

コンパレータシリーズ

コンパレータのヒステリシス設定について

目次:

- 1.回路構成と動作について
- 2.しきい値電圧の計算(抵抗分割型)
- 3.しきい値電圧の計算(基準電圧型)
- 4.しきい値電圧の計算(簡易型)
- 5.コンパレータ出力電圧について(共通)

1.回路構成と動作について

ヒステリシスコンパレータ

コンパレータに正帰還*を付けて使用します。出力電圧 High と Low の電位差および帰還抵抗により+IN 端子の比較基準となる電圧を変化させます。比較電圧が変動した幅がヒステリシス幅となります。本回路構成は、-IN 端子に信号を入力するため出力は反転します。

* 負帰還ではヒステリシスコンパレータにはならないので注意。

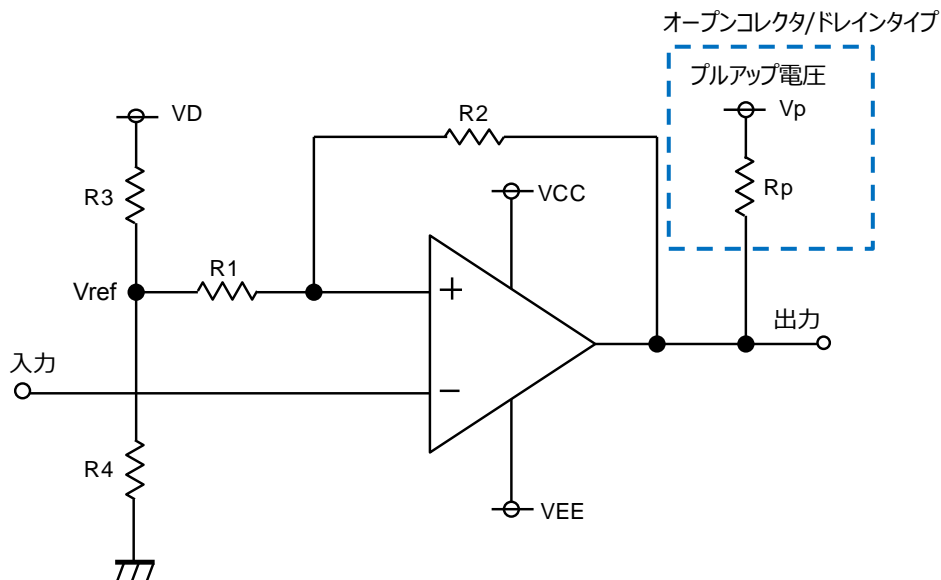


Figure 1. ヒステリシスコンパレータ回路

・ヒステリシスが無い場合の動作

入力信号と Vref(比較電圧)がほぼ等しい場合にノイズなどで、しきい値を超えると出力が不安定になります。(チャタリングが発生)

Figure 2. はヒステリシスが無いコンパレータの応答波形です。

- ① Vref(+IN)に対し十分に Vref を越える入力信号(-IN)を入力させると、Vref のしきい値に対して出力が変化します。
- ② Vref(+IN)に対し Vref と同等レベルの入力信号(-IN)を入力させると、Vref のしきい値に対してノイズ等の影響で越える場合や越えない場合が発生し出力が不安定(チャタリングが発生)になります。

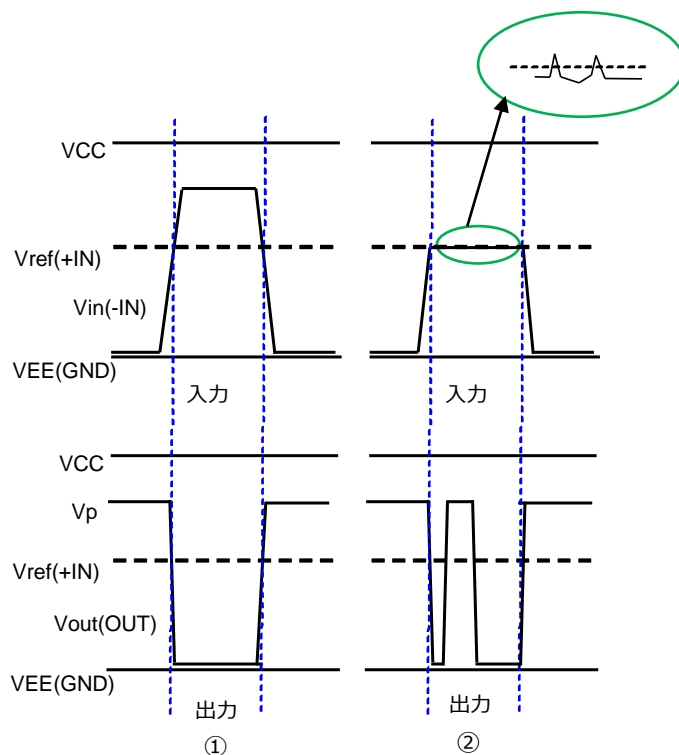


Figure 2. ヒステリシスが無いコンパレータの応答波形

・ヒステリシスがある場合の動作

High から Low に切り替わるしきい値及び、Low から High に切り替わるしきい値に差を持たせているため、しきい値電圧付近の信号が入力された場合でも出力にチャタリングは発生しません。

