

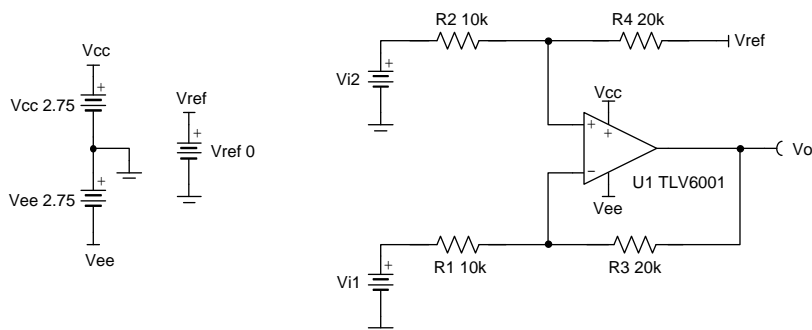
## 差分アンプ (減算器) 回路

### 設計目標

入力 ( $V_{i2} - V_{i1}$ )		出力		CMRR (最小値)	電源		
$V_{idiffMin}$	$V_{idiffMax}$	$V_{oMin}$	$V_{oMax}$	dB	$V_{cc}$	$V_{ee}$	$V_{ref}$
-1.25V	1.25V	-2.5V	2.5V	50	2.75V	-2.75V	0V

### 設計の説明

このデザインは、 $V_{i1}$ と $V_{i2}$ の2つの信号を入力し、それらの差分を出力します(減算器)。この回路の入力インピーダンスは抵抗回路により決定されるため、入力信号は一般に低いインピーダンスのソースから供給されます。差分アンプは一般に、差動入力信号を増幅し、同相電圧を除去するため使用されます。同相電圧は、両方の入力に共通の電圧です。差分アンプの能力が、同相信号の除去にどれだけ有効を示す数値を、同相除去比(CMRR)と呼びます。差分アンプのCMRRは、抵抗の公差によって主に決定されます。



Copyright © 2018, Texas Instruments Incorporated

### デザイン・ノート

1. オペアンプは線形動作領域で使用します。オペアンプの入力が、デバイスの同相範囲を超えないことを確認してください。線形出力スイングは通常、 $A_{OL}$  テスト条件に規定されています。
2. 入力インピーダンスは、入力抵抗回路により決定されます。これらの値が、ソースの出力インピーダンスと比較して大きいことを確認してください。
3. 値の大きい抵抗を使用すると、回路の位相マージンが劣化し、回路に追加のノイズが発生することがあります。
4. 安定性の問題を最小限に抑えるため、アンプの出力に容量性の負荷を直接配置することは避けてください。
5. 小信号の帯域幅は、ノイズ・ゲイン(または非反転ゲイン)と、オペアンプのゲイン帯域幅積(GBP)により決定されます。 $R_3$ および $R_4$ と並列にコンデンサを追加すると、追加のフィルタリングを実現できます。また、 $R_3$ および $R_4$ と並列にコンデンサを追加することで、値の大きい抵抗を使用したときの回路の安定性も向上します。
6. 大信号の性能は、スルー・レートにより制限されることがあります。この理由から、スルーに起因する歪みを最小限にするため、データシートにある最大出力スイングと周波数との関係プロットをチェックしてください。
7. オペアンプの線形動作領域、安定性、スルーに起因する歪み、容量性負荷の駆動、ADCの駆動、および帯域幅の詳細については、「設計の参照資料」セクションを参照してください。

## 設計手順

この回路の完全な伝達関数を次に示します。

$$V_o = V_{i1} \times \left(-\frac{R_3}{R_1}\right) + V_{i2} \times \left(\frac{R_4}{R_2+R_4}\right) \times \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) + V_{ref} \times \left(\frac{R_2}{R_2+R_4}\right) \times \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right)$$

$R_1 = R_2$ で、かつ $R_3 = R_4$ の場合、この回路の伝達関数は次の式に単純化できます。

$$V_o = (V_{i2} - V_{i1}) \times \frac{R_3}{R_1} + V_{ref}$$

- ここで、ゲインGは $R_3/R_1$ です。

- $R_1$ と $R_2$ の開始値を決定します。ソースの信号インピーダンスに対する $R_1$ と $R_2$ の相対的な大きさが、ゲイン誤差に影響を及ぼします。

$$R_1 = R_2 = 10k\Omega$$

- 回路に必要なゲインを計算します。

$$G = \frac{V_{oMax} - V_{oMin}}{V_{diffMax} - V_{diffMin}} = \frac{2.5V - (-2.5V)}{1.25V - (-1.25V)} = 2 \frac{V}{V} = 6.02dB$$

