

# Analog Engineer's Circuit

## ±50mV 入力およびシングルエンド出力を備えた絶縁型電流センシング回路



Data Converters

Samiha Sharif

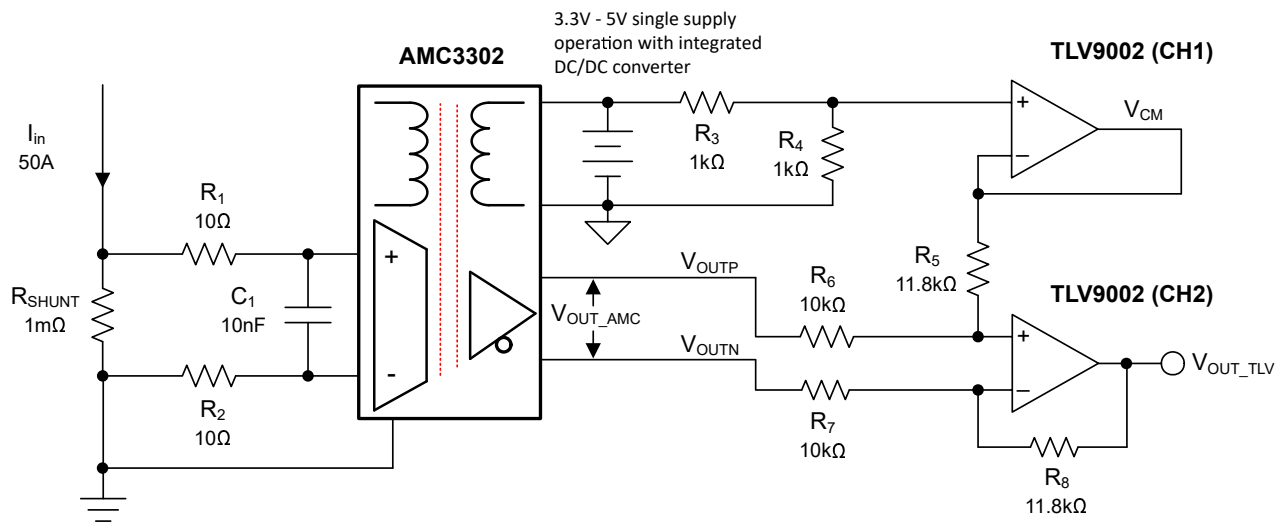
### 設計目標

電流源		入力電圧		出力電圧	単一電源
$I_{IN\ MIN}$	$I_{IN\ MAX}$	$V_{IN\ DIFF,\ MIN}$	$V_{IN\ DIFF,\ MAX}$	$V_{OUT\ SE}$	$V_{DD}$
-50A	50A	-50mV	50mV	55mV~4.945V	5V

### 設計の説明

この絶縁型単一電源の双方向電流センシング回路は、-50A~50A の負荷電流を正確に測定できます。リニアな入力範囲は -50mV~50mV で、差動出力スイングは -2.05V~2.05V、出力同相電圧 ( $V_{CM}$ ) は 1.44V です。絶縁型アンプ回路のゲインは 41V/V に固定されています。TLV9002 を使用する 2 番目のアンプ段は、差動出力電圧を 55mV~4.945V のシングルエンド出力電圧に変換します。信号チェーン全体が 5.0V 単一レールで動作します。

この回路は、ソーラー インバータ、モータードライブ、保護リレーなど、多くの高電圧産業用アプリケーションに適用できます。本書の「部品選定」の式と説明は、最終機器のニーズとシステム仕様に応じてカスタマイズできます。