Figure 3. はヒステリシスがある場合のコンパレータの応答波形です。

- ③ Vref(+IN) V_{thH} 、 V_{thL} に対し十分に Vref を越える入力信号(-IN)を入力させると、Vref のしきい値に対して出力が変化します。
- ④ Vref(+IN)に対し V_{thH} と同等レベルの入力信号(-IN)を越えて出力すると、 V_{thL} のしきい値を越えない限り出力が反応しないのでチャタリングは発生しません。
 V_{thL} : Low から High に切り替わる電圧
 V_{thH} : High から Low に切り替わる電圧

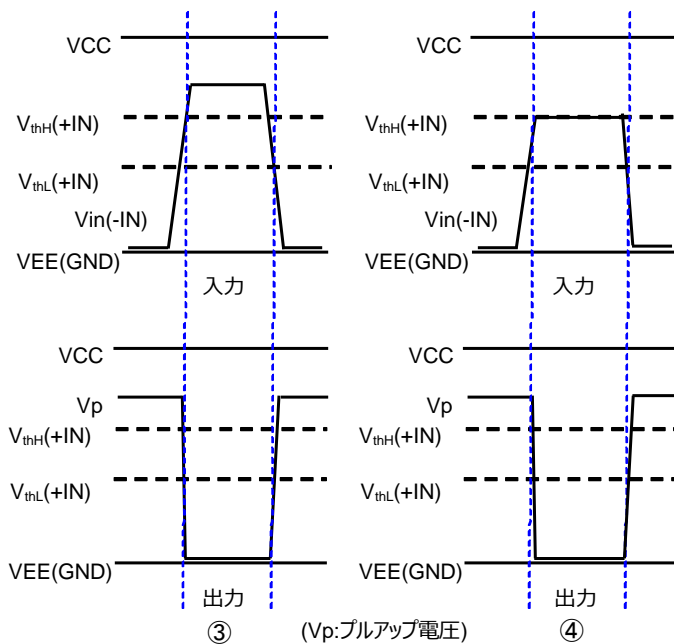


Figure 3. ヒステリシスコンパレータの応答波形

2.しきい値電圧の計算(抵抗分割型)

ヒステリシスコンパレータのしきい値電圧の計算。

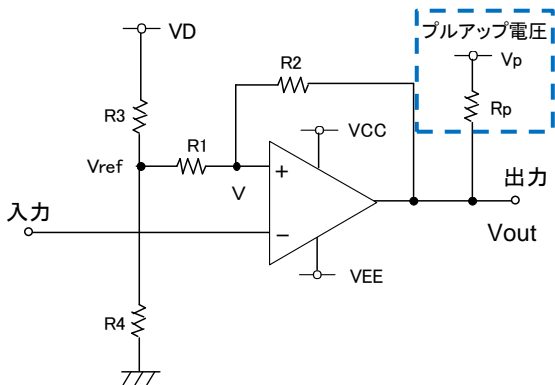


Figure 4. 抵抗分割を用いたヒステリシスコ
ンパレータ回路

上記回路構成で、しきい値電圧とヒステリシス幅は次のようになります。

・しきい値電圧

$$V_{thH} = \frac{V_{OH} + \frac{R_2 a}{R_1 R_3} V_D}{\frac{1}{R_1} (R_1 + R_2 - \frac{R_2 a}{R_1})} \quad V_{thL} = \frac{V_{OL} + \frac{R_2 a}{R_1 R_3} V_D}{\frac{1}{R_1} (R_1 + R_2 - \frac{R_2 a}{R_1})}$$

・ヒステリシス幅

$$\Delta V_{th} = V_{thH} - V_{thL} \quad \text{ただし} \quad a = \frac{1}{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4})}$$

ポイント

しきい値電圧の計算はパラメータが多く複雑なため、表計算ソフトなどを用いてあらかじめ式を入力しておき計算を行うと良い。

計算過程

Figure 4. の Vref 及び V ノードに対し
電流式を立てます。

$$\frac{V_D - V_{ref}}{R_3} + \frac{V - V_{ref}}{R_1} = \frac{V_{ref}}{R_4} \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\frac{V - V_{ref}}{R_1} = \frac{V_{out} - V}{R_2} \quad \dots \textcircled{2}$$

