

---

---

## アナログ信号調整(OPAMP)周辺機能を使う定電流駆動部

---

---

### 序説

著者: Lloyd D. Clark, Ph.D., Microchip Technology Inc.

時々、例えば、発光ダイオード(LED)を駆動するのに定電圧でなく定電流が好まれます。アナログ信号調整(OPAMP)周辺機能を含むマイクロコントローラ(MCU)は1つの外部抵抗器だけを使って定電流駆動部を実装するのに使うことができます。OPAMP周辺機能はファームウェア制御下で電流設定を調整する能力も提供します。

### 要点

- ・ 定電流駆動
- ・ ファームウェア制御下で調整可能な電流
- ・ 少ない部品数 - 必要される1つだけの外部抵抗器

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、Microchip社とは無関係であることを御承知ください。しおりの[はじめに]での内容にご注意ください。

## 目次

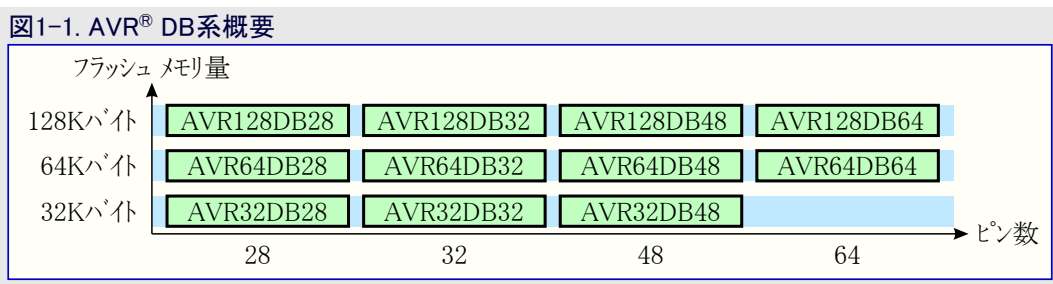
---

序説	1
要点	1
1. 関連デバイス	3
2. OPAMP周辺機能を使う定電流駆動部	3
3. OPAMP構成設定コード	4
4. 改訂履歴	4
Microchipウェブ サイト	5
製品変更通知サービス	5
お客様支援	5
Microchipデバイスコード保護機能	5
法的通知	5
商標	6
品質管理システム	6
世界的な販売とサービス	7

## 1. 関連デバイス

本章はこの文書に関連するデバイスを一覧にします。下図はピン数の変種とメモリ量を展開して各種系列デバイスを示します。

- これらのデバイスがピン互換で同じまたはより多くの機能を提供するため、垂直上方向移植はコード変更なしで可能です。
- 左への水平方向移植はピン数、従って利用可能な機能を減らします。
- 異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMも持ちます。

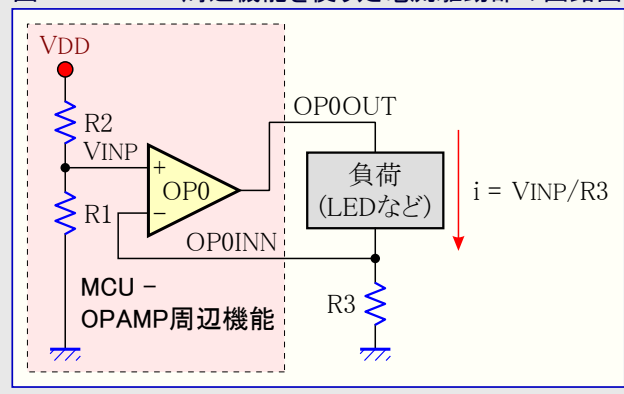


## 2. OPAMP周辺機能を使う定電流駆動部

マイクロコントローラ(MCU)のOPAMP周辺機能は負荷、例えば、発行ダイオード(LED)に対して定電流駆動を提供するのに使うことができます。定電流駆動部の回路図が右図で示されます。負荷とMCUに加えて1つの部品、電圧を電流に変換するためのR3抵抗器だけが必要とされます。定電流駆動部の残りはMCU内部のOPAMP周辺機能によって提供されます。

