

Analog Engineer's Circuit

PWM ジェネレータ回路



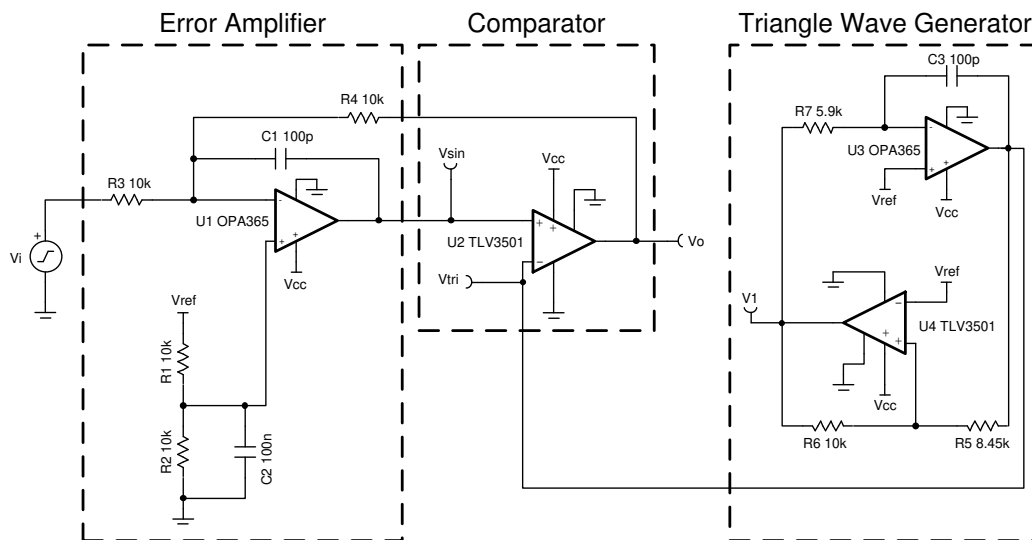
Masashi Miyagawa

設計目標

入力		出力		電源		
V_{iMin}	V_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	V_{cc}	V_{ee}	V_{ref}
-2.0 V	2.0 V	0 V	5 V	5 V	0 V	2.5 V

設計の説明

この回路は、三角波ジェネレータとコンパレータを活用して、デューティサイクルが入力電圧に反比例する 500kHz のパルス幅変調(PWM)波形を生成します。オペアンプとコンパレータ (U_3 および U_4) が、2 番目のコンパレータ (U_2) の反転入力に印加される三角波を生成します。入力電圧は、 U_2 の非反転入力に印加されます。入力波形を三角波と比較して、PWM 波形が生成されます。出力波形の精度と線形性を高めるため、 U_2 はエラー アンプ (U_1) の帰還ループ内に配置されます。



デザイン ノート

1. プッシュプル出力を持ち、伝播遅延が最小限のコンパレータを使用します。
2. 十分なスルーレート、GBW、電圧出力スイングを持つオペアンプを使用します。
3. C_1 により生み出される極は、スイッチング周波数より下で、可聴範囲を大きく上回るように配置します。
4. V_{ref} はインピーダンスが低い必要があります (たとえば、オペアンプの出力など)。

設計手順

1. エラー アンプの反転信号ゲインを設定します。

$$\text{Gain} = -\frac{R_4}{R_3} = -1\frac{V}{V}$$

$$\text{Select } R_3 = R_4 = 10\text{k}\Omega$$

2. 非反転ゲインをキャンセルするため、 V_{ref} を分圧するための R_1 と R_2 を決定します。

$$V_{\text{o,dc}} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) \times V_{\text{ref}}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10\text{k}\Omega, V_{\text{o,dc}} = 2.5\text{V}$$

3. PWM 出力信号のデューティ サイクルが 0% または 100% になることを避けるため、 V_{tri} の振幅は、 V_1 の最大振幅 (2.0V) より大きくなるよう選択する必要があります。 V_{tri} に 2.1V を選択します。 V_1 の振幅は 2.5V になります。

$$V_{\text{tri}} (\text{Amplitude}) = \frac{R_5}{R_6} \times V_1 (\text{Amplitude})$$

$$\text{Select } R_6 \text{ to be } 10\text{k}\Omega, \text{ then compute } R_5$$

$$R_5 = \frac{V_{\text{tri}} (\text{Amplitude}) \times R_6}{V_1 (\text{Amplitude})} = 8.4\text{k}\Omega \approx 8.45\text{k}\Omega (\text{Standard Value})$$

4. 発振周波数を 500kHz に設定します。

$$f_t = \frac{R_6}{4 \times R_7 \times R_5 \times C_3}$$

$$\text{Set } C_3 = 100\text{pF}, \text{ then compute } R_7$$

$$R_7 = \frac{R_6}{4 \times f_t \times R_5 \times C_3} = 5.92\text{k}\Omega \approx 5.90\text{k}\Omega (\text{Standard Value})$$