②を Vout について解きます。

$$\frac{R_2}{R_1} V - \frac{R_2}{R_1} V_{ref} = V_{out} - V$$

$$V_{out} = (\frac{R_2}{R_1} + 1)V - \frac{R_2}{R_1} V_{ref} \quad \dots \textcircled{3}$$

①を Vref について解きます。

$$\frac{V_D}{R_3} - \frac{V_{ref}}{R_3} + \frac{V}{R_1} - \frac{V_{ref}}{R_1} = \frac{V_{ref}}{R_4}$$

$$(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}) V_{ref} = \frac{V_D}{R_3} + \frac{V}{R_1}$$

$$V_{ref} = \frac{1}{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4})} \cdot \frac{V_D}{R_3} + \frac{1}{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4})} \cdot \frac{V}{R_1}$$

$$V_{ref} = \frac{a}{R_3} V_D + \frac{a}{R_1} V \quad \dots \textcircled{4} \quad \text{ただし、} \quad a = \frac{1}{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4})}$$

③、④について解くと⑤式を得ます。

$$V = \frac{V_{out} + \frac{R_2 a}{R_1 R_3} V_D}{\frac{1}{R_1} (R_1 + R_2 - \frac{R_2 a}{R_1})} \quad \dots \textcircled{5}$$

V はヒステリシスコパレータしきい値電圧で 2 通り、V_{thL}:Low から High に切り替わる電圧 V_{thH}:High から Low に切り替わる電圧。

Vout はコンパレータの出力電圧で H か L の 2 通りの出力、VOH:High 出力電圧 VOL:Low 出力電圧。

3.しきい値電圧の計算(基準電圧型)

基準電圧を電源等で与えた場合の、ヒステリシスコンパレータのしきい値電圧の計算。

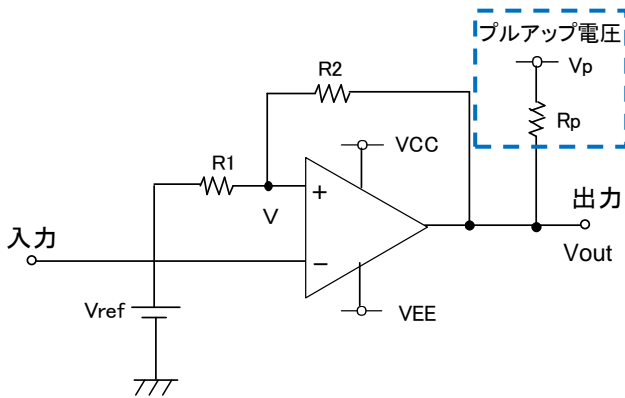


Figure 5. Vref 基準電源を用いたヒステリシスコンパレータ回路

・しきい値電圧

$$V_{thH} = a \frac{R_2}{R_1} V_{ref} + aV_{OH} \quad a = \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_1}}$$

$$V_{thL} = a \frac{R_2}{R_1} V_{ref} + aV_{OL}$$

・ヒステリシス幅

$$\Delta V_{th} = V_{thH} - V_{thL}$$

ポイント

- ・しきい値の決定において、変数の数が抵抗分割型よりも少なくなっているため電圧設定における自由度は低下している。

Vref 及び V ノードに対し電流式を立てます。

$$\frac{V_{ref} - V}{R_1} = \frac{V - V_{out}}{R_2} \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\frac{R_2}{R_1} V_{ref} - \frac{R_2}{R_1} V = V - V_{out}$$

$$\frac{R_2}{R_1} V_{ref} + V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V \quad \dots \textcircled{2}$$

V の係数を a とおき②を V について解きます。

$$a = \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_1}} \quad V = a \frac{R_2}{R_1} V_{ref} + aV_{out} \quad \dots \textcircled{3}$$

ここで V はしきい値電圧 V_{thL} 、 V_{thH} 、 V_{out} はハイレベル出力電圧 V_{OH} 及びローレベル出力電圧 V_{OL} なので式③のように表現できます。

4.しきい値電圧の計算(簡易型)

