

## Application Brief

## TI のプログラマブル ロジック デバイスによるアナログ電流の検出



Malcolm Lyn

## はじめに

TPLD が CPLD や FPGA といった他のプログラマブル ロジックよりも優れている大きな利点の一つは、アナログ マクロセルを備えている点です。これらのマクロセルにより、TPLD はデジタル信号とともにアナログ信号を検出および処理することが可能になります。このドキュメントでは、アナログ電圧を検出および処理できる一般的なマクロセルをいくつか概説し、それらの使用方法について説明します。

## ディスクリート アナログ コンパレータ

一部の TPLD には、図 1 に示すようにディスクリート アナログ コンパレータがあります。これらは、**PUP**（「パワーアップ」）入力がロジック「High」のとき、通常のアナログ コンパレータと同様に動作します。非反転入力に与えられた外部アナログ信号を、内部のバンドギャップ電圧リファレンスまたは反転入力に接続された別の外部アナログ信号と比較できます。コンパレータは、非反転入力の電圧が反転入力の電圧より高いときは論理「High」を出力し、それ以外の場合は「Low」を出力します。

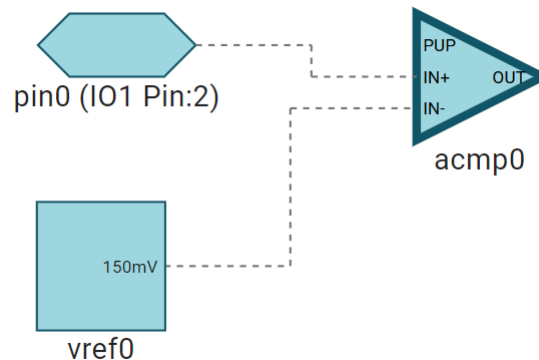


図 1. InterConnect Studio (ICS) におけるディスクリート アナログ コンパレータ マクロセル

PUP 信号が論理 Low のとき、消費電力を抑えるためにコンパレータはオフになります。図 2 に、3.3V の正弦波と 1.2V のバンドギャップ リファレンス電圧を比較するディスクリート アナログ コンパレータのシミュレーションを示しています。