## デザインノート

1. AMC3302 が選択されたのは、精度、入力電圧範囲、デバイスのシングル ローサイド電力要件が理由です。
2. TLV9002 が選択されたのは、低コスト、低オフセット、小型、デュアル チャンネルが理由です。
3. TLV9002 と AMC3302 に電力を供給し、シングルエンド出力の同相電圧を供給する AVDD には、低インピーダンス、低ノイズのソースを選択します。
4. 最高の精度を求める場合は、温度係数の小さい高精度シャント抵抗を使用してください。
5. 予測されるピーク入力電流レベルに対応する電流シャントを選択します。
6. 連続動作の場合は、IEEE 規格に従った通常の条件下において、定格電流の 2/3 を超える電流でシャント抵抗を動作させないでください。消費電力の要件が厳しいアプリケーションでは、シャント抵抗をさらに小さくするか、定格ワット数を増やす必要があるかもしれません。
7. 適切な分圧抵抗値を使用して、同相電圧を適切に設定してください。
8. シングルエンド出力が適切な出力スイングになるように、TLV9002 のチャンネル 2 のゲイン設定抵抗に適切な値を選択します。

## 設計手順

1. 入力電流範囲と絶縁型アンプの固定ゲインが指定されたら、伝達方程式を決定してください。

$$V_{OUT} = I_{in} \times R_{shunt} \times 41$$

2. 最大シャント抵抗値を決定します。

$$R_{shunt} = \frac{V_{inMax}}{I_{inMax}} = \frac{50 \text{ mV}}{50 \text{ A}} = 1 \text{ m}\Omega$$

3. シャント抵抗の最小消費電力を決定します。

$$Power_{Rshunt} = I_{inMax}^2 \times R_{shunt} = 2500 \text{ A} \times 0.001 \Omega = 2.5 \text{ W}$$

4. 5V ADC と接続する場合、AMC3302 と TLV9002 は両方が 5V で動作するため、単一電源を使用できます。
5. TLV9002 のチャンネル 1 を使用して、チャンネル 2 のシングルエンド出力の同相電圧 2.5V を設定します。5V 電源の場合、単純な分圧抵抗を使用して 5V を 2.5V に分圧できます。R<sub>4</sub> に 1kΩ を使用して、次の式で R<sub>3</sub> を計算できます。

$$R_3 = \frac{V_{DD} \times R_4}{V_{CM}} - R_4 = \frac{5 \text{ V} \times 1000 \Omega}{2.5 \text{ V}} - 1000 \Omega = 1000 \Omega$$

6. TLV9002 はレール ツー レール オペアンプです。ただし、TLV9002 の出力は、電源レールから最大 55mV スイングします。このため、シングルエンド出力は 55mV~4.945V (4.89Vpk-pk) の範囲でスイングする必要があります。
7. AMC3302 の V<sub>OUTP</sub> 出力と V<sub>OUTN</sub> 出力は 2.05Vpk-pk で、180 度の位相差があり、同相電圧は 1.44V であるため、差動出力は ±2.05V または 4.1Vpk-pk となります。TLV9002 の出力制限内に収めるには、AMC3302 の出力を 4.89 / 4.1 の倍率で増幅する必要があります。R<sub>6</sub> = R<sub>7</sub>、R<sub>5</sub> = R<sub>8</sub> の場合、R<sub>5</sub> と R<sub>8</sub> の計算には次の伝達関数を使用できます。