図で示されるように、MCUのOPAMP周辺機能内部のOP0演算増幅器は内部梯子型抵抗の摺動子に接続された非反転(+)入力で構成設定されます。梯子型抵抗の上側は内部的にVDDに接続され、下側は内部的に接地へ接続されます。従って、梯子型抵抗は演算増幅器の非反転入力での参照基準電圧(VINP)を生成する分圧器として働きます。参照基準電圧は抵抗分圧式、 $VINP=(R1/(R2+R1))VDD$ を使って決めることができます。

図2-1. OPAMP周辺機能を使う定電流駆動部の回路図



演算増幅器の出力(OP0OUT)は負荷の一方に接続され、負荷の他方はR3と反転(-)入力(OP0INN)に接続されます。演算増幅器入力が高インピーダンスのため、負荷を通して流れる電流もR3を通して接地へ流れます。R3を渡って生成される電圧はR3を通る電流に比例します。作成された帰還閉路は演算増幅器に反転入力上の電圧が非反転入力(VINP)と同じであるように出力電圧を調整させます。そしてR3と負荷を通して流れる電流は $i=VINP/R3$ になります。

現実的な部品値での例として、VDDが3.3V、R3が205Ωの場合の筋書きを考察してください。梯子型抵抗摺動子設定がR1が1R、R2が15RのようなWIP7として選ばれる場合、 $R1/(R2+R1)$ 比率は(1/16)、VINPは(1/16)VDDまたは0.21Vです。そして負荷を通る定電流はVINP/R3または1.0mAになります。

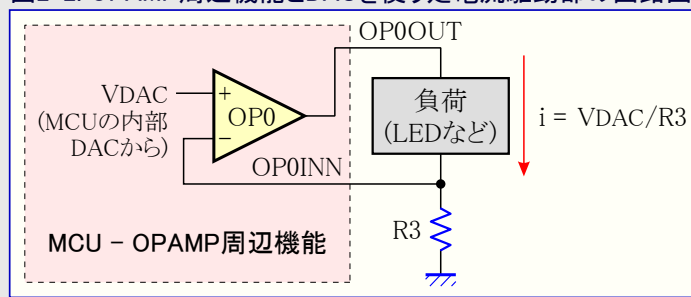
OPAMP周辺機能は演算増幅器n梯子型抵抗多重器(OPAMP.OPnRESMUX)レジスタの摺動子用多重器(MUXWIP)ビット領域に書かれる値によって決められる摺動子位置に対する8つの異なる選択を持つため、ファームウェア制御下で8つの異なる電流値を選ぶことが可能です。下表は各MUXWIPビット領域によって提供される電流値を示します。

表2-1. 電流値のMUXWIP選択

MUXWIP選択	説明	分圧比	電流値
WIP0	R1=15R, R2=1R	15/16	$0.9375 \times VDD/R3$
WIP1	R1=14R, R2=2R	14/16	$0.875 \times VDD/R3$
WIP2	R1=12R, R2=4R	12/16	$0.75 \times VDD/R3$
WIP3	R1=8R, R2=8R	8/16	$0.5 \times VDD/R3$
WIP4	R1=6R, R2=10R	6/16	$0.375 \times VDD/R3$
WIP5	R1=4R, R2=12R	4/16	$0.25 \times VDD/R3$
WIP6	R1=2R, R2=14R	2/16	$0.125 \times VDD/R3$
WIP7	R1=1R, R2=15R	1/16	$0.0625 \times VDD/R3$

もっと正確な電流値の制御が必要とされるなら、右図で示されるように演算増幅器の非反転(+)入力へ内部的にMCUのD/A変換器(DAC)を接続することができます。これは演算増幅器n入力多重器(OPAMP.OPnINMUX)レジスタの正入力用多重器(MUXPOS)ビット領域にDAC設定を書くことによって達成されます。この場合、電流値はVDACがDACの出力電圧である式の $i = VDAC/R3$ によって与えられます。

