13481E-83E	外部/内部プルアップ抵抗、±15kV ESD保護USBトランシーバ	USB準拠、動作レート12Mbps、D+およびD-ラインのESD保護内蔵、ロジック電源電圧1.6V~3.6V	インタフェースチップ不要(低電圧ASICおよびASSPとコンパチブル)による省スペースとコスト削減
<b>RS-232ドライバ/レシーバ</b>			
MAX3221E/23E/43E	AutoShutdown™内蔵、±15kV ESD保護、RS-232トランシーバ	ドライバ/レシーバオプション1/1、2/2、3/3	既存の基本入出力システム(BIOS)やオペレーティングシステム(OS)の変更なくAutoShutdown機能によってバッテリー寿命を延長
MAX3224E-27E/44E/45E	AutoShutdown Plus™内蔵、±15kV ESD保護、1μA、RS-232トランシーバ	ドライバ/レシーバオプション1/1、2/2、3/3、電源電圧オプション3.3Vまたは5V、1Mbps (MAX3225E/27E/45E)	ESD保護による信頼性向上、小型ソリューションをメイン基板上やケーブル内に配置可能、既存のBIOSやOSの変更なしに省電力
<b>ESD/ライン保護IC</b>			
MAX3202E/03E/04E/06E	低容量、2/3/4/6チャンネル、±15kV ESD保護アレイ	入力容量5pF、入力漏れ電流1nA、消費電流1nA、1mm x 1mmの小実装面積	IEC 61000-4-2 ESD保護(とコンプライアンス)をあらゆる設計に容易に追加
MAX3205E/07E/08E	TVS内蔵、低容量、2/4/6チャンネル、±15kV ESD保護アレイ	入力容量2pF、過渡電圧サプレッサ(TVS)	高データレートインタフェースの保護による信頼性向上
MAX9940	2.2V~5.5V、信号ライン過電圧プロテクタ	小型5.3mm <sup>2</sup> のSC70、13μAの低消費電流、IEC 61000-4接触放電±4kVのESD保護	高電圧障害からの低電圧回路の保護による信頼性向上

(次ページに続く)

## 推奨ソリューション(続き)

品名	説明	特長	利点
<b>キーボードスキャナ</b>			
MAX7359	2線式、低EMIキースイッチコントローラ/ 汎用出力(GPO)	動作電圧1.62V~3.6V、最大64個のキーを監視、 キーデバウンス、キーリリース検出、キースイッチ 出力6個とINTピン1個をGPOとして使用可能	GPOによる $\mu\text{C}$ I/Oの解放、キー監視によるソフト ウェアの簡素化と総システムコストの最小化
<b>マイクロコントローラ</b>			
MAXQ2010	LCDインタフェース内蔵、16ビット、 ミックスドシグナル $\mu\text{C}$	8チャネル、12ビットSAR ADC、64KBフラッシュ メモリ、電源電圧モニタ、ハードウェア乗算器、 160セグメントLCDコントローラ、ストップモード 電流370nA、1 MIPS/MHzに迫るDC - 10MHz動作	バッテリー駆動アプリケーションでの高性能高集積 $\mu\text{C}$ による省スペース
MAXQ8913	16ビット、ミックスドシグナル $\mu\text{C}$	7チャネル、12ビットSAR ADC、64KBフラッシュ メモリ、2つの10ビットDAC、2つの8ビットDAC、 4つのオペアンプ、温度センサー、2つの電流シンク	複数の機能の集積化によるソリューションの最小化
MAXQ612/22	赤外線(IR)モジュール内蔵、USBオプション 内蔵、16ビット $\mu\text{C}$	電源電圧1.7V - 3.6V、128KBフラッシュメモリ、 USBトランシーバ(MAXQ622)、PCポート1個、SPIポート 2個、USARTポート2個、GPIO最大52個、低電力： ストップモード時0.3 $\mu\text{A}$ (typ)、12MHz時4.8mA (typ)	低消費電力によるバッテリー寿命の延長、USBポート によるポータブル装置からの容易なデータ転送
<b>電源管理用IC</b>			
<b>リニアレギュレータ</b>			
MAX8556	超低入力電圧LDOレギュレータ	入力電圧1.425V - 3.6V、出力電流4A、短絡電流 フォールドバック保護	短絡保護内蔵大電流レギュレータによる堅牢な 設計
<b>スイッチングレギュレータ</b>			
MAX5072	デュアル出力、バックまたはブースト コンバータ	22MHz、パワーオンリセット(POR)、パワーフェイル 出力(PFO)	高周波数、180°逆位相出力、および内蔵FETによる 外付け部品不要、ソリューション全体の小型化
MAX1951	1MHz、オールセラミック、2.6V - 5.5V入力、 ステップダウンDC-DCレギュレータ	出力電流2A (max)、内蔵FET	内部スイッチによって外付け部品は最小限、EMIの 最小化、基板スペースの削減、信頼性向上
<b>電圧リファレンス</b>			
MAX6034	高精度、超低電力、小型SC70、シリーズ 電圧リファレンス	精度 $\pm 0.2\%$ 、30ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 、自己消費電流90 $\mu\text{A}$ 、 $V_{\text{OUT}}$ 2.048V - 4.096V	小型のSC70パッケージによるレイアウトの簡易化 と基板スペースの節約
MAX6029	超低電力、高精度、シリーズ電圧 リファレンス	超低消費電流5.25 $\mu\text{A}$ 、温度係数30ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 、内蔵補償 コンデンサによる最大10 $\mu\text{F}$ の容量性負荷での安定性	超低動作電流による省電力とバッテリー寿命の延長、 温度に対する安定性による信頼性向上と外付け コンデンサ不要
MAX6173	温度センサー内蔵、広電源電圧範囲、 高精度電圧リファレンス	電源電圧( $V_{\text{OUT}} + 2\text{V}$ ) ~ +40V、優れた温度安定性： 最大100 $\mu\text{F}$ の容量性負荷で3ppm/ $^{\circ}\text{C}$ (max)、 低ノイズ3.8 $\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ 、初期精度 $\pm 0.06\%$	低ノイズによるシステムノイズバジェット適合、 安定性による出力バイパスコンデンサ不要と 基板スペースの節約
<b>電圧監視回路</b>			
MAX6443-52	マニュアルリセット入力内蔵、シングル/ デュアルマイクロプロセッサ( $\mu\text{P}$ )リセット 回路	拡張セットアップ期間(6.72秒)の2つのマニュアル リセット入力を前面パネルスイッチに接続可能、 最低0.63Vの高精度電圧監視	高精度電圧監視による短時間のスイッチ閉(有害な リセット)の防止、前面パネルスイッチ接続による 機器筐体のピンホール不要
MAX6746-53	コンデンサ可変リセット/ウォッチドッグ タイムアウト遅延内蔵、 $\mu\text{P}$ リセット回路	コンデンサ可変タイミング、自己消費電流3.7 $\mu\text{A}$	使いやすい集積化ソリューションによる省スペース と設計の簡素化