5. アンプの帯域幅がスイッチング周波数未満に制限されるように、 C_1 を選択します。

$$f_p = \frac{1}{2 \times \pi \times R_4 \times C_1}$$

$$C_1 = 100\text{pF} \rightarrow f_p = 159\text{kHz}$$

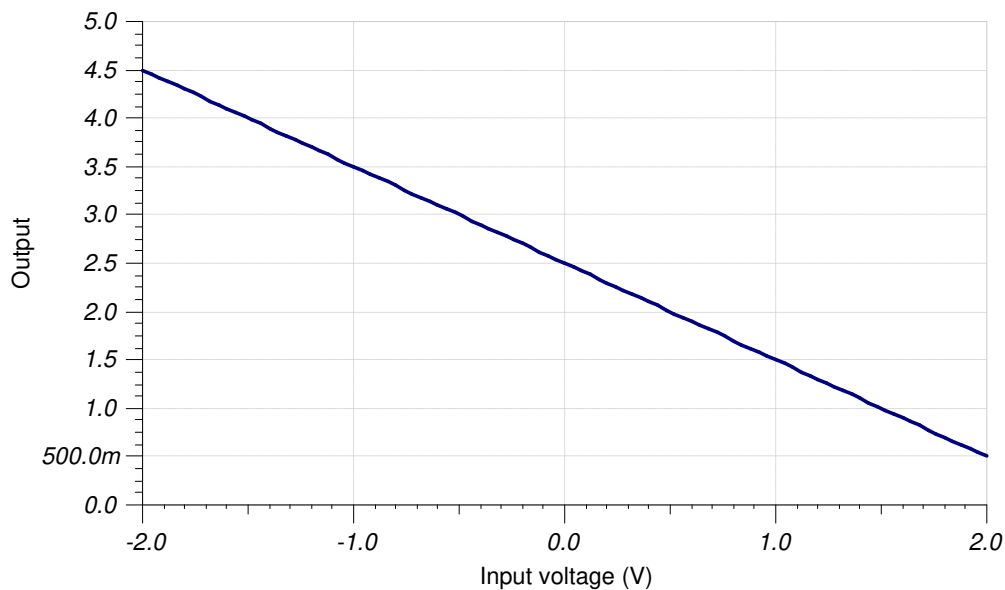
6. V_{ref} からのノイズがフィルタ処理されるように、 C_2 を選択します。

$$C_2 = 100\text{nF} (\text{Standard Value})$$

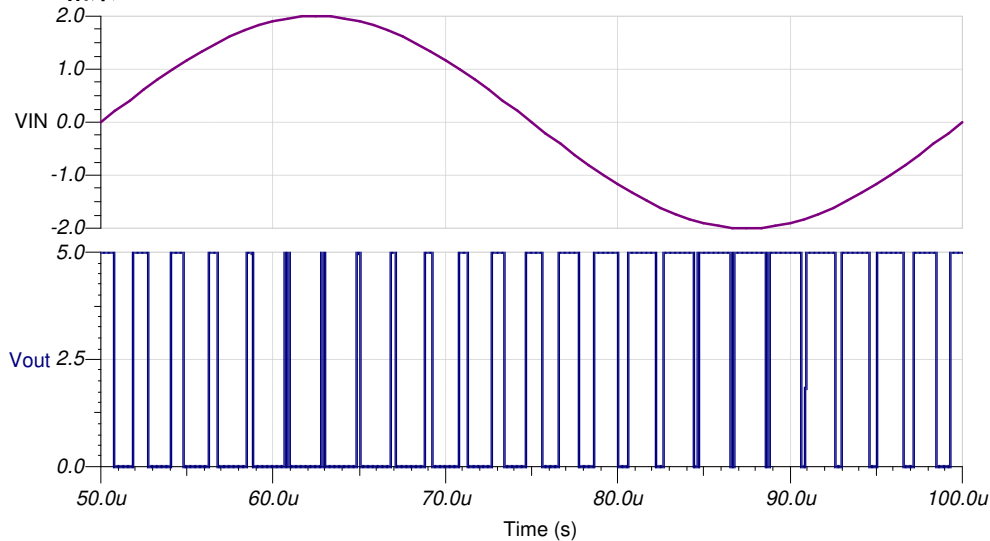
$$f_{\text{div}} = \frac{1}{2 \times \pi \times C_2 \times \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}} = 320\text{Hz}$$

設計シミュレーション

DC シミュレーション結果



過渡シミュレーション結果



設計の参照資料

テキサス・インスツルメンツ、[PWM ジェネレータ回路のシミュレーション](#)、SPICE 回路シミュレーション ファイル

テキサス・インスツルメンツ、[アナログ PWM ジェネレータ、5V、500kHz PWM 出力、リファレンス デザイン](#)

設計に使用されているオペアンプ

OPA2365	
V_{SS}	2.2V~5.5V
V_{inCM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	100 μ V
I_q	4.6mA
I_b	2pA
UGBW	50 MHz
SR	25V/ μ s
チャンネル数	2
OPA2365	

設計のコンパレータ

TLV3502	
V_{SS}	2.2V~5.5V
V_{inCM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	1 mV
I_q	3.2mA
I_b	2pA
UGBW	—
SR	—
チャンネル数	2
TLV3502	

設計の代替オペアンプ

OPA2353	
V_{SS}	2.7V~5.5V
V_{inCM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	3 mV
I_q	5.2mA
I_b	0.5pA
UGBW	44 MHz
SR	22V/ μ s
チャンネル数	2
OPA2352	

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision A (February 2019) to Revision B (October 2024)	Page
---	-------------

- 文書全体にわたって表、図、相互参照の書式を更新..... **1**
-

Changes from Revision * (January 2018) to Revision A (February 2019)	Page
---	-------------

- タイトルのサイズを小さくし、タイトルのロールを「アンプ」に変更。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。..... **1**
-

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 © 2024, Texas Instruments Incorporated

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