- $R_3$ と $R_4$ の値を計算します。

$$G = 2 \frac{V}{V} = \frac{R_3}{R_1} \rightarrow 2 \times R_1 = R_3 = R_4 = 20k\Omega$$

- 同相除去比(CMRR)の最小値を満たすよう、抵抗の公差を計算します。最小(ワーストケース)のCMRRについて、 $\alpha = 4$ です。より現実的、または一般的なCMRRの値については、 $\alpha = 0.33$ です。

$$CMRR_{dB} \cong 20 \log_{10} \left( \frac{1+G}{\alpha \times \varepsilon} \right) \quad ( ) \quad ( )$$

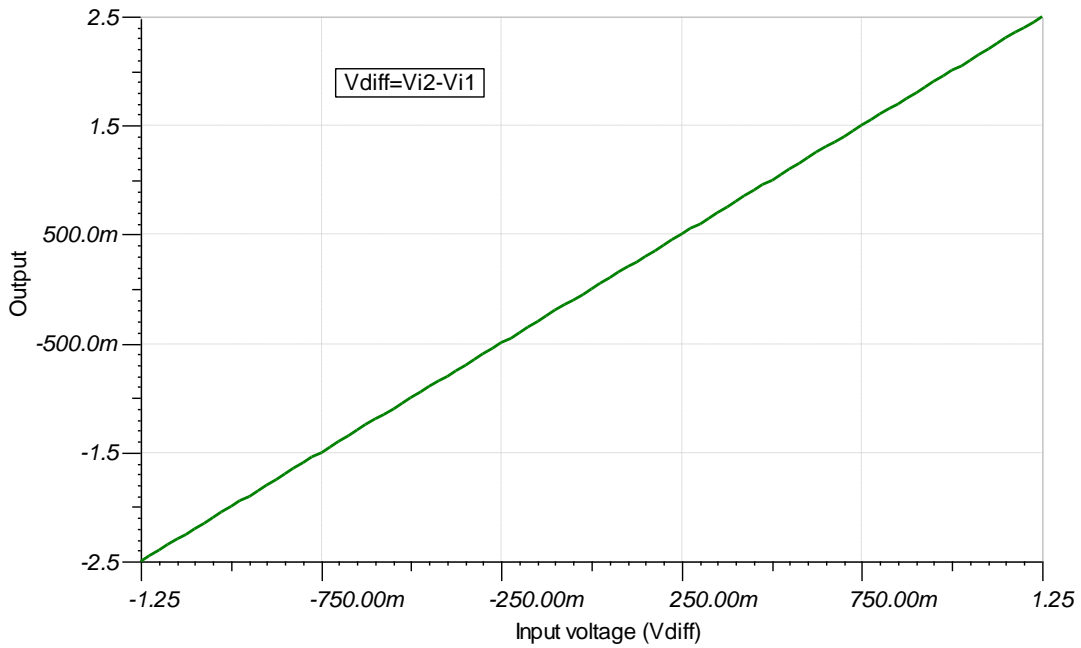
$$\varepsilon = \frac{1+G}{\alpha \times 10^{\frac{CMRR_{dB}}{20}}} = \frac{3}{4 \times 10^{\frac{50}{20}}} = 0.024 = 0.24\% \rightarrow \text{Use } 0.1\% \text{ resistors}$$

- クイック参照として、 $G = 1$ または $G = 2$ を想定した場合、最小および標準のCMRR値と、抵抗の公差との比較を、次の表に示します。上述のように、ゲインが増大するとCMRRも増大します。