(次ページに続く)

# 診断、モニタリング、および治療 心電計

## 推奨ソリューション(続き)

品名	説明	特長	利点
<b>電圧監視回路(続き)</b>			
MAX16056-59	ウォッチドッグタイマ内蔵、超低電力監視IC	消費電流125nA、コンデンサ可変タイミング	省電力と省バッテリー寿命、可変タイムアウトによって1つのICを複数のアプリケーションで使用可能
MAX16060-62	クワッド/ヘックス(6回路)/オクタ(8回路)電圧 $\mu$ P監視回路	固定/可変スレッショルドおよびタイムアウト、マージンイネーブル入力と許容差選択入力、ウォッチドッグタイマ	幅広い機能とオプションによる多数の設計ニーズへの柔軟な対応
MAX16072-74	チップスケールパッケージ、 $\mu$ P監視回路	1mm x 1mmのUCSP、超低消費電流0.7 $\mu$ A	小型パッケージによる省スペース、低電力動作によるバッテリー寿命の延長
<b>温度センサー</b>			
DS75LV	低電圧、精度 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 、デジタル温度計およびサーモスタット	精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ( $-25^{\circ}\text{C}$ ~ $+100^{\circ}\text{C}$ )、動作電圧1.7V ~ 3.7V、業界標準のピン配置とレジスタ	業界標準のピン配置によってLM75からより低い電源電圧への移行が簡素化
DS7505	低電圧、精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、デジタル温度計およびサーモスタット	精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ( $0^{\circ}\text{C}$ ~ $+70^{\circ}\text{C}$ )、動作電圧1.7V ~ 3.7V、業界標準のピン配置とレジスタ	業界標準のピン配置によってLM75からの精度改善と電源電圧低減が容易
MAX6612	小型、低電力、アナログ温度センサー	19.5mW/ $^{\circ}\text{C}$ スロープ、精度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ( $0^{\circ}\text{C}$ ~ $+70^{\circ}\text{C}$ )、SC70パッケージ、自己消費電流35 $\mu\text{A}$ (max)	小型の低電力ソリューションによる基板スペースの節約とバッテリー寿命の延長
<b>ウォッチドッグタイマ</b>			
MAX6814	5ピンウォッチドッグタイマ回路	動作電流4 $\mu\text{A}$ 、タイムアウト1.6秒、ウォッチドッグ出力(WDO)/パルス期間140ms、プッシュプルアクティブロー出力	ソフトウェアコード実行エラーの監視とシステム警報による安全性と信頼性の向上
MAX6369-74	ピン選択可能なウォッチドッグタイマ	ピン選択式のタイムアウト期間とスタートアップ遅延、ディセーブル機能、オープンドレインまたはプッシュプルアクティブローオプション	ソフトウェアコード実行エラーの監視とシステム警報による安全性と信頼性の向上
<b>無線トランシーバ</b>			
MAX2830	パワーアンプ内蔵、2.4GHz ~ 2.5GHz RFトランシーバ	ISM帯域動作、すべてのRFトランシーバ回路を集積化、オンチップのモノリシックフィルタ(RxとTx)	外付けSAWフィルタが不要のため省スペース
MAX2831	PA内蔵、2.4GHz ~ 2.5GHz、802.11g RFトランシーバ	IEEE <sup>®</sup> 802.11g/bコンパチブル、全回路内蔵RFトランシーバ、PA、PLL、および水晶発振器	高集積度によるBOMコストの削減と実装の簡易化
MAX2829	デュアルバンド、802.11a/b/g RFトランシーバ	OFDM 802.11a/b/g WLAN専用の設計、2.4GHzおよび5GHz帯域に対応、すべてのRFトランシーバ回路を集積化	高集積度によるBOMコストの削減と実装の簡易化

Maximが推奨するECG設計ソリューションの一覧については、[japan.maxim-ic.com/ECG](http://japan.maxim-ic.com/ECG)をご覧ください。