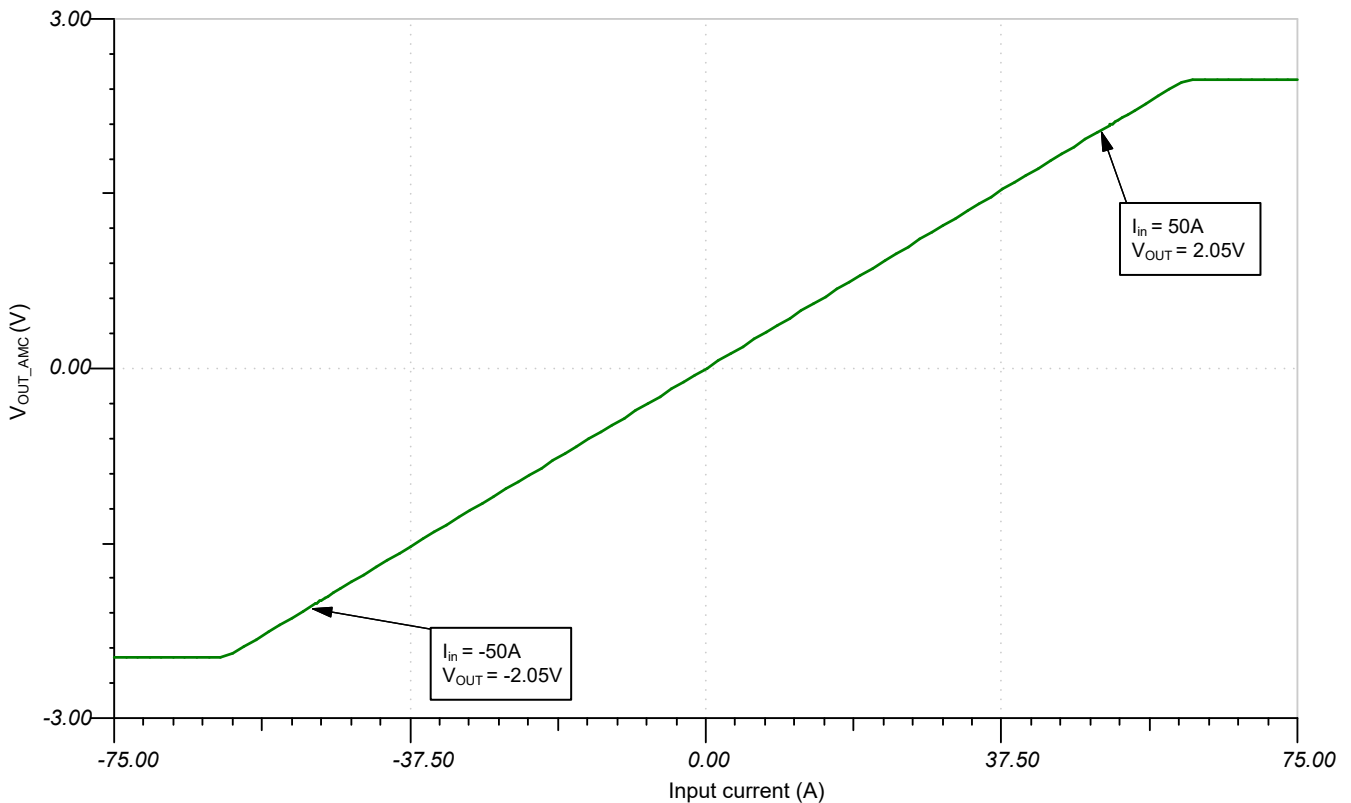
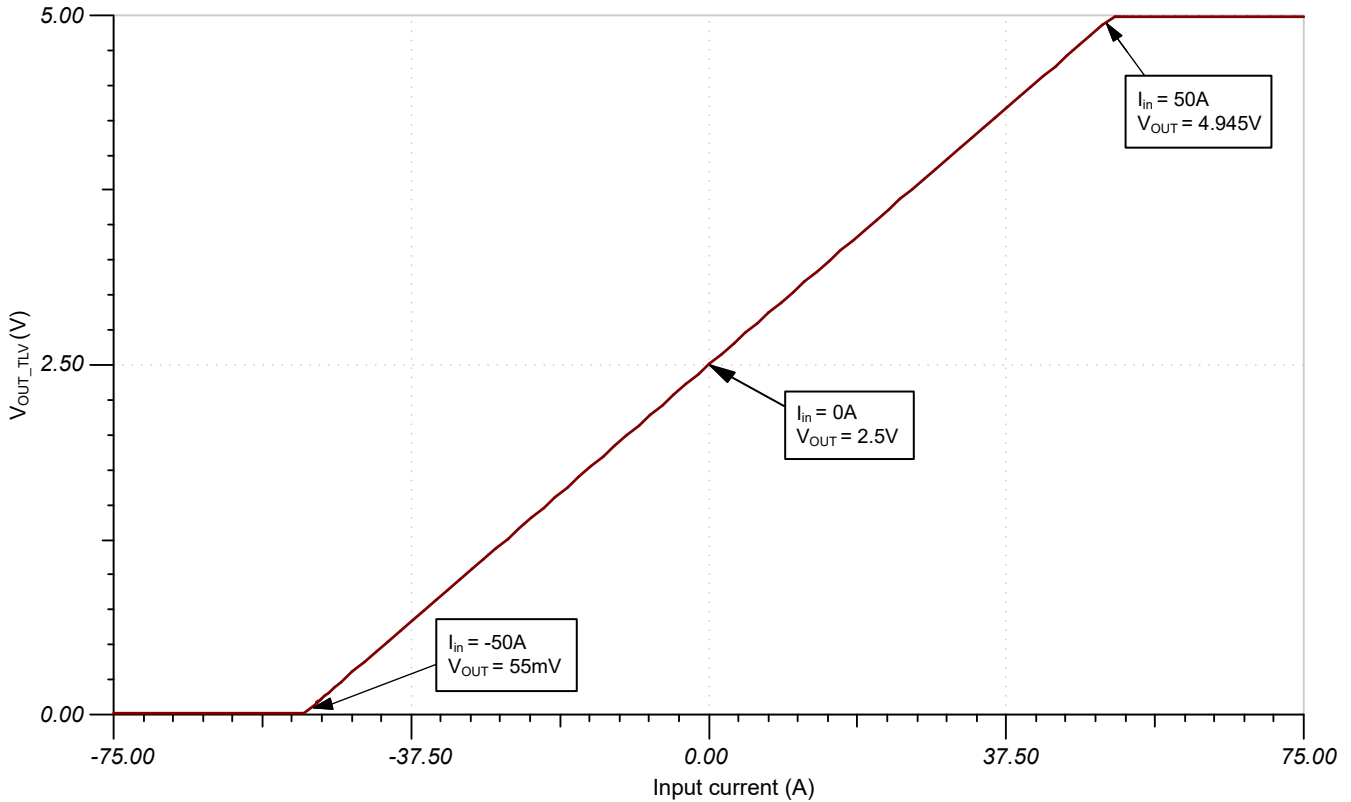
$$V_{OUT} = (V_{OUTP} - V_{OUTN}) \times \left( \frac{R_{5,8}}{R_{6,7}} \right) + V_{CM}$$

