

交通・鉄道信号機 簡易コントローラー

勝部 雅稔 (コンサルティング・エンジニア)

ビジネス・フィールド:

- 半導体の品質問題解決支援サービス
- 電子回路設計

自著:

題名: オペアンプ スペックと活用

本書は、オペアンプのスペックと、その測定方法や活用方法を示しています。本書が扱うスペックの範囲は、直流/交流/雑音です。「スペックの活用」には、応用回路上で発生する誤差計算方法が挙げられます。また本書では、理想モデルからは正確な計算が難しい場合の計算方法や測定方法を提案しています。「ノウハウ」とも言い得ます。本文は452ページです。

連絡先:

名前: 勝部 雅稔 (かつべ まさとし)

所在地: 〒215-0017 神奈川県 川崎市 麻生区 王禅寺西5-3-5-302

e-mail: mkatsube@juno.dti.ne.jp

ホームページ: <http://www.juno.dti.ne.jp/~mkatsube/Home.html>

交差点や鉄道の模型で、信号機動作を得るためのコントローラーです。アナログ素子を使い、回路を簡素化しています。図1～図3が、コントローラーの全回路図です。これらの接続で、交通信号機や鉄道信号機動作を作り出します。交通信号機動作では、一方が青→黄→赤と切り替わる間、他方は赤のままという動作もできます。