簡易型ヒステリシスコンパレータのしきい値電圧の計算。

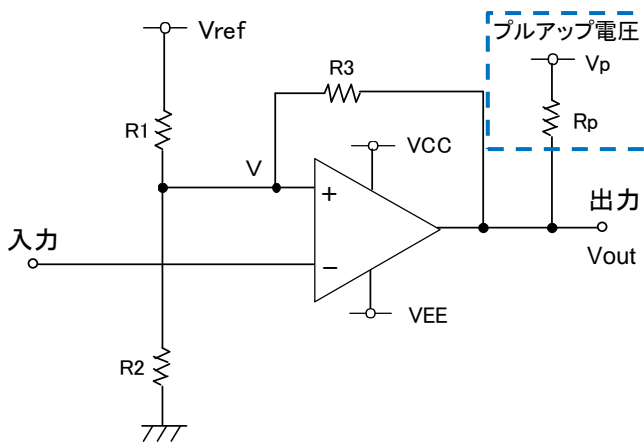


Figure 6. 簡易型ヒステリシスコンパレータ

・しきい値電圧

$$V_{thH} = \frac{a}{R_1} V_{ref} + \frac{a}{R_3} V_{OH} \quad a = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}$$

$$V_{thL} = \frac{a}{R_1} V_{ref} + \frac{a}{R_3} V_{OL}$$

・ヒステリシス幅

$$\Delta V_{th} = V_{thH} - V_{thL}$$

ポイント

- ・入力抵抗が無い分、しきい値の設定幅の自由度が下がっている。

V ノードに対し電流式を立てます。

$$\frac{V_{ref} - V}{R_1} - \frac{V}{R_2} + \frac{V_o - V}{R_3} = 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\frac{1}{R_1} V_{ref} - \frac{1}{R_1} V - \frac{1}{R_2} V + \frac{1}{R_3} V_o - \frac{1}{R_3} V = 0$$

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)V = \frac{1}{R_1} V_{ref} + \frac{1}{R_3} V_o$$

$$V = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)} \left(\frac{1}{R_1} V_{ref} + \frac{1}{R_3} V_o\right)$$

V の係数を a とおき②を V について解きます。

$$a = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)} \quad V = \frac{a}{R_1} V_{ref} + \frac{a}{R_3} V_o \quad \dots \textcircled{2}$$

と、なります。

5.コンパレータ出力電圧について(共通)

出力電圧について抵抗分割型、基準電圧型、簡易型どれでも同じ計算で算出が可能です。

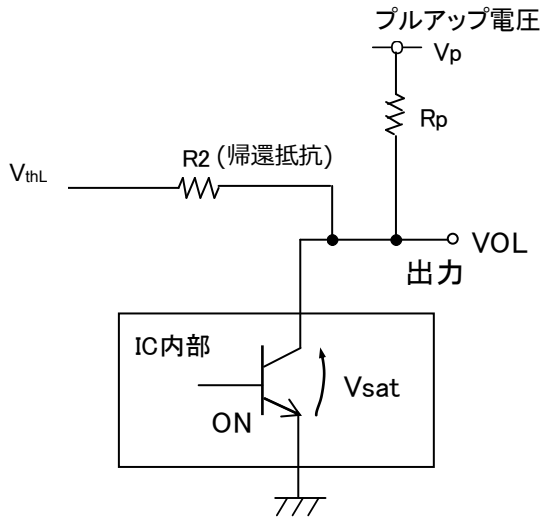


Figure 7. Low 電圧出力

VOL は IC に流れ込む電流により変化します。
実測データより見積りを行います。

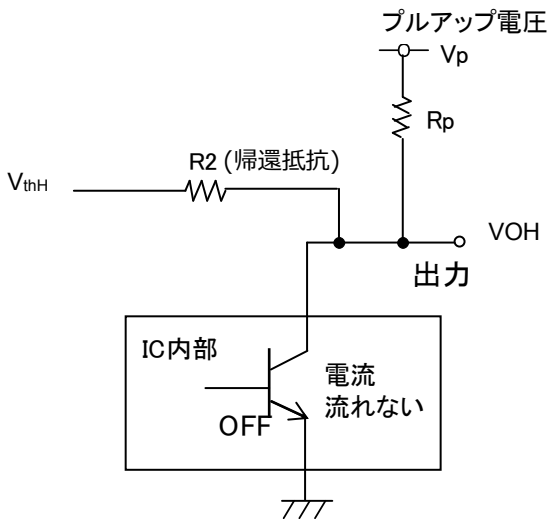


Figure 8. High 電圧出力

VOH は外付け抵抗としきい値電圧により
決定するので計算が可能です。

$$\frac{V_p - V_{OH}}{R_p} = \frac{V_{OH} - V_{thH}}{R_2}$$

$$\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_p}\right)V_{OH} = \frac{V_p}{R_p} + \frac{V_{thH}}{R_2}$$

$$V_{OH} = \frac{a}{R_p}V_p + \frac{a}{R_2}V_{thH} \quad a = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_p}}$$

ポイント

- ・ヒステリシス電圧の目安を付けて回路を構成し VOH は計算を行い、VOL は実際に測定する方法もある。

ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本製品は、一般的な電子機器（AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器など）および本資料に明示した用途への使用を意図しています。
- 7) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされておられません。
- 8) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 9) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 10) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したものです。万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。
- 12) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上でご使用ください。お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 13) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 14) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.co.jp/contact/>