

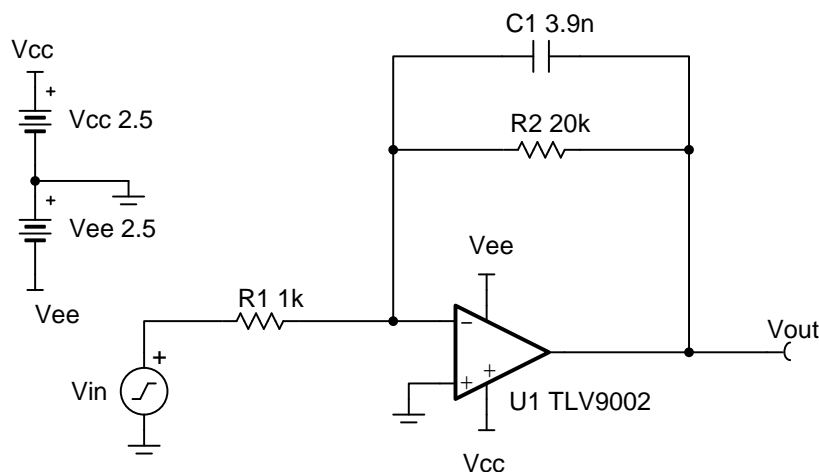
## ローパス・フィルタ付き反転アンプ回路

## 設計目標

入力		出力		BW	電源	
$V_{iMin}$	$V_{iMax}$	$V_{oMin}$	$V_{oMax}$	$f_p$	$V_{ee}$	$V_{cc}$
-0.1V	0.1V	-2V	2V	2kHz	-2.5V	2.5V

## 設計の説明

この調節可能なローパス反転アンプ回路は、信号レベルを 26dB、または 20V/V 増幅します。 $R_2$  と  $C_1$  はこの回路のカットオフ周波数を設定します。この回路の周波数応答はパッシブ RC フィルタと同じですが、出力がアンプのパスバンド・ゲインによって増幅されます。ローパス・フィルタは多くの場合、オーディオ信号チェーンに使用され、バスブースト・フィルタと呼ばれることもあります。



## デザイン・ノート

1.  $C_1$  と  $R_2$  はローパス・フィルタのカットオフ周波数を設定します。
2. 同相電圧はオペアンプの非反転入力により設定され、この場合は電源電圧の 1/2 です。
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、回路に余計なノイズが発生することがあります。
4.  $R_2$  と  $R_1$  は回路のゲインを設定します。
5. オーディオ・バスブースト・アプリケーション用には、極周波数  $f_p$  として 2kHz を選択します。
6. 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。
7. 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、スルーに起因するひず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の関係のプロットを確認してください。
8. オペアンプの線形動作領域、安定性、スルーに起因するひずみ、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、「関連資料」のセクションを参照してください。

## 設計手順

この回路の DC 伝達関数は次のとおりです。

$$V_o = V_i \times \left(-\frac{R_2}{R_1}\right)$$

1. 所定のパスバンド・ゲインになるように、抵抗値を選択します。

$$\text{Gain} = \frac{R_2}{R_1} = 20 \frac{V}{V} \text{ (26 dB)}$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \text{Gain} \times (R_1) = 20 \frac{V}{V} \times 1 \text{ k}\Omega = 20 \text{ k}\Omega$$

2. ローパス・フィルタの極周波数  $f_p$  を選択します。

$$f_p = 2 \text{ kHz}$$

3.  $R_2$  を使用して  $C_1$  を計算し、 $f_p$  の位置を設定します。

$$f_p = \frac{1}{2\pi \times R_2 \times C_1} = 2 \text{ kHz}$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \times R_2 \times f_p} = \frac{1}{2\pi \times 20 \text{ k}\Omega \times 2 \text{ kHz}} = 3.98 \text{ nF} \approx 3.9 \text{ nF} \text{ (Standard Value)}$$