本コントローラーは、5[V]～15[V]の広い電源電圧範囲でご使用いただけます。

この回路は、コンピューターを含まず、基本的にハンダ付けだけで製作できます。ですから、幅広いみなさんにご利用いただけると思います。

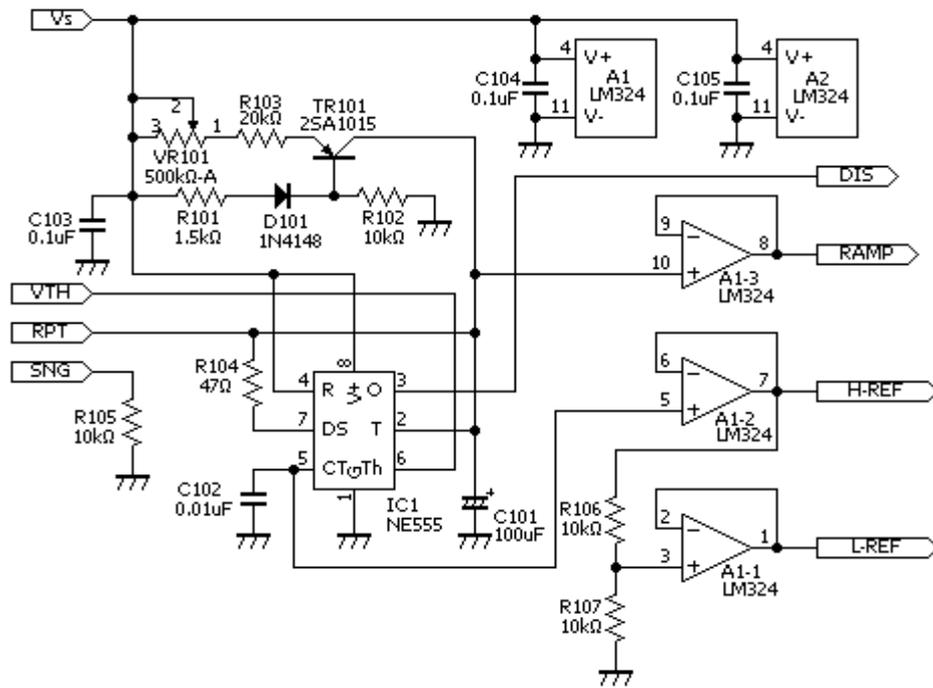


図1 RAMP

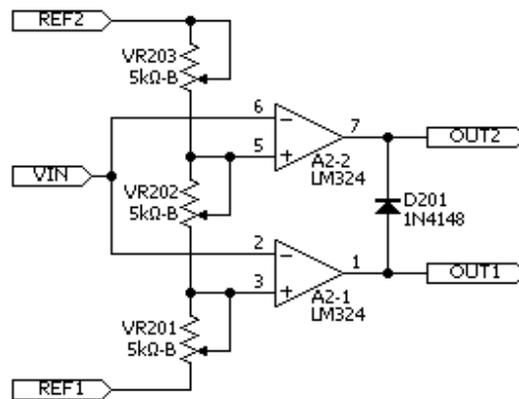


図2 COMP1

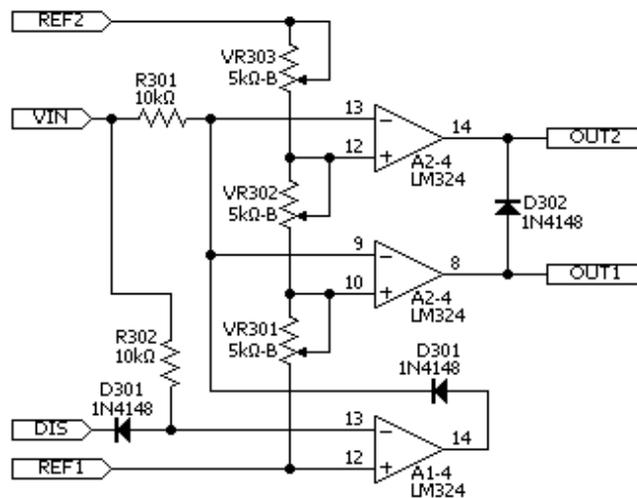


図3 COMP2

下表は、交通信号機の動作です。G:Green Y:Yellow R:Redです。

ステップ	1	2	3
点灯 LED	G	Y	R

表1 1機動作(交通信号機)

ステップ	1	2	3	4	5	6
信号機1	G	Y	R	R	R	R
信号機2	R	R	R	G	Y	R

表2 2機動作(交通信号機)

表3は、鉄道信号動作です。信号側近に列車検出を取り付け、列車を検知すると、直ちに信号がG→Rになります。そうしてR→Y→Gとなります。Gは、次の列車検出まで保持します。

ステップ	1	2	3
点灯 LED	R	Y	G

表3 鉄道信号動作

動作原理

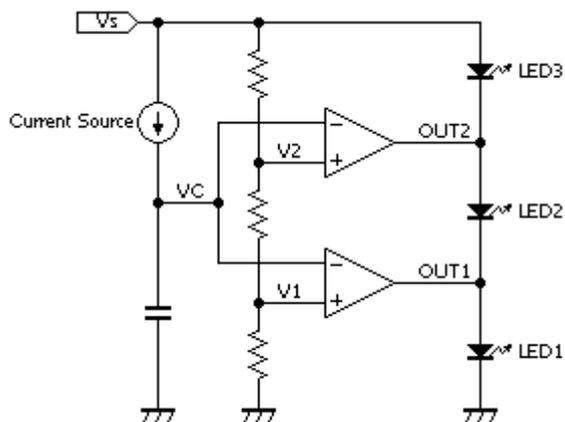


図4 基本回路

図4が、コントローラーの概念です。図中の Current Source (定電流源) によって、コンデンサを充電します。コンデンサの両端電圧 (VC) は、次式で表されます。

$$VC = \frac{I \times t}{C}$$

I: 充電電流 [A]

t: 時間 [sec]

C: 静電容量 [F]

この式は、「VC は、t に対して単調に比例する」ということです。

コンデンサは、コンパレータ動作のオペアンプに接続します。オペアンプ出力は、VC により H/L が決まります。表4は、VC とオペアンプ出力の関係を示しています。