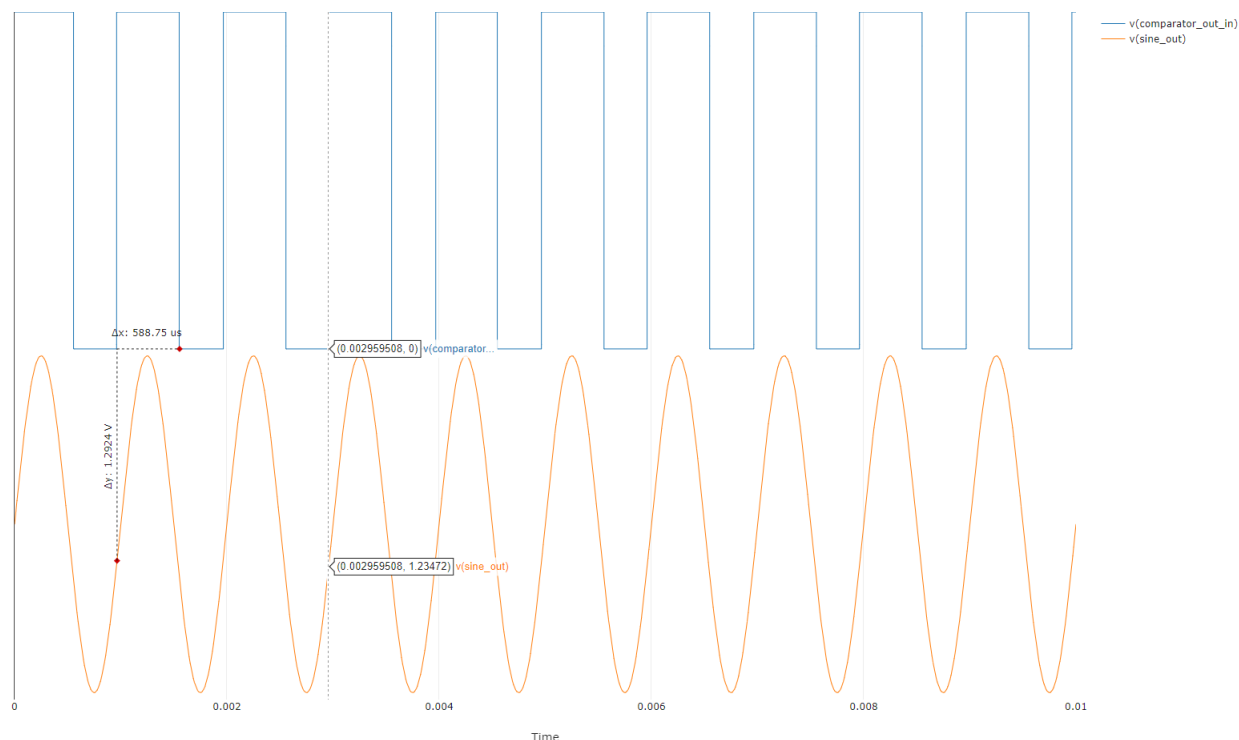


図 2. ディスクリート アナログ コンパレータのシミュレーション

ディスクリート アナログ コンパレータの構成オプションを図 3 に示します。これらのオプションには、非反転入力および反転入力の信号源選択、入力ゲインの選択、ヒステリシスの設定、低帯域幅モードが含まれます。ヒステリシス選択設定により、コンパレータのトリガ ポイントにわずかなノイズ マージンが得られます。例えば、内部電圧リファレンスを 1V、ヒステリシスを 200mV に設定した場合、コンパレータのトリガーポイントは 1.1V および 0.9V になります。低帯域幅信号を比較する場合、低帯域幅モードを選択することで消費電力を抑え、ノイズの影響を軽減できます。正の入力ゲイン設定を使用し、コンパレータが認識する非反転入力の電圧を低減できます。

ANALOG COMPARATOR ⓘ		🔍 📄 🗑
Name	acmp0	
Label		
IN+ : Positive Input Source	IO1 ▼	
IN- : Voltage Select	1.20V ▼	
Positive Input Gain	1.00X ▼	
Low Bandwidth	<input type="checkbox"/>	
Hysteresis	Disabled (0mv) ▼	
Device MacroCell Allocated	Any(ACMP0) ▼	

図 3. ディスクリート アナログ コンパレータ設定

## マルチチャネルのアナログ コンパレータ

一部の TPLD では、個別のアナログ コンパレータに代わって、またはそれに加えてマルチチャネル アナログ コンパレータを搭載しています。マルチチャネル アナログ コンパレータは、複数チャネルを持つ個別アナログ コンパレータと同様に動作し、各チャネルに反転入力端子と非反転入力端子のペアが備わっています。ディスクリート アナログ コンパレータとは異なり、出力は選択したクロック信号の立ち上がりエッジでサンプリングされます。また、各チャネルごとに有効化できるリセット入力と、すべての出力がサンプリングされると論理 High になるデータ準備完了出力も備えています。図 4 に、2 チャネルが有効なマルチチャネル アナログ コンパレータの画像を示します。

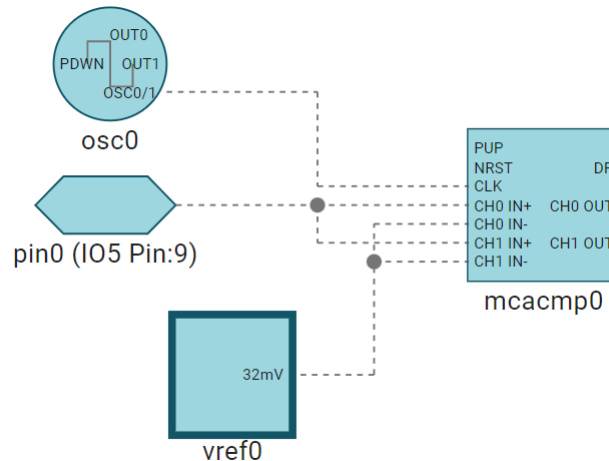


図 4. ICS 内のマルチチャネル アナログ コンパレータ

図 5 に、コンパレータの設定オプションを示します。サンプリング チャネル数では有効にするチャネル数を選択し、**McACMP** クロック選択はサンプリングに使用するクロックを決定します。**McACMP** トリガ モードは、「レベル センシティブ」または「エッジ センシティブ」に設定できます。レベル センシティブが選択されている場合、コンパレータは **PUP** が High にアサートされている間動作します。エッジ センシティブが選択されている場合は、**PUP** が立ち上がりエッジを検出した後、コンパレータはすべての出力を 1 回サンプリングします。温度センサ入力カインエーブルおよび **VCC** 入力カインエーブルを有効にすると、それぞれ非反転入力ピンのうちの 1 つが内蔵温度センサまたは **VCC** を参照するようになります。