図2-2. OPAMP周辺機能とDACを使う定電流駆動部の回路図



### 3. OPAMP構成設定コード

定電流駆動部を実装するのにOPAMP周辺機能を構成設定するには単に少しのコード行が必要とされます。

```
// OPAMP周辺機能の時間基準を設定
OPAMP.TIMEBASE = 3;          // 1μsに等しいCLK_PER周期数-1 (4-1=3)

// OP0を摺動子と検出抵抗に接続されたピンに接続
OPAMP.OP0INMUX = OPAMP.OP0INMUX_MUXPOS_WIP_gc | OPAMP.OP0INMUX_MUXNEG_INN_gc;
// 分圧器となる摺動子機能のように梯子型抵抗をVDDと接地に接続
OPAMP.OPORESNUMUX = OPAMP.OPORESNUMUX_MUXBOT_GND_gc | OPAMP.OPORESNUMUX_MUXWIP_WIP7_gc |
                    OPAMP.OPORESNUMUX_MUXTOP_VDD_gc;
// OP0制御A構成設定
OPAMP.OPOCTRLA = OPAMP.OPOCTRLA_OUTMODE_NORMAL_gc | OPAMP.ALWAYSON_bm;

// OPAMP周辺機能許可
OPAMP.CTRLA = OPAMP.ENABLE_bm;
```

このコードが実行された後、演算増幅器は活動に留まり、更なるCPUの介入は必要とされません。



GitHubでコード例を見てください。  
貯蔵庫を閲覧するにはクリックしてください。

### 4. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
A	2020年9月	初版文書公開

## Microchipウェブ サイト

Microchipは[www.microchip.com/](http://www.microchip.com/)で当社のウェブ サイト経由でのオンライン支援を提供します。このウェブ サイトはお客様がファイルや情報を容易に利用可能にするのに使われます。利用可能な情報のいくつかは以下を含みます。

- **製品支援** – データシートと障害情報、応用記述と試供プログラム、設計資源、使用者の手引きとハードウェア支援資料、最新ソフトウェア配布と保管されたソフトウェア
- **一般的な技術支援** – 良くある質問(FAQ)、技術支援要求、オンライン検討グループ、Microchip設計協力課程会員一覧
- **Microshipの事業** – 製品選択器と注文の手引き、最新Microchip報道発表、セミナーとイベントの一覧、Microchip営業所の一覧、代理店と代表する工場

## 製品変更通知サービス

Microchipの製品変更通知サービスはMicrochip製品を最新に保つのに役立ちます。加入者は指定した製品系統や興味のある開発ツールに関連する変更、更新、改訂、障害情報がある場合に必ず電子メール通知を受け取ります。

登録するには[www.microchip.com/pcn](http://www.microchip.com/pcn)へ行って登録指示に従ってください。

## お客様支援

Microchip製品の使用者は以下のいくつかのチャネルを通して支援を受け取ることができます。

- 代理店または販売会社
- 最寄りの営業所
- 組み込み解決技術者(ESE:Embedded Solutions Engineer)
- 技術支援

お客様は支援に関してこれらの代理店、販売会社、またはESEに連絡を取るべきです。最寄りの営業所もお客様の手助けに利用できます。営業所と位置の一覧はこの資料の後ろに含まれます。

技術支援は[www.microchip.com/support](http://www.microchip.com/support)でのウェブ サイトを通して利用できます。