VC	<V1	V1~V2	>V3
OUT1	H	L	L
OUT2	H	H	L

表4 図4の VC とオペアンプ出力の関係

動作説明に移る前に、次の仮定の下で説明を進めます。仮定とは、「オペアンプ出力の H/L は、電源電圧まで振れる」とことと「LED には、適正な電流が通じる」とことです。

表4と図4から LED が点灯する条件とは、LED の両端に電位差があることです。

このことから、表4の VC が <V1 では LED1 が点灯します。同様に V1~V2 では LED2 が、>V3 では LED3 が点灯します。また、いずれの状態でも点灯する LED は 1 個だけです。

LED1~3 に Green・Yellow・Red の LED を使えば、VC の変化に対して順に点灯することがわかります。

それぞれの LED が点灯する時間は、図4の抵抗器の比で決まります。LED の点灯が Green→Yellow→Red と一巡する時間は、コンデンサまたは充電電流で決まります。このコントローラーでは、電流を変化させています。

以上が、このコントローラーの動作原理です。

交通信号機 (1機動作)

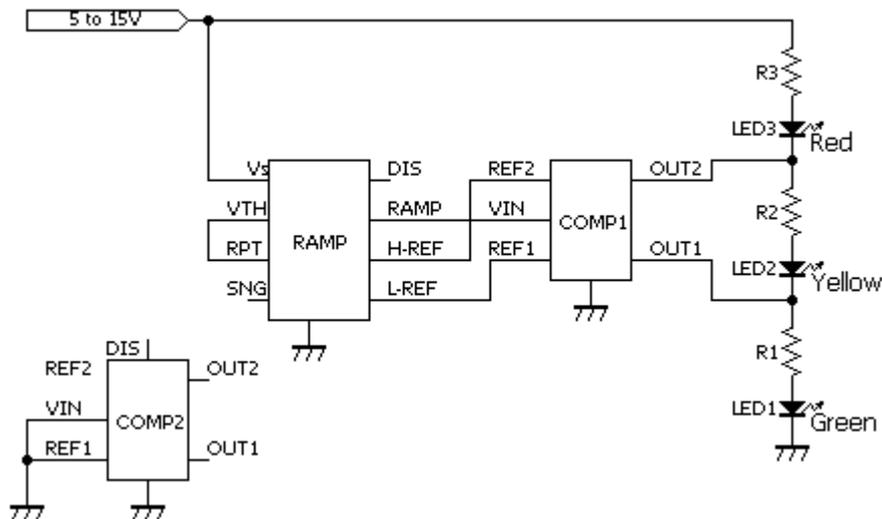


図5 1機動作の接続図

図5が、この動作の接続図です。Green→Yellow→Red(→Greenに戻る)を繰り返します。

この回路では、適切なLED駆動電流を得るためにR1, R2, R3の調整が必要です。OUT1とOUT2の電圧はLM324で生成されますが、その出力電圧はLED駆動時に0[V]⇔V_s[V]のように電源電圧まで振れません。このことは、同じ輝きを得るために同一LEDでもR1, R2, R3は異なる値に設定することになります。可変抵抗器を用いて、適切な値を見つけ出すのが良いでしょう。

LM324の最大出力電流は20[mA]程度です。これ以上の駆動電流が必要であれば、LED1, LED2, LED3の代わりにフォトカプラを用いる方法があります。図6に回路例を示します。これでリレー駆動すれば、電球も駆動できます。

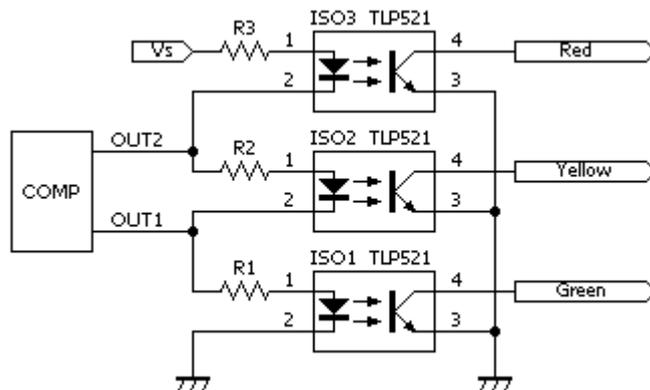


図6 出力にフォトカプラを用いた回路例 (図5に対応)