4. スルーに起因するひずみを最小限にするため、必要な最小スルー・レートを計算します。

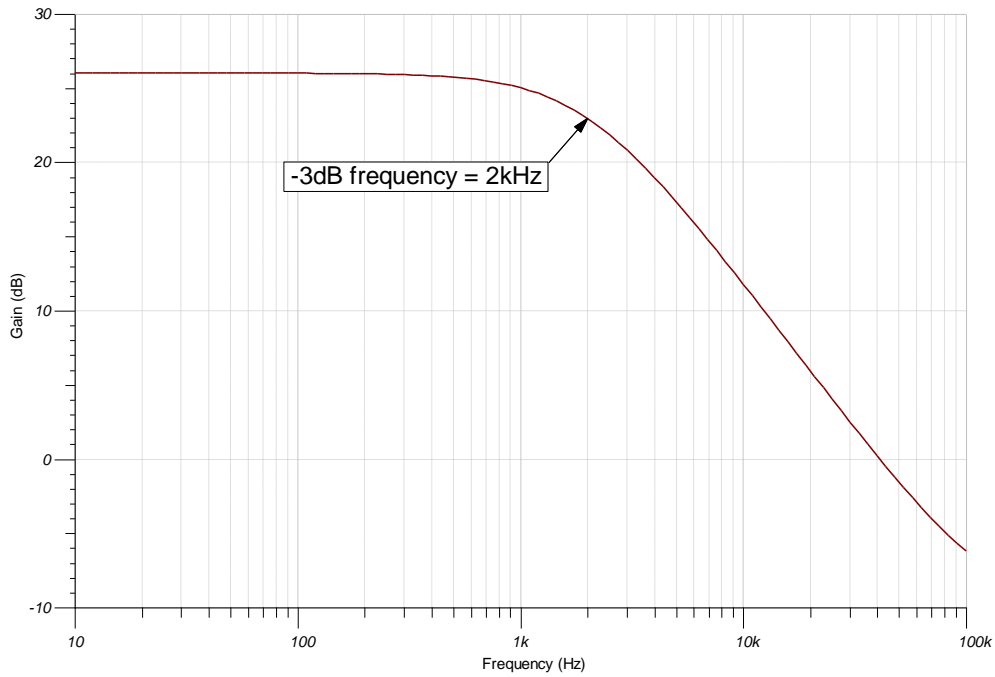
$$V_p = \frac{SR}{2 \times \pi \times f} \rightarrow SR > 2 \times \pi \times f \times V_p$$

$$SR > 2 \times \pi \times 2 \text{ kHz} \times 2 \text{ V} = 0.25 \frac{V}{\mu\text{s}}$$