MULTI-CHANNEL ANALOG COMPARATOR ⓘ

Name	mcacmp0
Label	
Temperature Sensor Input Enable	<input type="checkbox"/>
VCC Input Enable	<input type="checkbox"/>
McACMP Output Synchronicity	Staggered ▼
McACMP Trigger Mode	Level sensitive EN mode ▼
McACMP Clock Select	OSC0/1 ▼
Channel Amount Sampled	2 Channels ▼

図 5. マルチチャネル アナログ コンパレータの設定

**McACMP 出力同期**は、「段階的」または「同時」に設定できます。「段階的」を選ぶと、各チャンネルがサンプリングされるたびにすぐに出力がアサートされます。「同時」を選ぶと、有効化されたすべてのチャンネルがサンプリングされるまで出力はアサートされません。2 つのチャンネルの同時動作を図 6 に、交互動作を図 7 に示します。どちらのシミュレーションでも入力正弦波を 1.634V と比較します。図 7(段階的動作) において、黄色の第 2 チャンネルが青の第 1 チャンネルに続いて 1 クロックサイクル遅れてアサートされること、また段階的動作モードでは第 1 チャンネルのアサートが同時動作モードより 1 クロックサイクル早いことがわかります。

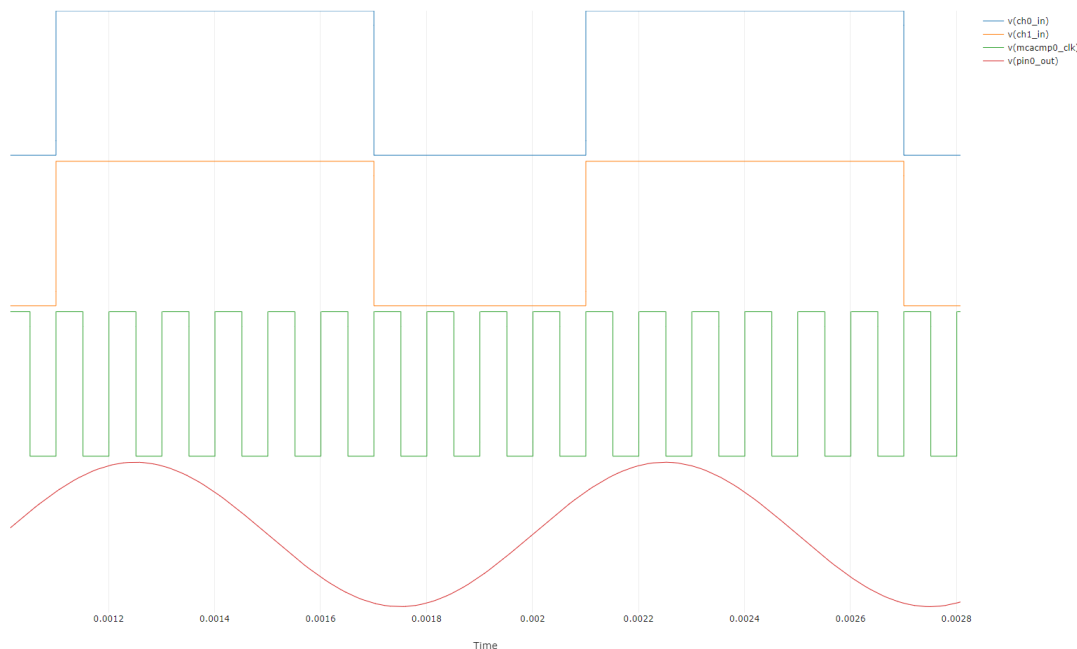


図 6. マルチチャンネル アナログ コンパレータの同時サンプリング シミュレーション

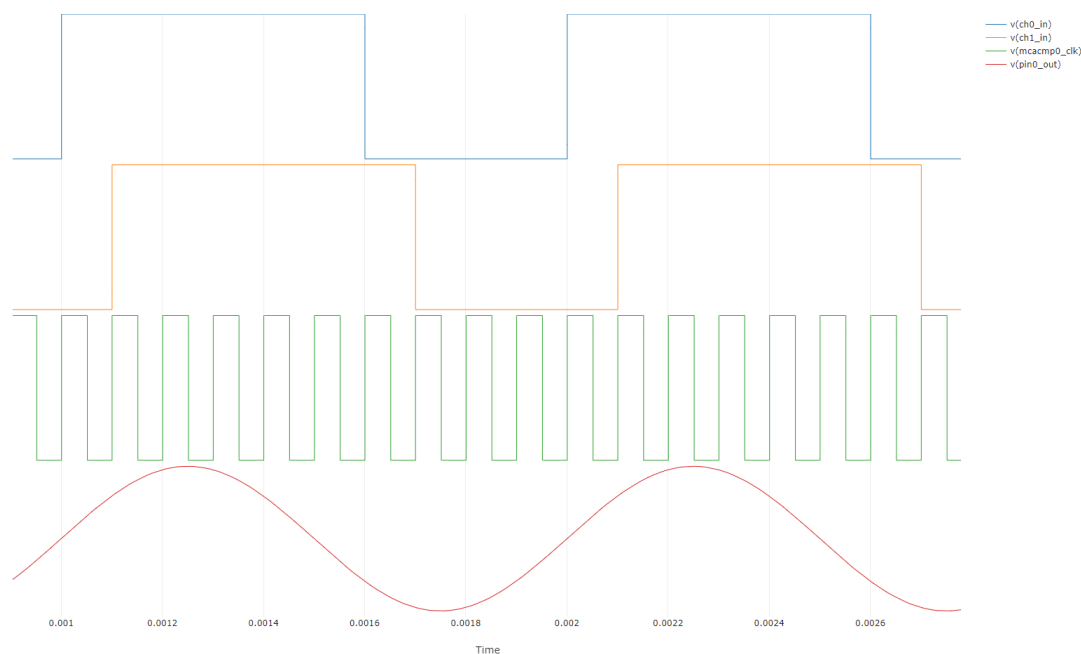


図 7. マルチチャンネル アナログ コンパレータのシーケンシャル サンプリング シミュレーション

図 8 に、各コンパレータ チャンネルの設定を示します。これらは、ディスクリート アナログ コンパレータの図 8 に示す設定と同じであり、チャンネルの非同期リセットをイネーブルにするオプションが追加されています (低帯域幅設定は除外されます)。特定のチャンネルで非同期リセットがイネーブルになっている場合、NRST が Low のとき、チャンネルの出力は入力に関係なく Low にアサートされます。

ACMP 0 Settings Settings Specific to ACMP 0		^
Hysteresis Select	Disabled (0mv)	▼
Positive Input Gain	1.00X	▼
IN+ : Positive Input Source	AI00	▼
Reset Enable	<input type="checkbox"/>	
Amount of Voltage References	1 VREF	▼
IN- : Voltage Select	32mV	▼