この回路では、電源投入直後の最初のサイクルでLED1が長時間点灯します。点灯時間は、LED1・LED2・LED3の1サイクル時間にLED1の点灯時間を加えた時間です。次サイクル以降は、セッティングどおりになります。ですから、LEDの点灯時間を調整する場合は、最初のサイクルは無視してください。

交通信号機（2機動作）

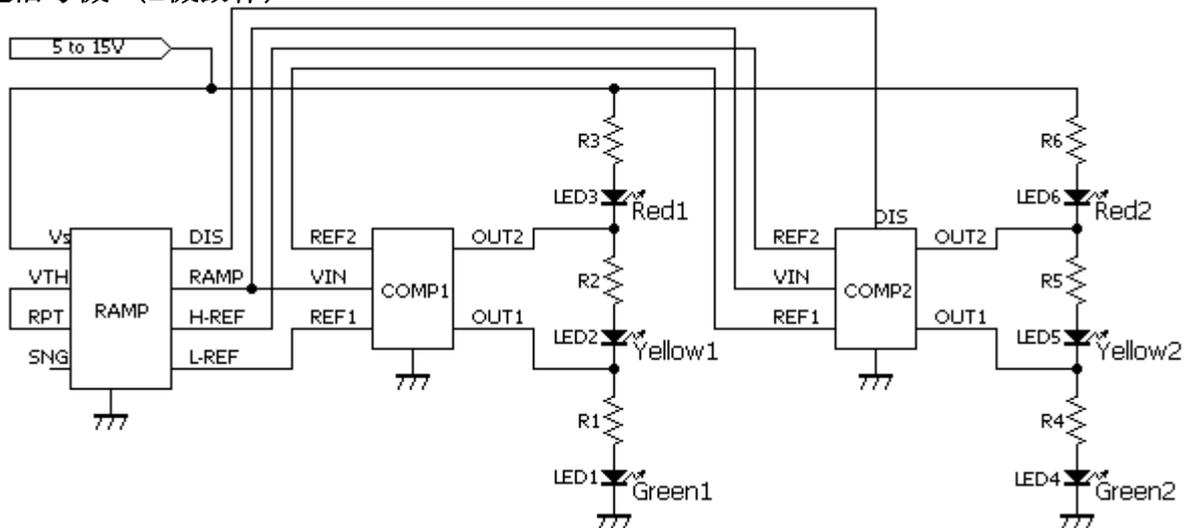


図7 2機動作の接続図

LED に接続される抵抗器や、大きな駆動電流に対する解決策は1機動作と同じです。

LED の点灯順序は、

Green1&Red2→Yellow1&Red2→Red1&Red2→Red1&Green2→Red1&Yellow2→Red1&Red2
(Green1&Red2 に戻る)の繰り返しです。