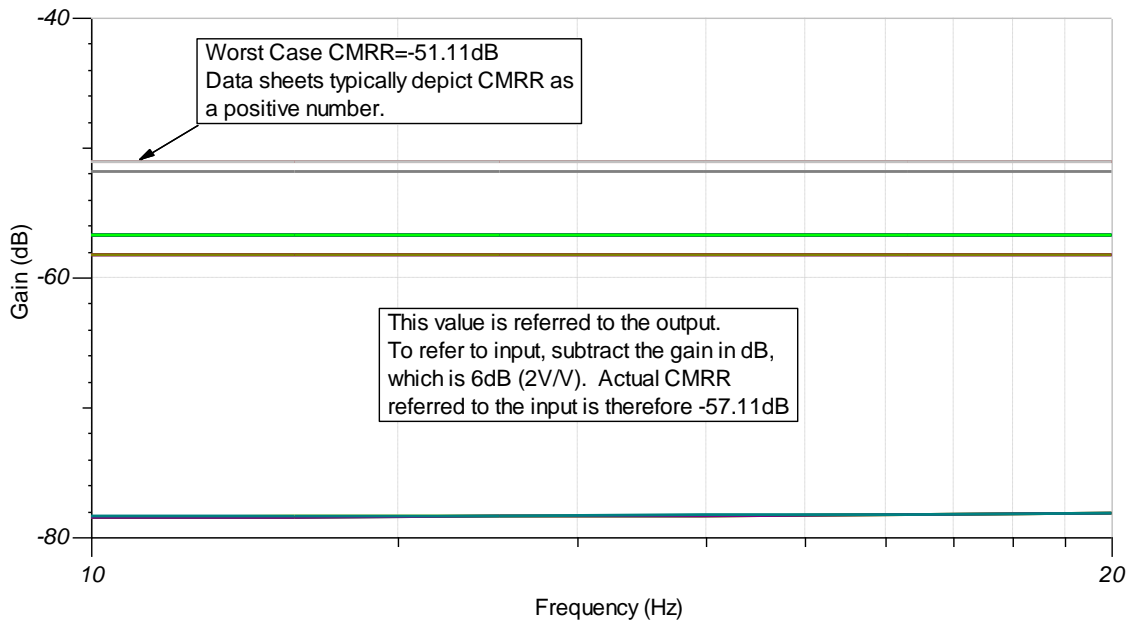
公差	G=1の最小値(dB)	G=1の標準値(dB)	G=2の最小値(dB)	G=2の標準値(dB)
0.01%=0.0001	74	95.6	77.5	99.2
0.1%=0.001	54	75.6	57.5	79.2
0.5%=0.005	40	61.6	43.5	65.2
1%=0.01	34	55.6	37.5	59.2
5%=0.05	20	41.6	23.5	45.2

設計シミュレーション

DCシミュレーション結果



CMRRシミュレーション結果



## 設計の参照資料

TI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。

回路 **SPICE** シミュレーション・ファイル [SBOC495](#) を参照してください。

同相範囲、出力スイング、帯域幅、ADCの駆動方法など、オペアンプのトピックの詳細については、[TIプレジジョン・ラボ](#)を参照してください。差分アンプのCMRRの詳細については、『[基本事項の再確認: 差分アンプの入カインピーダンス](#)』を参照してください。

## 設計に使用されるオペアンプ

TLV6001	
$V_{SS}$	1.8V~5.5V
$V_{inCM}$	レール・ツー・レール
$V_{out}$	レール・ツー・レール
$V_{os}$	750 $\mu$ V
$I_q$	75 $\mu$ A
$I_b$	1pA
<b>UGBW</b>	1MHz
<b>SR</b>	0.5V/ $\mu$ s
チャンネル数	1, 2, 4
<a href="http://www.ti.com/product/tlv6001">www.ti.com/product/tlv6001</a>	

## 設計の代替オペアンプ

OPA320	
$V_{SS}$	1.8V~5.5V
$V_{inCM}$	レール・ツー・レール
$V_{out}$	レール・ツー・レール
$V_{os}$	40 $\mu$ V
$I_q$	1.5mA
$I_b$	0.2pA
<b>UGBW</b>	20MHz
<b>SR</b>	10V/ $\mu$ s
チャンネル数	1, 2
<a href="http://www.ti.com/product/opa320">www.ti.com/product/opa320</a>	

## 改訂履歴

改訂内容	日付	変更
A	2019年1月	タイトルのサイズを小さく変更。 回路クックブックのランディング・ページへのリンクを追加。

## 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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、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 の販売約款 (<https://www.tij.co.jp/ja-jp/legal/terms-of-sale.html>)、または [ti.com](https://www.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。

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ合同会社  
Copyright © 2021, Texas Instruments Incorporated