8. 先に計算した TLV9002 出力スイングを使用し、R<sub>6</sub> と R<sub>7</sub> を 10kΩ とすると、R<sub>5</sub> と R<sub>8</sub> は次の式で 11.93kΩ と計算できます。標準的な抵抗値を考慮し、代わりに 11.8kΩ の抵抗を使用してください。

$$4.945 = (2.465 \text{ V} - 415 \text{ mV}) \times \left( \frac{R_{5,8}}{10 \text{ k}\Omega} \right) + 2.5$$

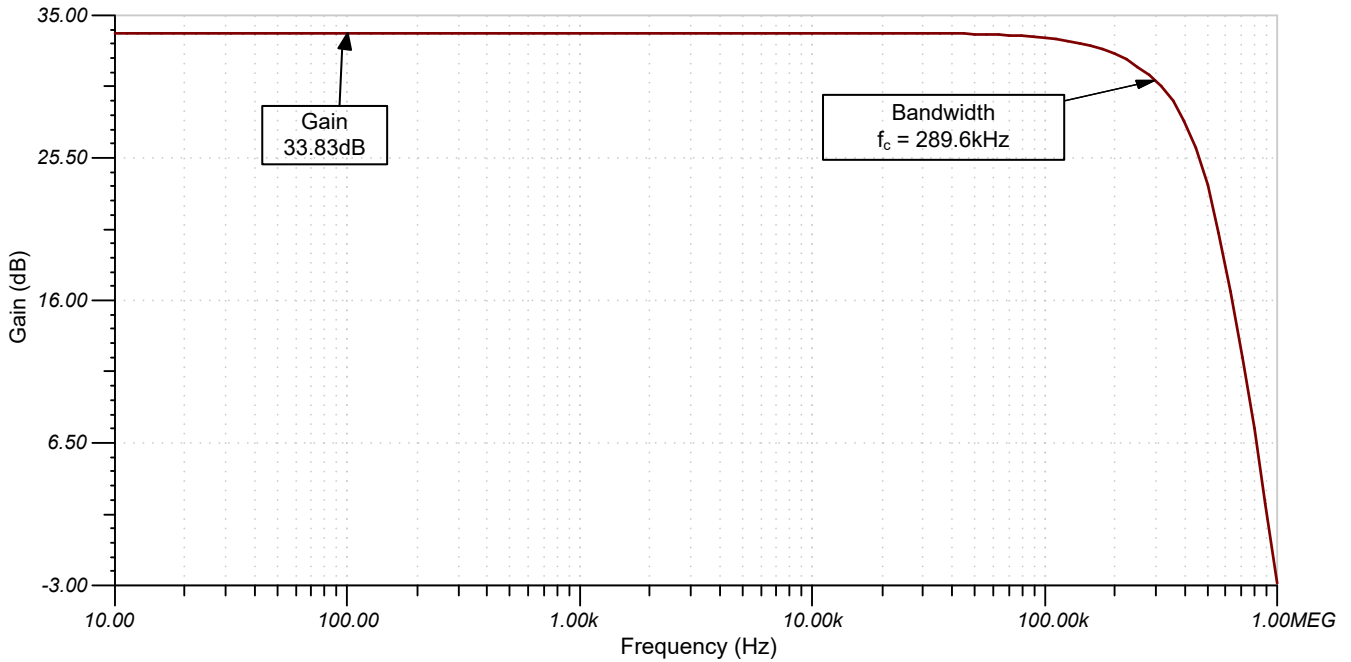
## DC 伝達特性

以下のグラフでは、TLV9002 アンプのシングルエンド出力と AMC3302 差動出力の DC 特性のシミュレーションを示しています。どちらのグラフも、出力が  $\pm 50\text{A}$  でリニア (直線的) であることを示しています。