## Microchipデバイスコード保護機能

Microchipデバイスでの以下のコード保護機能の詳細に注意してください。

- Microchip製品はそれら特定のMicrochipデータシートに含まれる仕様に合致します。
- Microchipは意図した方法と通常条件下で使われる時に、その製品系統が安全であると考えます。
- Microchipデバイスのコード保護機能を破ろうとする試みに使われる不正でおそらく違法な方法があります。当社はこれらの方法がMicrochipのデータシートに含まれた動作仕様外の方法でMicrochip製品を使うことが必要とされると確信しています。これらのコード保護機能を破ろうとする試みは、おそらく、Microchipの知的財産権に違反することなく達成することはできません。
- Microchipはそのコードの完全性について心配されている何れのお客様とも共に働きたいと思えます。
- Microchipや他のどの半導体製造業者もそのコードの安全を保証することはできません。コード保護は製品が”破ることができない”ことを当社が保証すると言うことを意味しません。コード保護は常に進化しています。Microchipは当社製品のコード保護機能を継続的に改善することを約束します。Microchipのコード保護機能を破る試みはデジタル ミレニアム著作権法に違反するかもしれません。そのような行為があなたのソフトウェアや他の著作物に不正なアクセスを許す場合、その法律下の救済のために訴権を持つかもしれません。

## 法的通知

この刊行物含まれる情報はMicrochip製品を使って設計する唯一の目的のために提供されます。デバイス応用などに関する情報は皆さまの便宜のためにだけ提供され、更新によって取り換えられるかもしれません。皆さまの応用が皆さまの仕様に合致するのを保証するのは皆さまの責任です。

この情報はMicrochipによって「現状そのまま」で提供されます。Microchipは非侵害、商品性、特定目的に対する適合性の何れの黙示的保証やその条件、品質、性能に関する保証を含め、明示的にも黙示的にもその情報に関連して書面または表記された書面または黙示の如何なる表明や保証もしません。

如何なる場合においても、Microchipは情報またはその使用に関連するあらゆる種類の間接的、特別的、懲罰的、偶発的または結果的な損失、損害、費用または経費に対して責任を負わないものとします。法律で認められている最大限の範囲で、情報またはその使用に関連する全ての請求に対するMicrochipの全責任は、もしあれば、情報のためにMicrochipへ直接支払った料金を超えないものとします。生命維持や安全応用でのMicrochipデバイスの使用は完全に購入者の危険性で、購入者はそのような使用に起因する全ての損害、請求、訴訟、費用からMicrochipを擁護し、補償し、免責することに同意します。他に言及されない限り、Microchipのどの知的財産権下でも暗黙的または違う方法で許認可は譲渡されません。

## 商標

Microchipの名前とロゴ、Mmicrochipロゴ、Adaptec、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKITロゴ、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemiロゴ、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PacTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SSTロゴ、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTracker、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plusロゴ、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath、ZLは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNetロゴ、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REALICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、View Sense、WiperLock、Wireless DNA、ZENAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの商標です。

SQTPは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの役務標章です。

Adaptecロゴ、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcomは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の登録商標です。

GestICは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の子会社であるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KGの登録商標です。

ここで言及した以外の全ての商標はそれら各々の会社の所有物です。

© 2020年、Microchip Technology Incorporated、米国印刷、不許複製

## 品質管理システム

Microchipの品質管理システムに関する情報については[www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)を訪ねてください。

日本語© HERO 2020.

本応用記述はMicrochipのAN3632応用記述(DS00003632A-2020年9月)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には( )内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。