COMP2(図3)は、COMP1(図2)に比べてやや複雑です。理由は、C101 放電期間に、点灯すべきではないLED が瞬間的に点灯することを防止するためです。

鉄道信号動作

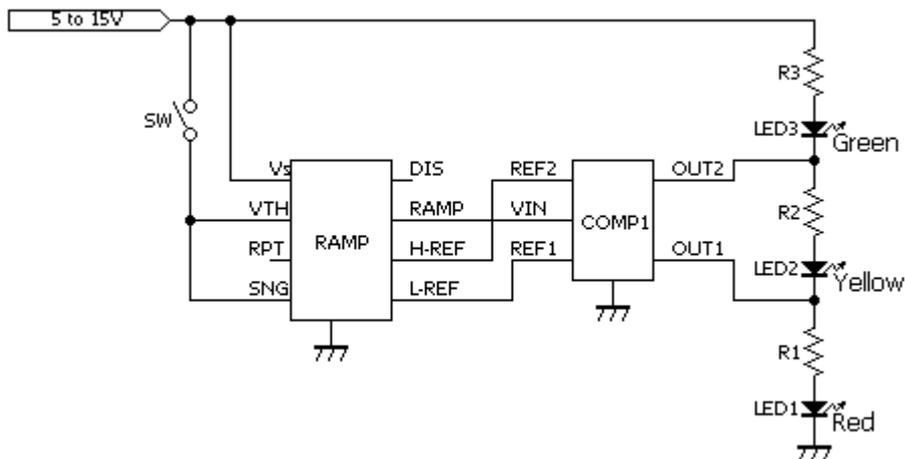


図8 鉄道信号動作の接続図

この回路の起動には、図8のSW(スイッチ)が必要です。動作は次の通りです。

定常状態では Green が点灯し、その他の LED は消灯します。SW を閉じると、同時に Green は消灯し、代わって Red が点灯します。その後、Red→Yellow→Green となり定常状態に戻ります。ここで SW は、Green に戻る前に開放状態にしてください。

また鉄道信号動作では、交通信号と LED の色の配置が逆ですから注意してください。

RAMP 回路の調整

RAMP 回路(図1)には VR101 があり、これで1サイクル時間を決めます。TR101 およびその周辺素子は、可変電流源を構成しています。この可変電流源には、電源電圧依存性を意図的に持たせてあります。なぜなら、IC1 (NE555) にも電源電圧依存性があり、両者で相殺させるためです。ですから、電源電圧が変動しても1サイクル時間に大きな影響は現れません。

VR101 には、A カーブを使います。また時計回りにまわしたときに、1サイクル時間が延びる方向に接続します。

図1の設定で、1サイクル時間が 5~150[sec] (標準値) の間で設定できます。

可変電流源は、NE555 の標準アプリケーションのように1本の抵抗器に置き換えることもできます。この場合、各 LED の点灯時間の設定でやや複雑な計算が必要です。可変電流源は、この解決策なのです。しかし、将来的に変更する可能性が無い場合や、コストからの制約など回避困難な条件がある場合には取り得る手段です。

COMP1・COMP2 の調整

COMP1 (図2) には VR201~VR203 があり、COMP2 (図3) には VR301~VR303 があります。これら可変抵抗器で、LED の点灯時間を設定します。表2をご覧ください。VR202 はステップ1、VR202 はステップ2、VR203 はステップ3、VR301 はステップ4、VR302 はステップ5、VR303 はステップ6のそれぞれ点灯時間を設定します。

可変抵抗器の設定方法を次に示します。

まず、1機動作または2機動作から、表1または表2のような表を作成します。

ステップ	1	2	3	4	5	6
時間割合%	40	10	5	30	10	5

表5 点灯プラン例 (2機動作)

表5は、2機動作の例です。表の「時間割合」とは、1サイクル時間に対する個別の点灯時間割合を%で表したものです。表5の時間割合の最大値は、ステップ1の 40[%]です。ステップ1に対応する VR201 の抵抗値を最大に設定します。これは「表5の 40[%]が、可変抵抗器の 100[%]の位置に対応する」ということです。他も同様に比例計算すれば、10[%]→25[%]、5[%]→12.5[%]、30[%]→75[%]と可変抵抗器の位置が計算できます。このとおりに設定すればよいわけです。

この比例計算による設定を行うために、VR201~VR203 と VR301~VR303 には B カーブを使用します。

可変抵抗器は、再設定の予定が無ければ固定抵抗器に置き換えることもできます。固定抵抗器を使う場合は、合計の抵抗値 (VR201+VR202+VR203+...) が 10[kΩ] から 100[kΩ] の範囲になるように選択することを勧めます。

April/03/2009