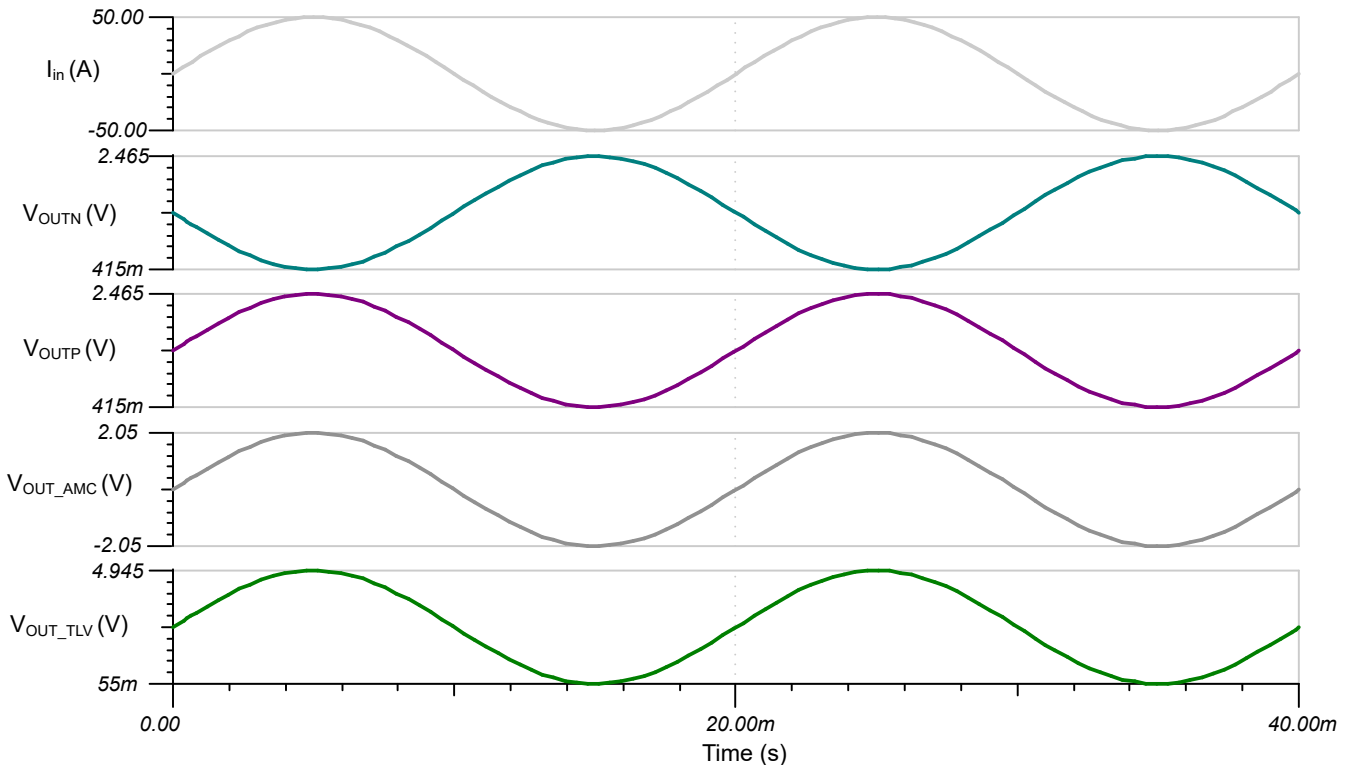
## 閉ループの AC シミュレーション結果

以下の AC スイープは、シングルエンド出力の AC 伝達特性を示しています。AMC3302 のゲインは 41V/V で、差動からシングルエンドへの変換では 1.2V/V のゲインが適用されるため、以下に示す 33.83dB のゲインが予想されます。



## 過渡シミュレーション結果

以下の過渡シミュレーションは、AMC3302 と TLV9002 の出力信号を -50A~50A まで示しています。AMC3302 の差動出力は予測どおり  $\pm 2.05\text{Vpk-pk}$  で、シングルエンド出力は 4.89Vpk-pk、55mV~4.945V の範囲でスイングしています。



## 設計の参照資料

テキサス・インスツルメンツの総合的な回路ライブラリについては、『[アナログ エンジニア向け回路クックブック](#)』を参照してください。

テキサス・インスツルメンツ、『[差動出力 \(絶縁型\) アンプからシングルエンド入力 ADC への接続](#)』アプリケーション ブリーフ

## 設計に使用されている絶縁型アンプ

AMC3302	
動作電圧	1200 V <sub>RMS</sub>
ゲイン	41 V/V
帯域幅	340 kHz TYP
リニアな入力電圧範囲	±50 mV
<a href="#">AMC3302</a>	

## 差動からシングルエンドへのアンプの設計

TLV9002	
V <sub>CC</sub>	1.8V~5.5V
V <sub>inCM</sub> 、V <sub>out</sub>	レール ツー レール
V <sub>os</sub>	400μV
I <sub>q</sub>	60 μA
UGBW	1 MHz
SR	2 V/μs
<a href="#">TLV9002</a>	

## 代替絶縁型アンプの設計

AMC3301	
動作電圧	1200 V <sub>RMS</sub>
ゲイン	8.2 V/V
帯域幅	334 kHz TYP
リニアな入力電圧範囲	±250 mV
<a href="#">AMC3301</a>	

## 差動からシングルエンドへの代替アンプの設計

TLV6002	
V <sub>CC</sub>	1.8V~5.5V
V <sub>inCM</sub> 、V <sub>out</sub>	レール ツー レール
V <sub>os</sub>	750μV
I <sub>q</sub>	75 μA
UGBW	1 MHz
SR	0.5 V/μs
<a href="#">TLV6002</a>	

## 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](#)、または [ti.com](#) やかかる TI 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。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。

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、TI 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 © 2024, Texas Instruments Incorporated