**MICROCHIP**

## 世界的な販売とサービス

米国	亜細亜/太平洋	亜細亜/太平洋	欧州
<b>本社</b> 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: <a href="http://www.microchip.com/support">www.microchip.com/support</a> ウェブアドレス: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a>	<b>オーストラリア - シドニー</b> Tel: 61-2-9868-6733 <b>中国 - 北京</b> Tel: 86-10-8569-7000 <b>中国 - 成都</b> Tel: 86-28-8665-5511 <b>中国 - 重慶</b> Tel: 86-23-8980-9588 <b>中国 - 東莞</b> Tel: 86-769-8702-9880 <b>中国 - 広州</b> Tel: 86-20-8755-8029 <b>中国 - 杭州</b> Tel: 86-571-8792-8115 <b>中国 - 香港特別行政区</b> Tel: 852-2943-5100 <b>中国 - 南京</b> Tel: 86-25-8473-2460 <b>中国 - 青島</b> Tel: 86-532-8502-7355 <b>中国 - 上海</b> Tel: 86-21-3326-8000 <b>中国 - 瀋陽</b> Tel: 86-24-2334-2829 <b>中国 - 深圳</b> Tel: 86-755-8864-2200 <b>中国 - 蘇州</b> Tel: 86-186-6233-1526 <b>中国 - 武漢</b> Tel: 86-27-5980-5300 <b>中国 - 西安</b> Tel: 86-29-8833-7252 <b>中国 - 廈門</b> Tel: 86-592-2388138 <b>中国 - 珠海</b> Tel: 86-756-3210040	<b>インド - ハンガロール</b> Tel: 91-80-3090-4444 <b>インド - ニューデリー</b> Tel: 91-11-4160-8631 <b>インド - フネー</b> Tel: 91-20-4121-0141 <b>日本 - 大阪</b> Tel: 81-6-6152-7160 <b>日本 - 東京</b> Tel: 81-3-6880-3770 <b>韓国 - 大邱</b> Tel: 82-53-744-4301 <b>韓国 - ソウル</b> Tel: 82-2-554-7200 <b>マレーシア - クアラルンプール</b> Tel: 60-3-7651-7906 <b>マレーシア - ペナン</b> Tel: 60-4-227-8870 <b>フィリピン - マニラ</b> Tel: 63-2-634-9065 <b>シンガポール</b> Tel: 65-6334-8870 <b>台湾 - 新竹</b> Tel: 886-3-577-8366 <b>台湾 - 高雄</b> Tel: 886-7-213-7830 <b>台湾 - 台北</b> Tel: 886-2-2508-8600 <b>タイ - バンコク</b> Tel: 66-2-694-1351 <b>ベトナム - ホーチミン</b> Tel: 84-28-5448-2100	<b>オーストリア - ウェルス</b> Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 <b>デンマーク - コペンハーゲン</b> Tel: 45-4485-5910 Fax: 45-4485-2829 <b>フィンランド - エスポー</b> Tel: 358-9-4520-820 <b>フランス - パリ</b> Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79 <b>ドイツ - ガルヒング</b> Tel: 49-8931-9700 <b>ドイツ - ハーン</b> Tel: 49-2129-3766400 <b>ドイツ - ハイムブロン</b> Tel: 49-7131-72400 <b>ドイツ - カールスルーエ</b> Tel: 49-721-625370 <b>ドイツ - ミュンヘン</b> Tel: 49-89-627-144-0 Fax: 49-89-627-144-44 <b>ドイツ - ローゼンハイム</b> Tel: 49-8031-354-560 <b>イスラエル - ラーナナ</b> Tel: 972-9-744-7705 <b>イタリア - ミラノ</b> Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 <b>イタリア - ハドバ</b> Tel: 39-049-7625286 <b>オランダ - デルフト</b> Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 <b>ノルウェー - トロンハイム</b> Tel: 47-72884388 <b>ポーランド - ワルシャワ</b> Tel: 48-22-3325737 <b>ルーマニア - ブカレスト</b> Tel: 40-21-407-87-50 <b>スペイン - マドリッド</b> Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 <b>スウェーデン - イェテボリ</b> Tel: 46-31-704-60-40 <b>スウェーデン - ストックホルム</b> Tel: 46-8-5090-4654 <b>イギリス - ウォーキングハム</b> Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820
<b>アトランタ</b> Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 <b>オースチン TX</b> Tel: 512-257-3370 <b>ボストン</b> Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088 <b>シカゴ</b> Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075 <b>ダラス</b> Addison, TX Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924 <b>デトロイト</b> Novi, MI Tel: 248-848-4000 <b>ヒューストン TX</b> Tel: 281-894-5983 <b>インディアナポリス</b> Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380 <b>ロサンゼルス</b> Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800 <b>ローリー NC</b> Tel: 919-844-7510 <b>ニューヨーク NY</b> Tel: 631-435-6000 <b>サンホセ CA</b> Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270 <b>カナダ - トロント</b> Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078			