図 8. マルチチャンネル アナログ コンパレータ チャンネルの設定

### 追加の検討事項

ディスクリート アナログ コンパレータまたはマルチチャンネル アナログ コンパレータをアナログ信号検出に使用する際は、必ずデバイス固有のデータシートの推奨動作条件セクションで、 $V_{AI}$  によるアナログ入力電圧の制限を遵守してください。通常、非反転入力の電圧は VCC を超えてはならず、反転入力の電圧は TPLD 内蔵バンドギャップ リファレンスが提供する最大電圧を超えないものとします。

ディスクリート コンパレータとマルチチャンネル コンパレータの両方を動作させるためには、High にアサートされる (立ち上がりエッジ モードの場合は立ち上がりエッジを供給する) PUP を備えている必要があります。この信号が Low の場合、コンパレータの出力は Low になります。PUP 信号は、VCC に接続して常に High にすることも、GND に接続して常に Low にすることも、あるいはデバイス内の任意の入力ピンなどからのデジタル信号によって動的に切り替えることもできます。コンパレータの出力は、パワーアップ信号が High にアサートされてから約 100µs 以内に有効になります。適切な立ち上がり時間についてはデバイス固有のデータシートを参照し、この間に内部発振器がパワーダウンされていないことを確認してください。

ヒステリシスを有効にする場合、ヒステリシス幅は反転入力に与えられる基準電圧より小さくする必要があります。リファレンス電圧がこれより小さい場合、負のトリガポイントがグラウンドより低く押されます。これによりデバイスが推奨動作条件外となって寿命の低下や破損を引き起こす可能性があります。最後に、正の入力ゲイン設定により、コンパレータの入力時に観測される電圧が内部で低下しますが、 $V_{AI}$  を超えることはできません。

### まとめ

統合型のディスクリート アナログ コンパレータおよびマルチチャンネル アナログ コンパレータを使用することで、TPLD を使用して幅広い低電圧アナログ信号を検出できます。デジタル要素と組み合わせることで、これらのコンパレータは混合信号環境における幅広いセンシングや電圧レベル検出アプリケーションに TPLD を活用できるようにします。

### 商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 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](https://www.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

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](https://www.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