5.  $SR_{TLV9002} = 2V/\mu\text{s}$  であるため、この要件は満たされます。

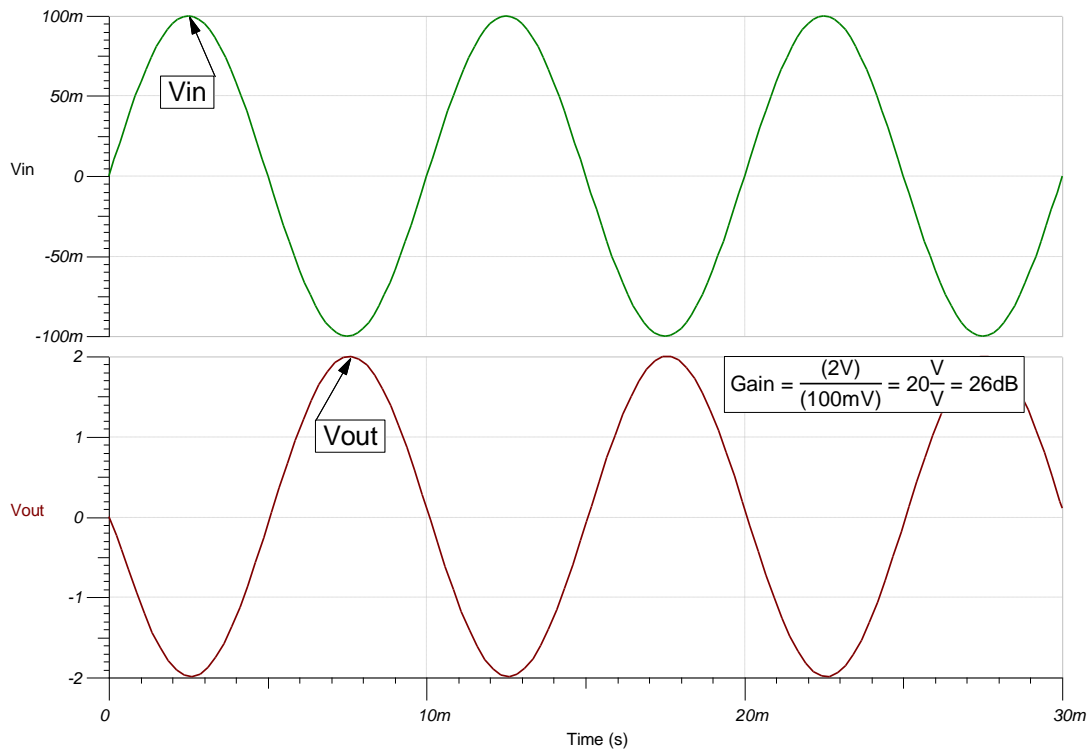
設計シミュレーション

ACシミュレーション結果

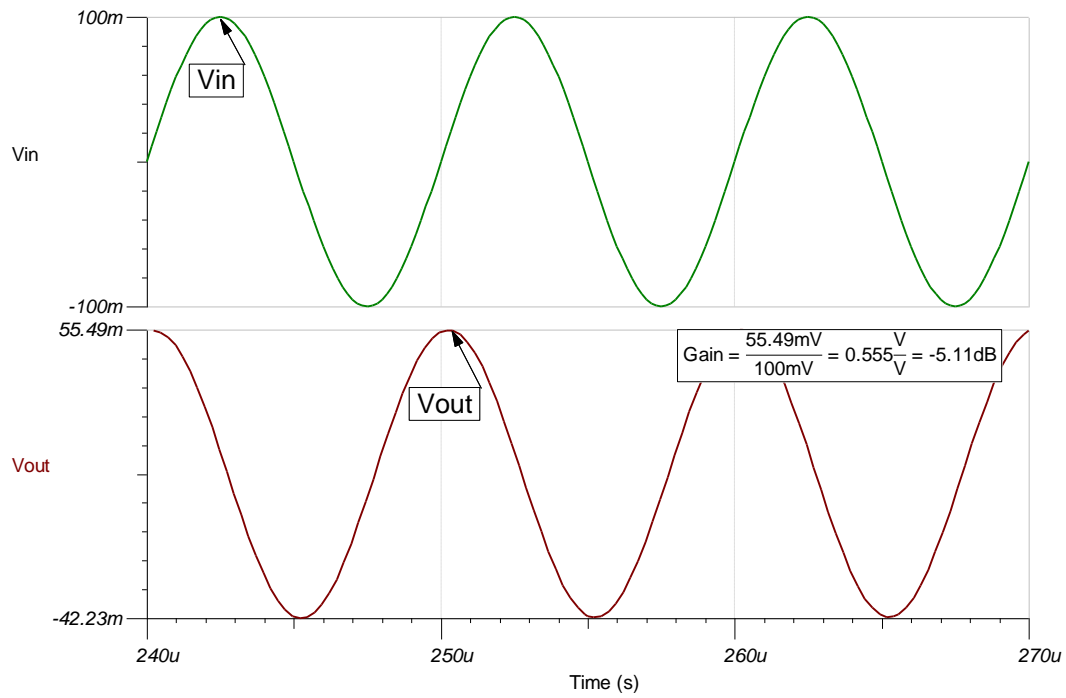


過渡シミュレーション結果

100Hz、0.2V<sub>pp</sub> の正弦波により、4V<sub>pp</sub> の出力正弦波が得られます。



100kHz、 $0.2V_{pp}$  の正弦波により、 $0.1V_{pp}$  の出力正弦波が得られます。



**関連資料**

1. [アナログ・エンジニア向け回路クックブック](#)
2. SPICE シミュレーション・ファイル: [SBOC523](#)
3. TI Precision Designs [TIPD185](#)
4. [TI プレシジョン・ラボ](#)

**設計に使用されるオペアンプ**

<b>TLV9002</b>	
$V_{ss}$	1.8V~5.5V
$V_{inCM}$	レール・ツー・レール
$V_{out}$	レール・ツー・レール
$V_{os}$	0.4mV
$I_q$	60 $\mu$ A
$I_b$	5pA
<b>UGBW</b>	1MHz
<b>SR</b>	2V/ $\mu$ s
チャンネル数	1、2、4
<a href="http://www.ti.com/product/tlv9002">www.ti.com/product/tlv9002</a>	

**設計の代替オペアンプ**

<b>OPA375</b>	
$V_{ss}$	2.25V~5.5V
$V_{inCM}$	$V_{ee} \sim V_{cc} - 1.2V$
$V_{out}$	レール・ツー・レール
$V_{os}$	0.15mV
$I_q$	890 $\mu$ A
$I_b$	10pA
<b>UGBW</b>	10MHz
<b>SR</b>	4.75V/ $\mu$ s
チャンネル数	1
<a href="http://www.ti.com/product/opa375">www.ti.com/product/opa375</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